

СЗ(04)

С-56

73



712

МАТЕРИАЛЫ
ТРЕТЬЕГО СОВЕЩАНИЯ ПО НЕЙТРОНОДЕФИЦИТНЫМ
ИЗОТОПАМ

(Дубна 20-26 июня 1960 г.)

т.2 Легкие редкие земли. Радиохимические работы.

Дубна 1961 г.

В статье Григорьева, Желепова, Звольской, Звольского, Адама и Халкина "О конверсионных электронах диспрозиевой фракции" (том 1 стр. 212 настоящего сборника) при обработке экспериментальных результатов в таблице 3 допущена ошибка в определении интенсивностей конверсионных линий №№ 1 - 21. Приведенные в таблице значения относительных интенсивностей этих линий следует умножить на коэффициент 0,75.

МАТЕРИАЛЫ
ТРЕТЬЕГО СОВЕЩАНИЯ ПО НЕЙТРОНОДЕФИЦИТНЫМ
ИЗОТОПАМ

(Дубна 20-26 июня 1960 г.)

т.2 Легкие редкие земли. Радиохимические работы.

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

О Г Л А В Л Е Н И Е

	Стр.
Предисловие	5
А.Стригачев, Л.Новиков, А.Сорокин, В.Шпинель, В.Халкин "Исследование фракции тербия"	7
В.Белогуров, О.Веверис, З.Пелекис, Л.Пелекис. "Гамма-излучение некоторых нейтронодефицитных изотопов Tb"	15
Б.Джелепов, Г.Новиков, В.Сергиенко "Совпадения электронов при распаде Gd ¹⁵³ "	25
А.Сорокин, К.Митрофанов "Исследование распада Gd ¹⁴⁷ и Gd ¹⁴⁹ "	30
Ю.Александров, В.Крога, М.Никитин "Исследование схемы распада Eu ¹⁴⁶ "	36
Б.Джелепов, А.Медведев, И.Учеваткин, С.Шестопалова "Замечания о спектре конверсионных электронов Pr ¹⁴⁰ "	39
В.Брабец, Б.Крацик, М.Вобецки "Распад Nd ¹⁴⁰ → Pr ¹⁴⁰ → Ce ¹⁴⁰ "	42
А.Лаврухина, Т.Малышева, Б.Хотин "Новый изотоп	50
В.Шпинель, В.Шумшуров "Исследование конверсионного спектра иридиевой фракции"	55
А.Абдуразаков, К.Громов, Б.Джелепов, Т.Малышева, Б.Хотин "Предварительные данные о конверсионных электронах нейтронодефицитных изотопов платины"	59
Т.Малышева, Б.Хотин, А.Лаврухина, Л.Крюкова, В.Муравьева "Исследование нейтронодефицитных изотопов платины"	62
Е.Григорьев, Б.Джелепов, В.Звольска, А.Золотавин, Т.Малышева, Б.Хотин "Конверсионные электроны короткоживущих изотопов платины и вольфрама"	69
Б.Джелепов, Р.Иванов, Л.Москвин "Об α-распаде As ²²⁵ "	79
В.Барановский, А.Мурин, Б.Преображенский "Закономерности в распределении выходов продуктов реакции глубокого расщепления тантала протонами энергии 660 Мэв"	87
А.Лаврухина, А.Поздняков "Характер распределения выходов изобар, образующихся при расщеплении гафния протонами с энергией 660 Мэв"	101

Б.Джелопов, А.Медведев, И.Учеваткин, С.Шестопадова "Определение отношения коммулятивных выходов Lu^{169} и Lu^{173} при реакции $\text{Ta} + p$ (660 Мэв) "	112
М.Вобецки, А.Машталка "Радиохимическое выделение гафния и вольфрама из продуктов глубокого отщепления тантала"	117
А.Лаврухина, Г.Колесов, Тан Сяо-ен "Изучение некоторых реакций расщепления неодима протонами высокой энергии "	121
А.Лаврухина, Г.Колесов, Тан Сяо-ен "Метод получения нейтронодефицитных изотопов редкоземельных элементов цериевой группы с высокой удельной активностью"	133
А.Лаврухина, Б.Хотин, Т.В.Малышева "Радиохимическое выделение изотопов иридия и платины из продуктов расщепления золота протонами с энергией 660 Мэв"	143
Б.Джелопов, И.Звольский, В.Сергиенко "Совпадения между конверсионными электронами диспрозиевой фракции"	150

Предисловие

В этом томе мы заканчиваем публикацию материалов третьего совещания по нейтронодефицитным изотопам, которое состоялось в Дубне в июне 1960 года. Во второй том включены работы посвященные:

1. Исследованию свойств нейтронодефицитных изотопов легких редких земель (от Tb до Pr).

2. Исследованию свойств нейтронодефицитных изотопов Pt , Jr , Os , W .

3. Радиохимические работы.

4. Работы, не вошедшие в первый том из-за задержки в подготовке их к печати.

В сборник не включены следующие доклады, опубликованные в журналах к моменту сдачи настоящего тома в печать:

1. Н. Антоньева, А. Башилов, Б. Джелепов, К. Каун, А. Мейер, В. Смирнов. Излучение Eu^{145} , Eu^{146} и Eu^{147} ". ЖЭТФ, 40, 375 (1961).
2. Э. Берлович, В. Клементьев, Л. Краснов, М. Никитин " γ - излучение при распаде $Eu^{146} \rightarrow Sm^{146}$ ". Известия АН СССР сер. физ. 25, 208 (1961).
3. Э. Берлович, В. Клементьев, Л. Краснов, М. Никитин "Исследование уровней ядер европия: Eu^{147} , Eu^{149} и Eu^{151} ". Известия АН СССР сер. физ. 25; 213 (1961).

А.Т.Стригачев, Л.С.Новиков, А.А.Сорокин,
В.С.Шпинель, В.А.Халкин

ИССЛЕДОВАНИЕ ФРАКЦИИ Tb

Изучалась фракция тербия, которая выделялась радиохимическим методом из танталовой мишени, облученной протонами с энергией 660 Мэв на синхроциклотроне в Дубне. Облучения танталовой мишени длились от 1/2 до 2 часов, а разделение фракций редких земель начиналось сразу после облучения.

В Дубне исследование тербиевой фракции проводилось на спектрографе типа Даниш с полукруговой фокусировкой. Минимальный радиус прибора - 6,5 см, а максимальный - 22,5 см. Ширина источника 0,2 мм обеспечивала разрешение $\sim 0,3\%$ при радиусе 15 см. Регистрация спектра конверсионных электронов производилась на фотопластинках типа Р (толщина эмульсии 50 μ) Московского завода технических фотопластинок.

Источникготавливался путем выпаривания лактата, в котором была растворена тербиевая фракция, на алюминиевой полоске толщиной 5 μ . Ширина источника - 0,2-0,3 мм, а длина - 15 мм. Экспозиция начиналась примерно через 4-4,5 часа после конца облучения и длилась примерно сутки. Были экспонированы конверсионные линии тербия в интервале от 30 до 650 кэв. Получено 5 пластинок с хорошим почернением на местах сильных конверсионных линий, 3 из которых обработаны фотометрированием на МФ-2. Для определения значений энергии проводилась градуировка по линиям F, G, H, J, γ активного осадка тория.

В Москве измерялся γ -спектр фракции тербия и $\gamma\gamma$ -совпадения на люминесцентном спектрометре со стоканальным анализатором, а также спектр конверсионных электронов на бета-спектрометре с поперечным полем (БПП) с двойной фокусировкой, для того чтобы определить периоды полураспада конверсионных линий и их интенсивности. Рабочий радиус прибора 22,5 см. Источник шириной 1 мм и длиной 30 мм обеспечивал приборное разрешение 0,3% (для F линии Th). На БПП измерялся спектр конверсионных электронов в интервале от 95 до 650 кэВ.

Конверсионный спектр фракции Tb

Обобщенные результаты измерений на спектрографе типа Даниш и БПП даны в следующей таблице. Значения энергий определены с точностью 0,25%.

№	E_γ (кэВ)	E_γ (кэВ) по литер. данным	Конверсионные линии	Период полураспада	Идентификация
1	2	3	4	5	6
1.	165,3	170 /1/	K, L, M	4 ч.	Tb^{149}
2.	351,6	350 /2/	K, L	4,5 ч.	Tb^{149}
3.	639,7	640 /2/	K, L (только БПП)	~4 ч.	Tb^{149} или
4.	108,3	108,3 /3/	K, L ₁ , L ₂ , L ₃ , M		Tb^{150} Tb^{151}
5.	180,4	180,3 /3/	K, L, M	20 ч.	Tb^{151}
6.	192,3	192,2 /3/	K, L	20 ч.	Tb^{151}
7.	251,7	252,1 /3/	K, L, M		Tb^{151}
8.	287,3	287,6 /3/	K, L, M		Tb^{151}
9.	478,3	477 /4/	K	17,5 ч.	Tb^{151}

I	2	3	4	5	6
I0:	4I5,5	4I6 /4/	K,L	18 ч.	
II.	426,0	426 /4/	K	18 ч.	
I2.	442,5	442 /4/	K	17,5 ч.	
I3.	587,3	589 /4/	K	17,5 ч.	
I4.	180,0	180 /5/	K,L	18,5 ч.	ТБ ¹⁵²
I5.	270,7	265 /5/	K,L	18,5 ч.	ТБ ¹⁵²
I6.	343,9	344,I /5/	K,L	18,5 ч.	ТБ ¹⁵²
I7.	4I3,0	4I3 /5/	K (только БПП)	18 ч.	ТБ ¹⁵²
I8.	43I,5	43I /4/	K	17,5 ч.	ТБ ¹⁵²
I9.	6I5,9	6I6 /4/	K,L	20 ч.	ТБ ¹⁵²
20.	42,0	4I,5 /3/	L ₁ , L ₂ , L ₃ , M		ТБ ¹⁵³
2I.	II0,0	I09,8 /3/	K, L, M		ТБ ¹⁵³
22.	I74,8	I74,4 /3/	K		ТБ ¹⁵³
23.	I95,3	I95,2 /3/	K		ТБ ¹⁵³
24.	2I2,4	2I2,2 /3/	K,L	70 ч.	ТБ ¹⁵³
25.	250,I	249,8 /3/	K		ТБ ¹⁵³
26.	I23,7	I23,2 /3/	K, L, M		ТБ ¹⁵⁴
27.	I48,0	I48,I /3/	K		ТБ ¹⁵⁴
28.	346,8	347,0 /3/	K	17 ч.	ТБ ¹⁵⁴
29.	87,0	86,7 /3/	K,L		ТБ ¹⁵⁵
30.	I05,7	I05,4 /3/	K		ТБ ¹⁵⁵
3I.	I63,6	I63,5 /3/	K		ТБ ¹⁵⁵

Необходимо отметить, что исследование фракции $T\text{b}$ и идентификация конверсионных линий являются весьма затруднительной по следующим обстоятельствам. Имеются нейтронодефицитные изотопы $T\text{b}$, которые распадаются с близкими периодами, например:

$$\begin{aligned} & T\text{b}^{149} \text{ (4,1 ч.) и } T\text{b}^{150} \text{ (3,1 ч.);} \\ & T\text{b}^{151} \text{ (20 ч.) } T\text{b}^{152} \text{ (18,5 ч.) и } T\text{b}^{154} \text{ (17,5 ч.);} \\ & T\text{b}^{155} \text{ (5,6 д.) и } T\text{b}^{156} \text{ (5 д.)} \end{aligned}$$

В связи с этим идентификация конверсионной линии по периоду полураспада иногда становится трудной. Кроме того, при распаде этих изотопов появляется много близких по энергии γ -переходов, так что конверсионные линии накладываются одна на другую.

Идентификация γ -переходов в настоящей работе проводилась на основании совокупности измерений конверсионного спектра, полученного на спектрографе типа Даниш и БПП, измерений периодов ряда конверсионных линий на БПП и измерений $\gamma\gamma$ совпадений.

Обсуждение результатов

Линии переходов с энергиями 165,3, 351,6 и 639,7 Кэв с периодом около 4 часов можно отождествить с линиями 170, 350 и 640 Кэв, которые ранее наблюдались у $T\text{b}^{149}$ /1/. Переход 640 Кэв наблюдался также и у $T\text{b}^{150}$ /2/ с периодом полураспада 3,1 часа. Поэтому линию 639,7 Кэв можно отнести и к $T\text{b}^{150}$.

Обнаружена еще одна конверсионная линия с энергией 137,3 Кэв и периодом ~ 4 ч.

Линии 108,3, 180,4, 192,3, 251,7 и 287,3, согласно данным Михелича, относятся к $T\ell^{151}$. На БПП измерялся период полураспада конверсионных линий переходов с энергиями 180,4 и 192,3 кэв. Он оказался равным 20 часам.

В спектре γ - γ совпадений с линией 110 кэв, в которую входят линии 108,3 кэв $T\ell^{151}$ и 110,0 кэв $T\ell^{153}$, проявились линии: 180, 250, 290 и 480 кэв. Так как линии $T\ell^{151}$ в несколько раз сильнее, чем линии $T\ell^{153}$, и кроме того интенсивность совпадений спадает с периодом ~ 20 часов, то можно считать, что спектр совпадений обусловлен в основном линиями $T\ell^{151}$. Поэтому можно предположить, что в схеме распада $T\ell^{151}$ линии 180,4, 251,7, 287,3 и 478,3 находятся в каскаде с линией 108,3 кэв.

Измерения совпадений с районом 250-300 Кэв, где находятся линии 251,7 и 287,3 Кэв $T\ell^{151}$, а также линии 250,1 Кэв $T\ell^{153}$ и 270,7 Кэв $T\ell^{152}$ дали совпадения со следующими линиями: 110, 150, 180, 350, 480 Кэв и более жесткими. Так как наибольшая интенсивность в выбранном районе для совпадений принадлежит переходам 251,7 и 287,3 Кэв, а переход 480 Кэв в одиночном спектре не виден, но весьма сильно проявляется в спектре совпадений, то можно считать, что линия 478,3 Кэв принадлежит $T\ell^{151}$ и находится в каскаде с 251,7 или 287,3 кэв, или с обеими. Принадлежность линии 478,3 Кэв к $T\ell^{151}$ подтверждается совпадениями с линией 110 Кэв (108,3 $T\ell^{151}$).

Совпадение линии 180 Кэв (180,4 $T\ell^{151}$) с выбранным районом совпадений говорит, что она, возможно, находится в каскаде с 251,7 и 287,3 Кэв.

Линии 415,5, 426, 442,5 и 587,3, отмеченные впервые в работе /4/ (416, 426, 442, 589 ± 2) и зарегистрированные нами на БПД с периодом ~ 18 ч., могут быть отнесены как к Tb^{151} , так и к Tb^{152} и Tb^{154} .

Линия 180,0, а также линии 270,7, 343,9 и 413 Кэв, которые по нашим измерениям имеют период 18 ч, соответствуют линиям 180, 265, 344,1 и 413 Кэв, зарегистрированным при измерении спектра Tb^{152} /5/.

Измерения $\gamma - \gamma$ совпадений с линией 340 Кэв Tb^{152} показали, что она находится в каскаде с линиями 180, 270 и 415 Кэв, что согласно нашим измерениям конверсионного спектра соответствует γ - переходам 180,0, 270,7 и 413 Кэв.

На фотопластинке был заснят спектр Dy . В этом спектре могут присутствовать, кроме линий Dy , линии Tb^{152} , Tb^{153} и Tb^{155} . Изотопы Tb^{151} и Tb^{154} не должны присутствовать. Сравнение конверсионного спектра Dy со спектром Tb показывает, что в обоих спектрах присутствуют конверсионные линии, соответствующие переходам 431,5 и 615,9 Кэв. Периоды конверсионных линий этих переходов определены как 18 и ~ 20 ч., что позволяет их отнести к Tb^{152} .

Во фракции Tb была измерена конверсионная линия с энергией 180,5 кэв и периодом полураспада 35 часов.

Измерены конверсионные линии, соответствующие γ - переходам, которые были указаны Михеличем /3/ для Tb^{153} и Tb^{154} . Измеренные периоды полураспада для переходов 212,4 и 346,8 согласуются с периодами полураспада Tb^{153} и Tb^{154} .

Изотоп Tb^{155} присутствует в тербиевой фракции в значительно меньшем количестве, чем более легкие изотопы. Зарегистрированы три перехода Tb^{155} ; 87,0, 105,7 и 163,6 кэВ. По данным измерения γ -спектра активность изотопов Tb^{151} , Tb^{152} , Tb^{153} и Tb^{154} составляет примерно 90% общей активности источника, не считая более короткоживущих изотопов. Среди долгоживущих изотопов значительная доля активности принадлежит Gd^{149} , который накапливается из Tb^{149} .

x x

x

Авторы выражают глубокую благодарность радиохимическому коллективу ЛЯП ОИЯИ за выделение фракции тербия, Н.В.Цветковой и студентам А.Маргаряну и А.Тамчану за участие в измерениях, а также И.А.Ютландову и К.Я.Громову за содействие при выполнении настоящей работы.

ОИЯИ, НИИЯФ МГУ

Л и т е р а т у р а:

1. K.S.Toth and J.O.Rasmussen. J. Inorg. Nucl. Chem.,
v.10, №³/₄, p.198, 1959
2. K.S.Toth, S.Bjornholm, M.Jørgensen, O.B.Nilsen and
O.Skilbreid. Phys. Rev., 116, 1, p.118, 1959.
3. I.W.Mihelich, B.Harmatz and T.H.Handly. Phys. Rev.,
108, 4, p. 989, 1957.
4. Н.М.Антоньева, А.А.Башилов,
Б.С.Джелепов и Б.К.Преображенский, ДАН СССР, 119, 2, стр.241
5. K.S.Toth, K.T.Faler and J.O.Rasmussen. Phys. Rev.,
115, 1, p. 158.

В.Н.Белогуров, О.Э.Веверис, З.Э.Пелекис, Л.Л.Пелекис

ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЕ НЕКОТОРЫХ НЕЙТРОНОДЕФИЦИТНЫХ
ИЗОТОПОВ ТЕРБИЯ

Тербиевая фракция получена из танталовой мишени, облученной в течение 4-х часов протонами с энергией 660 Мэв. Хроматографическое выделение тербиевой фракции произведено в Ленинграде спустя около 30 часов после облучения.

Гамма-спектры изучались с помощью сцинтилляционного спектрометра совпадений, состоящего из двух /I и II/ сцинтилляционных спектрометров, включенных в схему совпадений с $\tau = 5 \cdot 10^{-7}$ сек. Спектры /амплитудное распределения импульсов/ измерялись 50-канальным анализатором амплитуд БМА-50. В работе использовались кристаллы $NaJ(Te)$ с размерами 20 x 30 мм и фотоумножители ФЭУ-С.

Спектрометры градуировались по энергиям и их характеристикам/разрешающая способность, форма линии и эффективность по фотопикам/ в зависимости от энергии γ -квантов изучались в измерениях с Tl^{170} , Hg^{203} , Cr^{51} , Cs^{137} , Nb^{95} и Zn^{65} . Разрешающая способность спектрометров - 10% /I/ и 12% /II/ на линии 661 кэв Cs^{137} .

На сцинтилляционном спектрометре I, спустя около 35 часов после хроматографического выделения, изучались изменения интенсивности спектра в области энергии от 30 до 400 кэв со временем. На рис.1 показаны некоторые из полученных γ -спектров фракции тербия. На рис. 2 и 3 показан спад интенсивности отдельных γ -линий /пиков/.

Фотопик 87 кэв распадается с периодом полураспада 5,3 дня, что позволяет приписать его Tb^{155} или Tb^{156} .

Группа линий 160 + 180 кэв в начале распадается с $T_{1/2} \approx 69$ часов, потом с $T_{1/2} \approx 5,3$ дня. Это позволяет сказать, что в упомянутом интервале энергии имеется γ -линии Tb^{153} и Tb^{155} .

Группа линии около 210 кэв в начале распадается с $T_{1/2} \approx 63$ час., потом с $T_{1/2} = 4,7$ дня, поэтому её можно отнести к Tb^{153} , Tb^{156} или Tb^{155} .

Фотопик при 260 кэв также сложный. Кривую его распада можно ориентировочно разделить на две части с $T_{1/2} \approx 2$ дня и $T_{1/2} \approx 9$ дней. Первую часть можно отнести к Tb^{151} и Tb^{153} , вторую к Tb^{155} или Tb^{156} .

Увеличенное $T_{1/2} \approx 9$ дней можно объяснить присутствием долгоживущего дочернего продукта Gd^{151} .

Последняя кривая распада /350 кэв/ также состоит по крайней мере из двух частей с $T_{1/2} = 20$ час. и $T_{1/2} \approx 7$ дней, первую можно отнести к Tb^{151} , Tb^{154} или Tb^{152} /4,5/, вторую к Tb^{155} .

Интегральная кривая распада препарата, снятая на газоразрядном счетчике СТС-5, также указывает, что в препарате имеются 20-ти часовые и 5 дневные изотопы Tb и со временем накапливаются долгоживущие дочерние изотопы Gd .

На 14-ый день после облучения производилось вторичное хроматографическое разделение препарата Tb фракции, с целью отделения дочерних продуктов Gd^{151} и Gd^{153} . На спектрометре I изучались изменения спектра со временем. Некоторые из спектров вторично разделенной фракции Tb показаны на рис. 4.

изменение спектра со временем показало, что полученный препарат Tl содержит в основном 5-ти дневные изотопы Tl и имеется лишь незначительная примесь Tl^{153} , о чем свидетельствует скорость распада спектра в области 200 кэв. Это подтверждается и интегральной кривой распада, снятой на газоразрядном счетчике СТС-5. Период полураспада препарата, определенный по этой кривой /рис.5/, равняется $5,2 \pm 0,1$ д.

Только после 20 дней /спустя четыре периода полураспада / наблюдалось отклонение в сторону увеличения $T_{1/2}$, что объясняется присутствием в препарате небольшого количества Gd^{153} .

γ - γ совпадения измерялись при расстоянии 30 мм от источника до каждого кристалла. Для уменьшения скорости счета характеристических рентгеновых лучей симметрично с обеих сторон источника ставился фильтр, который состоял из Sn толщиной 0,3 мм и Cu толщиной 0,3 мм. При обработке измерений вводились поправки на случайные совпадения и комптоновский фон жестких

γ -линий. Полученные результаты совпадений даны в таблице I и рис. 6.

Все γ -линии дают совпадения с рентгеновскими лучами / 45 ± 3 кэв./

Т а б л и ц а I

Выделенная одно- канальным анали- затором область энергий /кэв/	Наиболее интенсивные γ -линии, входящие в выделенную область /кэв/ /1,2,3/			Обнаруженные совпадения с γ - линиями /кэв/
	T_{β}^{I53}	T_{β}^{I55}	T_{β}^{I56}	
330 + 370	-	340 368	(360)	87 \pm 3, I05(?), I70 (?)
250 + 290	-	262	(290) (260)	87+3(относит.слаб.) I05+3, I60(?),200(?)
I90 + 230	205 2I2	(22I)	I99	87+3, I05+3 ; I60+I0; I80 (?)
I45 + I85	-	I48 I60/гр/ I80/гр/	-	95+I0 /сложный/ I60 \pm 5 ; I80(?) 220(?)
65 + 95	80 /гр./ I00 /гр/	(60) 87 I00/гр/	89	87+3 (слаб) ; I05+3 (слаб); I70 \pm 5 (сложн) ; 265 \pm 5, 220 (?) 360 (?)

γ -спектр препарата Tb /вторичного разделения/ позволяет заключить, что препарат содержит Tb^{155} (наиболее интенсивные γ -линии 87, 105, 160 + 180 /сложная/ 260 и 340 + 360 кэв) и в меньшем количестве Tb^{156} . О присутствии в препарате Tb^{156} свидетельствует неразделенная линия около 270 + 290 кэв и обнаруженная нами слабая линия 530 кэв, которая, согласно /3/, принадлежит Tb^{156} .

Tb^{157} не обнаружен. Очевидно, либо принадлежащие ему γ -линии имеют малую интенсивность в изученной области энергии и поэтому не выделяются на фоне интенсивного γ -спектра Tb^{155} и Tb^{156} , либо он имеет малый выход при реакции глубокого расщепления, либо очень малый или большой период полураспада.

Результаты позволяют заключить, что существует каскад 262 - 105 кэв в спектре Tb^{155} и нет каскада 212 - 87 кэв в спектре Tb^{153} .

Авторы выражают благодарность М.К.Никитину за оказанную помощь по хроматографическому разделению тербиевой фракции и студенту - дипломанту А.Диндуну за помощь в работе.

Институт физики АН
Латв. ССР

Л и т е р а т у р а :

1. Б.С.Джелепов, Л.К.Пекар "Схемы распада радиоактивных ядер, М.- Л. /1959/
2. D.Strominger, I.M.Hollander and G.T.Seaborg.
Rev. Mod. Phys., 30,2,585 /1958/.
3. Shimon Ofer. Phys. Rev., 115,2,412 /1959/.
4. Н.А.Бонч-Осмоловская, Б.С.Джелепов, О.Е.Крафт
Материалы второго совещания по ядерной спектроскопии
нейтронодефицитных изотопов редких земель том.Ш,
III /1959/ .
5. K.S.Toth, K.T.Faler, I.O.Rasmussen. Phys. Rev.,115,
1,158 /1959/.

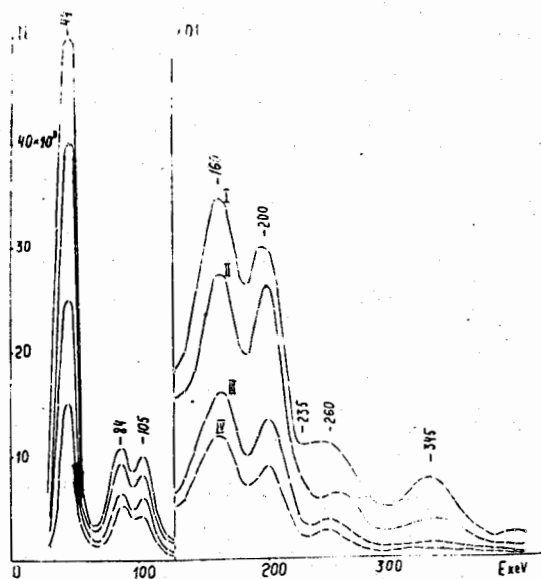


Рис. 1 Гамма-спектр фракции Tl в различные моменты измерений :

- I в начале измерений ;
- II через 23 часа ;
- III через 73 часа ;
- IV через 112 часов.

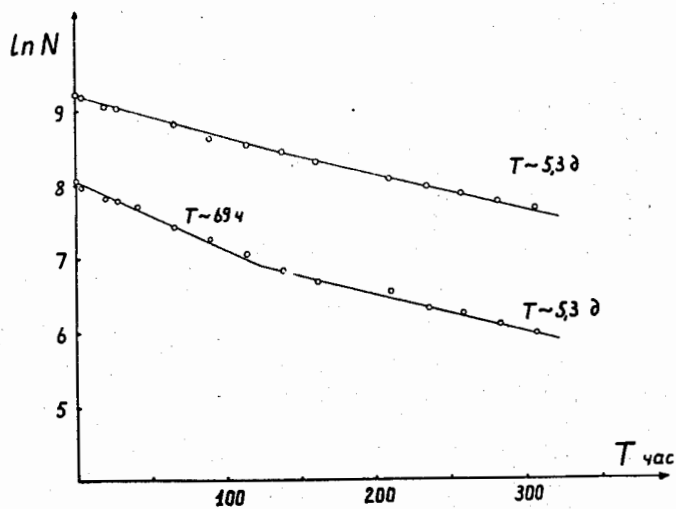


Рис. 2 Кривые распада фотопиков :
87 кэв /верхняя/ и 160 + 180 кэв.

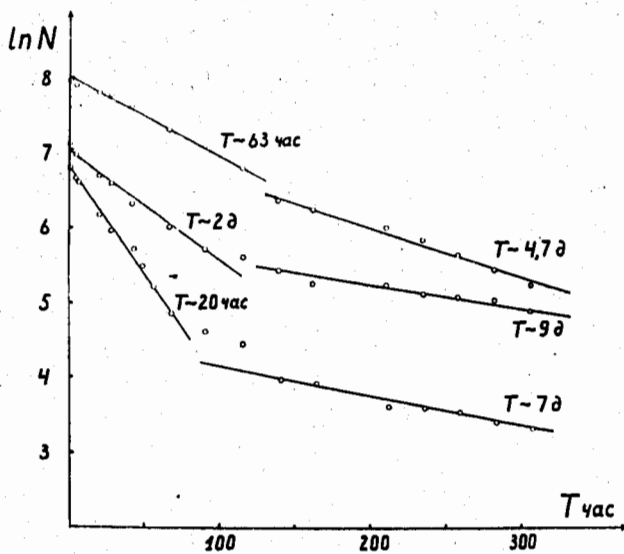


Рис. 3 Кривые распада фотопиков :
210 кэВ /верхняя/; 260 кэВ;
350 кэВ /нижняя/.

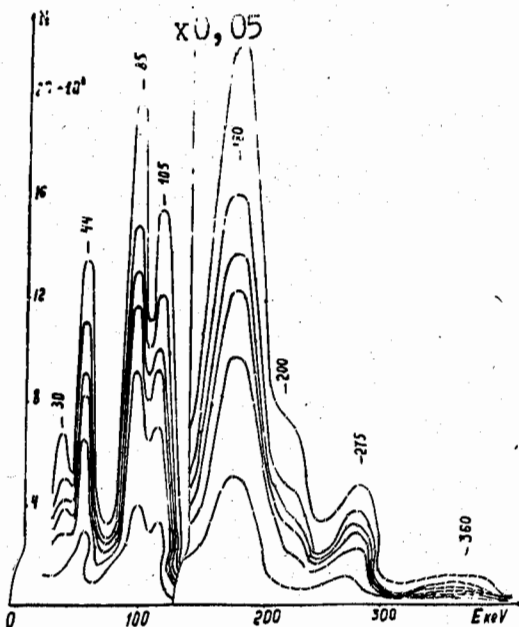


Рис. 4. Гамма-спектр фракции T_b /вторично разделенной/
в различные моменты измерений:

- I. в начале измерений ;
- II. через 48 часов ;
- III. через 72 часа ;
- IV. через 96 часов ;
- V. через 144 часа ;
- VI. через 240 часов.

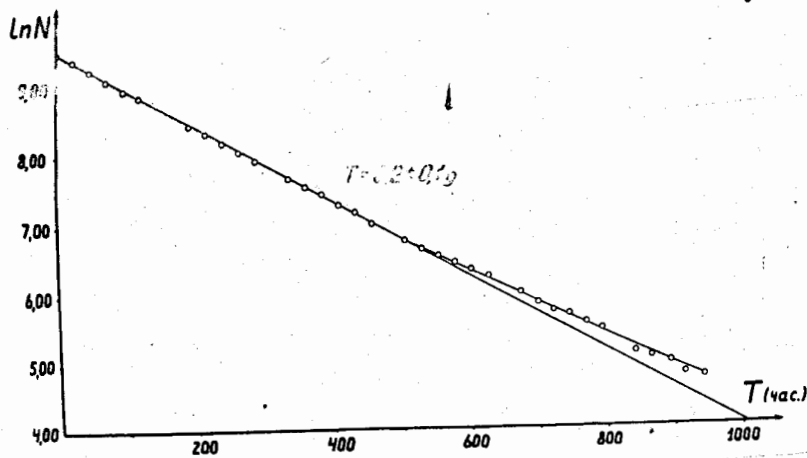


Рис. 5 Интегральная кривая распада препарата Tl^{206}
/вторично разделенного/.

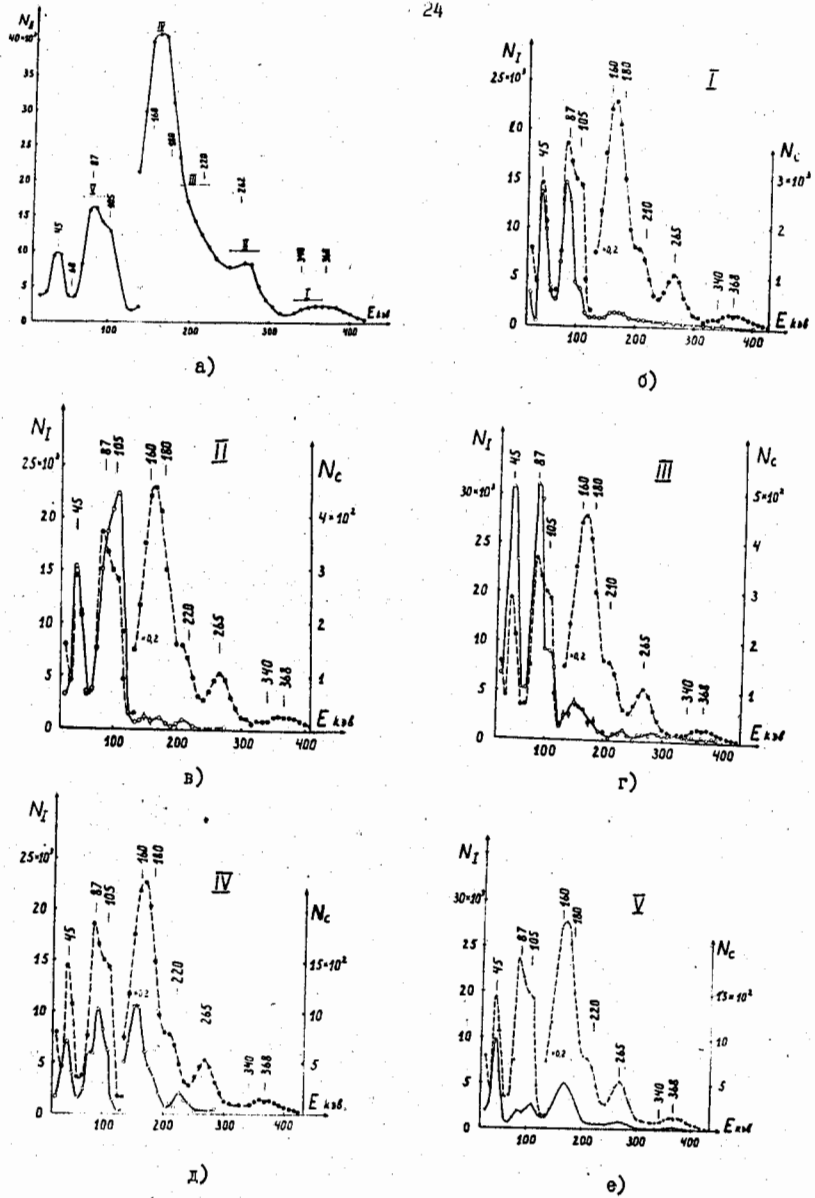


Рис. 6. а) γ -спектр снят на П-ом спектрометре ;
 горизонтальной чертой показано положение
 "окна" при измерении совпадений;
 б + е) спектры совпадений соответственно положениям
 "окна" I + У.

Прерывистой кривой показан спектр
 I-го спектрометра.

Б.С.Джелепов, Г.С.Новиков, В.А.Сергиенко

"СОВПАДЕНИЯ ЭЛЕКТРОНОВ ПРИ РАСПАДЕ Gd^{153} "

С помощью сдвоенного линзового β -спектрометра /1/ мы изучали совпадения по времени образования электронов, возникающих при распаде $Gd^{153} \rightarrow Eu^{153}$ / $T_{1/2} \approx 236$ дн/.

Gd^{153} был получен путем длительного облучения танталовой мишени протонами с энергией 660 мэв на синхроциклотроне ОИИИ. Выделение нейтронодефицитных изотопов Gd из редких земель было сделано хроматографическим методом.

Измерение совпадений между электронами Gd^{153} производилось спустя приблизительно 4 месяца после выделения, когда Gd^{147} (37 ч) и Gd^{149} (9 дн.) распались, а Gd^{146} (46 дн) значительно ослаб. Радиоактивные изотопы Eu с $A = 147$ и 149 , накопившиеся при распаде изотопов Gd были повторно отделены. Препарат содержал изотопы Gd^{153} , Gd^{151} (150 дн), Cd^{146} и соответствующие им изотопы Eu .

При распаде $Gd^{153} \rightarrow Eu^{153}$ происходят γ -переходы с энергиями: 70; 98 и 103 кэв /2/. Ядро Eu^{153} получается также и при β^- -распаде Sm^{153} . В случае распада $Sm^{153} \rightarrow Eu^{153}$ наблюдаются ядерные переходы 70; 84; 103; 173; 545 и 600 кэв /3/. Совпадения между γ -квантами при распаде Sm^{153} изучались в работах /4,5/. Между γ -квантами с $h\nu$ до 100 кэв были отмечены совпадения ($\gamma 70$) ($\gamma 100$) и не были найдены совпадения ($\gamma 98$) ($\gamma 100$).

Мы изучали совпадения между конверсионными электронами от переходов 103; 98; 70 кэв, а также между к-электронами переходов 103 и 98 кэв и Оке-электронами к-серии.

Результаты наших опытов представлены на рис. I, где изображены, кроме одиночного спектра конверсионных электронов смеси изотопов Gd , также спектры совпадений электронов K_{I03} и K_{98} с K и LM -электронами перехода 70 кэв и K -Оже-электронами.

Из наших опытов можно сделать следующие выводы:

1. Наблюдаются интенсивные совпадения между электронами от переходов с энергией $I03$ и 70 кэв (кривая I).

2. По кривой 2 видно, что почти полностью отсутствуют совпадения в том районе, который соответствует сильной линии K_{I03} на одиночном спектре. Поэтому мы считаем, что совпадений $(98)(I03)$ нет.

3. Хотя на кривой 2 и имеются максимумы при тех H_p , при которых должны фиксироваться совпадения $(K_{98})(K_{70})$ и $(K_{98})(L_{70})$, мы считаем, что таких совпадений нет.

Так как на наших спектрометрах конверсионные линии от переходов $I03$ и 98 Кэв полностью не отделялись, то при установлении фиксированного канала в одном из спектрометров на максимум линии K_{I03} , регистрировались также электроны линии K_{98} и наоборот. Поэтому судить о том, с какими переходами связаны совпадения $(K_{I03} + K_{98})(K_{70})$ и $(K_{I03} + K_{98})(LM_{70})$, можно только из сопоставления скоростей счета в спектрах совпадений линий со скоростями счета электронов в фиксированном канале. Скорость счета электронов в фиксированном канале на максимумах линий K_{I03} и K_{98} отличались приблизительно в 2,5 раза; отношение скоростей счета совпадений $(K_{I03})(K_{70})$ и $(K_{98})(K_{70})$

равно 4,5. Таким образом примесь К103 к К98 при установке канала на К98 с избытком объясняет наблюдающуюся скорость счета совпадений (К103 + К98) (К70) и (К103 + К98) (LM 70). На долю истинных совпадений (К98) (К70) ничего не остается.

4. Наличие совпадений между К-электронами перехода 103 кэв и К-Оже-электронами отчетливо видно из рис. I (кривая I), где в спектре совпадений выделились три группы электронов К - LL, К - Lx и К - xy.

Эти совпадения связаны, как с Оже-электронами, образующимися при конверсии γ -квантов 98 и 103 кэв на К-оболочке атома, так и при образовании вакансий на этой оболочке вследствие К-захвата в Gd^{153} .

По современным представлениям об Оже-эффекте вероятность образования различных групп К-Оже-электронов при конверсии на К-оболочке и К-захвате одинаковы. Экспериментально это подтверждено в работе /6/.

Из наших опытов интенсивности трех групп К-Оже-электронов: (К - LL); (К - Lx); (К - xy) равны 1:0,45:0,06. Полученные данные согласуются со значениями $\frac{K-Lx}{K-LL} = 0,457$ и 0,43 для $Z = 62$ и $Z = 64 - 65$, приведенными в работах /7,8,9/.

Авторы выражают благодарность М.А. Листенгартену за обсуждение результатов. В измерениях принимали участие С. Тимофеев, А. Берестовой и Л. Горжак.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Сергиенко В.А. Изв. АН СССР, Серия физическая, 22, 198, (1958).
2. Антоньева Н.М., Башилов А.А., Желепов Б.С. и Преображенский Б.К. Изв. АН СССР, Серия физическая, XXII, 135 (1958).
3. Желепов Б.С. и Пекер Л.К. - "Схемы распада радиоактивных ядер" стр. 452 (1958).
4. Dubey V., Mande Ville C., Rotman M. Phys. Rev.,
103, 1430, 1956. VAPS 1, 164, 1956.
5. Marty N., Vergnes M. Compt. Rend. 243, 1438, 1956.
6. Желепов Б.С., Преображенский Б.К., Сергиенко В.А.
Изв. АН СССР, Серия физическая, XXII, стр. 949 (1958).
7. Бобыкин Б.В., Новик К.М., Изв. АН СССР, Серия физическая,
21, 1556 (1957).
8. Желепов Б.С., Преображенский Б.К., Рогачев И.М., Тишкин П.А.
Изв. АН СССР, Серия физическая, 22, 126 (1958).
9. Листенгартен М.А. Изв. АН СССР, Серия физическая, (1960).

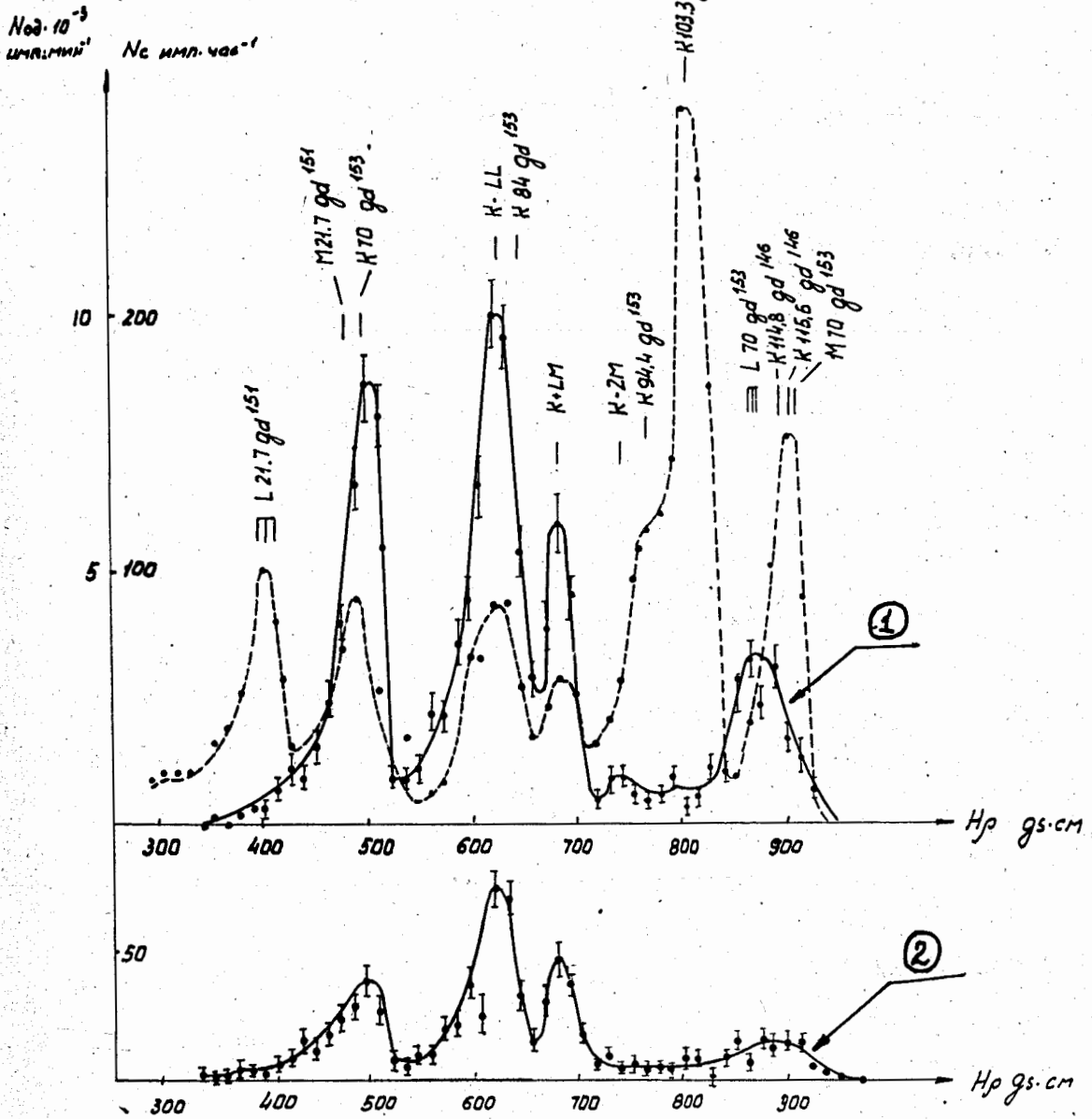


Рис. 1. Совпадения электронов Gd^{153} . Кривая 1 - вид спектра конверсионных электронов смеси Gd^{153} , Gd^{151} Gd^{146} на одиночном спектрометре.

Кривая 2 - спектр совпадений с электронами $K103$.

Кривая 3 - спектр совпадений с электронами $K 98$.

А.А. Сорокин, К.П. Митрофанов

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПАДА Gd^{147} и Gd^{149}

В настоящей работе распад изотопов Gd^{147} и Gd^{149} исследовался на двухлинзовом β -спектрометре (разрешающая способность 3%) /1/ и на сцинтилляционном спектрометре совпадений (размеры кристаллов 4x4 см, разрешение на линии 660 кэв - 10%) с регистрацией спектров на 100-канальном анализаторе АИ-100) /2/. Исследуемые изотопы присутствовали в Gd фракции, выделенной из Ta мишени, облученной протонами ($E_p = 660$ мэв).

1. Гадолиний - 147

Распад Gd^{147} ($T_{1/2} = 35$ час.) исследовался ранее в работах /3-6/. Схема распада этого изотопа была предложена в работе /3/, главным образом на основании баланса энергий и интенсивностей, наблюдавшихся γ -переходов.

В спектре конверсионных электронов, в дополнение к наблюдавшимся ранее /3/, нами были обнаружены пики, соответствующие γ -переходам 310, 1580, 1675 и 1810 кэв. Интенсивность этих пиков убывала со временем с $T_{1/2} \approx 1,5$ дн., что позволило отнести их к распаду Gd^{147} .

Исследование спектров γ - γ -совпадений позволило уточнить схему уровней Gd^{147} . При измерениях совпадений было использовано то обстоятельство, что уровень 625 кэв является изомерным. Его период полураспада по данным работы /7/ равен $(7,2 \pm 0,3) \cdot 10^{-7}$ сек. Таким образом, измеряя спектры "мгновенных" и

"задержанных" совпадений с γ -лучами 230 кэв (переход с первого возбужденного в основное состояние), удалось разделить переходы, идущие непосредственно на уровень 230 кэв, или через изомерный уровень 625 кэв.

Построенная на основании измерений совпадений схема уровней Eu^{147} (рис.1) в основном подтверждает схему, предложенную ранее /3/. Отличие заключается в том, что нами введены уровни 1070, 1360 и 1810 кэв и исключен уровень 1480 кэв.

Уровень 1070 кэв введен на основании того, что γ -переход 1070 кэв не проявлялся в спектрах ни "мгновенных", ни "задержанных" совпадений с 230 кэв. Следовательно он должен идти в основное состояние. В схеме, предложенной ранее /3/, этот переход не был помещен. Уровень 1360 кэв введен на основании наличия "мгновенного" каскада 230-1130 кэв. Уровень 1810 кэв введен, так как переход 1810 кэв не совпадает ни с какими γ -переходами. Кроме того наблюдался $\gamma\gamma$ -каскад 230-1580 кэв.

Уровень 1480 кэв не проявился в наших измерениях, так как не наблюдались ни соответствующий прямой переход, ни γ -каскад, который мог бы идти с этого уровня. Измерение периода полураспада уровня 625 кэв методом задержанных совпадений дало величину $T_{1/2} = (8 \pm 1) \cdot 10^{-7}$ сек., что согласуется с данными работы /7/.

2. Гадолиний - 149

После того, как Gd^{147} распадался (т.е. спустя 7-10 дней после облучения), начиналось исследование Gd^{149} ($T_{1/2} = 10$ дн.). В работе /8/ ему были приписаны γ -лучи с энергией 149,8;

272; 298; 346; 461; 497; 517; 535 и 940 кэв. Там же на основании баланса энергий и интенсивностей γ -переходов были предложены 2 варианта схемы распада. Один вариант включал уровни 150, 298, 422, 497 и 957 кэв, а другой - 150, 497, 795 и 957 кэв. Уровень 497 кэв является изомерным. Его период полураспада согласно /7/ равен $(2,5 \pm 0,1) \cdot 10^{-6}$ сек. Нами были измерены спектры "задержанных" и "мгновенных" совпадений с γ 150 кэв. В спектре "задержанных" совпадений был виден только пик от γ -лучей 298 кэв. Это означает, что переход 298 кэв должен идти с уровня 795 кэв на уровень 497 кэв. Других переходов, идущих на этот уровень (а также и на уровень 795 кэв), нет. Кроме того были установлены "мгновенные" каскады: 150-270 кэв, 150-345 кэв, 150-520 кэв и 150-790 кэв. Были получены также указания на наличие каскадов 520-270 и \sim 650-270 кэв. γ -лучи 940 кэв не находятся в каскаде с γ 150 кэв. На основании этих данных нами предложена схема распада, показанная на рис. 2. В этой схеме нет γ -переходов 461 и 535 кэв, размещение которых требует введения дополнительных уровней. Для периода полураспада уровня 497 кэв нами была получена величина $(3,3 \pm 0,5) \cdot 10^{-6}$ сек, что в общем согласуется с приведенными выше данными работы /7/.

Авторы выражают благодарность В.С.Шпинелю за обсуждение результатов, студентке Ван Шу-фин за помощь в измерениях, а также сотрудникам ЛЯП ОИЯИ за облучение мишени и химическое разделение.

Научно-исследовательский институт
ядерной физики МГУ

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Митрофанов К.П., Шпинель В.С. Изв. АН СССР, сер. физ., 21, 1407 (1957).
2. Делягин Н.Н., Сорокин А.А., ЖЭТФ № 4 1960
3. Антоньева Н.М., Башилов А.А., Джелепов Б.С., Преображенский Б.К. Изв. АН СССР, сер. физ., 22, № 8, 906 (1958).
4. Адамчук В.К., Башилов А.А., Преображенский Б.К. Изв. АН СССР, сер. физич., 22, № 8 919 (1958).
5. Джелепов Б.С., Преображенский Б.К., Сергиенко В.А. материалы УШ Всесоюзного совещания по ядерной спектроскопии, 1958 .
6. Shirley I., Smith W., Rasmussen J, Nucl. Phys., 4, 395, 1957.
7. Э. Берлович, В. Клементьев, Л. Краснов, М. Никитин, Юрсин. Сообщение на Всесоюзном совещании по ядерной спектроскопии 1960 г.
8. Антоньева Н.М., Башилов А.А., Джелепов Б.С., Преображенский Б.К. Изв. АН СССР, сер. физ., 22, № 8, 895 (1958).

E_u^{147}

34

G_d^{147}

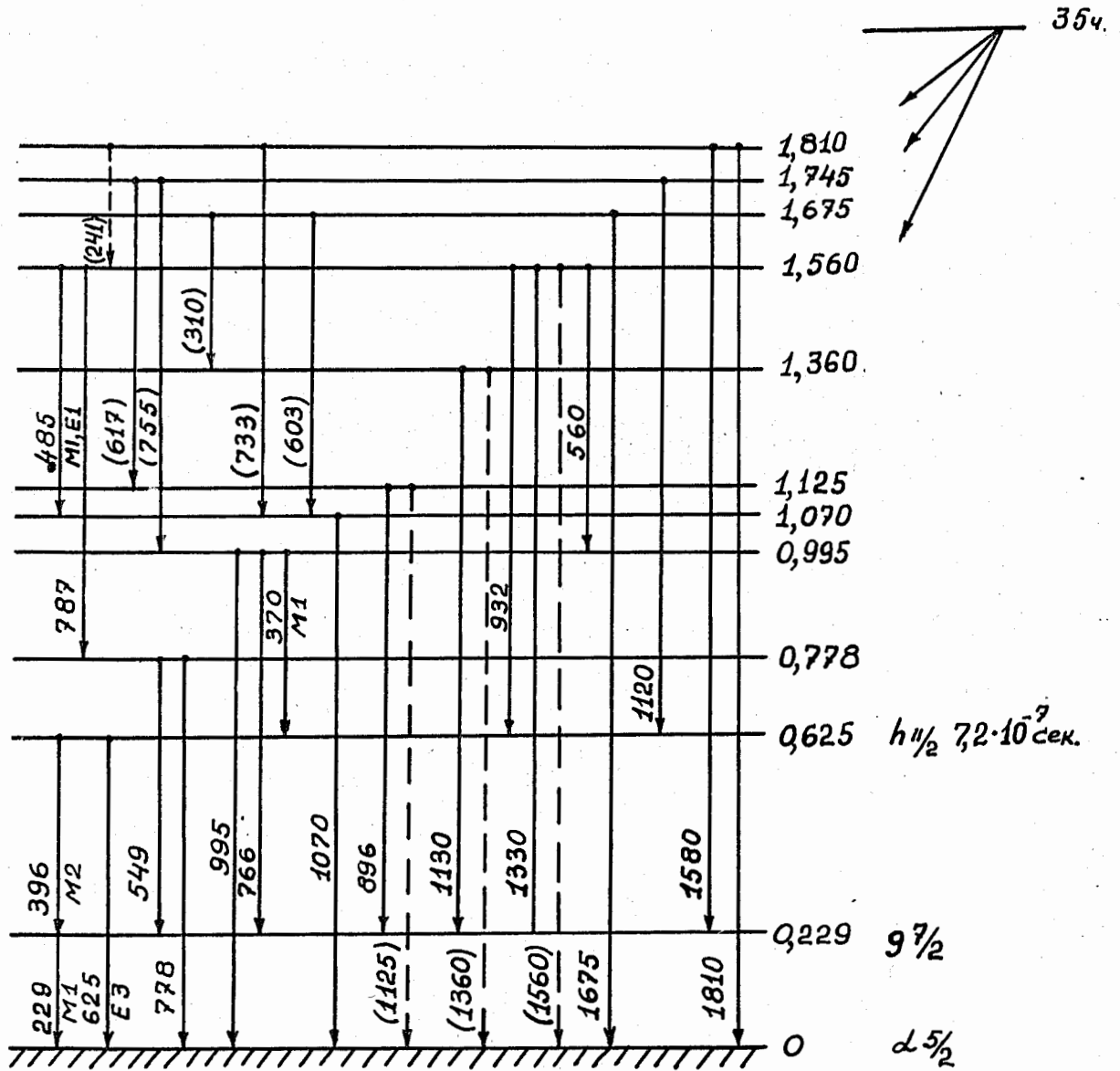


Рис. 1

Схема распада G_d^{147} .

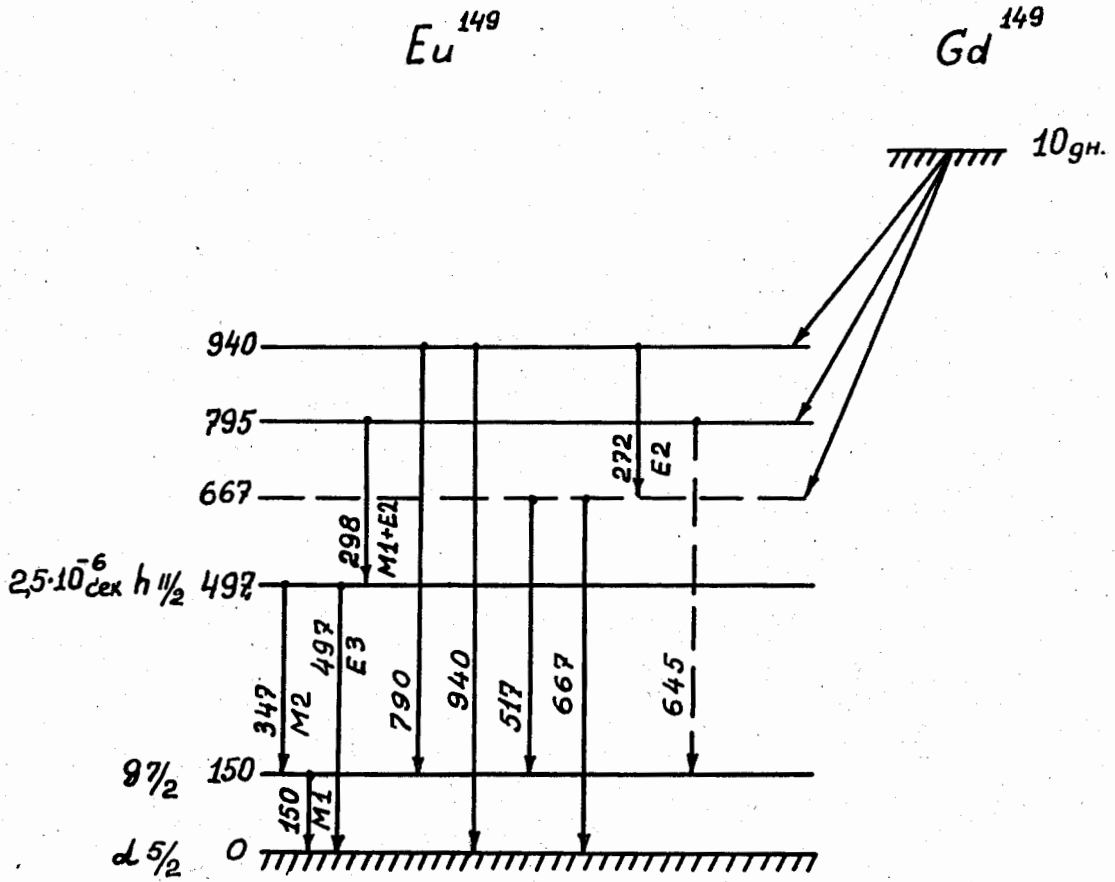


Рис. 2

Схема раопада G_d^{149}

Д.А.Александров, В.Крога, М.К.Никитин

ИССЛЕДОВАНИЕ СХЕМЫ РАСПАДА E_{u}^{I46}

На сцинтилляционном спектрометре совпадений с использованием многоканального анализатора проводилось исследование гамма-излучения и гамма-гамма совпадений при распаде E_{u}^{I46} (период полураспада $4,6 \pm 0,3$ дня /1,2/).

Приготовление препарата E_{u}^{I46} производилось следующим образом. Из танталовой мишени, облученной протонами с энергией 660 мэв в течение нескольких месяцев/на рассеянном пучке/, химическим путем выделялась сумма редкоземельных элементов, которая разделялась далее хроматографически. Полученная таким образом гадолиниевая фракция выдерживалась около месяца для распада короткоживущих изотопов гадолиния и очищалась от дочерних продуктов. После накопления в очищенной таким образом гадолиниевой фракции изотопа E_{u}^{I46} , проводилось его хроматографическое выделение. Таким образом, практически, в данном источнике мог присутствовать только изотоп E_{u}^{I46} и небольшая доля $E_{u}^{I48+I49}$.

Нами проводилось изучение гамма-спектра до энергии 3500 кэв. Обнаружены гамма-переходы с энергией: 400; 415; 635; 667; 705; 745; 900; 1060; 1150; 1300; 1420; 1550; 1800; 2100; 2500; 2800; 3200 кэв.

Проведено тщательное измерение относительных интенсивностей гамма-переходов с энергией 635 и 745 кэв, а также 667

и 705 кэв, которые оказались равными:

745 кэв	-	100%
705 кэв	-	$17 \pm 2\%$
667 кэв	-	$18 \pm 5\%$
635 кэв	-	$176 \pm 8\%$.

Относительные интенсивности гамма-переходов с энергией 2500; 2800; 3200 кэв по грубым оценкам составляют 0,2% от гамма-перехода с энергией 745 кэв.

Исследование гамма-гамма совпадений дало возможность установить наличие следующих каскадных гамма-переходов: 745-635-667, 745-635-900, 745-635-1060, 745-635-1300, 635-1800, 745-1550, 745-2100 кэв.

Идентификация каскадного перехода 745-635-667 кэв произведена путем тщательного исследования кривых совпадений при различных интервалах энергии в фиксированном канале спектрометра совпадений.

В заключение авторы выражают свою глубокую признательность Л.К.Пекеру за обсуждение полученных результатов.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Н.М.Антоньева, А.А.Башилов, Б.С.Джелепов. Тезисы X совещания по ядерной спектр. 1960 г.
2. А.А.Башилов, О.В.Ларионов, М.К.Никитин, В.Б.Смирнов
Тезисы X совещания по ядерной спектр. 1960 г.
3. Б.С.Джелепов, Ж.Т.Желев, А.В.Кудрявцева.
Тезисы X совещания по ядерной спектр. 1960 г.
4. Б.С.Джелепов., Л.К.Пекер "Схемы распада радиоактивных ядер"
Изд. АН СССР 1958 г.
5. G.Scharff-Goldhaber, J.Wenser. Phys. Rev., 98, 212, 1955.
6. Н.М.Антоньева. Работа не опубликована.
7. Rojmond K. Sheline. Rev. of Mod Phys. v.32 N 1 1960.

Б.С.Джелепов, А.И.Медведев, И.Ф.Учеваткин
и С.А.Шестопалова

"ЗАМЕЧАНИЯ О СПЕКТРЕ КОНВЕРСИОННЫХ ЭЛЕКТРОНОВ Pr^{140} "

На втором Советании по нейтронодефицитным изотопам были доложены результаты измерений излучения Pr^{140} на спектрометре с трехкратной фокусировкой /1/. В спектре конверсионных электронов была обнаружена линия в районе $E_e=200$ кэв, известная ранее по измерению излучения La^{140} /2/, и очень слабые линии в районе 260-300 кэв. Было указано, что так как измерения проведены с одним источником, то нужны дополнительные исследования для окончательного утверждения принадлежности этих линий.

Повторные исследования конверсионного спектра производились на спектрометре с трехкратной фокусировкой, работавшем в условиях, когда разрешающая способность составляла 1,4%. При этом светосила уменьшилась в $\sim 2,5$ раза (по сравнению с условиями /1/).

Оказалось, что относительная интенсивность линии $E_e = 201$ кэв меняется от образца к образцу. Это заставляет думать, что линия $E_e = 201$ кэв относится к примеси, которая имеет близкий период полураспада ($\sim 3-4$ дня).

С двумя источниками проводилось повторное пропускание Nd - фракции через хроматографическую колонку. В одном случае интенсивность линии 241 кэв после очистки уменьшилась в два раза, в другом случае - линия исчезла совсем. Поэтому

мы считаем, что обнаруженные в /I/ мягкие линии нельзя приписать Pg^{140} - скорее всего это линии примеси. К сожалению, из-за трудностей измерений, связанных с малой активностью источника, не удастся идентифицировать эту примесь.

Повторные измерения линии K-1597 кэв (при разрешающей способности 1,4% эта линия полностью отделилась от K-1902 кэв) подтвердили ее относительную интенсивность:

$$\frac{S_{1597}}{S_{\beta^+}} = (15 \pm 6) \cdot 10^{-6}.$$

В работе /I/ приводилось значение $\frac{S_{1597}}{S_{\beta^+}} = (14 \pm 5) \cdot 10^{-6}$.

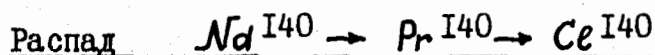
Авторы пользуются случаем выразить благодарность Никитину М.К. за хроматографические разделения.

Л и т е р а т у р а

1. Б.С.Джелепов, И.Ф.Учеваткин и С.А. Шестопалова
Материалы Второго Сопещания по нейтрондефицитным изотопам,
т.Ш, стр. 50, Дубна, 1959 г.
2. Б.С.Джелепов, Л.К.Пекер - Схемы распада радиоактивных
ядер. Из-во АН СССР Москва-Ленинград, 1958 г.

Всесоюзный научно-исследовательский
институт метрологии им. Д.И. Менделеева

В.Брабец, В.Крацик, М.Вобецки



Излучением распада $Nd^{140} \rightarrow Pr^{140} \rightarrow Ce^{140}$ занимался ряд авторов /1 - 8/ .

Браун и др. /8/ определили на спектрометре с изогнутым кристаллом относительные интенсивности рентгеновских лучей

$$PrK_{\alpha_1, \alpha_2} : CeK_{\alpha_1, \alpha_2} : PrK_{\beta_1} : CeK_{\beta_1} = 100 : 50 : 28 : 11 . \quad (1)$$

На спектрометре с двойной фокусировкой они измерили отношение интенсивностей электронов Оже и позитронов.

$$\frac{e_K}{\beta^+} \approx 0,02 . \quad (2)$$

Из этого значения они сделали вывод, что выход электронов Оже меньше 1 %, тогда как теоретическое значение /9/ равно ~ 10%.

Громов и др. /10/ получили значение $\frac{e_K}{\beta^+} = 0,182$. На основании этого значения и отношения $\frac{\beta^+}{\epsilon_K}$, взятого из работы /7/ , они определили выход электронов Оже $\omega_K = 3,6$ %.

Мы видим, что результаты Брауна и Громова очень значительно отличаются от теоретического значения. Кажется вероятным, что сущность этого расхождения заключается в эффектах, вызванных большой толщиной источника. Ввиду того, что в нашем распоряжении имеется спектрометр с большой светосилой, позво-

лящий измерять даже слабые радиоактивные источники с достаточной точностью, нам казалось целесообразным проверить результаты перечисленных работ в лучших экспериментальных условиях.

Источник получался хроматографическим методом из танталовой мишени, облученной протонами с энергией 660 Мэв, и наносился на алюминиевую фольгу толщиной 5μ . Слой радиоактивного вещества не был виден простым глазом.

Измерения проводились на магнитном β -спектрометре с промежуточным изображением /II/. Параметры спектрометра выбраны таким образом, чтобы разрешающая способность прибора была около 2%.

β^+ -спектр представлен на рис. I. График Ферми является линейным. Намека на слабую компоненту с максимальной энергией около 1 Мэв, о которой писали Браун, Расмуссен и др. /8/, мы не заметили. Максимальная энергия непрерывного спектра, полученная из трех серий, составляет 2318 ± 10 кэв. Счет на максимуме непрерывного β^+ -спектра первой серии составлял около 2000 импульсов в минуту при фоне 16 импульсов в минуту.

В низкоэнергетической части β -спектра мы наблюдали 3 линии (рис. 2), идентифицированные нами как линии групп Оже K-L_L, K-L_X и K-M_X. Счет на максимуме линии K-L_L в первой серии измерений был около 3000 импульсов в минуту. Была введена поправка на поглощение мягких электронов в пленке детектора по экспериментальным кривым Лэйна и Заффарана /12/. Относительные интенсивности этих групп были определены на основании их площадей и имеют значения

$$K-L_L : K-L_X : K-M_X = 1 : (0,58 \pm 0,05) : (0,09 \pm 0,02) \quad (3)$$

(Знаком X обозначены оболочки выше L).

Из экспериментальных результатов для электронов Оже серии К (e_K) к непрерывному спектру β^+ -излучения было получено

$$\frac{e_K}{\beta^+} = 0,292 \pm 0,015. \quad (4)$$

Период полураспада для сплошного β^+ -спектра и линий Оже проверялся в течение 15 дней и оказался равным 3,3 дня в согласии с литературными данными.

Экспериментальное значение $\frac{e_K}{\beta^+} = 0,292$ можно использовать либо для определения выхода электронов Оже ^{140}Ce (ω_K), либо для определения отношения числа позитронов (β^+) к электронному захвату ^{140}Pr (ϵ_K).

Для определения выхода электронов Оже необходимо воспользоваться теоретическим значением отношения вероятностей захвата электронов из К-оболочки и β^+ -распада. Для определения $\frac{e_K}{\beta^+} ^{140}\text{Pr}$, напротив, необходимо использовать теоретическое значение электронов выхода Оже.

После каждого электронного К-захвата К-оболочка заполняется электронами из более высоких оболочек, причем возникает или рентгеновское излучение К-серии, или испускаются электроны Оже К-серии. Под выходом электронов Оже ω_K мы понимаем отношение числа электронов Оже К-серии (e_K) к числу электронных К-захватов (ϵ_K). Аналогичным образом можно определить выход флуоресценции как отношение числа рентгеновских квантов К-серии к числу всех электронных К-захватов.

В равенстве

$$\frac{e_K \text{ Ce}}{\epsilon_K} = \frac{e_K \text{ Ce}}{\beta^+} \frac{\beta^+}{\epsilon_K} \quad (5)$$

член $\frac{e_{KCe}}{\beta^+}$ можно определить из определенного эксперименталь-
ным путем отношения $\frac{e_K}{\beta^+}$. Однако, в число электронов Оже
 e_K входят не только электроны Оже Ce^{I40} , но и Pr^{I40} .

Если мы воспользуемся результатом Брауна /1/, по которому
отношение $\frac{e_K Pr}{e_{KCe}} = 2,1$, то мы сможем определить из этого ре-
зультата и из наших измерений значение e_{KCe} . Тогда мы получим

$$\frac{e_{KCe}}{\beta^+} = 0,0942. \quad (6)$$

Второй множитель можно определить теоретическим путем.

Для Pr с измеренной нами энергией распада 2318 Кэв

$$\frac{\epsilon_K}{\beta^+} = 0,9. \quad (7)$$

Это значение было получено интерполированием из теоретических
значений, вычисленных Цвейфелем /13/.

Подстановкой (6) и (7) в (5) мы получим для выхода
электронов Оже Ce^{I40}

$$\omega_K = 10,4 \%. \quad (8)$$

Это значение находится в очень хорошем согласии с теоретическим
значением (10,5 %) /9/.

В соответствии с /9/ для $Z = 58$ выход флуоресценции
равен 89,5 %.

Отсюда следует, что выход Оже равен 10,5 %. Из этого значения
и из (1) мы получим для отношения числа электронных захватов
К и позитронов при распаде Pr^{I40} .

$$\frac{\epsilon_K}{\beta^+} = 0,897. \quad (9)$$

Если мы хотим определить отношение числа всех электронных зах-
ватов к числу позитронов, мы должны учитывать L - захват

(М-захватом можно пренебречь). Теоретическое значение $\frac{\epsilon_L}{\epsilon_K} = 0,125$ /14/. Путем простого расчета мы затем найдем, что при распаде Pr^{140} на электронный захват приходится 50,3 %, а на β^+ -распад 49,7 %.

Как уже указывалось выше (см. (3)), отношение интенсивностей самых сильных групп электронов Оже равно $\frac{K-LX}{K-LI} = 0,58 \pm 0,05$. Теоретическое значение /9/ равно 0,50.

Институт ядерных исследований. ЧСАН. Прага.

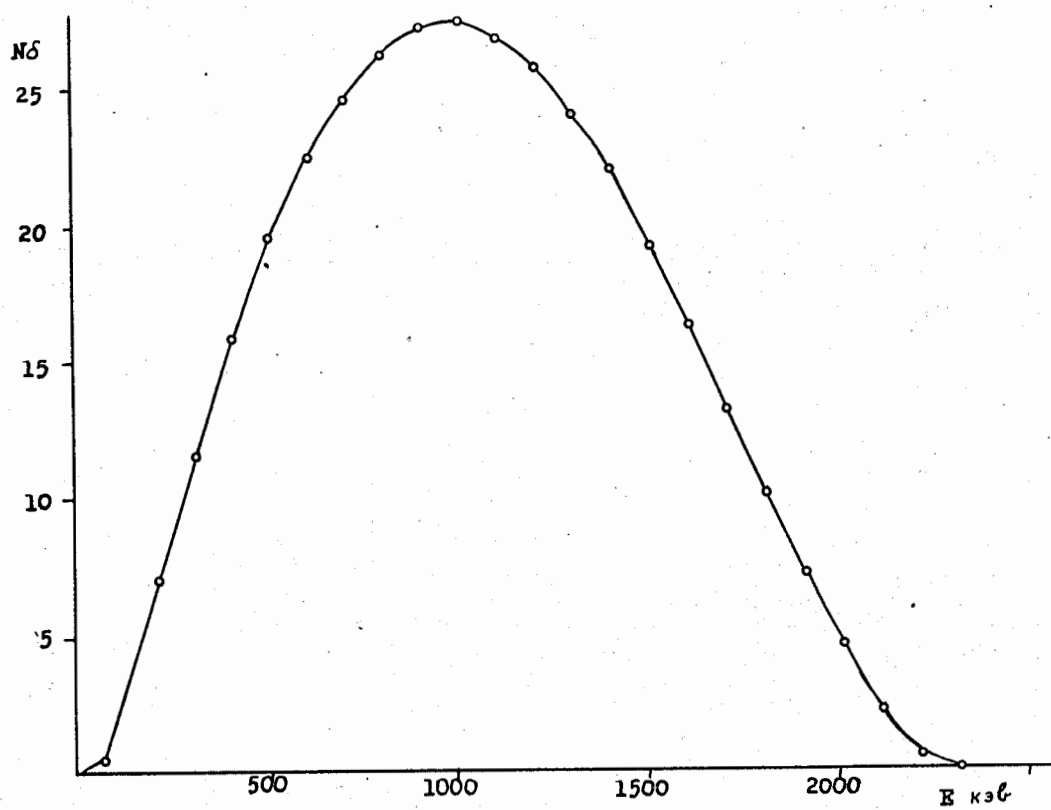


Рис. I. β^+ -спектр излучения Pr^{140} .

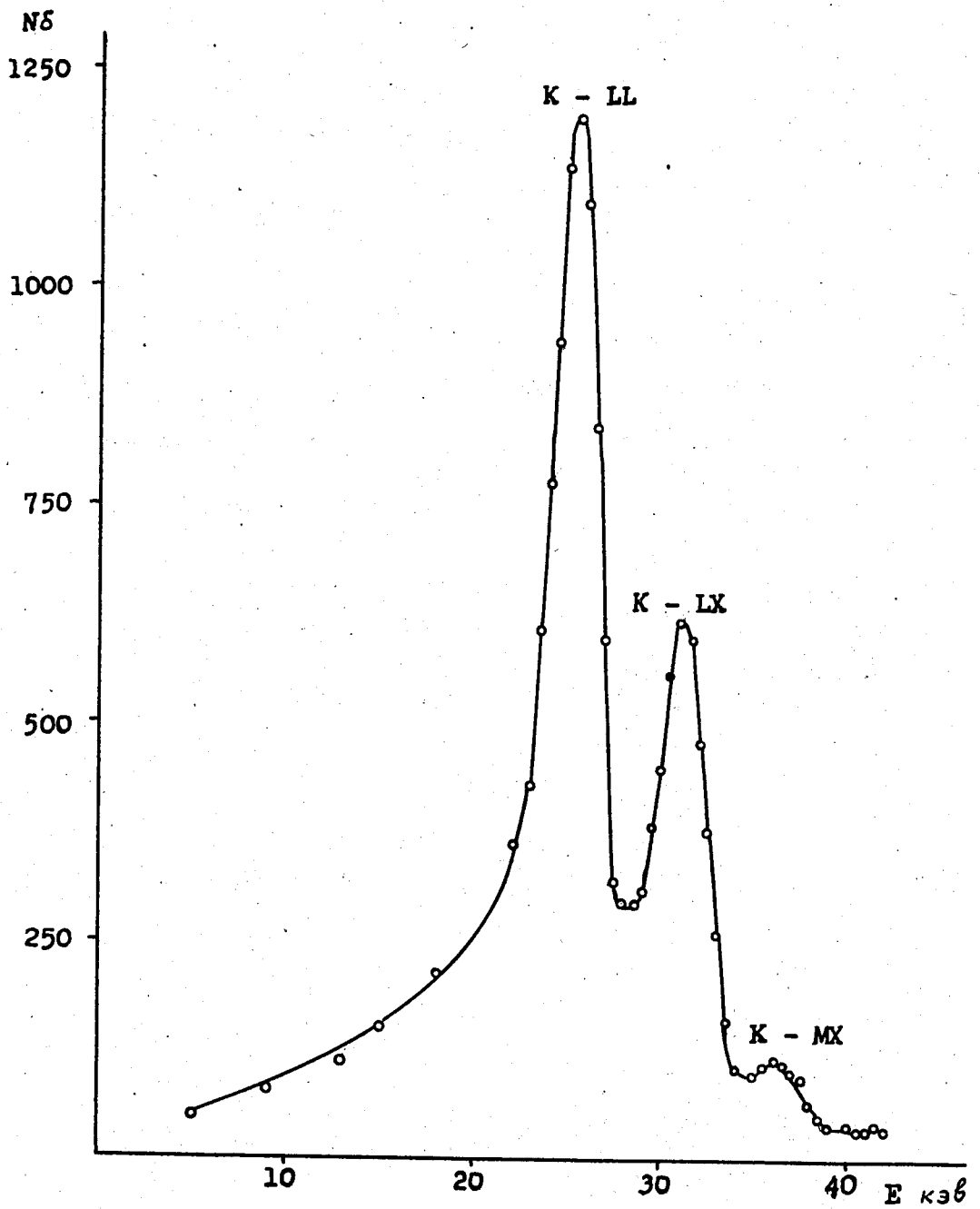
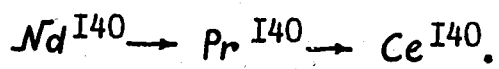


Рис. 2. Спектр электронов Оже К-серии радиоактивного ряда



Знак X обозначает оболочку выше L .

Л и т е р а т у р а

1. Amaldi E., D Agostino O., Fermi E., Pontecorvo B., Rosetti R., Segre E.: Proc. Roy. Soc. A 149 (1935), 522.
2. Stover B.I.: Phys. Rev. 81 (1951), 8.
3. Pool M. L., Quill L.L.: Phys. Rev. 53(1938), 437.
4. De Wire I.M., Pool M.L., Kurbatov J.D.,: Phys. Rev. 61(1942), 564.
5. Huber O., Lienhard O., Scherrer P., Wäffler H.: Helv. Phys. Acta 18 (1945), 221.
6. Perlman M.L.: Phys. Rev. 75 (1949), 988.
7. Wilkinson G., Hicks H.G.: Phys. Rev. 75 (1949), 1687.
8. Browne C.J., Rasmussen J.O., Surls I.P., Martin D.F.: Phys. Rev. 85 (1952), 146
9. Wapstra A.H., Nijgh G.J., Van Lieshout R.: Nuclear Spectroscopy tables. North -Holland Publ. Co, Amsterdam 1959.
10. Громов К.Я., Джелепов В.С., Дмитриев А.Г., Преображеннский В.К. Изв. АН СССР(сер. физ.) 22(1958), 153
11. Plajner Z., Brabec V.: Čsl. čas. fys. 10 (1960), 115.
12. Lane R.O., Zaffarano D.J.: AEC ISC -439 (1953).
13. Zweifel P.F.: Phys Rev. 107 (1957), 329.
14. Rose M.E., Jackson J.L.: Phys. Rev. 76 (1949), 1540.

А.К.Лаврухина, Т.В.Малышева, Б.А.Хотин

НОВЫЙ ИЗОТОП Jr 183

При выделении дочернего осмия из фракции иридия, образующегося при расщеплении золота протонами с энергией 660 Мэв, была обнаружена активность с периодом полураспада 12 часов, принадлежащая Os 183 (1,2). Этот факт свидетельствует об образовании в продуктах расщепления золота нового нейтронодефицитного изотопа иридия с массовым числом 183. Настоящая работа посвящена определению периода полураспада Jr 183.

Металлическое золото в количестве $\sim 0,5$ г облучалось во внутреннем пучке синхроциклотрона ОИЯИ протонами с энергией 660 Мэв в течении 0,5-1 часа. Радиоактивно-чистый иридий из продуктов расщепления золота получался по методике, описанной в работе (3). Затем из иридия через равные промежутки времени проводилось систематическое выделение дочернего осмия (время накопления изменялось в различных опытах от 1,5 часа до 4 часов).

С этой целью к раствору радиоактивного иридия добавлялось ~ 20 мг осмия в виде $Na_2OsO_4 \cdot OsO_4 \rightarrow$ отгонялся с хлорной кислотой и улавливался 10% $NaOH$. Затем осаждался сульфид осмия, который прокаливался до металла в токе водорода.

Полнота отделения осмия контролировалась путем взвешивания металлургического осмия. Химический выход составлял 95-98%.

Спад активности дочернего осмия измерялся на торцовом счётчике стандартного счетного устройства. На рис. 1 и 2 приведены кривые распада накопившиеся в течении 1,5 часа активности осмия для 4-го, 7-го и 9-го выделений. Изменение количества активности Os^{183} в зависимости от времени выделения (рис.3) дает период полураспада Zr^{183} , равный $1 \pm 0,1$ часа. Активность с периодом полураспада $1 \pm 0,15$ часа обнаружена также в кривой распада суммарной активности иридиевой фракции (рис.4).

Долгоживущая активность с периодом полураспада ~ 90 дней (рис. 1 и 2) обусловлена образованием Os^{185} из 15-ти часового Zr^{185} .

Короткоживущая активность, распадающаяся с периодом полураспада 10 ± 2 минуты и присутствующая в дочернем осмии после исчезновения 12-ти часовой активности, принадлежит, по-видимому, изомеру осмия Os^{184} (1).

Л и т е р а т у р а :

1. В.И.Баранов, К.Я.Громов, Б.С.Джелепов, Зыонг Чонг Бай, Т.В.Мальшева, В.А.Морозов, Б.А.Хотин, В.Г.Чумин, ОИЯИ, Р 493. Дубна, 1960 г.

2. А.К.Лаврухина, Ю.А.Сурков, З.В.Хромченко, Г.М.Чернов, Программа и тезисы докладов X ежегодного совещания по ядерной спектроскопии в Москве, 50, 1960 г.

3. А.К.Лаврухина, Т.В.Мальшева, Б.А.Хотин. III-е совещание по нейтронодефицитным изотопам, Дубна 1960 г.

Настоящий том стр.143.

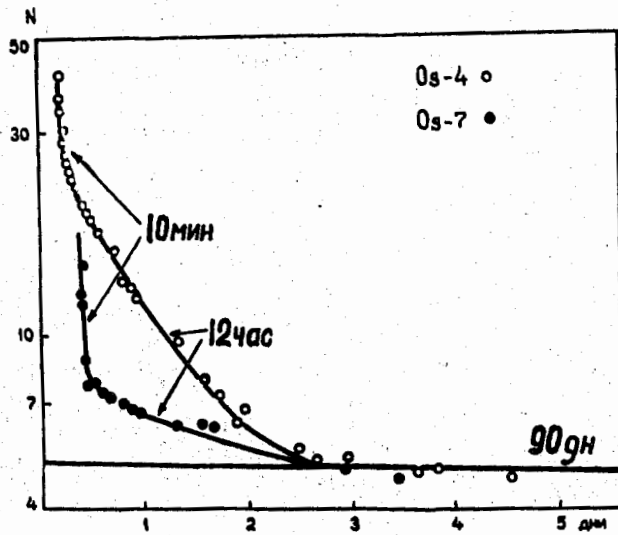


Рис. 1. Кривые распада активности дочернего осмия (4-е и 7-ое выделения).

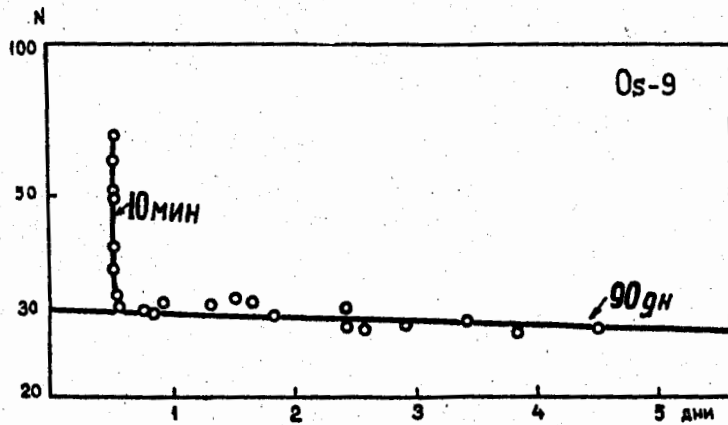


Рис. 2. Кривая распада активности дочернего осмия (9-ое выделение).

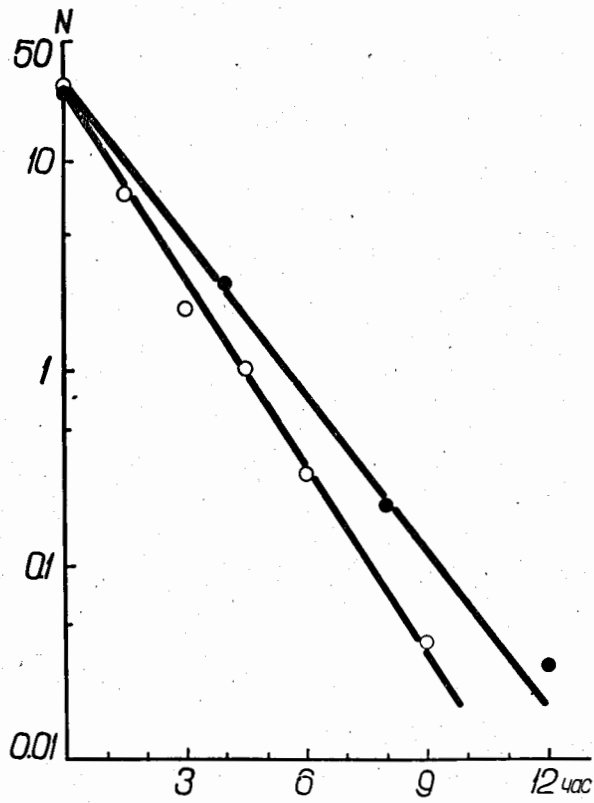


Рис. 3. Изменение количества активности ^{183}Uc ($T=12$ час) в зависимости от времени выделения дочернего осмия.

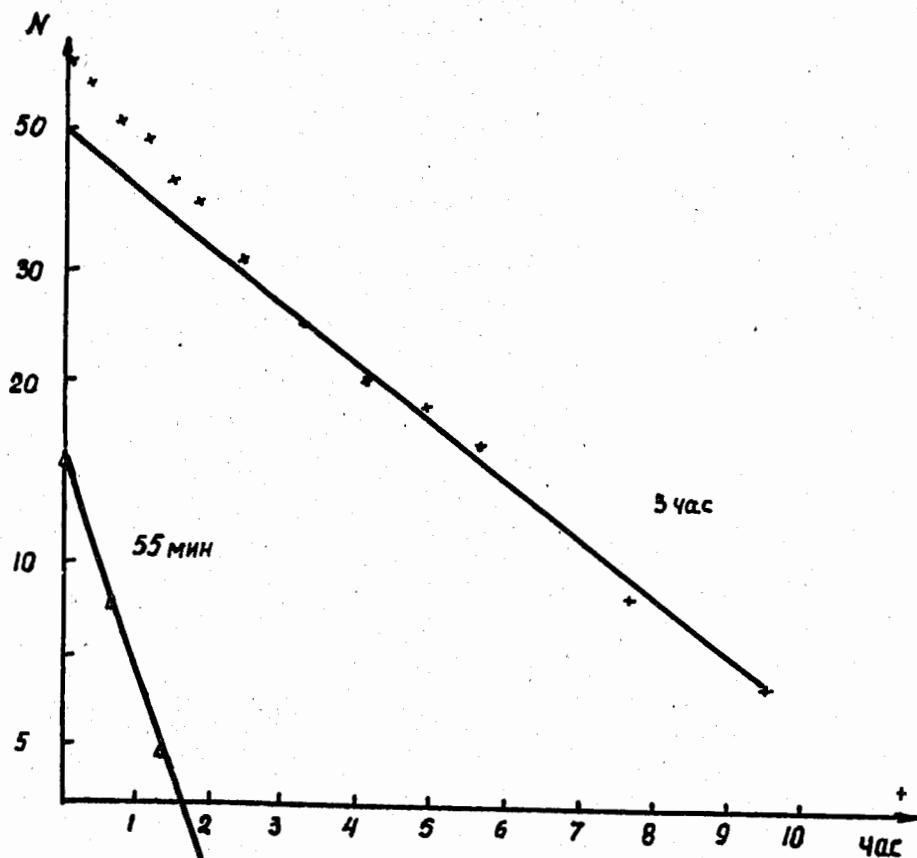


Рис. 4. Кривая распада активности ураниевой фракции.

Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского
АН СССР

В.С.Шпинель, В.И.Шумшуров

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНВЕРСИОННОГО СПЕКТРА ИРИДИЕВОЙ

ФРАКЦИИ

На большом магнитном спектрографе $v_{max} = 50 \text{ см/с}$ постоянными магнитами исследовалась фракция изотопов иридия, получаемых путем облучения золотой мишени протонами с энергией 660 мэв с последующим разделением на хроматографической колонке. Источник для спектрографа готовился в виде полоски шириной 0,3 мм, спектр регистрировался толстослойной фотопластинкой типа Р-50. Снятие спектра повторялось 3 раза через разные промежутки времени /30-60 часов/, что позволило грубо оценить периоды полураспада. В полученном спектре наблюдается более 50 конверсионных линий, приведенных в таблице I. Эти данные позволяют однозначно интерпретировать 46 линий. Для интерпретации остальных конверсионных линий необходимы дальнейшие исследования. В этой же таблице для сравнения приведены данные из работы /1/. Идентификация изотопов сделана в соответствии с указанной работой.

Мультипольности γ - переходов с энергией 97; 120 и 137 мэв, установленные по относительным коэффициентам конверсии на L - подболочках, приведены в таблице 2.

Таблица I

№№ ПП	Н _p	E _e (кэВ)	E _e +E _a (кэВ)	E _γ (кэВ)	E _γ (1)	Мульти- польн./I/	A	
I	2	3	4	5	6	7	8	
I.	525	23,7	K	97,5	97,1	97,3	E2-(M1)	I85
2.	63I,9	33,9	M	36,9	36,9	37,4	M1-E2	I85
3.	654,0	36,3	N	36,9				
4.	744,8	46,6	K	I20,5	II9,7			
5.	792,3	62,5	K	64,9				
6.	805,8	54,2	L _{II}	65,1	65,0	65,2	E2	I87
7.	826,4	56,9	K	I30,8	I30,8			
8.	858,7	6I,2	L _I	74,2				
9.	867,7	62,3	L _{II}	74,7	74,6	75,0	E2	I87
IO.	872,2	63,0	K	I36,9	I37,0	I37,2	E2	I86
II.	879,4	64,1	L _{III}	75,0				
I2.	986,1	79,3	K	I53,2	I53,3	I53,6 или 92,7		I85
I3.	995,1	80,7	K	I54,6	I54,9			
I4.	IOI7,5	84,1	L _I	97,1				
I5.	IO2I,1	84,6	L _{II}	97,0				
I6.	IO30,1	86,0	L _{III}	96,9				
I7.	IO39,1	87,4	K	I6I,3	I60,7	I62,9		I86 или I87
I8.	IO80,3	94,0	M	97,0				
I9.	IO95,6	96,4	N	97,0				
20.	II36,8	IO3,2	K	I76,8	I76,8	I77,6	M1	I87
2I.	II60,0	IO7,1	L _{II}	II9,5				
22.	II68,3	IO8,5	L _{III}	II9,4				

I	2	3	4	5	6	7	8
23.	I2I5,3	II6,6	M I19,6				
24.	I256,8	I23,8	L _n I36,7				
25.	I260,5	I24,5	L _n I36,9				
26.	I269,7	I26,2	L _m I37,1				
27.	I3I3,9	I34,2	M I37,2				
28.	I326,8	I36,5	N I37,1				
29.	I35I,0	I4I,0	L _n I53,4				
30.	I358,2	I42,4	L _n I54,8				
3I.	I365,6	I43,7	L _m I54,6				
32.	I388,I	I48,0	L _n I60,4				
33.	I396,8	I49,6	L _m I60,5				
34.	I4II,6	I52,4	M I55,4				
35.	I420,8	I54,2	N I54,9				
36.	I552,6	I80,I	K 253,9	252,8	252,6		
37.	I66I,8	I90,2	K 264,I	264,I			
38.	I755,8	222,5	K 296,4	296,9	296,9	E2	I86
39.	I833,4	239,4	L _n 25I,8				
40.	I840,7	24I,0	L _m 25I,9				
4I.							
42.	2033,4	284,4	L _n 296,6				
43.	204I,0	286,I	L _m 297,0				
44.	2077,3	294,5	M 297,5				
45.	2084,5	296,2	N 296,8				
46.	2336,0	355,8	K 429,6	429,6	427,2		I85-I86
47.	2369,2	363,9	K 437,8	437,8	434,8		I86

Таблица 2

Е (кэВ)		L_1	L_2	L_3	Тип перехода
97	эксп.	8,14	116,8	100,0	E2
	теор.	7,25	112,1	100,0	
137	эксп.	55,1	119,4	100,0	E2
	теор.	19,2	131,8	100,0	
120	эксп.	$L_1 + L_{II} =$	125,0	100,0	E2
	теор.	$L_1 + L_{II} =$	132,5	100,0	

Л и т е р а т у р а

1. R.M. Diamond and T.M. Hollander. Nuclear Physics,
v. 8, N 2, 143 (58).

2. Л.А.Слив и И.М.Банд. Таблицы коэффициентов внутренней
конверсии гамма-излучения. Часть 2. L - оболочка
1958 г.

Научно-исследовательский институт
ядерной физики МГУ

А.А.Абдуразаков, К.Я.Громов, Б.С.Джелепов, Т.В.Мальшева,
Б.А.Хотин.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ О КОНВЕРСИОННЫХ ЭЛЕКТРОНАХ
НЕЙТРОНОДЕФИЦИТНЫХ ИЗОТОПОВ ПЛАТИНЫ

Спектр конверсионных электронов нейтронодефицитных изотопов платины, полученных при облучении золота протонами с энергией 660 мэв, изучался при помощи β -спектрографа с постоянным магнитным полем. Длительность облучения золота - 1 час. Экспозиция фотопластинок начата через 7 часов после конца облучения и через 1 час после выделения платины из мишени. Последовательно экспонировано три фотопластинки. Длительность экспозиций: 9 час, 25 час, и 26 час. Выбор времени экспозиции позволяет сделать грубую оценку периодов полураспада линий конверсионных электронов. Полученные результаты представлены в таблице I.

Мы не претендуем на точность в значениях энергии лучшую чем $\pm 0,4$ кэв, так как каждая фотопластинка не была калибрована отдельно, как мы это делаем в других опытах, а энергия определена по градуировочной кривой, снятой за 1 месяц экспозиции платиновой фракции.

Всего обнаружено 23 конверсионных линии. Линии № 7, 8, 9, отнесены к Pt^{189} на основе предположения Лаврухиной и др. (материалы X совещания по ядерной спектроскопии в Москве 1960 г.), которые тоже видели эти линии.

Интенсивность конверсионных линий с энергией 60,5 ; 60,9 и 61,7 кэв спадает с $T_{1/2} > 4$ часа. Трудно что-либо сказать о периодах спада интенсивности линий $E_e = 78,3$ и 97,8 кэв, так как они очень слабы.

Интенсивность линии с $E_e = 109,7$ кэв, по-видимому, спадает с периодом > 10 часов. Что касается линий $E_e = 63,0 ; 93,3 ; 94,7 ; 124,1 ; 125,7$ кэв, то для них $T_{1/2} < 4$ часов. Электронные линии $E_e = 63,0$ и $125,7$ кэв нами идентифицированы как K и L_1 линии перехода с $h\nu = 139,1$ кэв. По разности $K - L_1$ видно, что этот переход происходит в ядре Jr . Конверсионные линии с энергией $E_e = 93,3 , 94,7$ кэв мы идентифицируем как $L_1 + L_{II}$ и L_{III} линии перехода с энергией $106,1$ кэв.

Существование этого перехода подтверждается в более точных измерениях Е.Н. Григорьева, Б.С. Желепова, В. Звольской и др. (материалы настоящего совещания).

ТАБЛИЦА № I

Конверсионные линии Pt - фракции

№ пп	E _e кэв				Идентификация	
	1-я пласт.	2-я пласт.	3-я пласт.	Среднее значение		
1.	-	60,53	-	60,5	-	-
2.	-	60,94	-	60,9	-	-
3.	-	61,68	-	61,7	-	-
4.	63,0	-	-	63,0	K-I39, I	Pt
5.	64,6 ^a	слаб.	-	64,6	K-I40,6	Pt I89
6.	78,3	-	-	78,3	-	-
7.	81, I	81,0	-	81, I	L ₁ +L _н -93,8	Pt I89
8.	82,50	82,50	-	82,5	L _н -93,8	Pt I89
9.	91,2	91,05	-	91, I	M-93,8	Pt I89
10.	93,3	-	-	93,3	L _н -I06, I	Pt
11.	94,88	-	-	94,9	L _н -I06, I	Pt
12.	97,8	-	-	97,8	-	-
13.	103,2	-	-	103,2	K-I79,3	Pt I86, I87, I84.
14.	109,7	109,62	109,86	109,7	-	-
15.	-	110,8	?	110,8	K-I86,9	Pt I88
16.	-	-	116,5	116,5	L ₁ +L _н -I29,6	Pt I95m
17.	117,4	117,5	117,5	117,5	K-I93,6	Pt I88
18.	-	119,2	-	118,2	L _н -I29,6	Pt I95m
19.	-	слаб.	121,9	121,9	L ₁ -I35,3	Pt I93m
20.	-	слаб.	122,6	122,6	L _н -I35,3	Pt I93m
21.	124, I	-	-	124, I	K ? 200,2	Pt
22.	125,7	-	-	125,7	L ₁ -I39, I	Pt
23.	127, I	-	-	127, I	L ₁ -I40,6	Pt I89

а - вероятно двойная.

Т.В.Малышева, Б.А.Хотин, А.К.Лаврухина, Л.Н.Крюкова,
В.В.Муравьева

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЙТРОНОДЕФИЦИТНЫХ ИЗОТОПОВ ПЛАТИНЫ

Данная работа является продолжением исследования нейтронодефицитных изотопов Pt, образующихся при расщеплении золота протонами с энергией 660 мэв. Работа по исследованию нейтронодефицитных изотопов Pt была начата в 1959 году и первые результаты были доложены на X ежегодном совещании по ядерной спектроскопии / I /. Исследование конверсионного спектра проводится на спиральном магнитном β -спектрометре с аппаратным разрешением 0,5 %. В настоящей работе получен ряд дополнительных сведений относительно исследуемых изотопов. Уточнены периоды спада интенсивности электронных линий; в некоторых случаях это привело к изменению их идентификации. Определены мультипольности для некоторых переходов, а также дополнительно обнаружен ряд новых линий. Данные о результатах исследования конверсионного спектра изотопов платиновой фракции приведены в таблице I. Представленные в ней электронные линии можно разбить по периодам на следующие группы :

I. Группа с $T = 10-11$ дней. Из 25 линий этой группы II характеризуют известные переходы : 155 кэв в Jr^{188} ; 58,4 ; 69,3 и 95,4 в Jr^{189} , накопившихся в результате распада Pt^{188} и Pt^{189} /2/. Другие 14 линий мы связываем с Pt^{188} , т.к. они обнаруживаются в спектре, полученном с источником Pt , отделенном от Jr спустя 12 дней после облучения. Линии же, связанные с излучением Jr^{189} , в этом спектре отсутствуют.

13 конверсионных линий подтверждают наличие переходов 54,6 ; 139,9 ; 187,5 ; 194,7 и 281 кэв Pt^{188} , приведенных в работе /3/. Для первых четырех переходов по отношениям высот конверсионных линий на K-оболочке и L_1 , L_{II} и L_{III} -подоболочках нами предположены следующие мультипольности переходов :

<u>Эн. переходов в кэв</u>		<u>Мультипольность</u>
54,6	по $L_1 : L_{II} : L_{III}$	E2 + M1 (возможно M2 + E3)
139,9	по K/L + L_{II}	E2
187,5	по K/L ₁ + L_{II}	M1 + E2, возможно M2
194,7	по K/L ₁ + L_{II} / L_{III}	M1 + E2 (возможно M2 + E3)

Линию с энергией 56,8 кэв мы не можем определенно связать с каким - либо известным γ - переходом и предполагаем, что она является K-линией от перехода 132,9 кэв, энергия которого равна разности энергий переходов 187,5 и 54,6 кэв.

Переходы 171,4 и 183,7 кэв в Pt не подтверждаются /1/.

II. Группа линий с $T = 3-4$ дня. Эта группа состоит из 21 линии, соответствующих хорошо изученным ранее переходам с энергией 98,4 ; 129,5 кэв в Pt^{195m} , 135,2 кэв в Pm^{193m} , 82,1 ; 129,0 ; 171,5 ; 268,2 ; 350,8 ; 359,6 кэв в Pt^{191} /2/.

III. Группа линий с $T = 10-15$ час. Две линии этой группы мы связываем с известными переходами 314,6 и 296,6 в Jr^{187} и в

Jr^{186} /4/, соответственно, что говорит об образовании изотопов Pt^{187} и Pt^{186} в реакции расщепления золота протонами высоких энергий. Из 12 линий с $T = 10 \pm 1$ час, которые нами приписаны практически неизученному изотопу Pt^{189} 2 соответствуют известному переходу 140,2 кэв /2/, другие мы отождествляем с переходами 70,8 ; 81,5 ; 94 и 175,8 кэв, о которых не имеется опубликованных сведений.

Мультипольность перехода 94 кэв мы предположили как $E2 + M1$. Переход 175,9 кэв, по-видимому, является суммарным по отношению к переходам 81,4 и 94,0 кэв. Для 4-х линий 37,3 ; 102,0 ; 110,1 ; 229,7 ; кэв мы не можем дать точной идентификации.

IV. 5 электронных линий с $T = 2-3$ часа идентифицированы как конверсионные линии от переходов 179,5 и 184 в Pt^{184} или Pt^{186} , Pt^{187} .

Определение периодов полураспада изотопов платины проводилось путем выделения из платиновой фракции дочернего иридия через равные промежутки времени / от 1 до 4 час./ . Определение суммарного периода полураспада Pt^{186} и Pt^{187} по активности Jr^{186} / $T=15$ час / и Jr^{187} / $T=13$ час./ дало значение $2,2 \mp 0,5$ час., что хорошо согласуется с данными работы /5/.

Период полураспада платины, определенный по активности дочернего иридия, распадающегося с периодом полураспада 3 часа, составил $2,6 \pm 0,6$ часа. В соответствии с работой /5/ этот период полураспада принадлежит новому изотопу платины Pt^{184} .

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Малышева Т.В., Хотин Б.А., Лаврухина А.К., Кржкова Л.Н., Муравьева В.В., X-ежегодное совещание по ядерной спектроскопии в Москве 1960 г.
2. D.Strominger, I.M.Hollander, G.T.Seaborg. Rev. Mod. Phys., 30, 585, 1958.
3. Nuclear Data Sheets, 119, 1959.
4. Diamond, Hollander. Nucl. Phys., 8, 143, 1958.
5. Баранов В.И., Громов К.Я., Желепов, Б.С., Зюнг Чонг Бай, Малышева Т.В., Морозов, В.А., Хотин Б.А., Чумки В.Г., X ежегодное совещание по ядерной спектроскопии в Москве 1960 г.

Институт геохимии и аналитической химии
им.В.И.Вернадского АН СССР

Научно-исследовательский институт ядерной
физики МГУ

Таблица № I

E _α кев	Период полураспада		Идентификация	E _γ кев		Изотоп
	Измеренный	/Лит. данные 2,4,5/		Измеренная	Лит. данные: /2,3,4/	
I ГРУППА ЛИНИЙ						
41,3 ± 0,2	10 ± I дн	10 дн.	L ₁ -54,7	54,6 ± 0,2	55	Pt ¹⁸⁸
41,9 ± 0,2	10 ± I дн		L ₂ -54,7			
43,4 ± 0,2	"-		L ₃ -54,6			
51,2 ± 0,1	"-		M -54,4	132,9	-	Pt ¹⁸⁸
56,8 ± 0,1	10 ± I дн		K -132,9			
63,8 ± 0,1	"-		K -139,9	139,9 ± 0,1	140	Pt ¹⁸⁸
126,3 ± 0,3	"-		L ₁ -139,7			
128,7 ± 0,4	"-		L ₂ -139,9			
110,9 ± 0,2	"-		K -187,0	187,0 ± 0,2	187,5	Pt ¹⁸⁸
173,8 ± 0,2	"-		L ₁ +L ₂ -186,9			
118,4 ± 0,3	"-		K -194,5	194,7 ± 0,3	195,4	Pt ¹⁸⁸
181,4 ± 0,2	"-		L ₁ +L ₂ -194,5			
183,9 ± 0,2	"-		L ₃ -195,1			
205, ± 1,5	"-		K -281	281 ± 1,5	279	Pt ¹⁸⁸
80,9 ± 0,2	"-		10 дн. /период Pt ¹⁸⁸ /	-154	154,8 ± 0,2	155
142,1 ± 0,2	"-	L ₁ +L ₂ -154,8				
143,9 ± 0,3	"-	L ₃ -154,8				
151,8 ± 0,2	"-	M -154,8				
154,3 ± 0,3	"-	N -155,0				
56,7 ± 0,1	II ± I дн.	II дн.	L ₁ +L ₂ -69,4	69,3 ± 0,2	69,5	Jr ¹⁸⁹
58,3 ± 0,2	"-		L ₃ -69,2			
82,7 ± 0,2	"-		L ₁ +L ₂ -95,4	95,4 ± 0,3	95,2	Jr ¹⁸⁹
84,5 ± 0,3	"-		L ₃ -95,4			
45,7 ± 0,3	"-		L ₁ +L ₂ 58,4	58,4 ± 0,3	59,0	Jr ¹⁸⁹
170,8 ± 0,4	"-		K -244,7	244,7 ± 0,4	245	Jr ¹⁸⁹

II ГРУППА ЛИНИЙ

51,2 ± 0,1	4 ± I дн.	3,3 - 4,4 дн.	K - I29,6	129,5 ± 0,2	I29-I29,9	Pt ^{195m}
115,5 ± 0,3	-"-		L _i - I29,4			
118,0 ± 0,2	-"-		L _m - I29,6			
126 ± 0,5	-"-		M - I29,3			
128,8 ± 0,3	5 ± I дн.		N - I29,5			
84,5 ± 0,3	4 ± I дн.		L _i 98,4	98,5 ± 0,2	97-99	Pt ^{195m}
95,4 ± 0,1	-"-		M - 98,6			
I21,4 ± 0,3	4 ± I дн.	3,4 - 4,5 дн.	L _i +L _m I35,0	I35,2 ± 0,3	I35,5	Pt ^{193m}
I23,4 ± 0,3	-"-		L _m I35,0			
I32,2 ± 0,2	-"-		M - I35,5			
I34,6 ± 0,2	-"-		N I35,3			
52,9 ± 0,2	3,5 - I дн.		K - I29,0	I29,0 ± 0,2	I29,4 - I29,6	Pt ¹⁹¹
68,9 ± 0,4	-"-	2,9-3,2 дн.	L _i +L _m 82,0			
70,8 ± 0,2	-"-		L _m 82,0	82,1 ± 0,4	82,5	Pt ¹⁹¹
79,2 ± 0,4	-"-		M - 82,4			
95,5 ± 0,2	-"-		K - I71,6	I71,5 ± 0,3	I72	Pt ¹⁹¹
I58,1 ± 0,3			L _i +L _m -I71,4			
I91,7 ± 0,3	3,5 ± 0,5 дн.		K - 267,8			
255,4 ± 0,4	3,2 ± 0,5		L _i +L _m -268,5	268,2 ± 0,5	267-268	Pt ¹⁹¹
274,7 ± 0,4	3,2 ± 0,5 дн.		K - 350,8	350,8 ± 0,4	351-352	Pt ¹⁹¹
283,5 ± 0,4	2,6 ± 0,5 дн.		K - 359,6	359,6 ± 0,4	360-361	Pt ¹⁹¹

III ГРУППА ЛИНИЙ

57,7 ± 0,1	10 ± 2 час.		L _i +L _m 70,8	70,8 ± 0,2	-	Pt ¹⁸⁹
59,7 ± 0,1	10 ± 3 час.		L _m - 70,9			
68,3 ± 0,1	9 ± I час.		L _i +L _m -81,4	81,5 ± 0,3	-	Pt ¹⁸⁹
70,6 ± 0,2	неск. часов		L _m 81,8			
80,9 ± 0,2	10 ± I час.		L _i +L _m -94	94 ± 0,2	-	Pt ¹⁸⁹
82,7 ± 0,2	9 ± I час.		L _m -93,9			
90,9 ± 0,1	10 ± 0,5 час		M - 94,1			
93,2 ± 0,2	10 ± I час		N - 93,9			
64,4 ± 0,2	II ± I,5 час	II час	K - I40,5	I40,2 ± 0,3	I40	Pt ¹⁸⁹
I26,9 ± 0,4	неск. часов		L _i +L _m -I40,0			

99,7 ± 0,2	10 ± 0,5 час.	К 175,8	175,8 ± 0,3	—	Pt ¹⁸⁹
162,6 ± 0,4	15 час	L ₁ +L ₂ -175,7			
240,7 ± 0,3	12 ± 1 час.	314,6	314,6 ± 0,3	314,4	Gr ¹⁸⁷
222,7 ± 0,3	14 ± 1 час.	296,6	296,6 ± 0,3	297	Gr ¹⁸⁶
37,3 ± 0,1	11 ± 2 час.				
102,0 ± 0,2	15 - 20 час.				
110,1 ± 0,2	15 час,				
229,7 ± 0,2	10-14 час				
		не идентифицированы			

68

IУ ГРУППА ЛИНИЙ

103,4 ± 0,2	≤ 2 час.	К- 179,5	179,5 ± 0,3	—	Pt ¹⁸⁴ , Pt ¹⁸⁶
166,4 ± 0,4	3 ± 1 час	L ₁ +L ₂ -179,5			
168,3 ± 0,4	3 час.	L _m -179,5			или Pt ¹⁸⁷
171,0 ± 0,4	2,5 ± 0,5 час.	L ₁ +L ₂ 184,1			
172,8 ± 0,4	2,5 ± 0,5 час	L _m -184,0	184,0 ± 0,4	—	

Григорьев Е.П., Желепов Б.С., Звольска В., Золотавин А.В.
Малышева Т.В., Хотин Б.А.

КОНВЕРСИОННЫЕ ЭЛЕКТРОНЫ КОРОТКОЖИВУЩИХ ИЗОТОПОВ

ПЛАТИНЫ И ВОЛЬФРАМА

На β -спектрометре с двойной фокусировкой на угол $\pi\sqrt{2}$ и с прямым измерением магнитного поля методом ядерного резонанса нами был исследован спектр конверсионных электронов платиновой фракции в интервале энергии 70 кэв - 105 кэв и вольфрамовой фракции в интервале 70-90 кэв. Изотопы платины и вольфрама создавались в реакции глубокого расщепления при бомбардировке золота протонами с энергией 660 Мэв.

Нашей задачей было исследование распада короткоживущих изотопов.

Платиновая фракция

В платиновой фракции на измеряемом участке спектра мы нашли 17 линий, из них 7 новых линий, интенсивность которых спадала с периодом $T_{1/2} = 2,0 - 2,7$ часа (см. рис. 2). Энергии и периоды полураспада найденных линий приведены в табл. № I. Участок спектра конверсионных электронов от 92 до 105 кэв показан на рис. I.

4 из 7 линий, распадающихся с периодом 2,6 часа, мы идентифицируем как $L_1 + L_2$, L_m , M и N линии перехода 106,43 кэв, остальные 3 - как L_1 , L_2 и L_m линии перехода 110,10 кэв.

Переход с энергией 106,43 кэв.

Для периода убывания интенсивности линий L_1 , L_2 и L_m нами получено значение $(2,6 \pm 0,3)$ час.

ТАБЛИЦА № I

Энергии и периоды убывания интенсивности некоторых конверсионных линий платиновой фракции.

Н	Ев кв.	$T_{1/2}$	Идентификация	Изотоп	Ев кв. /2/	Ев кв. /3/
912,7	68,63 ± 0,10	10 ± 1		Pt ¹⁸⁹		
929,5	71,02 ± 0,10				70,9 ± 0,5	
997,9	81,11 ± 0,08	10 ± 2	L ₁ , L ₂ 93,94	Pt ¹⁸⁹	80,8 ± 0,3	81,1
1008,6	82,74 ± 0,08	10,5 ± 1	L _m 93,94	Pt ¹⁸⁹	82,7 ± 0,3	82,5
1021,2	84,68					
1063,0	91,21 ± 0,10		M 93,94	Pt ¹⁸⁹	90,9 ± 0,2	91,1
1073,1	93,28 ± 0,15		N 93,94	Pt ¹⁸⁹	93,3 ± 0,3	
1078,0	93,60 ± 0,10	2,7 ± 0,3	L ₁ , L ₂ 106,43			93,3
1088,2	95,24 ± 0,10	2,6 ± 0,3	L _m 106,43			94,9
1097,3	96,71 ± 0,10	2,0 ± 0,3	L ₁ 110,10			
1100,6	97,25 ± 0,10		L _m 110,10			
1110,6	98,87 ± 0,10	2,0 ± 0,5	L _m 110,10			
1118,3	100,05 ± 0,10	13 ± 2		Pt ¹⁸⁹	100,0 ± 0,3	
1131,5	102,33 ± 0,15					
1138,5	103,67 ± 0,15	2,3 ± 0,4	M 106,43			
1152,1	105,76 ± 0,2	2,4 ± 0,4	N 106,43			

Ввиду того, что найденный нами период полураспада в пределах точности совпадает с близкими периодами полураспада Pt¹⁸⁶ (T = 2,5 ± 0,3 час.) Pt¹⁸⁴ (T = 2,3 ± 0,4 час.) и Pt¹⁸⁷ (T = 2,3 ± 0,4 час.) нельзя приписать найденные нами линии определенному изотопу. Можно только сказать, что полученный нами период ближе всего к значению, данному для Pt¹⁸⁶.

В таблице 2 приведено сравнение разностей энергий линий L_{III} и L_{II} , L_{III} и N , которые позволяют сделать вывод, что переход происходит в ядре иридия.

Таблица 2

Сравнение опытных данных о разностях энергий L_{III} и L_{II} , L_{III} и N -линий перехода 106,43 кэв с рентгеновскими значениями.

Я д р о	$L_{III} - L_{II}$ кэв		$L_{III} - N$ кэв	
	Рентген	О п ы т	Рентген	О п ы т
Pt	1,71		10,85	
Jr	1,60	$1,64 \pm 0,07$	10,53	$10,52 \pm 0,08$
Os	1,51		10,22	

Было определено отношение интенсивностей линий L_{II} и L_{III} перехода 106,43 кэв. Сравнение с теоретическим значением отношения коэффициентов конверсии на подболочках L_{II} и L_{III} , которое приведено в таблице 3, показывает, что экспериментальное отношение ближе всего к значениям для перехода типа E 2 или E 3.

ТАБЛИЦА 3

Сравнение экспериментальных отношений коэффициентов конверсии на L_1, L_{II} и L_{III} подболочках с теоретическими для различных мультипольностей γ -перехода 110,43 кэв.

Мультипольность	E1	E2	E2
Теоретич. знач. $d_{L_1} : d_{L_{II}} : d_{L_{III}}$	2,90 : 0,87 : 1	0,10:1,19:1	0,04:1,38:1
Мультипольность	M1	M2	M3
Теоретич. знач. $d_{L_1} : d_{L_{II}} : d_{L_{III}}$	98:9,8:1	4,4:0,54:1	0,78:0,13:1
Эксперимент. знач. $J_{L_1} : J_{L_{II}} : J_{L_{III}}$	$(< 0,26) : (1,41 \pm 0,23) : 1$		

Переход с энергией 110,10 кэв

Интенсивность линий с энергиями 96,71 кэв; 97,25 кэв; 98,87 кэв спадала с периодом $T_{1/2} = (2,0 \pm 0,3)$ час. Разности энергий этих линий дают возможность идентифицировать их как L_1, L_{II} и L_{III} линии перехода 110,10 кэв.

В табл. 4 приведено сравнение разностей энергий линий L_{III} и L_1, L_{III} и L_{II} , которое показывает, что переход 110,10 кэв происходит в ядре J_r . Погрешность в определении периода полураспада не позволяет определить изотоп, при распаде которого возникает переход 110,10 кэв.

ТАБЛИЦА 4

Сравнение опытных данных о разностях энергий
 $L_{III} - L_I$ и $L_{III} - L_{II}$ перехода $II0, IO$ кэв

Я д р о	$L_{III} - L_I$ кэв		$L_{III} - L_{II}$ кэв	
	Рентген	О п ы т	Рентген	О п ы т
Pt	2,31		1,71	
Jr	2,20	$2,16 \pm 0,08$	1,61	$1,62 \pm 0,08$
Os	2,09			

Отношение интенсивностей линий внутренней конверсии на L -подоболочках лучше всего согласуется с теоретическими для перехода типа $E1$ или смеси $E2 + M1$ (см. табл. 5).

ТАБЛИЦА 5

Сравнение экспериментальных отношений коэффициентов конверсии на L -подоболочках с теоретическими для различных мультипольностей γ -перехода $II0, IO$ кэв.

Мультипольность	$E1$	$E2$	$E3$
Теоретич. значен. $d_{L_I} : d_{L_{II}} : d_{L_{III}}$	2,98:0,97:1	0,10:1,20:1	0,04:1,40:1
Мультипольность	$M1$	$M2$	$M3$
Теоретич. значения $d_{L_I} : d_{L_{II}} : d_{L_{III}}$	98:9,8:1	4,45:0,57:1	0,81:0,14:1
Эксперим. значения $J_{L_I} : J_{L_{II}} : J_{L_{III}}$	$(2,4 \pm 0,7) : (1,4 \pm 0,4) : 1$		

Переход с энергией 93,94 кэв

О переходе 93,94 кэв докладывалось на X-совещании по ядерной спектроскопии в Москве 1960 г. /2/. В табл. I приведены данные работы /2/.

Более точные измерения магнитного поля позволили уточнить энергию этого перехода и путем сравнения опытных данных о разности энергий $L_{III} - L_{II}$ и $N - L_{III}$ (см. табл. 6) определить, что переход происходит в ядре Jr .

ТАБЛИЦА 6

Сравнение опытных данных о разности энергий $L_{III} - L_{II}$ и $N - L_{III}$ для перехода 93,94 кэв с рентгеновскими значениями

Я д р о	$L_{III} - L_{II}$ кэв		$N - L_{III}$ кэв	
	Рентген	О п ы т	Рентген	О п ы т
Pt	1,71		10,85	
Jr	1,60	$1,63 \pm 0,08$	10,53	$10,54 \pm 0,15$
Os	1,51		10,22	

Фракция вольфрама

Короткоживущие изотопы вольфрама изучены очень мало. Из литературы известно, что период полураспада W^{176} равен 80 ± 5 мин., а W^{177} - 130 мин. /4/. Способом идентификации этих изотопов было радиохимическое выделение дочерних Ta^{176} и Ta^{177} через определенные промежутки времени.

На участке спектра от 70 до 90 кэв нами наблюдались три конверсионных линии, интенсивность которых убывала с периодом $2,6 \pm 0,6$ часа. Эти линии мы можем отнести к распаду W^{176} или W^{177} . Энергии этих линий равны 72,4 ; 74,3 и 83,2 кэв. Первые две линии можно идентифицировать как M и N линии перехода $h\nu = 74,9$ кэв в ядре Ta. Линия с энергией $E_e = 88,5$ кэв, спадающая практически с тем же периодом $T = 2,7$ часа, принадлежит, по-видимому, примеси. Это можно установить путем сравнения нашего спектра с конверсионными спектрами вольфрама, полученными Басиной и др.

Мы наблюдали $L_1 + L_{II}, L_{III}$, M и N конверсионные линии перехода $h\nu = 88,35$ кэв в Hf^{176} ($2^+ \rightarrow 0^+$). Интенсивности этих линий вначале нарастали с периодом $2,5 \pm 0,4$ часа, затем спадали с периодом полураспада Ta¹⁷⁶ $T_{1/2} = 8$ час. Таким образом, наши результаты по определению периода полураспада W^{176} $T_{1/2} = 2,5$ часа отличаются от прежних /4/ $T = 80$ мин. Способ определения периода по нарастанию конверсионных линий является более надежным, чем радиохимический способ.

Авторы выражают свою благодарность А.Абдуразакову за предоставление результатов изучения платиновой фракции на β -спектрографе до их опубликования.

Л и т е р а т у р а

1. В.И. Баранов, К.Я. Громов, Б.С. Желепов, Зюнг Чонг Бай, Т.В. Малышева, В.А. Морозов, Б.А. Хотин, В.Г. Чумин
Об изотопах Jr^{184} и Pt^{187} Р-493, Дубна 1960 г.
2. А.К. Лаврухина, Т.В. Малышева, В.А. Хотин, Л.Н. Крюкова, В.В. Муравьева. Тезисы X совещания по ядерной спектроскопии в Москве 1960 г.
3. А.А. Абдуразаков, К.Я. Громов, Б.С. Желепов, Т.В. Малышева, Б.А. Хотин. Материалы третьего совещания по нейтроно-дефицитным изотопам. Дубна 1960 г. Настоящий том стр.59.
4. G.Wilkinson. Phys. Rev., 80, 495 (1950).

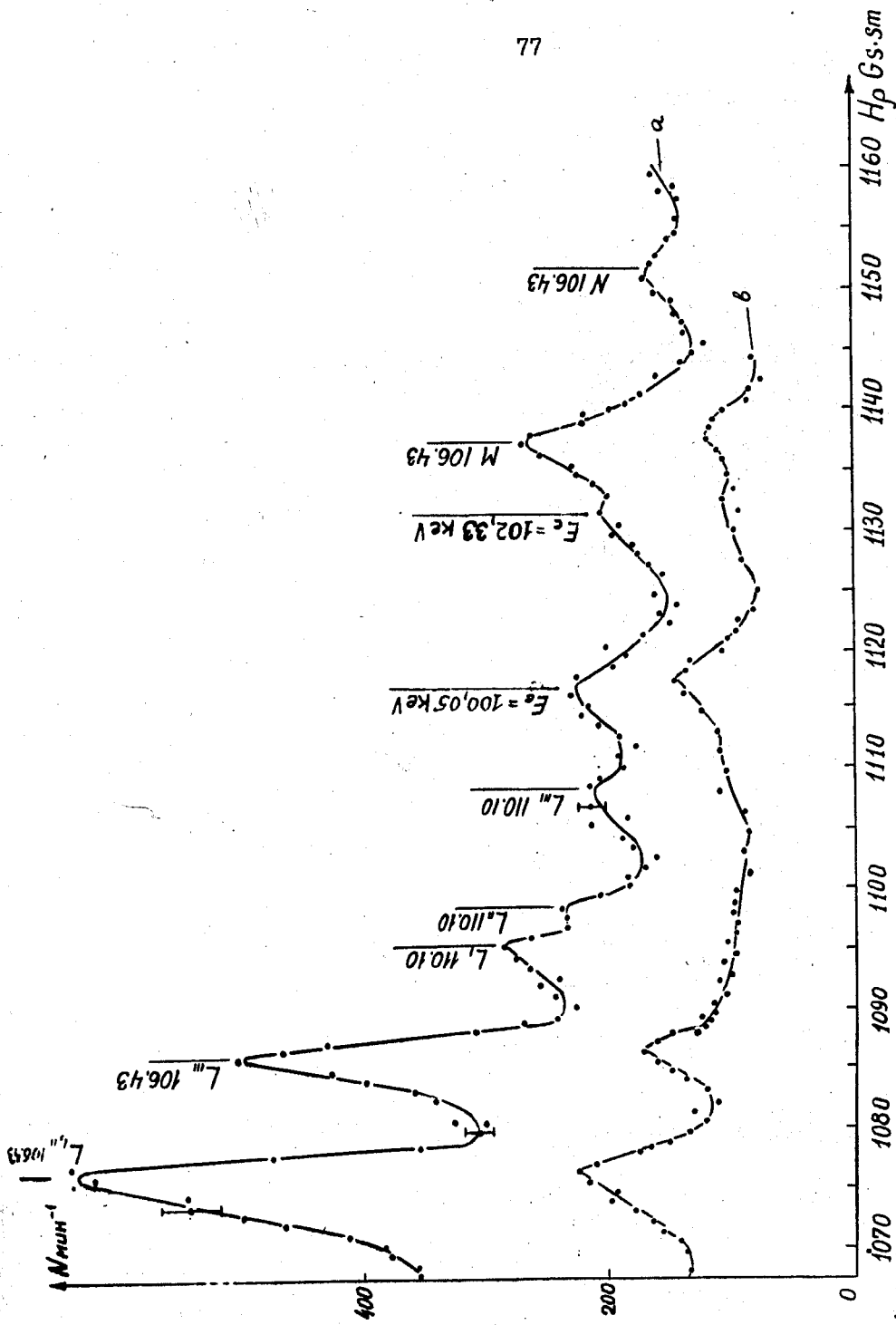


Рис. I. Часть спектра конверсионных электронов Р₂₂₆ "а" - участок спектра, снятый через 40 мин после выделения фракции ; "б" - тот же участок спектра, снятый через 5 часов после выделения.

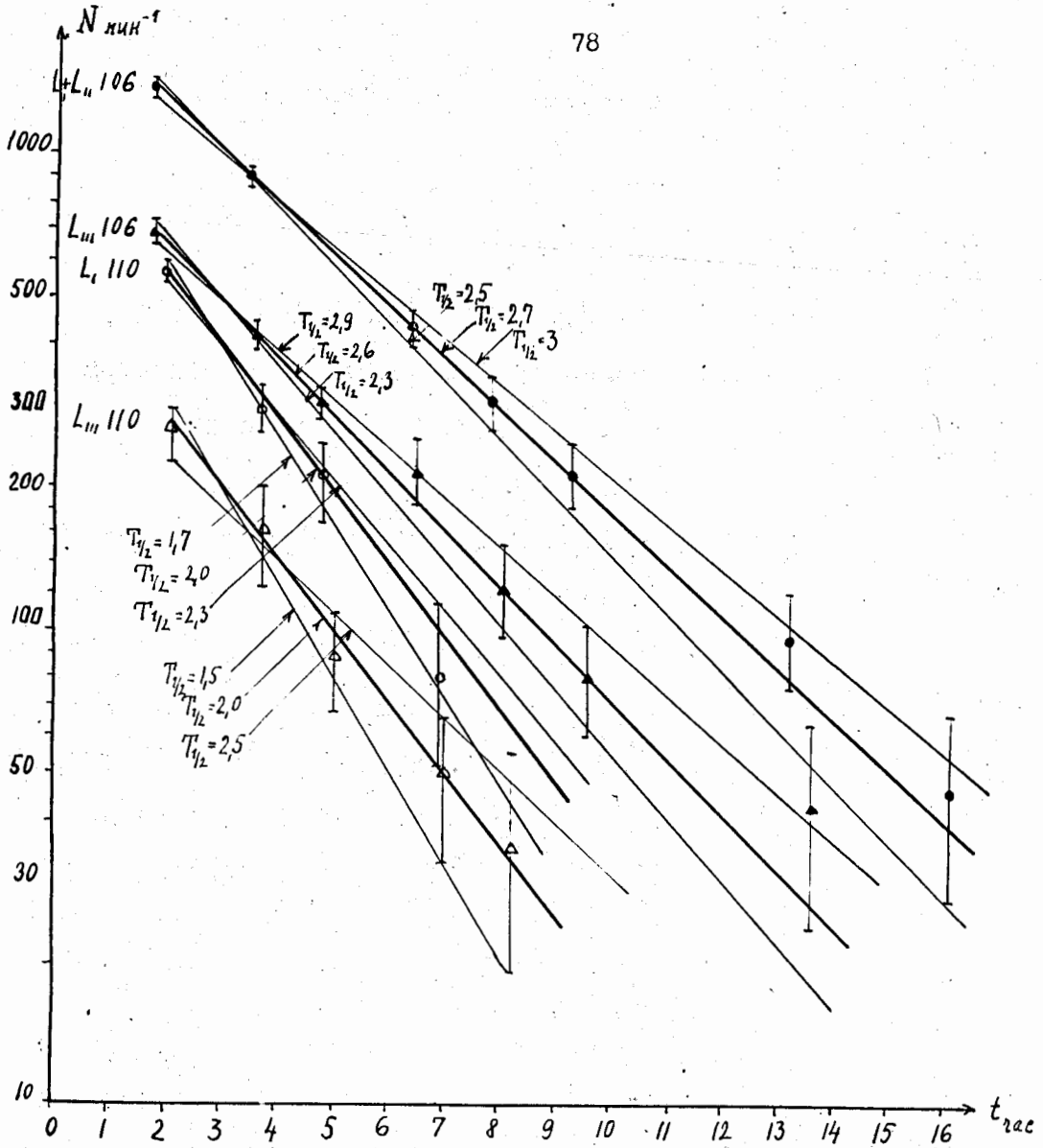


Рис. 2. Кривые убывания интенсивности конверсионных линий $L_I + L_{II}$ 106, L_{III} 106, L_I 110, L_{III} 110 платиновой фракции.

Б.С. ДЖЕЛЕПОВ, Р.Б. ИВАНОВ и Л.Н. МОСКВИН

" Об α -распаде Ac^{225} "

Первые сведения об α -распаде Ac^{225} были получены в работе Хагемана /1/. Более полное исследование α -спектра Ac^{225} было произведено в работе Пильгера (2). Данные этой работы мы приводим в таблице I.

В 1960 г. на магнитном α -спектрометре РИАН (4) предпринято новое исследование спектра Ac^{225} . Для получения препарата Ac металлический торий был облучен протонами с энергией 660 Мэв на синхроциклотроне ОИЯИ. Торий был растворен в 10 мл H_2SO_4 с небольшой добавкой HF (1-2 капли 2,0N HF). Раствор осторожно упаривался до минимально возможного объема без появления осадка, после чего разбавлялся дистиллированной водой до 10 мл.

К полученному раствору, предварительно нагретому почти до кипения добавлялось 10 мл 30% раствора H_2O_2 . Образовавшийся при этом аморфный осадок перекисных соединений тория отделялся центрифугированием. Актиний в заметных количествах не соосаждался с соединениями тория и оставался в растворе. Контроль за поведением других элементов образующихся при облучении тория не производился, поскольку они не мешали дальнейшему выделению актиния, которое осуществлялось хроматографически на колонке со смолой Дауэкс - 50.0 методике хроматографии актиния будет опубликована отдельная работа.

Полученный нами препарат Ас был напылен в вакууме на стеклянную подложку. Было произведено несколько экспозиций различных областей α -спектра от 5,9 до 5,2 Мэв. Светосила спектрометра в большинстве опытов оставалась неизменной - 0,21% от 4π , а разрешающая способность составляла около 7 кэв, т.е. 0,07% по $H\rho$.

На рис. I-3 представлены результаты измерений. Исследование α -спектра Ас 225 подтвердило существование ранее известных α -переходов. Энергии и интенсивности этих переходов находятся в хорошем согласии с нашими данными.

При анализе спектра обращает на себя внимание тот факт, что полуширина линии основного перехода несколько больше, чем полуширина остальных линий. Это может быть вызвано тем, что основная линия не является одиночной, как это считалось до сих пор. Нами было произведено несколько экспозиций этой линии в различных условиях для того, чтобы разрешить вторую линию, если она существует. Однако, даже с наилучшим разрешением, достигнутом нами (около 5 кэв), нам не удалось добиться этой цели хотя во всех опытах полуширина линии α_0 оставалась большей, чем у других линий. Результаты этих опытов свидетельствуют о том, что, если эта линия является двойной, то разница в энергиях уровней основного и первого возбужденного состояний составляет менее 5 кэв. В пользу предположения о существовании двух близко лежащих уровней свидетельствует и тот факт, что среди известных γ -переходов, обнаруженных в Fr^{221} (3), имеются переходы с энергиями 36,6 и 38,4 кэв, которые в этом случае очень хорошо укладываются в схему распада Ас 225 , как переходы с уровня 38 кэв на два нижележащих уровня.

В области энергий от 5,34 до 5,1 Мэв нами обнаружено по крайней мере две новых линии, энергии и интенсивности которых мы приводим в таблице I. Пока невозможно однозначно приписать эти линии к спектру As^{225} , так как они могут принадлежать продуктам распада As^{225} . Повторная экспозиция этой области спектра показывает, что интенсивность этих линий убывает с периодом ~ 10 дней, т.е. с периодом полураспада As^{225} . На рис.3 буквами а и в обозначены области, где имеется превышение над фоном, однако мы пока не уверены в том, что эти линии, принадлежат As^{225} , а не примесям других элементов.

Имеющихся в нашем распоряжении данных недостаточно для построения схемы распада As^{225} . Приписание квантовых характеристик отдельным уровням требует дополнительных исследований.

В заключении мы считаем долгом поблагодарить А.Г.Дмитриева, В.Н.Делаева и В.Ф.Родионова за помощь в измерениях. Мы благодарны Б.К.Преображенскому за консультации при химическом выделении актиния.

ТАБЛИЦА I

Данные работы (2)		Наши данные	
Энергия перехода кэВ	Интенсивность %	Энергия уровня кэВ	Интенсивность %
d_0 5,818	54	0	53 ± 1
d_1 5,782	28	38	29 ± 1
d_2 5,721	9,5	100 ± 2	$8,9 \pm 0,2$
d_3 5,713	2,6	109 ± 3	$3,1 \pm 0,2$
d_4 5,672	0,8	150 ± 2	$0,85 \pm 0,05$
d_5 5,627	3,8	197 ± 2	$3,7 \pm 0,3$
d_6 5,599	0,6	221 ± 3	$0,6 \pm 0,05$
d_7 5,570	0,7	248 ± 3	$0,7 \pm 0,05$
d_8 5,543	0,07	281 ± 4	$0,06 \pm 0,01$
d_9 -	-	390 ± 5	$0,08 \pm 0,02$
d_{10} -	-	550 ± 8	$0,12 \pm 0,03$

Л и т е р а т у р а

1. F. Hagemann. Phys.Rev. 79, 534 (1950).

2. P.C. Pilger. UCRL-3877 (1957).

(см. ссылку в книге И.Перлмана и Дж.Расмуссена " α -радиоактивность". Изд.-во ин. литературы, Москва 1959 г.).

3. L.B. Magnusson, F. Wagner, D. Engelkemeir and M. Freedman.
ANL-5386 (1955).

F.S. Stephens. UCRL-2970 (1955).

D. Strominger, F.S. Stephens and I.O. Rasmussen.
Phys.Rev. 106, 748 (1956).

F.S. Stephens, F.Asazo and I. Perlman . Private Communication
(1957).

(см. ссылку D. Strominger, J.M. Hollander and
G.T. Seaborg. "Tables of Isotopes". Rev. Mod.Phys.
30, N 2 (1958).

4. Б.С.Джелепов, Р.Б.Иванов, В.Г.Недовесов, В.Г.Чумин.
Изв.АН СССР сер.физ. 23, 782 (1959).

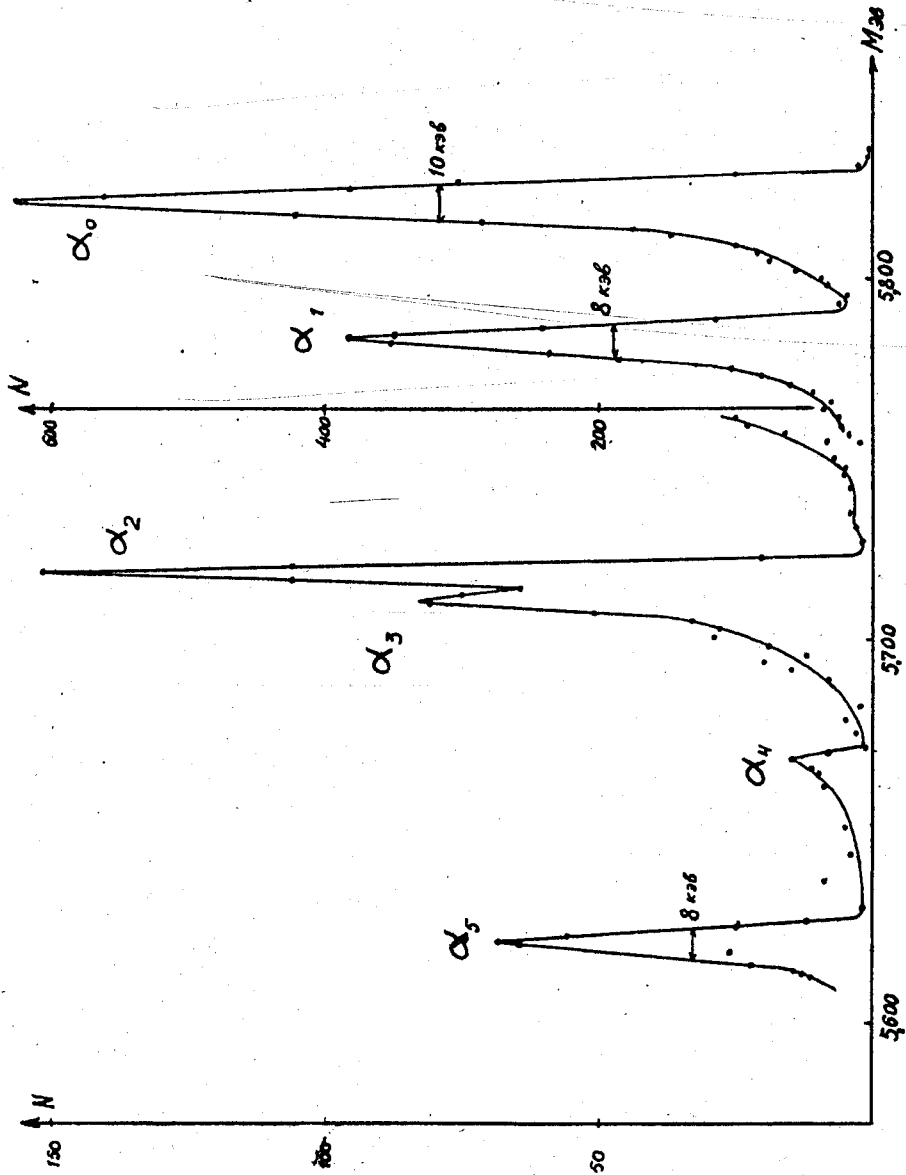


Рис. 1. Область спектра Ac^{25} от 5,63 до 5,83 мэв.
Длительность экспозиции 1,5 часа.

По оси абсцисс отложена энергия α -частиц в мэв,
по оси ординат - число треков в полосе 300 микрон.

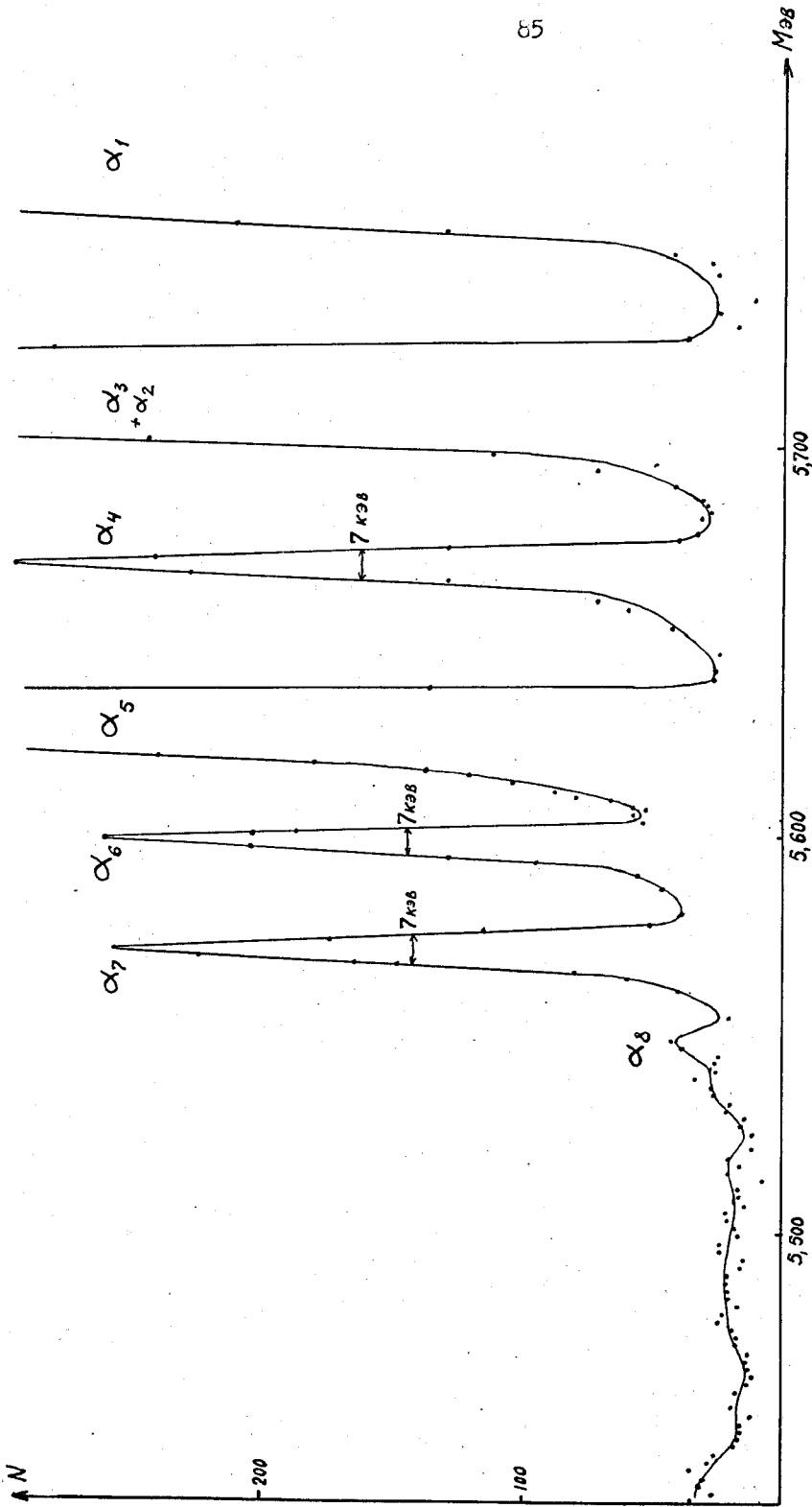


Рис. 2. Область спектра As^{225} от 5,50 до 5,75 мэв.

Длительность экспозиции 10 часов.

По оси абсцисс отложена энергия α -частиц в мэв,
по оси ординат - число треков в полосе 300 микрон.

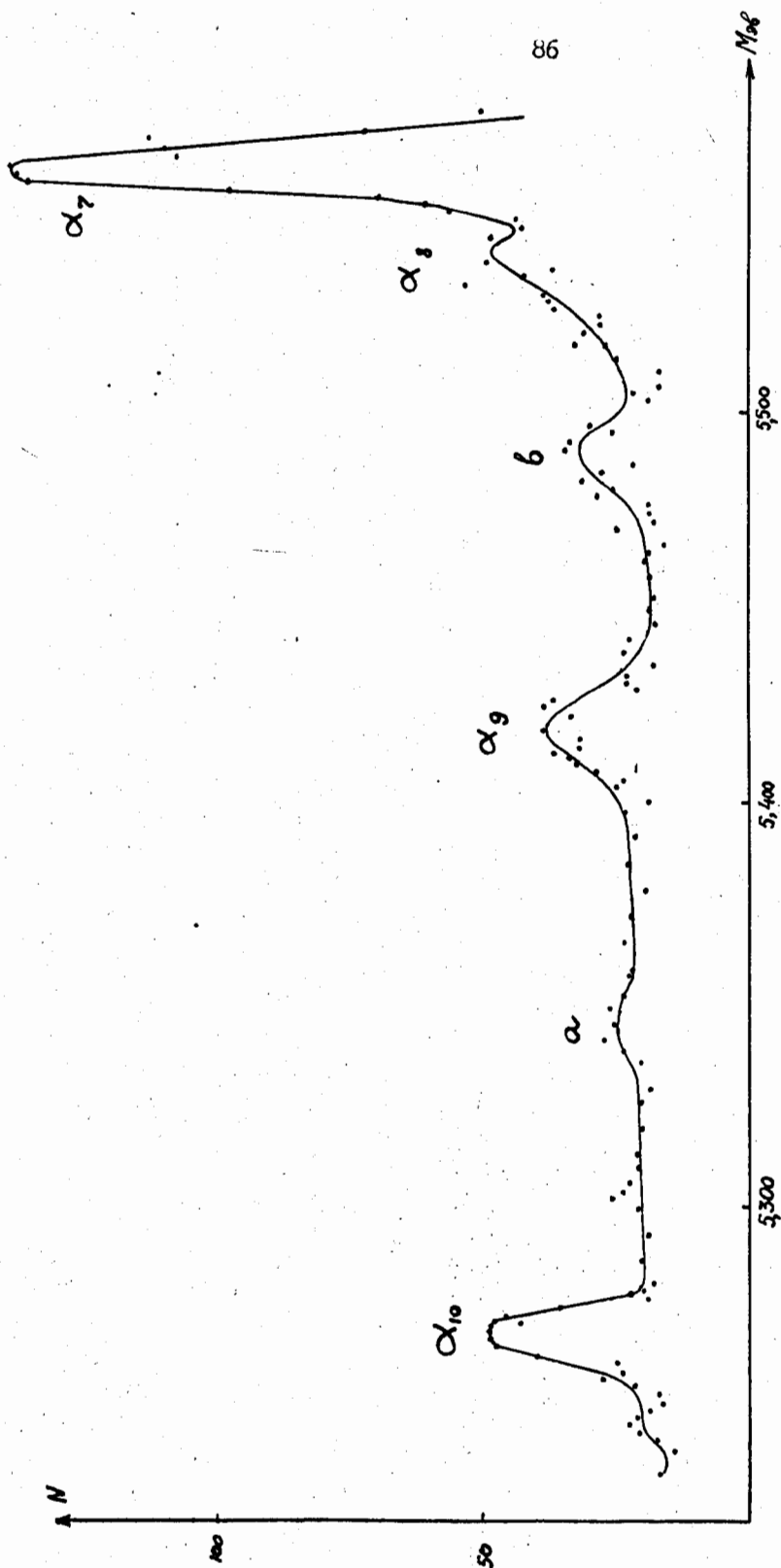


Рис. 3. Область спектра As^{225} от 5,20 до 5,60 мэв.

Длительность экспозиции 14 часов.

По оси абсцисс отложена энергия α -частиц в мэв,
по оси ординат - число треков в полосе 300 микрон.

В.И.Барановский, А.Н.Мурин, Б.К.Преображенский

ЗАКОНОМЕРНОСТИ В РАСПРЕДЕЛЕНИИ ВЫХОДОВ ПРОДУКТОВ
РЕАКЦИИ ГЛУБОКОГО РАСЩЕПЛЕНИЯ ТАНТАЛА ПРОТОНАМИ
ЭНЕРГИИ 660 Мэв

Мы произвели определение выходов продуктов реакции глубокого отщепления на тантале при облучении его протонами энергии 660 Мэв. Облучение производилось на внутреннем пучке синхроциклотрона Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ. Разделение радиоактивных редкоземельных элементов производилось хроматографически (1), также как и окончательная очистка Ва и Те (2,3). Измерение абсолютной активности полученных фракций производилось на 4π - сцинтилляционном счетчике; методика расчета коэффициента счетности (ξ) установки описана в (4). Полученные кривые распада обрабатывались обычным образом и производился расчет сечений образования изучаемых изотопов. В качестве монитора использовался, как обычно, Na^{24} , образующийся в Al по реакции $Al^{27} (p, 3pn) Na^{24}$; сечение этой реакции принято равным 11 мб .

Время, прошедшее от момента конца облучения до разделения продуктов реакции, варьировалось от I часа до нескольких недель в зависимости от периода полураспада изучаемых изотопов и их материнских веществ и в зависимости от того, определялось индивидуальное или кумулятивное сечение образования данного изотопа.

Полученные экспериментальные результаты представлены в табл. I. Большинство полученных данных представляют собой кумулятивные сечения измеряемого изотопа и его короткоживущих предшественников, на что указывает соответствующее оформление членов радиоактивных цепочек. Изотопы, для которых определены индивидуальные сечения образования, заключены в сплошные рамки. В таблице указан ξ - коэффициент счетности для измеряемых изотопов:

$$\xi = \frac{N_{\text{зарегистр.}}}{N_0} \quad (\text{см. /4/}).$$

Если измеряемый изотоп имеет дочернее радиоактивное вещество, то величина ξ является коэффициентом перехода от их суммарной активности к абсолютной активности материнского изотопа.

Приведенные в таблице значения выходов являются средними величинами, полученными из ряда измерений, число которых колебалось от двух до десяти. В таблице также приведены средние отклонения экспериментальных величин от принятых значений выходов.

Полученные экспериментальные данные для области массовых чисел 120-160 хорошо описываются формулами, следующими из общей формулы, предложенной Рудстамом ^{x)} /5/:

$$\sigma(A) \approx \sqrt{\frac{\pi}{R}} e^{pA - q} \quad (1)$$

где $\sigma(A)$ интегральный выход для данного массового числа p, q и R - постоянные параметры. Легко показать, что

$$\sigma(A, z)_{\text{инг}} \approx \sigma(A) \left(\varphi(\sqrt{R}(z - SA + 1/2)) - \varphi(\sqrt{R}(z - SA - 1/2)) \right) \quad (2)$$

x) $\ln \sigma(A, z)_{\text{инг}} = pA - q - R(z - SA)^2$

Здесь $\sigma(A, Z)_{\text{инг}}$ - индивидуальное сечение образования изотопа с порядковым номером Z и массой A .

$$\varphi(a) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^a e^{-x^2} dx \quad - \text{интеграл ошибок Гаусса} \\ (\text{см., например, /6/}).$$

Действительно из уравнения Рудстама и равенства (1) следует, что

$$\sigma(A, Z)_{\text{инг}} = \sigma(A) \sqrt{\frac{R}{\pi}} e^{-R(z-SA)^2} \quad (3)$$

Согласно определению функции $\Phi(a)$

$$\frac{d(\varphi(a))}{da} = \frac{1}{\sqrt{\pi}} e^{-a^2} \quad (4)$$

и, наконец,

$$\varphi(\sqrt{R}(z-SA + 1/2)) - \varphi(\sqrt{R}(z-SA - 1/2)) \approx \\ \approx \frac{d\varphi(\sqrt{R}(z-SA))}{d(\sqrt{R}(z-SA))} \cdot \sqrt{R} = \sqrt{\frac{R}{\pi}} e^{-R(z-SA)^2} \quad (5)$$

Сравнивая равенства (3) и (5), мы убеждаемся в справедливости равенства (2).

Как следует из анализа наших экспериментальных данных значения параметров p , Q , S , \sqrt{R} следующие:

$$p = 0.139 \pm 0.003 \\ Q = 18.04 \pm 0.06 \\ \sqrt{R} = (1 \pm 0.1) \\ S = 0.426 \pm 0.002$$

Из равенства (2) следует, что кумулятивное сечение группы генетически связанных изотопов с массовым числом A , последний из которых имеет порядковый номер Z , $\div \sigma(A, Z)_{\text{кум}}$ равняется:

$$\sigma(A, Z)_{\text{кум}} \approx \sigma(A) \cdot \left(\frac{1}{2} - \varphi(\sqrt{R}(Z - SA - \frac{1}{2})) \right).$$

(6)

В данном случае имеется в виду, что изотопы переходят друг в друга путем K - захвата или позитронного распада, т.е. , мы как бы идем от больших Z к меньшим.

На рис.1 изображены измеренные нами сечения в виде отдельных точек, а также приведена кривая, показывающая зависимость интегрального выхода $\sigma(A)$ от массового числа ядра-продукта.

На рис.2 представлены результаты сравнения экспериментальных данных с кривой, выражаемой равенством (6) при трех различных значениях параметра \sqrt{R} . Сравнение экспериментальных данных с рассчитанными по формулам (1,2 и 6) проведено также в таблице 2. Как видно, согласие расчетных и экспериментальных величин хорошее. Исключение составляет ряд изотопов в узкой области масс 146-149; здесь, возможно, сказываются оболочечные эффекты, однако обсуждение этого вопроса мы отложим на дальнейшее. Как видно из рис. 1, в области массовых чисел 160-180 закономерность в изменении $\sigma(A)$ в зависимости от A иная, чем в области масс 120-160.

Для вычисления выходов изотопов этого участка массовых чисел можно воспользоваться формулами (2) и (6), взяв значения b (A) из рис. I (штриховая кривая). Наилучшее согласие с экспериментальными данными в области $A \geq 163$ получается, если принимать $S = 0.422$; значение параметра \sqrt{R} прежнее.

Авторы приносят глубокую благодарность Далхсурену и Хуан Чан-таю за помощь в работе.

Таблица I

A	Цепочка	$\frac{k}{T}$	σ относит. ($\sigma_{Tm}^{100} = 1$)	σ (мб)
I	2	3	4	5
I77	$W^{177} \xrightarrow{2.2 \text{ час}} Ta^{177} \xrightarrow{57 \text{ час}} Hf^{177}$	Ta 0.86		44,3 \pm 2
I78	$Hf^{173} \xrightarrow{23.5 \text{ час}} Lu^{173} \xrightarrow{440 \text{ гн}} Yb^{173}$	Lu 0.95	0.93 \pm 0.06	46,5 \pm 3
I72	$Hf^{172} \xrightarrow{\sim 5 \text{ лет}} Lu^{172} \xrightarrow{\sim 7 \text{ гн}} Yb^{172}$	Lu \sim I		
I71	$Hf^{171} \xrightarrow{13 \text{ час}} Lu^{171} \xrightarrow{8.5 \text{ гн}} Yb^{171}$	Lu \sim I $Lu^{171} + Lu^{172}$	\sim 0 (\leq 0.3) 1,65 \pm 0.15	82,5 \pm 8
I70	$Hf^{170} \xrightarrow{2 \text{ час}} Lu^{170} \xrightarrow{\sim 2 \text{ гн}} Yb^{170}$	Lu \sim I		
I69	$Lu^{169} \xrightarrow{2 \text{ гн.г}} Yb^{169} \xrightarrow{33 \text{ гн.г}} Tm^{169}$	Lu (по Yb) Yb $Lu^{169} + Lu^{170}$	I 1, I \pm 0, I I 1, I \pm 0. I 1.78 \pm 0.2	55 \pm 5 55 \pm 5 86 \pm 9
I68	$Yb^{168} \xleftarrow{85 \text{ гн}} Tm^{168} \xrightarrow{} Er^{168}$	Tm I	0.05 \pm 0.02	2,5 \pm 1
I67	$Lu^{167} \xrightarrow{55'} Yb^{167} \xrightarrow{18'} Tm^{167} \xrightarrow{9.6 \text{ гн}} Er^{167}$	Lu 2,5 Tm 1,6	0.58 \pm 0.08 I	29 \pm 3,5 50 \pm 2
I66	$Yb^{166} \xrightarrow{58 \text{ час}} Tm^{166} \xrightarrow{7.7 \text{ час}} Er^{166}$	Yb 2 Tm I	0.82 \pm 0.08 0 \pm 0,05	4I \pm 4 0 - 2,5

I	2	3	4	5	
I65	$\boxed{Tm^{165} \xrightarrow{30vac} Er^{165} \xrightarrow{10vac} Ho^{165}}$	Tm Er	$1,4$ $0,5$	$1,2 \pm 0,1$ $0,1 \pm 0,2$	60 ± 5 5 ± 10
I63	$\boxed{Tm^{163} \xrightarrow{2.5vac} Er^{163} \xrightarrow{75'} Ho^{163}}$	Tm	$2,2 \pm 0,3$	$0,88$	44
I61	$\boxed{Tm^{161} \xrightarrow{\sim 30} Er^{161} \xrightarrow{3,1vac} Ho^{161} \xrightarrow{2.5vac} Dy^{161}}$	Er Ho	2 1	$1,2 \pm 0,1$ $0 \pm 0,07$	60 ± 5 0 ± 4
I60	$\boxed{Er^{160} \xrightarrow{30vac} Ho^{160} \xrightarrow{5vac, 22'} Dy^{160}}$	Er	$2,2$	$0,78 \pm 0,08$	39 ± 5
I59	$\boxed{Dy^{159} \xrightarrow{140gH} Tb^{159}}$	Dy	$0,8 \pm 0,5$	$0,8 \pm 0,1$	40 ± 5
I64	$\boxed{Yb^{164} \xrightarrow{82'} Tm^{164} \xrightarrow{2'} Er^{164}}$	Yb	$\sim 1,9$	$0,56 \pm 0,08$	28 ± 4
I57	$\boxed{Dy^{157} \xrightarrow{8vac} Tb^{157}}$	Dy	~ 1		
I56	$\boxed{Tb^{156} \xrightarrow{5gH} Gd^{156}}$				
I55	$\boxed{Dy^{155} \xrightarrow{10vac} Tb^{155} \xrightarrow{5.5gH} Gd^{155}}$	Gd^{155} $Tb^{155} + Tb^{156}$ $Dy^{155} + Dy^{157}$ $Dy^{155} (no Tb)$ $Tb^{155} + Tb^{156}$	~ 1	$\sim 0,08$ $0,96 \pm 0,05$ $0,58 \pm 0,09$ $0,6 \pm 0,06$	~ 4 $48 \pm 2,5$ 29 ± 5 $30 \pm 3,0$
I54	$Dy^{154} \xrightarrow{d, 13vac} Gd^{150}$ $\boxed{Tb^{154} \xrightarrow{18vac} Gd^{154}}$	$Tb^{151} + Tb^{152} + Tb^{154}$		$0,7 \pm 0,15$	$35 \pm 7,0$

I	2	3	4	5	
I53	$\boxed{Dy^{153} \xrightarrow{5vac} Tb^{153} \xrightarrow{2.3gn.} Gd^{153} \xrightarrow{230gn} Eu^{153}}$	$Dy(no Tb)$ $Gd + Gd^{151}$	$0,3 \pm 0,1$ $0,70 \pm 0,04$	15 ± 5 35 ± 2	
I52	$\boxed{Dy^{152} \xrightarrow{2.5vac} Tb^{152} \xrightarrow{18.5vac} Gd^{152}}$	$Tb^{151} + Tb^{152} + Tb^{154}$	$0,7 \pm 0,15$	$35 \pm 6,5$	
I51	$\boxed{Dy^{151} \xrightarrow{19'} Tb^{151} \xrightarrow{19vac} Gd^{151} \xrightarrow{150gn} Eu^{151}}$	0.9	$0,70 \pm 0,04$	35 ± 2	
I50	$\boxed{Dy^{150} \xrightarrow{8'} Tb^{150} \xrightarrow{4vac} Gd^{150}}$				
I49	$\boxed{Dy^{149} \xrightarrow{10-20} Tb^{149} \xrightarrow{4vac} Gd^{149} \xrightarrow{9gn} Eu^{149} \xrightarrow{120gn} Sm^{149}}$	$Tb^{149} + Tb^{150}$ Gd Eu^{149} Eu^{149}	$\sim I$ I I I	0.15 ± 0.05 7.5 ± 2.5 0.175 ± 0.006 8.8 ± 0.3 0.23 ± 0.01 11.5 ± 0.5 ~ 0.1 ~ 4	
I47	$\boxed{Gd^{147} \xrightarrow{30vac} Eu^{147} \xrightarrow{24gn} Sm^{147} \leftarrow Pm^{147} \xrightarrow{11gn} Nd^{147}}$	Gd Eu Nd	$\sim I$ 0.95	$\sim 0,09$ 0.23 ± 0.01 $\sim 4,5$ 11.5 ± 0.5 ≤ 0.8	
I46	$\boxed{Gd^{146} \xrightarrow{46gn} Eu^{146} \xrightarrow{5gn} Sm^{146}}$	Gd	2.1	0.15 ± 0.02 7.5 ± 1	
I45	$\boxed{Tb^{149} (4vac)}$ $\downarrow, 15\%$ $\boxed{Eu^{145} \xrightarrow{5gn} Sm^{145} \xrightarrow{285gn} Pm^{145}}$	Sm $Eu^{145} + Eu^{146}$	0.93 0.9	$6,8 \cdot 10^{-2}$ 0.1 ± 0.03	$3,7$ $5,0 \pm 1,5$

I	2	3	4	5	
I43	$Sm^{143} \xrightarrow{9'} Pm^{143} \xrightarrow{360 \text{дн}} Nd^{143} \xleftarrow{13 \text{дн}} Pr^{143}$	Pm Pr	$(I)?$ $\sim I$	$7,6 \cdot 10^{-2}$ $1,3 \cdot 10^{-2}$	3,8 0,65
I42	$Sm^{142} \xrightarrow{1,25 \text{vac}} Pm^{142} \xrightarrow{30'} Nd^{142} \xleftarrow{20 \text{vac}} Pr^{142}$	Sm Pr	2,7 $\sim I$	$(2,4 \pm 0,6) \cdot 10^{-2}$ $(1,4 \pm 0,4) \cdot 10^{-2}$	$1,2 \pm 0,3$ $0,70 \pm 0,2$
I41	$Pm^{141} \xrightarrow{20'} Nd^{141} \xrightarrow{\sim 2 \text{vac}} Pr^{141}$	Nd	0,8	$6,85 \cdot 10^2$	3,42
I40	$Nd^{140} \xrightarrow{3 \text{дн}} Pr^{140} \xrightarrow{3'} Ce^{140}$	Nd	I,6	$3,8 \cdot 10^{-2}$	I,90
I39	$Nd^{139} \xrightarrow{5,5 \text{vac}} Pr^{139} \xrightarrow{4,5 \text{vac}} Ce^{139} \xrightarrow{140 \text{дн}} La^{140}$	Nd Pr	I,8 $\sim I$	$(3,7 \pm 0,8) \cdot 10^{-2}$ $(2,4 \pm 0,1) \cdot 10^{-2}$	$1,85 \pm 0,4$ $1,20 \pm 0,05$
I37	$Pr^{137} \xrightarrow{1,4 \text{vac}} Ce^{137} \xrightarrow{8 \text{vac}} La^{137}$	Ce^{137}	0,8		
I36,8	$Pr^{138} \xrightarrow{2 \text{vac}} Ce^{138}$ $Pr^{136} \xrightarrow{1 \text{vac}} Ce^{136}$	$Ce^{133} + Ce^{137}$		$(1,3 \cdot 10^{-2})$	0,65
I33	$Ce^{133} \xrightarrow{6 \text{vac}} La^{133} \xrightarrow{4 \text{vac}} Ba^{133}$	$Pr^{136} + Pr^{137}$		$2,9 \cdot 10^{-2}$	I,45

I	2	3	4	5
I35	$\text{Pr} \xrightarrow[22']{135} \text{Ce} \xrightarrow[20\text{vac}]{135} \text{La} \xrightarrow[19\text{vac}]{135} \text{Ba}^{135}$	Ce 1,8	$(1.9 \pm 0.1) \cdot 10^{-2}$	$0,94 \pm 0,05$
I34	$\text{Ce} \xrightarrow[72\text{vac}]{134} \text{La} \xrightarrow[6']{134} \text{Ba}^{134}$	Ce 1,75	$(7,2 \pm 2) \cdot 10^{-3}$	$0,36 \pm 0,10$
I31	$\text{La} \xrightarrow[58']{131} \text{Ba} \xrightarrow[11\text{gH.}]{131} \text{Cs} \xrightarrow[10\text{gH.}]{131} \text{Xe}^{131}$	Ba 1,6		$0,15 \pm 0,04$
I28	$\text{Ba} \xrightarrow[2.4\text{gH.}]{128} \text{Cs} \xrightarrow[3.5']{128} \text{Xe}^{128}$	Ba 0,78		$0,12 \pm 0,03$
I21	$\text{Te} \xrightarrow[15\text{gH.}]{121} \text{Sb}^{121}$	0,88		0,190

Таблица 2

№№ ПП	Изотоп	б ввч.	б эксп.	$\frac{\text{б эксп.}}{\text{б ввч.}}$
1	2	3	4	5
1.	Dy I55	23,5 \pm 3	29 \pm 5	1.23
2.	Tb I55, I56	36 \pm 5	29 \pm 5	0.8
3.	Tb I51, I52, I54	31 \pm 1	35 \pm 8	1.13
4.	Dy I53	10 \pm 2	15 \pm 5	1,5
5.	Gd I53, I51	38 \pm 3	35 \pm 2	0,92
6.	Tb I49, I50	6,7 \pm 1	7,5 \pm 2	1,12
7.	Gd I49	6,8 \pm 0,5	8,8 \pm 0,3	1,3
8.	Eu I49	11,5 \pm 1	11,5 \pm 0,5	1
9.	Gd I47	2,1 \pm	4,5	2,1
10.	Eu I47	6 \pm 1	11,5	2
11.	Nd I47	0,18	< 0.8	-
12.	Gd I46	0.93	7.5	8.1
13.	Eu I46, I45	5,6 \pm 1	5 \pm 1,5	0.9
14.	Sm I45	5,4 \pm 0.3	3.7	0.69
15.	Pm I43	4,1 \pm 0,2	4	1
16.	Pr I43	0.48	0.65 \pm 0.3	1,35
17.	Sm I42	0.87 \pm 0.06	1,2 \pm 0.3	1,4
18.	Pr I42	0.76 \pm 0.06	0.7 \pm 0.2	0.93
19.	Nd I41	3,6 \pm 0.2	3,4 \pm 0.3	0.95
20.	Nd I40	2,4 \pm 0.2	1,9 \pm 0.4	0.8
21.	Nd I39	1,42 \pm 0.1	1,85 \pm 0.4	1,3
22.	Pr I39	2,8 \pm 0.2	3,05 \pm 0.4	1,1

I	2	3	4	5
23.	Ce I35	$1,05 \pm 0,1$	$0,94 \pm 0,05$	0,9
24.	Ce I34	$0,61 \pm 0,03$	$0,36 \pm 0,05$	0,6
25.	Ba I31	0.7	0.14	0.2
26.	Ba I28	$0,13 \pm 0,03$	$0,12 \pm 0,03$	0.93
27.	Te I21	$0,17 \pm 0,02$	0.19	1,1

Л и т е р а т у р а

1. Б.К.Преображенский, О.М.Лилова, А.Н.Добронравова, Е.Д.Тетерин. Журн.неорг.хим., I, 2294 (1956г.).
2. Б.К.Преображенский, О.М.Лилова. "Радиохимия" (в печати).
3. Б.К.Преображенский, Л.Н.Москвин "Радиохимия" (в печати).
4. В.И.Барановский, Г.М.Городинский
Изв.АН СССР, сер.физич., т.ХХIV, 313 (1960 г.)
5. Rudstam.G. Phil. Mag., 44, 1131 (1958).
6. Б.И.Сегал, К.А.Семендяев
Пятизначные математические таблицы, изд.АН СССР
(1950 г.).

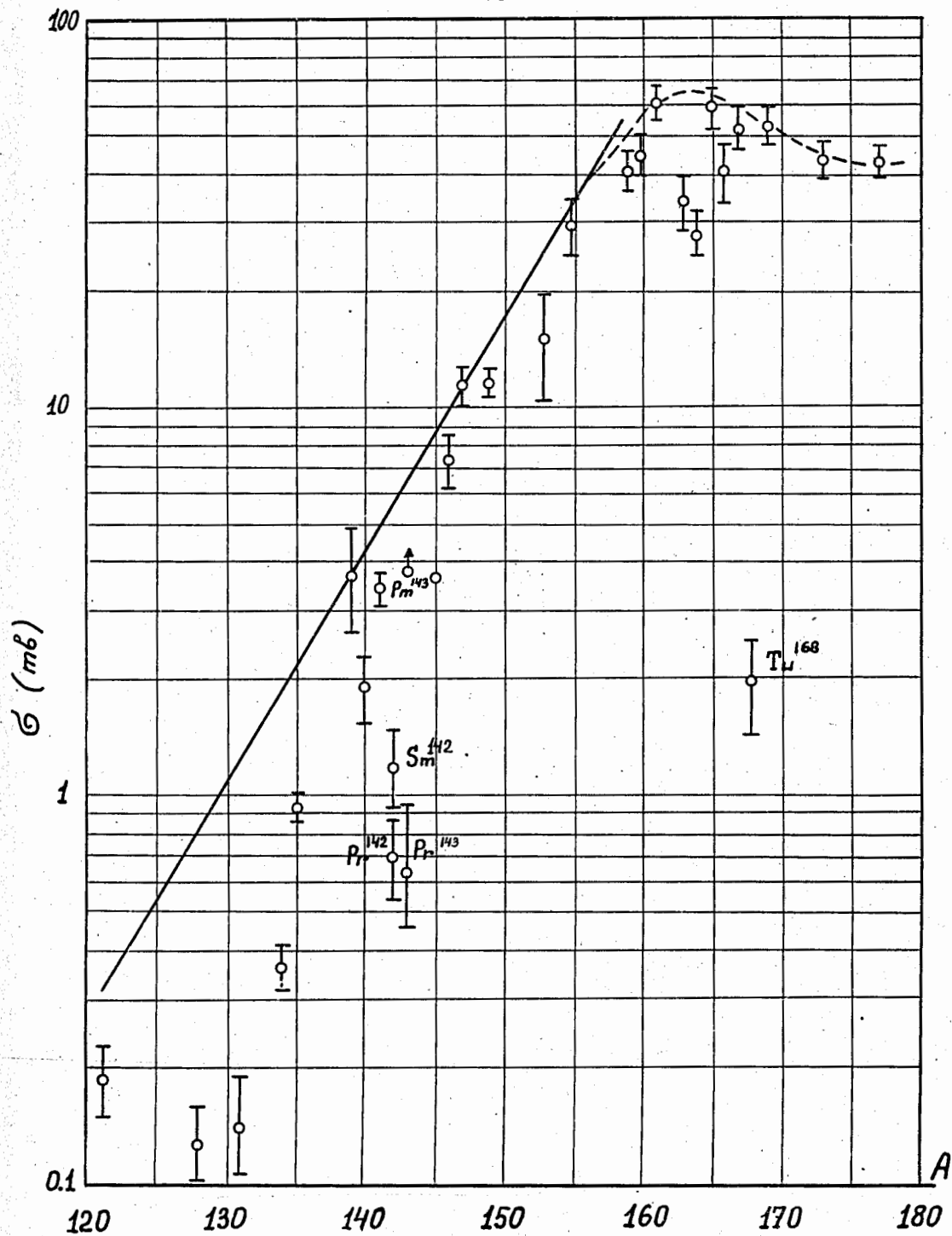


Рис. I Куммулятивные выходы некоторых продуктов реакции глубокого расщепления тантала протонами энергии 660 Мэв. Сплошная кривая рассчитана по формуле (I).

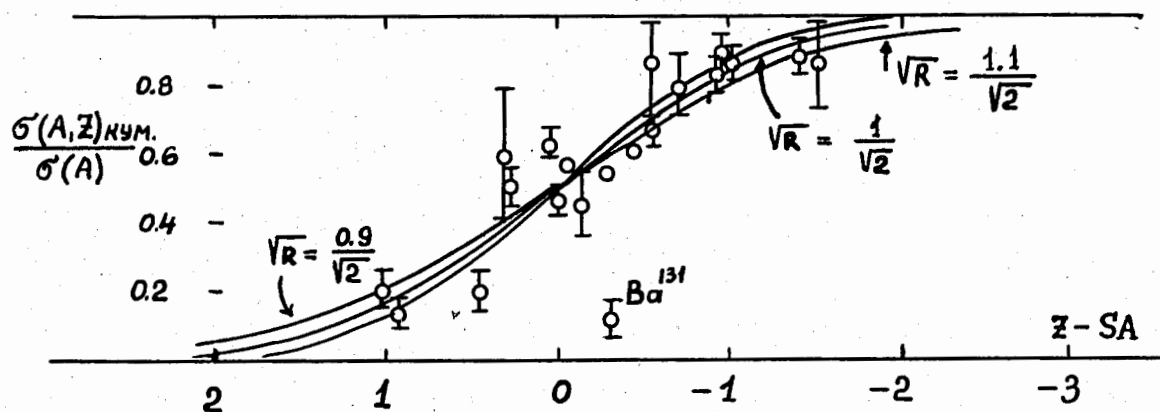


Рис.2 Сравнение экспериментальных данных по распределению выходов продуктов реакции глубокого расщепления по z для данного массового числа с кривыми, рассчитанными по формуле (3) при различных значениях параметра \sqrt{R} .

А.К.Лаврухина, А.А.Поздняков

ХАРАКТЕР РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫХОДОВ ИЗОБАР, ОБРАЗУЮЩИХСЯ
ПРИ РАСЩЕПЛЕНИИ ГАФНИЯ ПРОТОНАМИ С ЭНЕРГИЕЙ 660 МэВ

Характер распределения выходов изобар, образующихся при расщеплении гафния протонами с энергией 660 МэВ, представляет интерес, как с точки зрения возможного получения новых нейтронодефицитных изотопов редких земель, так и с точки зрения установления границ применимости полуэмпирической формулы Рудстама для расчета выходов изотопов. Представлялось также интересным сопоставить характер распределения выходов изобар, образующихся при расщеплении гафния ($Z = 72$) и меди ($Z = 29$) протонами с энергией 660 МэВ.

Для получения полной картины распределения выходов изобар необходимо было определять выходы возможно большего числа изотопов. Эта задача могла быть успешно решена лишь в том случае, если проводить измерения активностей на магнитном анализаторе, дающем возможность отдельно идентифицировать изотопы по β^- , β^+ и электронному захвату, что особенно существенно для радиоизотопов с одичаковыми периодами полураспада. Это нельзя сделать другими методами, например, при помощи 4π -сцинтилляционного счетчика /1/. Последний метод более точен для определения выхода, однако для получения общей картины распределения выходов изобар можно пользоваться и методом, описанным в работе /5/. В настоящей работе измерения активностей производилось как с помощью стандартного

торцевого счетчика, так и на магнитном анализаторе с двумя счетчиками такого же типа. Регистрация изотопов, претерпевающих E-захват, проводилась на одном из счетчиков при включенном магнитном поле максимальной напряженности по рентгеновскому L - излучению, сопровождающему K-захват, которое поглощалось в алюминиевом фильтре. Наличие позитронов и электронов определялось отдельными измерениями на счетчике, расположенном под углом 90° к первому, при разной силе и полярности тока в электромагните. Для определения числа актов распада в величины активностей рентгеновского и корпускулярного излучений вводились соответствующие поправки. Точность определения выходов составляет 50-100%.

Детальные измерения позволили обнаружить несколько ядер с избытком нейтронов, распадающихся путем β^- -распада, как Lu^{176} , Lu^{177} , Er^{169} , Ho^{166} , которые при измерениях общей активности не удавалось обнаружить.

Следует отметить, что некоторые экспериментальные данные представляют собой кумулятивные выходы изотопов, включающие выходы короткоживущих предшественников. Однако, исходя из куполообразного характера распределения выходов изотопов для некоторых элементов, установленного исключительно по экспериментальным и независимым данным (напр., для Eu), можно ожидать, что для большинства изотопов вклад короткоживущих предшественников незначителен и в пределах точности измерения их выходы можно считать независимыми.

Для получения более полной картины распределения выходов изобар необходимо оценивать выходы неидентифицированных изотопов: стабильных, коротко- и долгоживущих. Большое число экспериментальных данных по величинам выходов, являющихся, в основном, независимыми, дало возможность построить кривые распределения выходов радионуклидов с одинаковым изотопическим числом Z как функции A (рис.1).

Как следует из рис.1, имеет место, в основном, монотонное и экспоненциальное уменьшение выходов для каждого Z с удалением изотопа от ядра мишени. По этим кривым оценивался выход ряда неидентифицированных изотопов.

По экспериментальным и интерполированным данным были построены кривые распределения выходов изобар для каждого A (рис.2). Как видно из кривых, наблюдается куполообразное распределение. На основании характера распределения выходов изобар и экспоненциального уменьшения их кумулятивных выходов /2/ удалось установить пригодность формулы Рудстама вида

$$\sigma(A_i, Z_i) = \exp[PA - Q - R(Z - SA_i)^2],$$

где $\sigma(A_i, Z_i)$ - сечение образования данного изотопа, а

P, Q, R и S - постоянные параметры, для расчета выходов изотопов, удаленных от ядра мишени на 20 и более нуклонов.

Определенные нами значения коэффициентов следующие: $P = 0,11$;

$$Q = 12,8; \quad R = 1,2; \quad S = 0,433.$$

Рассчитанные значения $\sigma(A_i, Z_i)$ сходятся с измеренными с точностью до множителя 2.

Для выяснения влияния Z бомбардируемого ядра на характер распределения выходов изобар нами были построены по данным работы /3/ аналогичные кривые распределения изобар, образующиеся при расщеплении меди (рис. 3). Оказалось, что значения крутизны куполообразных кривых, характеризующие полушириной, составляют 1-1,5 единиц заряда как для изобар, образующихся при расщеплении гафния, так и для изобар, получающихся при расщеплении меди. Отсюда можно сделать вывод, что крутизна кривых распределения выходов изобар по A не зависит от Z бомбардируемого ядра в интервале Z от 29 до 72.

Из кривых распределения выходов изобар, образующихся при расщеплении гафния, видно, что стабильные ядра располагаются на левой ветви кривых, в которые вливаются все ядра цепочки, в основном, с большими Z . По кривым удобно оценивать кумулятивные выходы таких стабильных изобар, что представляет интерес для решения вопроса о происхождении изотопов редких земель. Кроме того, по ним можно определять кумулятивные выходы тех долгоживущих изобар, которые, образуясь с небольшими выходами, могут быть, однако, получены с большей активностью за счет вклада их короткоживущих предшественников, образующихся с большими выходами. Например, выход Dy^{159} составляет $0,3 мб$, но за счет вклада цепочки $Er^{159} \rightarrow Ho^{159}$

$\xrightarrow{33м} Dy^{159} \xrightarrow{140 дн}$

его кумулятивный выход возрастает приблизительно в 200 раз. Следует отметить, что на правой ветви кривых расположены нейтронодефицитные ядра, которые

либо недостаточно еще изучены, либо вообще еще не открыты. Представленные кривые распределения изобар дают возможность оценить сечения образования таких изотопов.

Для спектроскопических целей также представляют интерес изобары, которые образуются с максимальными выходами. На рис. 4 представлена кривая (I), соединяющая изобары с максимальным выходом. Положение этой кривой сопоставляется с расположением линии ядерной стабильности. Как видно, изотопы с максимальным выходом для каждого A лежат в области нейтронодефицитных ядер. Исходя из выведенного в работе /4/ уравнения для оценки величины наиболее вероятного числа вылетевших нейтронов, соответствующих реакциям (p, γ) , были рассчитаны кривые распределения выходов изотопов для некоторых элементов, получающихся при расщеплении гафния и тантала. На рис. 5 в качестве примера представлены соответствующие кривые распределения выходов изотопов Ti , которые сравниваются с экспериментальной кривой распределения, полученной для гафния. Как видно, наблюдается совпадение в ходе этих кривых. Поэтому можно надеяться, что существенных различий в выходах изотопов, образующихся при облучении гафния и тантала, не имеет места и, по-видимому, все закономерности в распределении выходов изобар, образующихся при расщеплении гафния, можно перенести и на продукты расщепления тантала.

Л и т е р а т у р а

1. В.И.Барановский, Г.М.Городинский, Изв. АН СССР сер.физич. 24, 313 (1960).
2. А.К.Лаврухина, А.А.Поздняков. Атомная энергия, I, 332 (1959).
3. А.К.Лаврухина, Л.Д.Красавина и др. Атомная энергия, 2, 345 (1957).
4. А.К.Лаврухина, Г.М.Колесов, Тан Сяо-ен. Материалы настоящего совещания "Изучение некоторых реакций расщепления Nd .
5. Т.В.Малышева, Диссертация, ГЕОХИ АН СССР, Москва (1958).

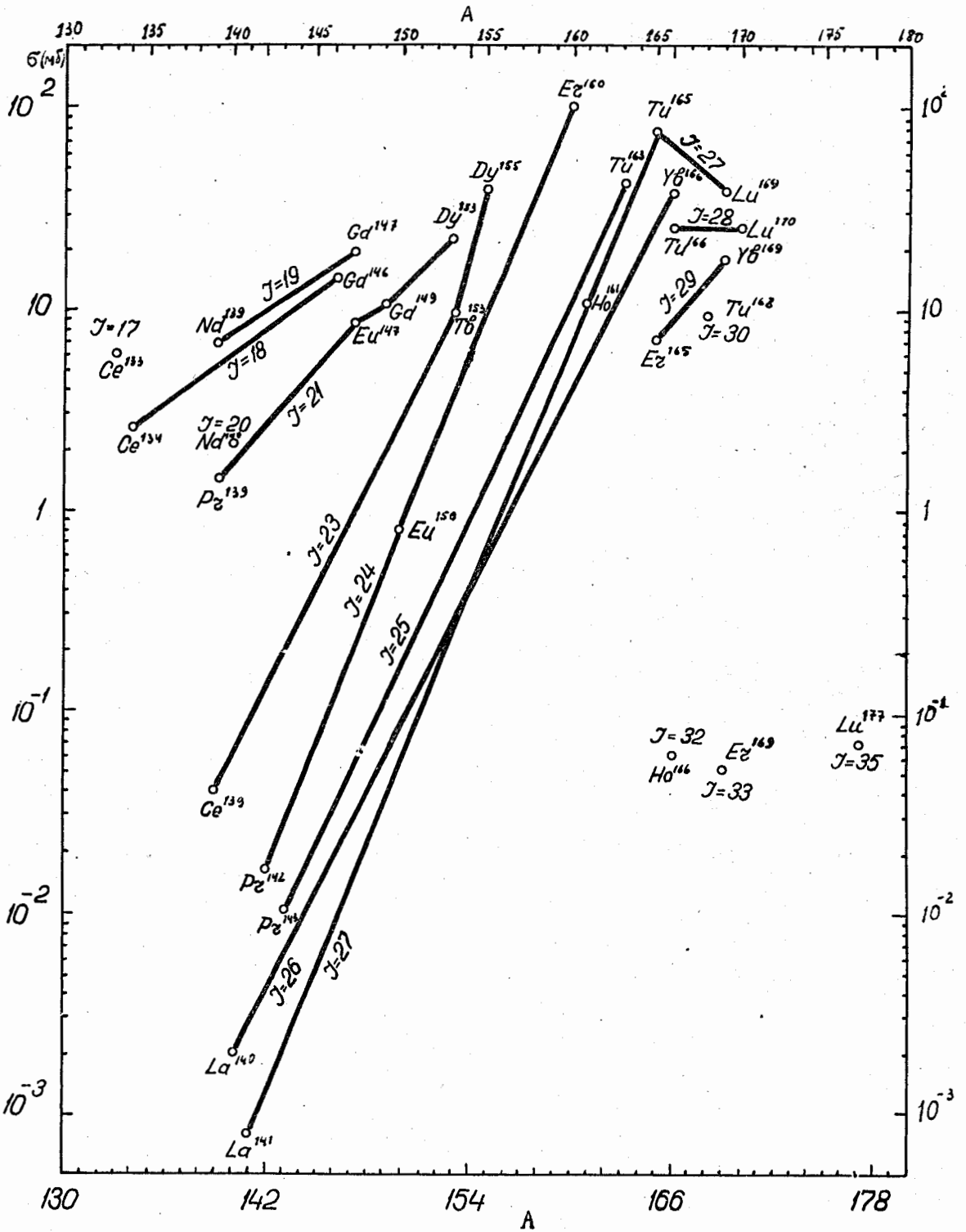


Рис. № I. Кривые распределения выходов радиоизотопов с одинаковым изотопическим числом J как функция A .

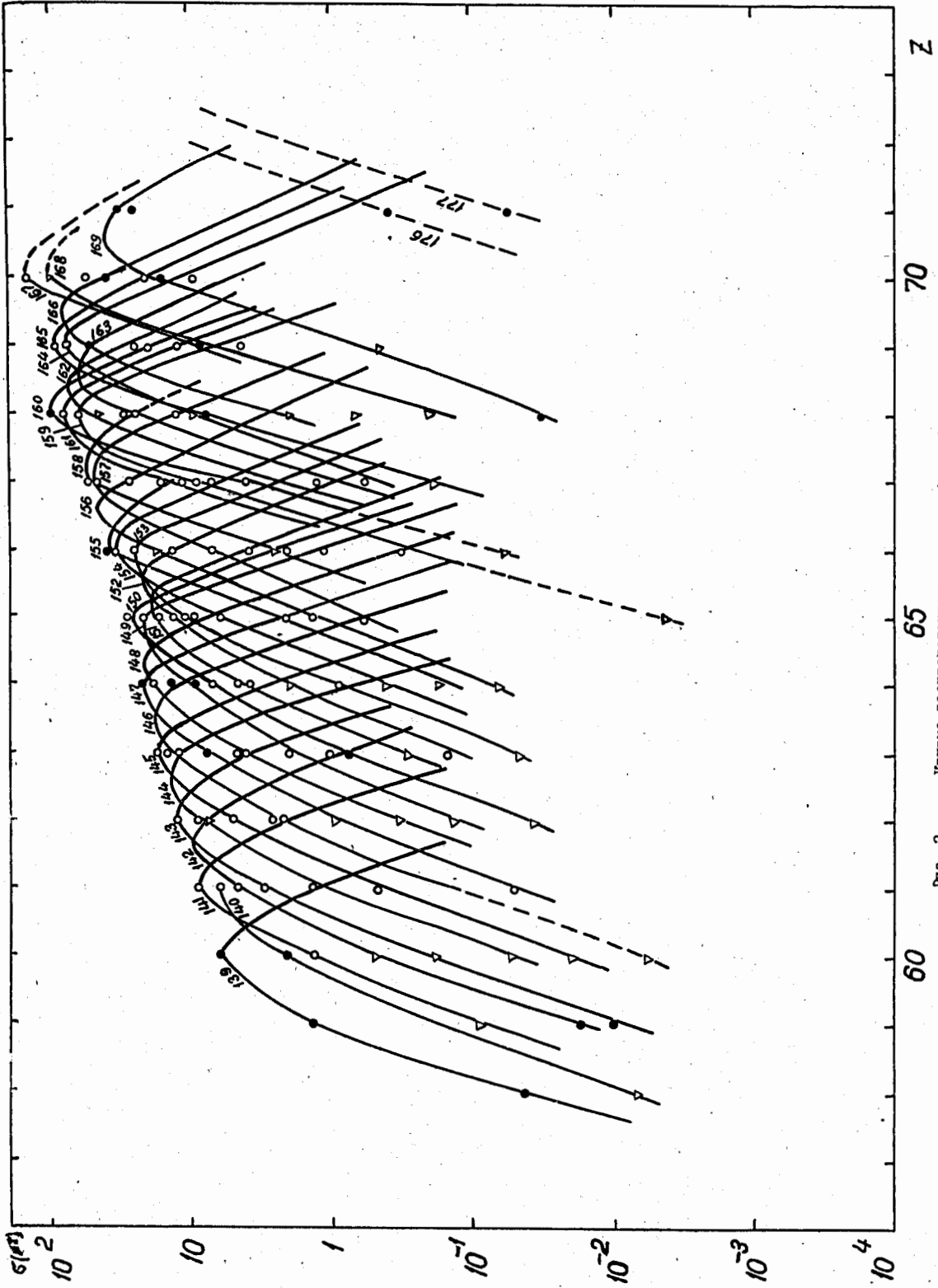


Рис. 2. Кривые распределения выходов изобар, образующихся при расщеплении гафния для каждого Z .

• - экспериментальные данные
 ○ - интерполированные данные
 ▽ - стабильные изобары.

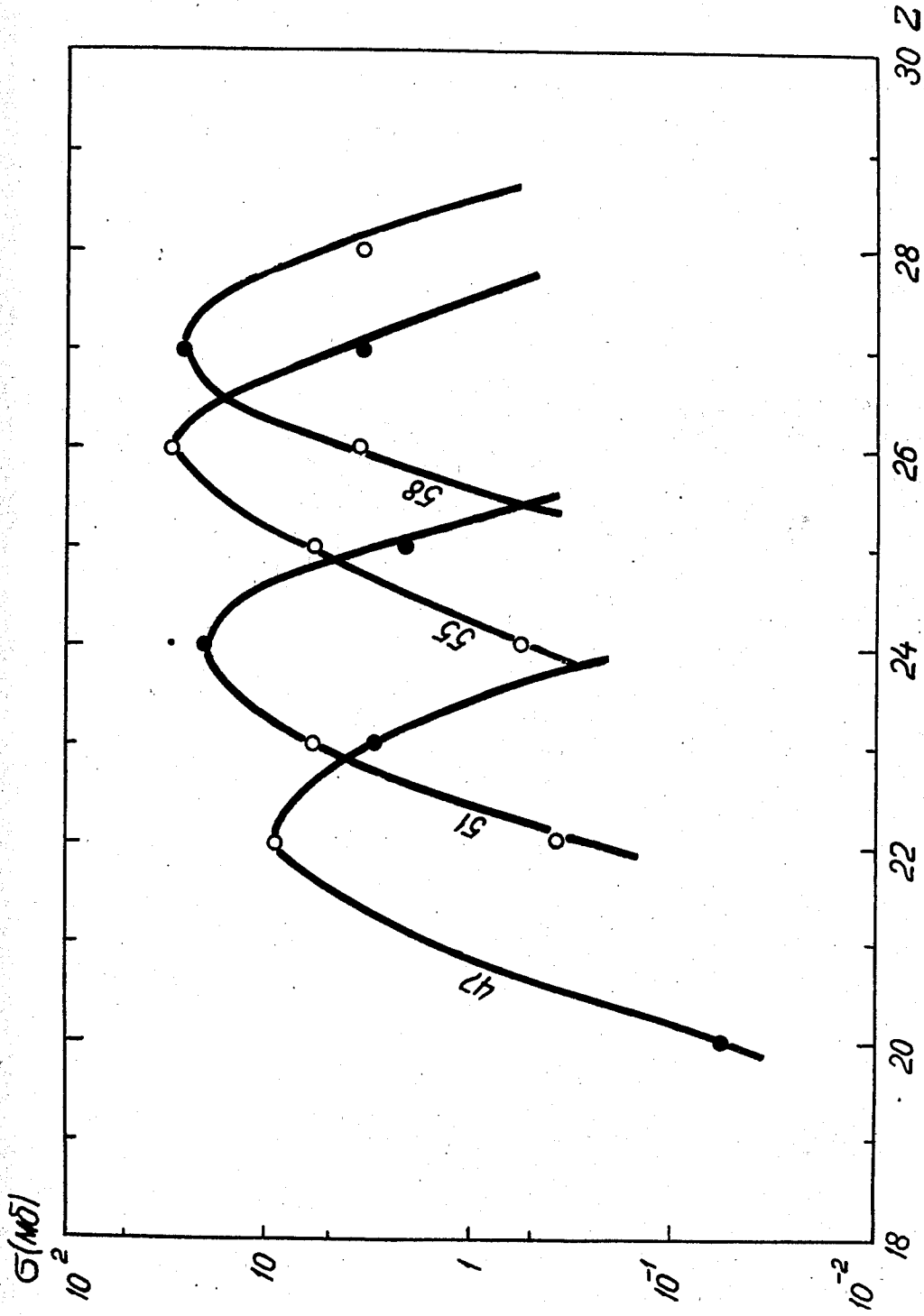


Рис. 3. Кривые распределения выходовнесколькох изобар, образующихся при расщеплении меди.

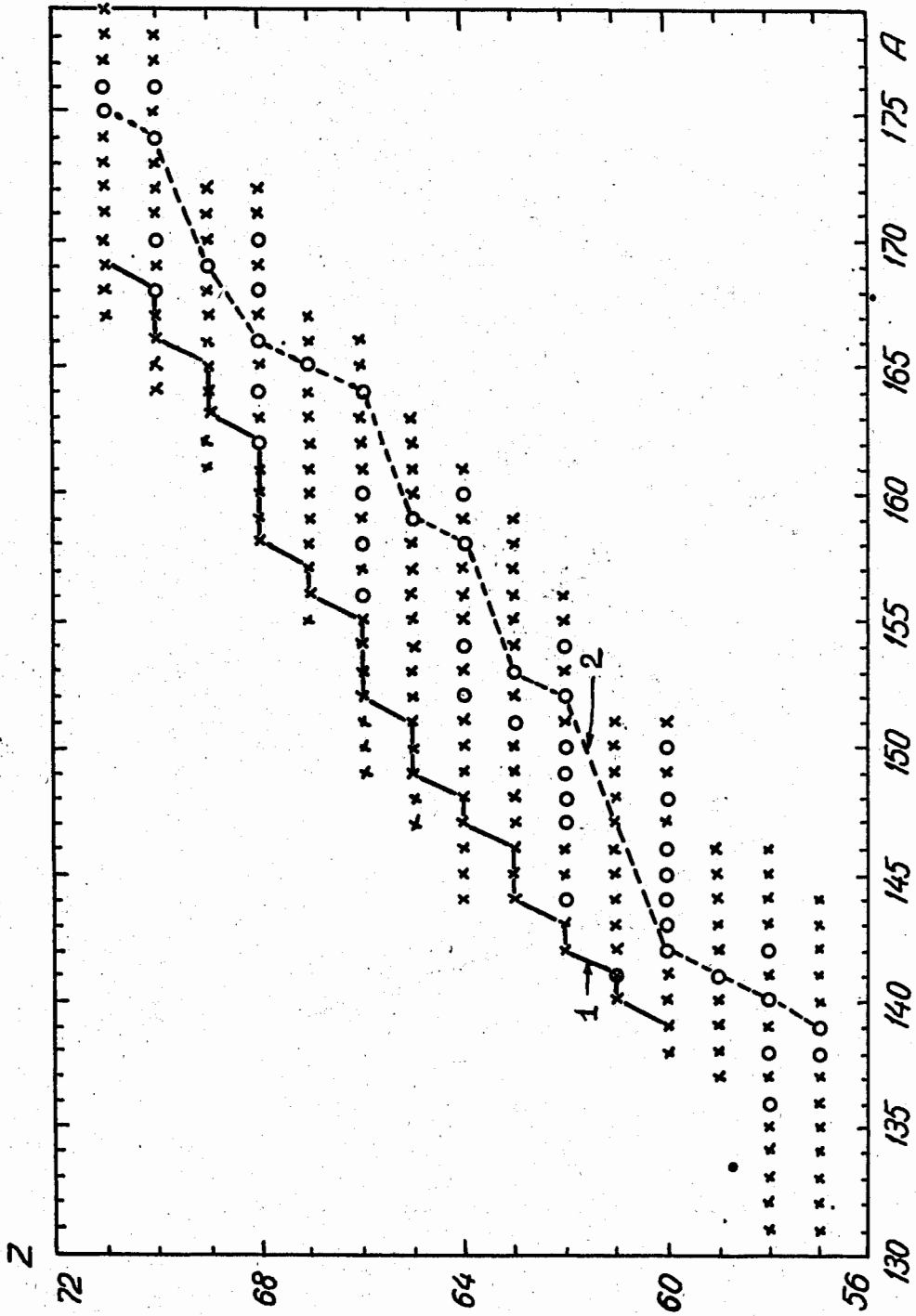


Рис. 4. Линия ядерной стабильности (2) и кривая (1), соединяющая изообры с максимальным выходом.

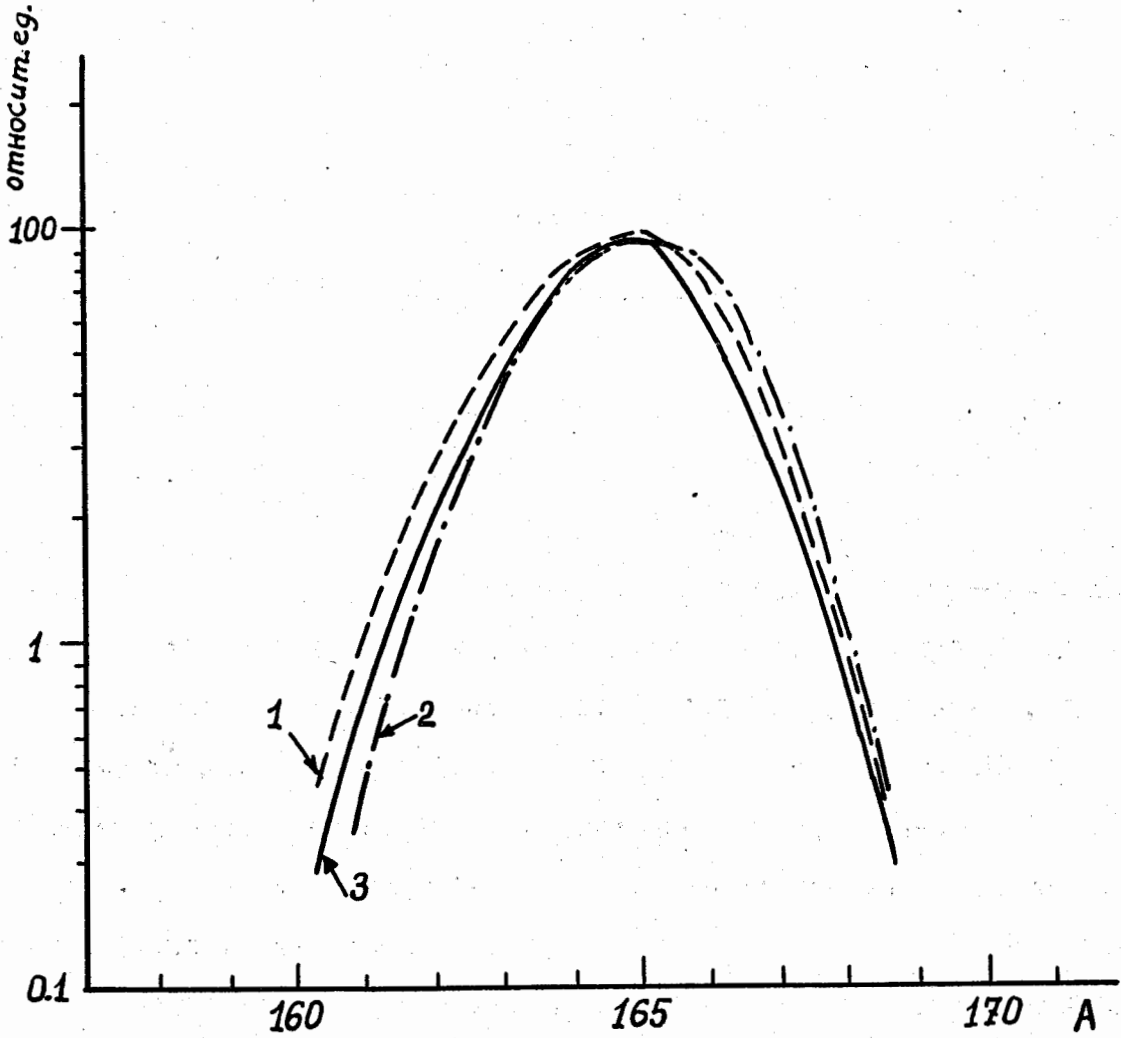


Рис. 5 Кривые распределения выходов изотопов туллия по А (в относительных единицах):

- 1) рассчитанная для продуктов расщепления Hf ;
- 2) " " " " " " " " " " Ta
- 3) определенная экспериментально для продуктов расщепления Hf .

Б. С. Джаленов, А. И. Медведев, И. Ф. Учеваткин и
С. А. Шестопалова.

"ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОШЕНИЯ КУММУЛЯТИВНЫХ ВЫХОДОВ

Lu^{169} и Lu^{173} ПРИ РЕАКЦИИ $\text{Ta} + p$ (660 мэв)"

В старых лютециевых препаратах содержатся Lu^{173}
($T_{1/2} = 500$ дн.) и Yb^{169} ($T_{1/2} = 30,6$ дн.), накопившийся в
результате распада Lu^{169} ($T_{1/2} = 34$ ч.). Если в таком пре-
парате измерить отношение интенсивностей таких конверсионных ли-
ний, для которых известны числа конверсионных электронов на рас-
пад, то, зная "историю" препарата, можно определить отношение
кумулятивных выходов Lu^{169} и Lu^{173} при реакции $\text{Ta} + p$ (660 мэв)

Лютециевая фракция выделялась из танталовой мишени через
16 часов после окончания 4-х часового облучения мишени протонами
с энергией 660 мэв. Измерения отдельных конверсионных линий про-
водились при помощи спектрометра с трехкратной фокусировкой. Для
уменьшения влияния рассеяния первый счетчик был убран; считались
двойные совпадения /1/.

Фон, связанный с γ -нагрузкой счетчиков, определялся
в дополнительных опытах, в которых счетчики получали такие же,
но независимые γ -нагрузки /2/; фон оказался равным скорости
счета совпадений за пределами линий.

Проведено две серии измерений: через 225 и 250 дней после
выделения фракции. К этому времени все короткоживущие изотопы
лютеция распались, наблюдались только линии хорошо изученных
изотопов Yb^{169} и Lu^{173} .

На рис. I представлены конверсионные линии, по которым определено отношение куммулятивных выходов :

$$K-197,97 \quad \text{Уб}^{169} \quad \text{и} \quad K-272,5 \quad \text{Lu}^{173}.$$

Отношение чисел ядер Lu^{169} и Lu^{173} в препарате в момент его выделения из мишени определяется по формуле :

$$\left(\frac{N_{169}}{N_{173}} \right)_0 = \frac{T_2 - T_1}{T_3} e^{0.69t \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_3} \right)} \left(\frac{S_{169}}{S_{173}} \right)_t \cdot \frac{(p\alpha)_{173}}{(p\alpha)_{169}}$$

где T_1 - период полураспада	$\text{Lu}^{169} = 34 \pm 4$ часа /3/
T_2 - " -	$\text{Уб}^{169} = 30,6 \pm 0,2$ дня /4/
T_3 - " -	$\text{Lu}^{173} = 500 \pm 100$ дней /5/

t - интервал времени между моментом выделения фракции и моментом измерения ; S_{169} и S_{173} - площади конверсионных линий во время измерений в координатах $N/H\rho = f(H\rho)$.

ρ - число γ - квантов рассматриваемой энергии на распад.

α - коэффициент конверсии для рассматриваемой линии

$p\alpha$ - число электронов данного сорта на распад.

Значение $(p\alpha)_{173} = 4,6 \cdot 10^{-3}$ приведено в работе /5/, а $(p\alpha)_{169} = 0,140$ получено по данным работы /6/,

$$\frac{S_{169}}{S_{173}} = 6,8 \pm 0,7 \quad \text{в первой серии измерений} \quad (t = 225 \text{ дн.})$$

и равно $4,2 \pm 0,6$ во второй серии ($t = 250$ дн.) .

Отношение куммулятивных выходов (среднее из двух серий измерений) : $\left(\frac{N_{169}}{N_{273}} \right)_0 = 1,6 \pm 0,5$.

Указанная погрешность включает в себя погрешности в $\frac{S_{169}}{S_{173}}$,

в T_1 , T_2 и T_3 главную роль играет последняя, но не включает погрешностей в $p\alpha$, которые могут достигать 50% каждая.

Попутно были произведены измерения периода полураспада ^{169}Yb по линиям :

- 1) L - 177,24 ; 2) K - 197,97 ; 3) K - 307,7 ;
4) L - 307,7.

Измерения производились в течение 2-х месяцев, причем, источник не вынимался из спектрометра. На каждой линии измерено около 30 точек. Обработка результатов проведена по методу наименьших квадратов.

Среднее из четырех определений :

$$T_{I/2} = (30,8 \pm 0,3) \text{ дня.}$$

Полученное значение хорошо совпадает со значением $T_{I/2} = (30,6 \pm 0,2)$ дня, определенным в работе /4/ по спаданию общей активности.

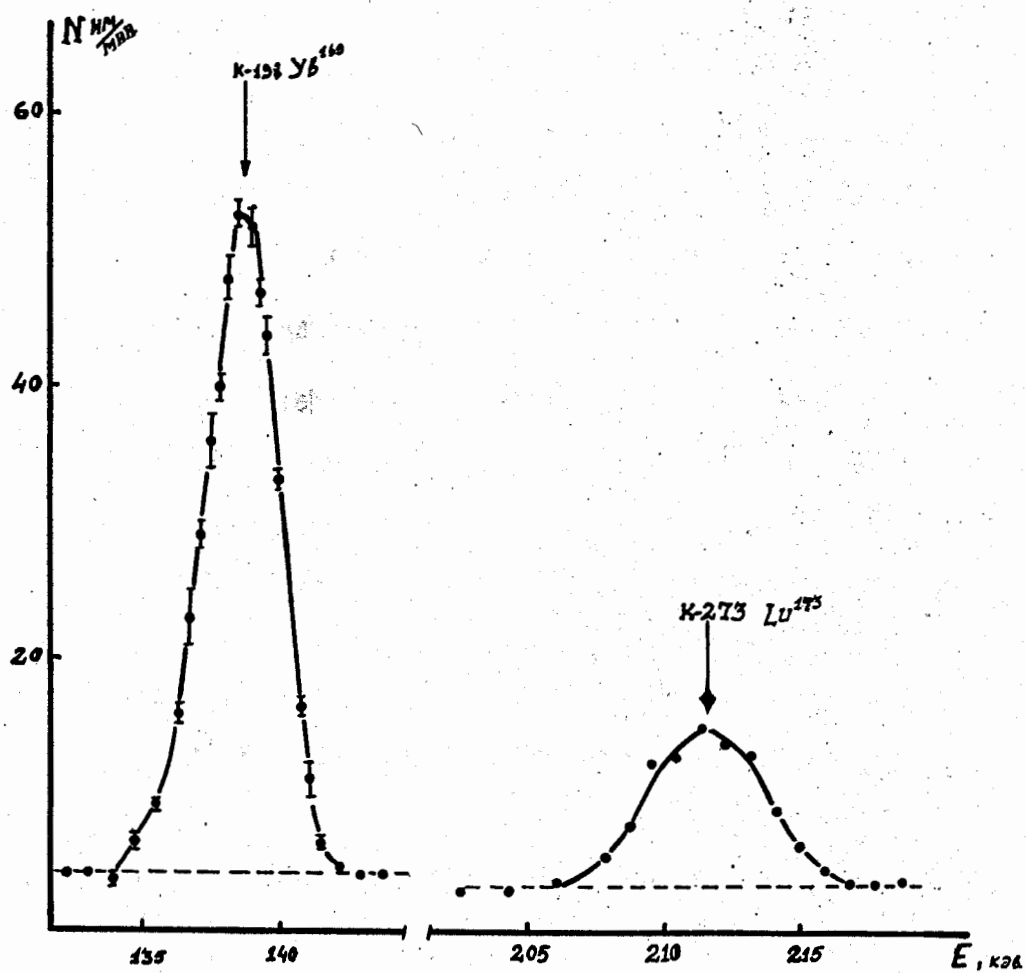


Рис. 1. Конверсионные линии $K 198 \text{ U}^{169}$ и $K 273 \text{ Lu}^{173}$, полученные от старого препарата лутециевой фракции. Для линии $K 273 \text{ Lu}^{173}$ статистическая погрешность не превышает размеров точек.

Л и т е р а т у р а

1. Б.С.Джелепов, И.Ф.Учеваткин, С.А.Шестопалова
Материалы Второго Совещания по нейтронодефицитным
изотопам, т.Ш, стр.50, Дубна, 1959 г.
2. Б.С.Джелепов. Диссертация, Ленинград, 1949 г.
3. Б.С.Джелепов, И.Ф.Учеваткин, С.А.Шестопалова.
Материалы 10-го Совещания по ядерной спектроскопии
Москва, 1960 г.
4. J.M. Cork, M.K. Brice, D.W. Martin, I.C. Schmid, R.G. Helmer.
Phys.Rev. 101. 1042 (1956).
5. К.Громов, Б.Джелепов, материалы Второго Совещания по
нейтронодефицитным изотопам редких земель,
т. I, ст.I, Дубна, 1959 г.
6. E.N. Hatch, F. Boehm, P. Marmier, J.W.M. Du Mond. Phys.Rev.
104, 745 (1956).

М. Вобецки, А. Машталка

РАДИОХИМИЧЕСКОЕ ВЫДЕЛЕНИЕ ГАФНИЯ И ВОЛЬФРАМА ИЗ ПРОДУКТОВ
ГЛУБОКОГО ОТЩЕПЛЕНИЯ ТАНТАЛА

Из продуктов глубокого отщепления тантала протонами с энергией 660 Мэв были выделены радиоактивные изотопы гафния и вольфрама. Металлический тантал облучался на синхроциклотроне ОИЯИ в Дубне. Метод выделения гафния из продуктов глубокого отщепления тантала протонами с энергией 340 Мэв описал Нервик /1/, из тантала, облученного протонами 660 Мэв Григорьев и др. /2/. В обеих работах радиоактивные изотопы выделялись на изотопных носителях. В нашей работе радиоактивные изотопы гафния были получены без носителя.

Нервик получал вольфрам на изотопном носителе и для очистки использовал экстрагирование роданидного комплекса вольфрама этилацетатом. В предлагаемом методе мы воспользовались методом хроматографии на анионите. Рябчиков /3/ описывает способ разделения молибдена и вольфрама, сорбированных на анионите ЭДЭ-10 в форме фосфовольфраматного и фосфомолибдатного аниона, с помощью щелочи. Этот способ был видоизменен нами для анионита Вофатит Л 150.

Выделения гафния

Раствор после отделения фторидов редких земель, содержащий 3-5 мг Zr в качестве неизотопного носителя, охлаждают в ледяной бане и насыщенным раствором нитрата бария осаждают $BaZrF_6$. После охлаждения в течение 20 минут осадок

отделяют центрифугированием, промывают минимальным количеством холодной воды, растворяют в насыщенном растворе борной кислоты и серной кислотой осаждают $BaSO_4$. Из фильтрата действием аммиака осаждают $Zr(OH)_4$, растворяют его в HCl и снова осаждают аммиаком. $Zr(OH)_4$ затем растворяют в минимальном количестве конц. HCl , выпаривают досуха, и остаток после выпаривания снова растворяют в минимальном количестве конц.

HCl . Раствор сорбируется на столбце анионита Дауэкс I или Вофатит Л 150 в Cl^- форме, размеры частиц которых определяются скоростью седиментации $0,4-0,8$ см. мин⁻¹. Мы использовали столбец диаметром 2 мм и длиной 120 мм. Анионит предварительно промывался конц. соляной кислотой (по крайней мере 12 M HCl) для удаления возможной примеси РЭЭ, щелочных или щелочно-земельных металлов. Гафний вымывают 8 M соляной кислотой со скоростью 1 капля ($\approx 0,5$ мл) в 40 сек.

Выделение вольфрама

После отделения $BaZrF_6$ раствор, содержащий 2-3 мг вольфрама, очищают от примеси тантала осаждением фторотантала калия (K_2TaF_7). Фильтрат трижды выпаривают досуха в платиновой чашке с азотной кислотой. Остаток после выпаривания смывают азотной кислотой, и осадок после промывки водой обрабатывают минимальным количеством 2 M H_3PO_4 . Прозрачный раствор сорбируется на столбце анионита Вофатит Л 150 в PO_4^{3-} форме с размерами зерен, определяемыми скоростью седиментации $0,4-0,8$ см. мин⁻¹. Анионит промывают 0,5 мл 2M H_3PO_4 , затем водой до нейтральной реакции, и вольфрам вымывают 10% раствором КОН.

В выделенной фракции гафния по гамма-спектрам были идентифицированы радиоактивные изотопы гафния, Hf^{171} , Hf^{173} и Hf^{175} /4/. В фракции вольфрама, выделенной спустя 14 дней после облучения тантала, был идентифицирован изотоп с периодом полураспада 22,3 дня, что находится в хорошем согласии со значениями, приводимыми для W^{178} .

Институт ядерных исследований
ЧСАН, Прага

Л и т е р а т у р а

1. Nervik W.E., UCRL 2542.
2. Григорьев Е.П., Ларионов О.В., Никитин М.К.,
Сергеев В.О., Сахаров С.Л. : Гамма-спектр гафниево-й фракции, материалы второго совещания по ядерной спектроскопии нейтронодефицитных изотопов редких земель, ОИЯИ, Дубна 1959 .
3. Рябчиков Д.И., Борисова Л.В. : Ж.анал.хим. 23 , 155 / 1958 /.
4. Brades V., Krasik B., Jursik. Частное сообщение.

А.К.Лаврухина, Г.М.Колесов, Тан Сяо-ен

ИЗУЧЕНИЕ НЕКОТОРЫХ РЕАКЦИЙ РАСЩЕПЛЕНИЯ НЕОДИМА ПРОТОНАМИ
ВЫСОКОЙ ЭНЕРГИИ

1. В в е д е н и е

Для предсказания вероятности образования новых и малоизученных нейтронодефицитных изотопов большой интерес представляет выявление закономерностей распределения выходов образующихся изотопов каждого элемента по A . Характер этих распределений — высота и положение максимума, как показывают многочисленные экспериментальные данные, зависит от величины $\Delta Z = Z$ исх. — Z прод., энергии бомбардирующих частиц и порядкового номера облученного элемента. В связи с тем, что полуэмпирическая формула Рудстама в области сравнительно тяжелых элементов не позволяет оценить выход изотопов с $\Delta Z \leq 4$, которые образуются с максимальным выходом, то экспериментальные исследования являются в настоящее время единственным средством установления закономерностей в распределении таких изотопов.

С целью изучения нейтронодефицитных изотопов редкоземельных элементов цериевой группы были определены сечения образования ряда радиоизотопов, образующихся при расщеплении европия протонами с энергией 660 Мэв /1/. Установлено, что выход изотопов Се, Рг, и Рт значительно выше, чем при расщеплении гафния /2/ и тантала /3/. Однако было замечено, что сечение образования самых

легких изотопов Ce и Pr, например, нового изотопа - Pr 134 , который обнаружен нами по дочернему Ce 134 , все еще недостаточно велико для их детального исследования и тем более для целей β -спектроскопии.

В связи с этим нами были определены сечения образования нейтронодефицитных радиоизотопов Ce и Pr при облучении природного неодима протонами различных энергий. Выбор такой мишени основан на предположении, что выход этих изотопов из Na 142 , содержание которого в природной смеси составляет $\sim 30\%$, должен быть значительно выше, чем из Eu 151 и Eu 153 .

2. М е т о д и к а

Мишени из 2-5 мг окиси неодима / с содержанием основного компонента Na $_{2}O_3$ 99,8% / облучались в течение 15-90 минут во внутреннем пучке протонов на синхроциклотроне Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ. После химического выделения и очистки редкоземельных элементов их аликвотная часть наносилась на колонку и производилось разделение хроматографическим методом /4/. Активность измерялась на установке Б-2 со счетчиком МСТ-17 со статистической ошибкой счета $\pm 3\%$. Идентификация фракций производилась по положению пиков на хроматограмме /рис. I /, а радиоизотопов по периодам полураспада и в отдельных случаях по энергиям β -излучения.

Выходы β^+ - β^- -изотопов определялись так же, как и в работе /1/, электронно-захватных - по L-излучению, сопровождающему K-захват по методу /5/. Точность определения составляла

~ 50 и 100% соответственно. При определении выходов La 132 , Pr 139 , Na 141 был учтен вклад соседних изобар. Для изотопов Ce 132 ,

Ce^{134} , Nd^{139} , Nd^{140} , для которых не известны изобары с $Z + 1$ (кроме Pr^{134}) это сделать не представлялось возможным. Но как показали полученные данные, сечения их образования значительно меньше, чем указанных выше изотопов и поэтому их вклад можно не учитывать.

При определении выходов Ce^{132} , Ce^{135} , Nd^{139} , Nd^{140} учтён вклад дочерних изотопов, образующихся в процессе измерения образцов. При определении сечения образования Ce^{132} по β -активности не учитывался вклад этого излучения от Ce^{133} , ввиду отсутствия схемы распада. Поэтому величина сечения для Ce^{132} может быть завышена.

Мониторирование пучка протонов осуществлялось по активности Na^{24} из Al -фольги. Сечение реакции Al^{27}/p , Zr/Na^{24} принималось равным 10 мб.

3. Обсуждение результатов.

Результаты опытов представлены в таблице и в виде кривых рис. 2 и 3, которые построены с учётом интерполированных данных. Представляют интерес следующие факты:

I. Максимальный выход для изотопов Ce , Pr и Nd соответствует нейтронодефицитным изотомам - Ce^{134} , Pr^{137} и Nd^{139} . Все стабильные изотопы лежат на правой ветви кривых распределения. Энергия бомбардирующих частиц в интервале 220-660 Мэв не оказывает влияния на положение максимума этих кривых. Аналогичное явление наблюдалось и ранее на примере кривых распределения изотопов марганца, образующихся при расщеплении Co протонами с энергиями от 100 до 370 Мэв /6/ и ртути - при расщеплении Bi протонами с энергиями 220-660 Мэв /5/.

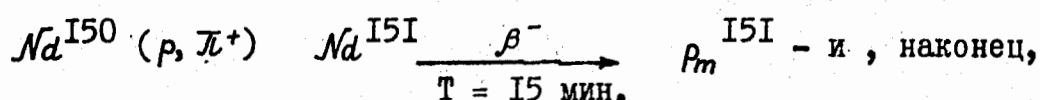
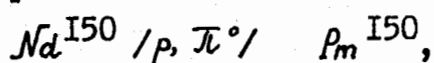
2. Сечение образования многих нейтронодефицитных изотопов и особенно изотопов, лежащих на максимумах кривых распределения, уменьшается при увеличении энергии протонов от 220 до 660 Мэв. Это уменьшение наиболее заметно для изотопов облученного элемента, образующихся по реакции $/p, p \alpha n/$. Так, выход Nd^{139} снижается в 3,2 раза, а Nd^{140} - в 2,7 раза. Выход некоторых изотопов с большим недостатком нейтронов - Za^{132} и Ce^{132} , а также изотопов с избытком - Ce^{141} и Pr^{149} , наоборот, увеличивается с ростом энергии протонов. Это приводит к расширению кривых распределения, что может быть иллюстрировано кривыми, полученными для изотопов церия /кривые 2 и 3 рис.4/.

3. Изотопы прометия, элемента с $Z = Z$ исх. + 1, образуются со значительно меньшими выходами, чем изотопы элементов с $Z \neq Z$ исх.

Максимум кривой распределения приходится на Pm^{148} , выход которого при энергии протонов 660 Мэв в 10 раз меньше, чем выходы изотопов Nd^{139} , Pr^{137} и Ce^{134} . Выход изотопов прометия уменьшается и с ростом энергии протонов от 220 до 660 Мэв; например, для Pm^{150} , образующегося по реакции $Nd^{150}/p, n/$ Pm^{150} , он падает в два раза.

4. Во фракции прометия значительный вклад вносит активность, соответствующая $T = 27$ час. Согласно литературным данным она принадлежит Pm^{151} . Сечение его образования составляет 20 мбарн. В связи с тем, что содержание примесей всех соседних элементов в веществе мишени не превышает 0,2%, образование этого изотопа за счёт реакций с соседними элементами исключается. Кроме того во фракции прометия, выделенного из облученного Eu

/I/, изотоп Pm^{151} не был идентифицирован. Возможными реакциями его образования из Nd^{150} /из остальных изотопов неодима он образоваться не может/ являются следующие :



реакция со вторичными дейтронами - $Nd^{150} /d, n/ Pm^{151}$. Оценить сечение каждой реакции не представляется возможным ; по-видимому, наибольший вклад вносит последняя реакция.

Сравнение сечений образования изотопов элементов с $\Delta Z \leq 3$ для Nd и Eu показывает полную их аналогию. Выход изотопов, лежащих на максимумах кривых распределения, при энергии протонов 660 Мэв равен ~ 100 мбран. Выход изотопов с $\Delta Z > 3$, как это показывают данные по европию, значительно снижаются. Например, выход изотопов церия, образующихся из Nd по реакции $/p, 3p \times n/$ значительно выше, чем из Eu . В последнем случае они образуются согласно реакции $/p, 6p \times n/$. Из кривых 1 и 3 рис.4 видно, что сечение образования Ce^{132} из Nd в 14 раз превышает сечение его образования из Eu . Следовательно, наиболее эффективным способом получения самых легких изотопов являются реакции $/p, \gamma p \times n/$, где $\gamma \leq 3$.

Следует отметить тот факт, что положение максимума кривой распределения изотопов церия не изменяется при увеличении числа вылетевших протонов от 3 до 6 и приходится на изотоп Ce^{134} , хотя выход его при этом уменьшается в 8 раз. Такое же явление наблюдается и для Pr . Следовательно, на положение максимума кривых распределения изотопов не оказывает влияния ни величина энергии бомбардирующих частиц в интервале 200-700 Мэв, ни порядковый номер облученного элемента в интервале нескольких Z .

В связи с тем, что природный неодим представляет собой смесь семи стабильных изотопов - Nd^{142} , Nd^{143} , Nd^{144} , Nd^{145} , Nd^{146} , Nd^{148} и Nd^{150} , то определить наиболее вероятное значение "х" в указанных выше реакциях по положению максимумов кривых распределения изотопов для каждого элемента не представляется возможным. Поэтому мы рассчитали вероятность образования различных изотопов Ce и Pr из каждого изотопа Nd с учетом их содержания в природной смеси для различных "х". На рис.5 пунктирными линиями проведены соответствующие кривые для изотопов церия при $x = 8$. При их построении полуширина кривых распределения принималась равной 4, что соответствует данным, полученным при расщеплении церия /7/ для реакции /р, 3 рхп /. На этом рисунке кривая 1 представляет собой распределение суммарного числа образующихся ядер различных изотопов церия из всех изотопов Nd . Кривая 2 - экспериментальная кривая распределения выходов изотопов церия - нанесена на график таким образом, чтобы максимумы этих двух кривых совпадали.

Из рисунка 5 следует, что ход кривых 1 и 2 в области стабильных и нейтроноизбыточных изотопов совпадает, в области же нейтронодефицитных изотопов с $A < 134$ наблюдается резкое снижение экспериментальных выходов по сравнению с рассчитанными; так, для Ce^{132} снижение происходит в 7 раз. Аналогичные результаты

получены и для Pr. Это приводит к тому, что кривые распределения, построенные по экспериментальным данным, имеют значительно меньшую полуширину, чем теоретические. Причина такого расхождения пока еще не ясна. Однако из хода кривых 5 следует, что реакции на изотопе Nd^{142} вносят, по-видимому, незначительный вклад в образование легких изотопов церия. Возможно реакции $Nd^{142} /p, 3 рхп /$

имеют аномально малые сечения. Это может быть следствием того, что ядро Nd^{142} имеет замкнутую оболочку из $N = 82$.

Максимум расчетной кривой распределения изотопов церия совпадает с экспериментальной кривой только в том случае, если наиболее вероятное значение "х" в реакции $/\rho, 3\rho x n /$ равно 8. Для изотопов празеодима, образующихся по реакции $/\rho, 2\rho x n /$, максимум соответствует $x = 6$. Были рассчитаны также наиболее вероятные числа вылетевших нейтронов, соответствующие реакциям $/\rho, y\rho x n /$ на изотопах европия Eu^{151} и Eu^{152} при

$y = 2, 3 \dots 6$. Полученные значения были нанесены на график зависимости наиболее вероятного числа вылетевших нейтронов $/N_n /$ макс. от числа вылетевших протонов $N_p /$ с учетом бомбардирующего протона / / рис.6/. Видно, что все они лежат на одной прямой линии, которая может быть выражена уравнением $/N_n /$ макс. = $a /N_p / + b \dots / I /$, где "а" и "в" постоянные, равные 2 для $I \leq y \leq 5$.

Следовательно для реакций $/\rho, y\rho x n /$ в указанном интервале "у" характерна следующая зависимость :

$$X \text{ макс.} = 2y + 2 \dots \quad /2/.$$

Если рассмотреть соответствующие данные для других облученных ядер, представленных в виде кривых в работе /5/, то оказывается, что найденная нами зависимость $/N_n /$ макс. от N_p справедлива для ядер в интервале Z от 50 до 65.

Таким образом, по уравнению /2/ можно оценить величины $/N_n /$ макс. для всех элементов, образующихся по реакциям $/\rho, y\rho x n /$, для y от 1 до 5 в указанном интервале Z облучаемых элементов. Найденное значение $/N_n /$ макс. позволяет предсказать положение максимума кривых распределения изотопов этих элементов. Это

имеет большое значение для оценки вероятности образования новых самых легких изотопов элементов цериевой группы и выбора наиболее эффективной реакции их получения.

/ Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского АН СССР, Пекинский университет /.

Л и т е р а т у р а.

1. А.К.Лаврухина, Г.М.Колесов, Тан Сяо-ен. Изв. АН СССР, сер. физ. т.24 стр.1113 (1960).
2. А.К.Лаврухина, А.А.Поздняков. Атомная энергия, 7, 332 / 1959 /.
3. В.И.Барановский и др. Настоящий сборник , стр. 87
4. А.К.Лаврухина, Г.М.Колесов, Тан Сяо-ен. Настоящий сборник, стр. 133
5. Т.В.Мальшева, И.П.Алимарин. ЖЭТФ, 35, 1103 /1958/
6. E.Belmont, I.M.Miller. Phys. Rev., 95,1554 (1954).
7. R.W.Fink, E.O.Wiig. Phys. Rev., 94,1357 (1954).

Радиоактивные изотопы редкоземельных элементов,
образующиеся при облучении неодима протонами.

Идентифицированные изотопы	Период полураспада, найденный	Сечение образования.	
		660 Мэв	220 Мэв.
Pm I41	0,5 час.		6,0
⁶¹ Pm I45	17 дн.	4,1	
Pm I48	5,4 дн.	10,6	
Pm I49	2,1 дн.	7,0 x)	
Pm I50	2,6 час.	2,0	4,0
Pm I51	27 час.	20,0	
⁶⁰ Na I38	0,5		5,0x)
^{Na} I39	6,0 час.	88	280
^{Na} I40	3,1 дн.	53	140
^{Na} I41	2,4 час.	56	60
^{Na} I47	11,2 дн.	16	11
⁵⁹ Pr I36	1,3 час.	50x)	65x)
Pr I37		102x)	145x)
Pr I38	4,6 час.	80x)	105x)
Pr I39		52	60
Pr I45			3,0x)
Pr I42	19,2 час.	18	22
Pr I43	15 дн.	12	
⁵⁸ Ce I32	5,0	14	4
Ce I33		55x)	65x)
Ce I34	72 час.	115	150
Ce I35	22,5 час.	90x)	100x)
Ce I37	10 час.	45x)	18x)
Ce I39	140 дн.	18x)	6,4x)
Ce I41	33 дн.	8x)	2,0
⁵⁷ La I31	1,1 час.		25
La I32	4,5 час.	32	20
La I33		27x)	14x)
La I35	18,5 час.	18	7x)
La I40	39 час.		0,8

x) Интерполированные данные.

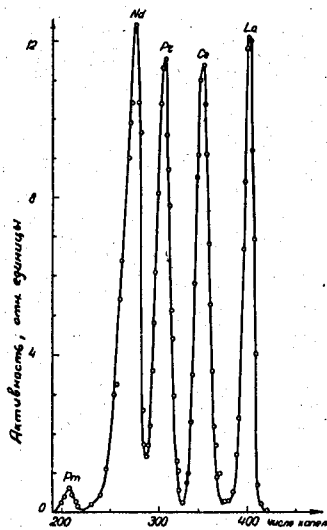


Рис. 1. Выходная кривая хроматографического разделения редкоземельных элементов лактатом аммония при pH = 5,8, температуре 85-90⁰С /скорость вымывания 2 капли в минуту/.

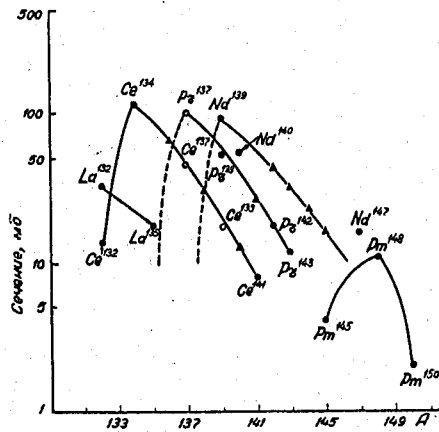


Рис. 2. Кривые распределения выходов по массовым числам :

- - экспериментальные данные.
- - интерполированные данные.
- ▲ - стабильные изотопы.

Энергия протонов 660 Мэв.

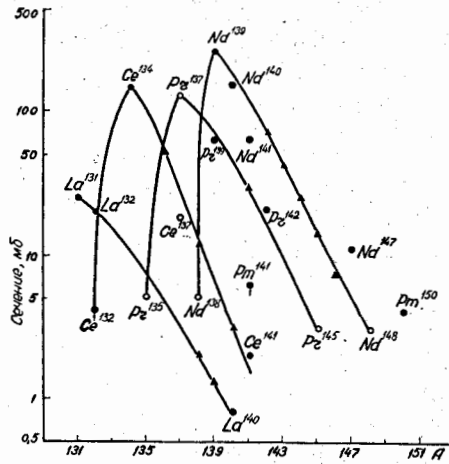


Рис. 3. Кривые распределения выходов по массовым числам :

- - экспериментальные данные.
- - интерполированные данные.
- ▲ - стабильные изотопы.

Энергия протонов 220 Мэв.

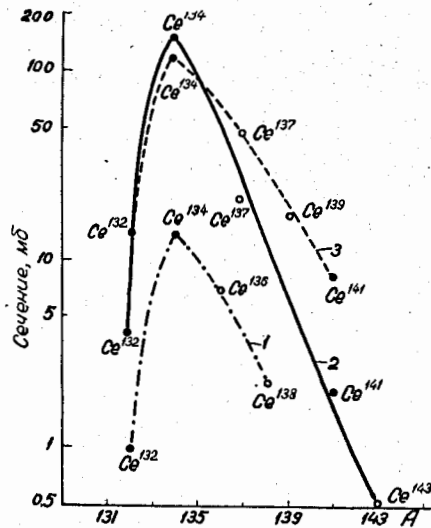


Рис. 4. Кривые распределения выходов изотопов церия, образующихся при расщеплении европия и неодима протонами :

1. $\text{Eu} + \text{p}$ 660 Мэв.
2. $\text{Nd} + \text{p}$ 220 Мэв.
3. $\text{Nd} + \text{p}$ 660 Мэв.

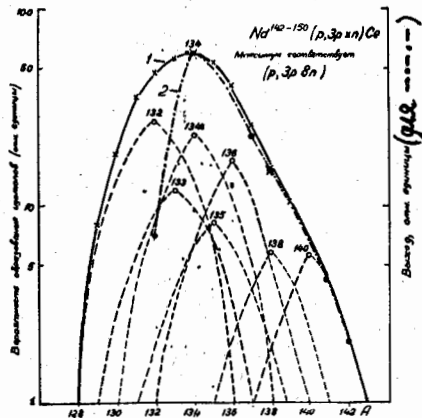


Рис. 5.

1-Расчетная кривая распределения суммарного числа образующихся изотопов церия по А.

2-Экспериментальная кривая распределения выходов изотопов церия.

Пунктиром обозначены расчетные кривые вероятности реакций Nd/p , $Zr\alpha n/Ce$ для различных изотопов неодима.

$(Nn)_{max}$

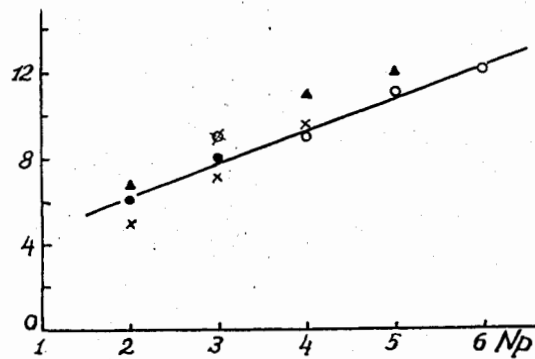


Рис. 6.

Зависимость максимального числа вылетевших нейтронов от числа протонов в реакции $/p, \alpha p \alpha n /$ на ядрах с различным Z .

X - $Z = 50$; • - $Z = 60$ o - $Z = 63$ и ▲ - $Z = 65$.

А.К.Лаврухина, Г.М.Колесов, Тан Сяо-ен

МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ НЕЙТРОНОДЕФИЦИТНЫХ ИЗОТОПОВ
РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЦЕРИЕВОЙ ГРУППЫ
С ВЫСОКОЙ УДЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТЬЮ

Ранее /1/ нами была показана принципиальная возможность получения высокоактивных препаратов редкоземельных элементов цериевой группы без носителей при облучении самариевой или европиевой мишеней протонами высокой энергии. При этом сечение образования нейтронодефицитных изотопов составляет 93% от полного сечения образования всех изотопов редких земель /2/ и в 5-30 раз превышает сечение их образования из гафния /3/ или тантала. Найденные значения выходов для многих изотопов могут быть использованы для оценки возможности получения препаратов, пригодных для целей ядерной спектроскопии.

Предварительными опытами установлено, что для выделения источников с большой удельной активностью облучаемая мишень из окиси самария или европия должна иметь вес не менее 100мг. Одним только хроматографическим методом разделить образующиеся ультрамикрочколичества радиоизотопов соседних элементов и облучаемый элемент не представлялось возможным. Поэтому мы решили использовать для отделения основного количества вещества мишени электролиз с ртутным катодом.

До последнего времени считалось, что из всех редкоземельных элементов только Eu , Yb , Sm , способны восстанавливаться до двухвалентного состояния и вследствие этого выделяться на ртутном катоде из электролитов, содержащих комплексообразующие адденды. Склонность к выделению уменьшается в вышеуказанной последовательности.

Еще в работе /1/ найдены условия, позволяющие в отдельных случаях отделить 97-98% самария в течение 1,5-2 часов. Однако при изучении сравнительно короткоживущих нейтронодефицитных изотопов необходимо иметь метод для еще более полного и более быстрого отделения вещества мишени, ибо эффективность последующего хроматографического разделения зависит от количества самария или европия, оставшихся после электролиза. Скорость выделения вещества на катоде зависит от многих факторов и в том числе от плотности тока. Следует отметить, что поведение других редких земель и в частности поведение элементов цериевой группы в процессе электролиза оставалось не выясненным. Для выяснения этого вопроса были проведены исследования с использованием радиоактивных изотопов Pm^{147} , Ce^{144} и Er^{169} , как наиболее характерных представителей цериевой и иттриевой групп.

Приведем здесь лишь некоторые из полученных нами данных. Оказалось, что церий и прометий совместно с самарием или иттербием при высоких плотностях тока также выделяются на ртутном катоде /кривая 1 и 2 рис.1/. При замене в электролите лимоннокислого калия на аналогичную соль лития уже через 30 мин. электролиза при плотности тока 100 mA/cm^2 в амальгаму

переходит 98,1% *Sm* и 58% *Pm*. При наличии ионов лития прометий выделяется на ртутном катоде и в отсутствие самария или иттербия. Этот исключительно интересный факт послужил основой для выявления механизма перехода указанных элементов в ртутный катод /4/. Потребовались длительные исследования и для нахождения условий электролитического отделения облученного самария от образующихся радионуклидов редких земель.

Из кривых 1 и 2 рис. 1 видно, что отделение самария от прометия /или церия/ может быть достигнуто путем проведения электролиза при плотности тока не выше 50 мА/см² и времени до 1,5 час. Можно также вести электролиз при более высокой плотности тока, но с продолжительностью не более 30 мин. Однако в обоих случаях в растворе остается 3-5% самария и последующее хроматографическое разделение затруднительно. Исследования /4/ показали, что переход прометия и церия в ртутный катод происходит только после образования смешанной амальгамы самария с калием или амальгамы лития и зависит от концентрации цитрата калия. В связи с этим были проведены опыты, в которых во время электролиза через каждые 30 минут производилась смена ртути или после 20-30 мин. от начала опыта дополнительно по каплям вводился раствор цитрата калия. После двукратной замены ртути /т.е. через 60 мин. электролиза/ в растворе полностью оставался прометий и 2,5% самария. После 3-й смены ртути в электролите найдено 1,6% *Sm* и 91% *Pm*. В случае дополнительного введения в процессе электр

лиза цитрата калия, прометий практически полностью оставался в растворе, а выход самария изменялся незначительно /кривые 3 и 4 рис.1/. При электролизе растворов, содержащих цитрат лития добавление последнего не препятствовало выделению прометия.

Таким образом установлено два пути отделения самария /европия/ от прометия: электролиз растворов со сменой ртути и периодическим добавлением цитрата калия в процессе опыта. Проведение электролиза в присутствии цитрата лития хотя и дает более высокий выход самария /99,7%/, но не позволяет отделить его от прометия. Следует полагать, что поведение других элементов цериевой группы аналогично поведению прометия и они в определенных условиях ведения электролиза будут оставаться в растворе. Поскольку эрбий в описанных выше условиях не выделялся на ртутном катоде, то это различие в поведении редких земель может служить основой и для разделения элементов цериевой и иттриевой групп /кроме иттербия/.

Метод отделения самария от радиоизотопов соседних элементов с периодической добавкой цитрата калия использован нами при анализе продуктов расщепления самария протонами высокой энергии. Ниже мы приводим его подробное описание.

Мишень из 100 мг окиси самария /с содержанием основного компонента $\text{Sm}_2\text{O}_3 \sim 99,5\%$ и $0,5\% \text{Eu}_2\text{O}_3$ / после облучения во внутреннем пучке протонов с энергией 660 Мэв на синхротроне Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ растворялась при нагревании в 10 мл 25% уксусной кислоты. Избыток последней

удалялся осторожным выпариванием до появления первых кристалликов ацетата самария, добавлялось 10 мл 3,8% раствора цитрата калия и раствор (рН=5,9-6,0) переносился в электролизер /рис.2/. Электролиз проводился в течение часа при температуре от 0 + 2°C, плотности тока 100 мА/см², напряжении 9-11 вольт и перемешивании раствора и ртути со скоростью 500 оборотов/мин.

В процессе электролиза /через 20-25 мин. от начала опыта/ по трубке /3/ постепенно вводился 1 мл раствора, содержащего 400 мг цитрата калия. После окончания электролиза, при не выключенном токе отдельно сливались ртуть и электролит. Раствор отделялся центрифугированием от мелкодисперсного осадка ртути и производилось осаждение фторида самария. Осадок растворялся в 1 мл 30% раствора HNO₃, насыщенного борной кислотой, добавлялось 2-3 мг нитрата бария и аммиаком осаждались гидроксиды редких земель. Последние растворялись в минимальном объеме конц.HCl и из 2н. солянокислого раствора производилась адсорбция редкоземельных элементов на 20-25 мг воздушно-сухой смолы KPS - 200 X - 16 в NH₄⁺ форме с зернением 200-400 меш. Смола промывалась свежeproкипяченной водой и наносилась в верхнюю часть предварительно заполненной смолой колонки /0,2 x 25 см/, нагретой до 85-90°C. Вымывание производилось лактатом аммония /рН=5,8/, концентрация которого в процессе разделения изменялась от 0,4 до 0,8 н. Раствор в колонку подавался под давлением со скоростью 0,05 мл/мин. /1 капля в 30 сек./ Капли собирались на автоматически передвигающуюся ленту из кальки /или алюминиевые фольги/, высушива-

лись под лампой и измерялись на установке Б-2 со счетчиком МСТ-17. Идентификация фракций производилась по положению пиков в хроматограмме /рис.3/, а отдельных изотопов редкоземельных элементов по периодам полураспада и энергиям

β - излучения по поглощению в алюминии и γ - лучей на люминесцентном гамма-спектрометре со 100-канальным анализатором. Сравнение полученных результатов идентификации с литературными данными /5,6/ свидетельствует о высокой степени радиохимической чистоты выделенных фракций редких земель.

**/Институт геохимии и аналитической химии им.В.И.Вернадского
АН СССР, Пекинский Государственный университет/.**

Л и т е р а т у р а

1. А.К.Лаврухина, Г.М.Колесов. Материалы второго совещания по ядерной спектроскопии нейтронодефицитных изотопов редких земель, ОИЯИ, Дубна, 1959 г. /том 3, стр.63-75/.
2. А.К.Лаврухина, Г.М.Колесов, Тан Сяо-ен.
Известия АН СССР, сер.физ. 24, стр.1113 (1960).
3. А.К.Лаврухина, А.А.Поздняков. Атомная энергия, 7, 332
/1959/
4. А.К.Лаврухина, Г.М.Колесов, Тан Сяо-ен. АН СССР /1960/.
В печати.
5. D.Strominger, I.M.Hollander, G.T.Seaborg. Rev. Mod.Phys.,
30, N2 (1958).
6. Е.П.Григорьев, О.В.Ларионов, М.К.Никитин, С.Л.Сахаров,
В.О.Сергеев.
Материалы второго совещания по ядерной спектроскопии
нейтронодефицитных изотопов редких земель, ОИЯИ, г.Дубна
/1959/, том 3, стр.40.

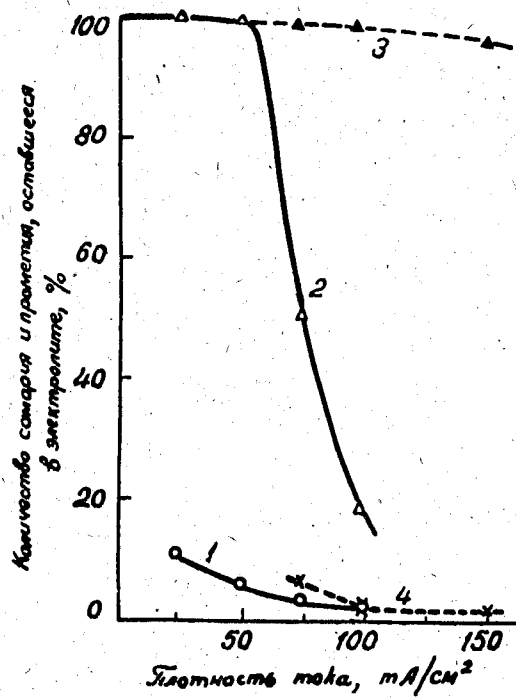


Рис. I Зависимость оставшихся в электролите самария /1,4/ и прометия /2,3/ от плотности тока. Электролиз в присутствии цитрата калия, продолжительность опыта 90 мин.

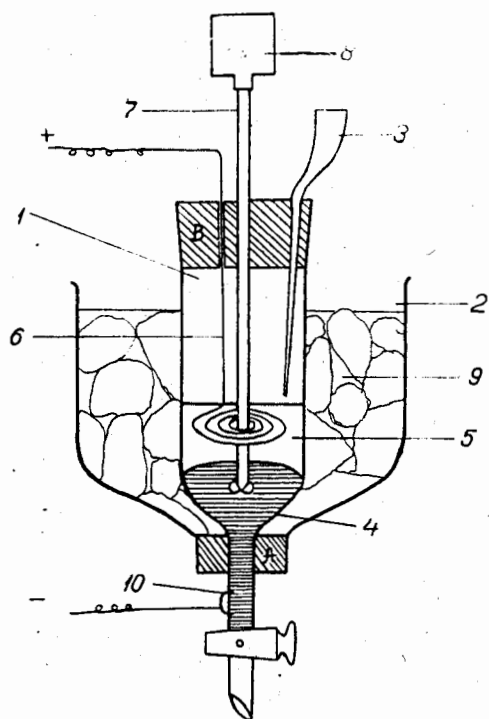


Рис.2 Прибор для электролиза с ртутным катодом.

1. Электролитическая ячейка диаметром 37 мм.
 2. Внешний сосуд для охлаждения смесью льда и воды (9).
 3. Воронка.
 4. Катод из ртути /200 г./.
 5. Электролит.
 6. Анод из платиновой проволоки в виде спирали длиной 25 см и диаметром 1 мм.
 7. Мешалка, приводимая в движение электромотором /8/.
 - 10 - Платиновый контакт.
- Постоянный ток от селенового выпрямителя ВСА-10.

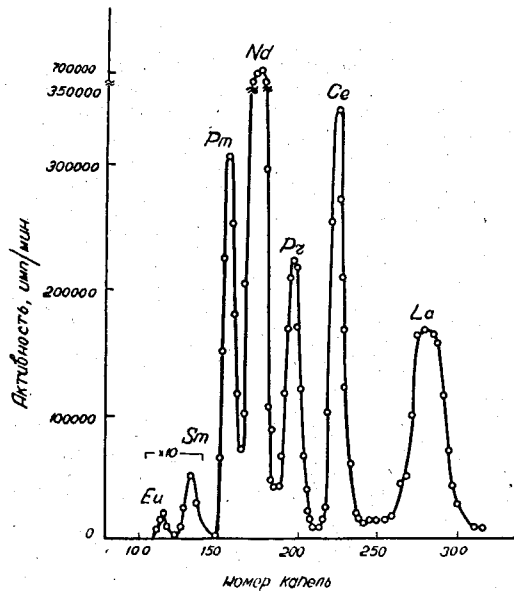


Рис.3 Выходная кривая хроматографического разделения радиоактивных редкоземельных элементов после электролитического отделения облученного самария.

А.К.Лаврухина, Б.А.Хотин, Малышева Т.В.

РАДИОХИМИЧЕСКОЕ ВЫДЕЛЕНИЕ ИЗОТОПОВ ИРИДИЯ И
ПЛАТИНЫ ИЗ ПРОДУКТОВ РАСЩЕПЛЕНИЯ ЗОЛОТА
ПРОТОНАМИ С ЭНЕРГИЕЙ 660 Мэв

Нейтрондефицитные изотопы тяжелых элементов платиновой группы и соседних элементов, расположенные на границе между деформированными ядрами и ядрами, обладающими сферической симметрией, представляют несомненный интерес для теории строения ядра. Исследование их свойств тормозилось отсутствием методики выделения их в радиохимически чистом состоянии без носителей. Это является одной из наиболее трудных задач радиохимии. При выделении изотопов элементов, образующихся в результате расщепления ядер частицами высокой энергии, возникает ряд трудностей, связанных с необходимостью их отделения от материала мишени и большого числа радиоизотопов соседних элементов. Одними из наиболее перспективных методов являются методы экстракции и хроматографии.

Задачей настоящего исследования является разработка методов выделения иридия и платины из продуктов расщепления золота протонами с энергией 660 Мэв. При этом возникает необходимость их отделения от радиоизотопов *Au, Os, Re, W, Ta, Hf* и редкоземельных элементов, образующихся из золота с высокими

выходами. Элементы, расположенные перед редкими землями, образуются в результате деления золота с выходами более чем на два порядка меньшими чем соседние с золотом элементы и поэтому вклад их можно не учитывать.

Выделение платины и иридия основано на анионообменном разделении их хлоридных комплексов. Хлоридный комплекс 4-х валентной платины $[PtCl_6]^{2-}$ хорошо сорбируется сильно основным анионитом, например, Дауэксом I, в широком интервале концентраций соляной кислоты, в то время как хлоридный комплекс 3-х валентного иридия $[IrCl_6]^{3-}$ в концентрированных растворах соляной кислоты (4-12 N) неустойчив, и поэтому трехвалентный иридий проходит через колонку. Поведение весо-вых количеств иридия и платины в этом отношении изучено доста-точно хорошо /1-8/. Краус, Нельсон и Смит /4/ х) изучили коэф-фициенты распределения различных элементов между анионитом и растворами соляной кислоты и отметили, что при выпаривании солянокислых растворов, содержащих платину и иридий последний, по-видимому, переходит в 3-х валентное состояние, в котором незначительно сорбируется на анионите в широком интервале концентраций соляной кислоты. Фарман и Мак-Брайт /6,5/ нашли, что анионит Дауэкс I обладает свойством восстанавливать 4-х валентный иридий до 3-х валентного состояния, в котором он легко отделяется от платины, которая оставаясь в 4-х валент-ном состоянии, прочно удерживается смолой.

х) К.А.Краус, Ф.Нельсон. Доклады иностранных ученых на между-народной конференции по мирному использованию атомной энергии. Химия ядерного горючего. стр.353, Москва (1956).

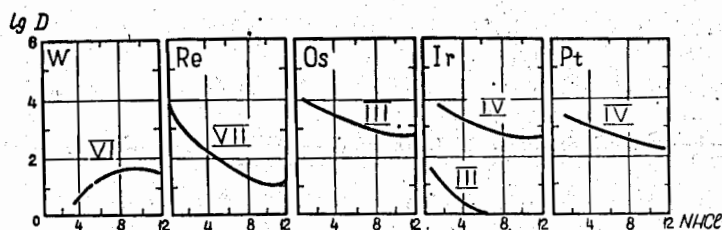


Рис. I Зависимость коэффициентов распределения различных элементов между анионитом и HCl от концентрации соляной кислоты.

В нашем случае ультрамалые количества иридия в результате многократного упаривания с соляной кислотой и восстанавливающего действия смолы, по-видимому, количественно переходят в 3-х валентное состояние. Такой вывод сделан на основании экспериментального факта количественного прохождения через хроматографическую колонку с анионитом Дауэкс-1х8 4-12 н. соляно-кислого раствора меченого иридия (после 2-3 кратного упаривания с соляной кислотой).

Экспериментальная часть.

В случае необходимости получения источника для β -спектрометра все употребляемые реактивы (HCl , HNO_3 , диэтиловый эфир) должны быть тщательно очищены путем многократной перегонки с обязательной проверкой отсутствия осадка при выпаривании досуха. 1-2 г металлического золота /чистоты 99,9%/ облучались на внутреннем пучке протонов с энергией 660 Мэв синхротрона ОИЯИ в течение 1-2 часов. Золото растворялось

в царской водке при нагревании. При этом улетучивалась основная часть осмия в виде четырехоксида. Азотная кислота удалялась путем многократного упаривания с соляной кислотой до малого объема (0,5–1 см³). Производилась экстракция золота из 3N соляной кислоты диэтиловым эфиром, насыщенным 3N соляной кислотой, по известной методике. Экстракция повторялась 3–4 раза до полного извлечения золота.

Платина и иридий, образовавшиеся в процессе облучения мишени, в этих условиях экстрагируются незначительно. Согласно данным Алимарина и Полянского ^{19/}, а также проверке, произведенной с помощью меченых атомов, их потери при экстракции составляют около 15%.

Раствор после экстракции упаривался 2–3 раза с водой до малого объема и 0,3N солянокислый раствор пропусклся через хроматографическую колонку (*d* внутр. ~ 3 мм, *l* ~ 300 мм) с катионитом КУ-2 (~ 50 меш). При этом происходит очистка Pt, Jr, Re и W от редких земель, Ta, Hg и, возможно, Hf. Тантал, как было проверено с Ta^{182} , сорбируется до 98% от его начального количества. Как было показано с помощью меченых Pt и Jr, они вследствие образования отрицательно заряженных хлоридных комплексов не сорбируются катионитом.

Затем колонка промывалась небольшим количеством 0,3N соляной кислоты, раствор упаривался до малого объема с 12N соляной кислотой 2–3 раза. После этого 8N солянокислый раствор пропусклся через хроматографическую колонку указанных выше размеров, заполненную сильноосновным анионитом Дауэкс-

-Iх8 (100-200 меш). При этом происходит отделение иридия от платины, вольфрама и рения. Колонка промывается небольшим количеством 8N соляной кислоты, так как согласно данным Крауса и Нельсона (рис.1), коэффициент распределения для вольфрама и рения значительно ниже чем для платины, и при большом объеме промывного раствора есть опасность загрязнения ими иридия.

Типичная кривая вымывания Jr (III) представлена на рис.2

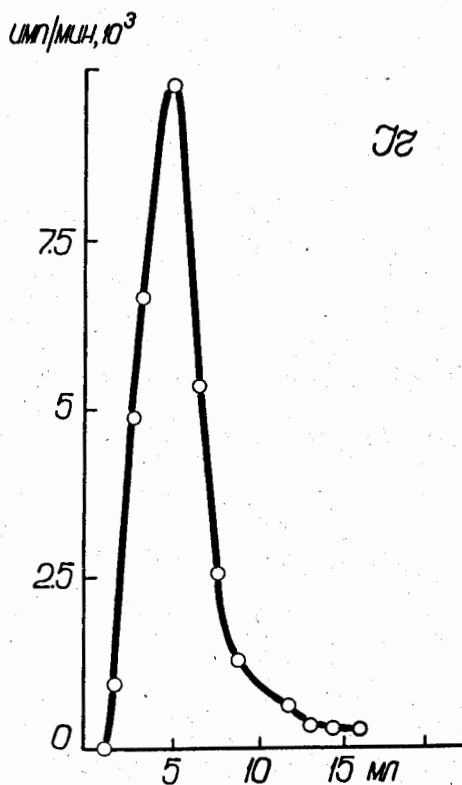


Рис.2 Кривая вымывания Jr (III) 8N соляной кислотой. Горизонтальная часть кривой вымывания характеризует начало вымывания постоянно образующегося из платины дочернего иридия.

После этого производилась промывка колонки дистиллированной водой и затем вольфрам и рений количественно смывались 3N азотной кислотой (рис.3).

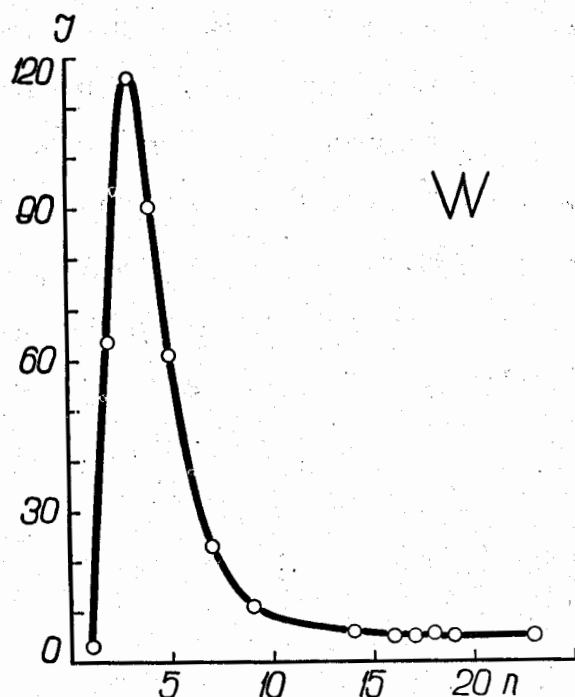


Рис.3 Кривая вымывания вольфрама 3N азотной кислотой
(n - число капель).

После удаления вольфрама и рения из колонки извлекался верхний (2-3 см) слой смолы, помещался в фарфоровый тигель и прокаливался при 900°C около 20 мин. В этом способе имелось то преимущество, что в случае присутствия на смоле осмия или рения последние при прокаливании улетучивались. После остывания тигель обрабатывался царской водкой. Раствор пропусклся через плотный стеклянный фильтр. В фильтре оставалась только платина в радиохимически чистом состоянии. Химический выход платины составляет около 27%, иридия - около 40%.

Образцы иридия и платины, полученные по данной методике, обладают высокой удельной активностью и не дают при выпаривании заметного осадка, что делает их вполне пригодными для β - спектроскопических исследований, а также для использования их в качестве меченых атомов для самых разнообразных целей.

(Институт геохимии и аналитической химии АН СССР, Москва)

Л и т е р а т у р а

1. Stevenson P.C., Franke A.A., Borg R., Nerwik W.,
J. Am Chem. Soc., 75,4876 (1953).
2. MacNevin W.M., Grummelt W.B., Anal.Chem., 142,341 (1954).
3. Blasins E., Wachtel U.Z., Anal. Chem., 142,341 (1954).
4. Krans K.A., Nelson F., Smith I.W., J. Phys.Chem.
58,11 (1954).
5. Berman S.S., Mc Bryde W.A.E., Can.J.Chem., 36,835 (1958).
6. Berman S.S., Mc Bryde W.A.E., Can.J.Chem, 36,845 (1958).
7. Busch D.D., Prospero I.M., Nanmann R.A., Anal.Chem.,
31,884 (1959).
8. Пшеницын Н.К., Гладышевская В.А., Ряхова Л.М.
Ж. неорг.хим. 2, 1057 (1957).
9. Алимарин И.П., Полянский Н.К.
Сб.трудов Моск.веч.металлург.ин-та 2, 187 (1957).

Б.С.Джелепов, И.Звольский, М.К.Никитин,
В.А.Сергиенко

СОВПАДЕНИЯ МЕЖДУ КОНВЕРСИОННЫМИ ЭЛЕКТРОНАМИ
ДИСПРОЗИЕВОЙ ФРАКЦИИ

На сдвоенном линзовом β -спектрометре /1/ изучались совпадения между конверсионными электронами диспрозиевой фракции, полученной в реакции глубокого отщепления на тантале протонами с энергией 660 Мэв.

В работах /2,3,4/ , посвященных исследованию диспрозиевой фракции, было установлено присутствие в ней изотопов диспрозия с массовыми числами 152, 153, 155, 157 и 159. К моменту выделения фракции короткоживущий Dy^{152} ($T_{1/2} = 2,5$ часа) почти распался. Что касается Dy^{159} ($T_{1/2} = 144$ дн), то он образуется при 3-4 часовом облучении танталовой мишени в слишком малом количестве для того, чтобы его можно было исследовать на нашем приборе. Таким образом, в спектре конверсионных электронов диспрозиевой фракции в наших измерениях наблюдались электроны изотопов Dy^{157} , Dy^{155} и Dy^{153} .

Совпадения между конверсионными электронами,
возникающими при распаде $Dy^{157} \rightarrow Tb^{157}$

По данным работы Михелича и др. /5/ , спектр конверсионных электронов Dy^{157} содержит электроны от переходов с энергией 60,76 ; 82,98 ; 143,9 ; 182,5 ; 265,5 ; и 326,6кэв. Самая интенсивная линия спектра электронов Dy^{157} — К 326,6 ; она является в наших опытах линией средней интенсивности по сравнению с конверсионными линиями электронов Dy^{153} и Dy^{155} .

У остальных конверсионных электронов Dy^{157} по данным работы /5/ интенсивности в несколько раз меньше. В настоящей работе изучались совпадения между самыми интенсивными линиями : $L 60,78$; $K \cup L 83,0$ и $K I 82,5$.

В наших опытах было установлено, что по времени образования совпадают следующие пары электронов :

$L 60,78$	и	$L 83,0$	(Рис. I)
$L 60,78$	и	$K I 82,5$	(Рис.2)
$K- 83$	и	$K I 82,5$	(Рис.2)
$L 83$	и	$K I 82,5$	

Не было замечено совпадений между электронами $K 326,6$ и электронами $L 60,8$; $L 83$ и $K I 82,5$.

Отсюда вытекают следующие заключения :

1. Переходы $I 82,5$; $83,0$ и $60,78$ кэв образуют тройной каскад.
2. Переход $326,6$ кэв расположен, по-видимому, параллельно этому тройному каскаду.
3. Если каскад переходов $I 82,5$; $83,0$; $60,78$ кэв кончается на основном состоянии, то существует возбужденный уровень Dy^{157} с энергией $326,6$ кэв. Наши результаты подтверждают правильность схемы распада Dy^{157} , приведенной в работе /5/ и изображенной на рис. 3. Выделенные нами каскады переходов отмечены жирными линиями.

Совпадения между конверсионными электронами, возникающими при распаде $Dy^{155} \rightarrow Tl^{155}$

В работе Тоса и др. /6/ по изучению конверсионных электронов, возникающих при распаде $Dy^{155} \rightarrow Tl^{155}$,

установлено существование переходов с энергиями 43,09 ; 65,43 ; 88,03 ; 90,38 ; 115,4 ; 155,8 ; 161,4 ; 184,6 ; 205,7 ; 227,0 и 271,4 кэв. На основании данных работ Желепова и др. /7/ и Абдуразакова и др. /8/ к распаду Dy^{155} следует отнести также переходы с энергией 434,0 ; 508,0 ; и 661,0 кэв.

Как сообщалось в работе /9/ , нами были обнаружены совпадения между конверсионными электронами (L 65,4) (K 115,4) и (L 65,4)(L 90,4) (рис.4). С целью доказать, что существует тройной последовательный каскад переходов 115,4 ; 90,4 ; и 65,4 кэв, искали совпадения между электронами от γ -переходов 115,4 и 90,4 кэв.

Рис. 5 показывает результат нашего опыта : электроны L 115,4 совпадают по времени образования с электронами L 90,4.

Дальше были найдены :

1. Совпадения (K 115,4)(K 155,8), которые иллюстрирует рис.6. Уширение кривой совпадений вызвано наличием совпадений (L 115,4)(M 65,4), обусловленных тем, что при регистрации электронов K 115,4 считаются одновременно по энергии близкие электроны M 65,4.

2. Совпадения K 184,6 с L 65,4 (рис.2).

3. Совпадения K 184,6 с K 88. (рис.2). Неполная уверенность в существовании этих совпадений вызвана тем, что пока неясно, какая доля наблюдаемых совпадений относится к совпадениям K 182,5 + K 184,6 с электронами K - LL , которые регистрируются вместе с электронами K 88.

Не было найдено совпадений между электронами K 227,0 и электронами переходов 65,4 ; 90,4 ; 115,4 ; 155,8 ; 161,4 ; и 184,6 кэв.

Эти данные приводят к следующему заключению :

1. Можно считать доказанным, что переходы II5,4 ; 90,4 и 65,4 кэв образуют тройной последовательный каскад. Так как наблюдается переход 271,4 кэв, энергия которого совпадает с суммой энергий переходов II5,4 ; 90,4 ; 65,4 кэв, то все эти три перехода в схеме распада Dy^{155} должны располагаться непосредственно друг за другом.

2. Переходы II5,4 и I55,8 кэв образуют каскад, энергия которого тоже совпадает с энергией перехода 271,4 кэв.

Если оба каскада идут на основной уровень, то доказано существование возбужденного состояния Dy^{155} с энергией 271,4 кэв.

Все эти результаты находятся в полном согласии со схемой распада Dy^{155} (рис.7), предложенный Тосом и Расмуссеном на основании энергетического баланса.

3. Выделение каскада переходов 65,4 и I84,6 кэв доказывает, что переход I84,6 кэв образуется при распаде Dy^{155} , но в схему распада Dy^{155} , пока его поместить не удалось.

Совпадения между электронами, возникающими
при распаде Dy^{153}

По данным работ Желепова и др. /10/ и Абдуразакова и др. /8/ , в спектре конверсионных электронов диспрозиевой фракции следует отнести к распаду $Dy^{153} \rightarrow Tm^{153}$ электронные линии от переходов : 80,8 ; 82,5 ; 99,7 ; I47,6 ; 2I8,6 ; 244,5 ; 254,4 ; 274,2 ; 4I6,0 кэв и электронную линию с энергией 84 кэв.

Раньше нами было установлено существование совпадений (K 8I) (K 8I); (K 8I) (L 8I) и (L 8I) (L 8I) которые доказывают, что переходы 80,8 и 82,5 кэв в схеме распада Du^{153} могут образовать каскад.

Теперь мы наблюдали совпадения между электронами с энергией 84 кэв и электронами K I47 (рис. 5) и совпадения электронов L I47 с электронами 4I кэв (Рис.8). Разность энергий 84 и 4I кэв совпадает с разностью связи электронов на оболочках для тербия (K-L = 43,3 кэв).

Можно поэтому предполагать, что электроны с энергией 84 кэв являются конверсионными электронами L 93 и что во втором случае совпадений была выделена электронная линия K 93. Переходы 93 и I47,6 кэв находятся в каскаде.

В работе /II/ были обнаружены конверсионные электроны от перехода 240,7 кэв. Эта энергия близка сумме энергий переходов 93 и I47,6 кэв (240,6 кэв). На основании этого можно предположить, что переходы 93 и I47,6 кэв расположены непосредственно друг за другом.

Л и т е р а т у р а

- I. В.А.Сергиенко. Изв.АН СССР, серия физич., 22, 198 (1958).
2. Г.М.Городинский, А.Н.Мурин, В.Н.Покровский, Б.К.Преображенский. Изв. АН СССР, серия физич., 21, 1624 (1957).
3. А.Н.Добронравова, Л.К.Крижанский, А.Н.Мурин, В.Н.Покровский. Изв.АН СССР, серия физич., 22, 815 (1958).
4. М.А.Бонч-Осмоловская, Б.С.Джелепов, О.Е.Крафт. Тезисы докладов X совещания по ядерной спектроскопии в Москве, 1960 г.
5. Mihelich, I.W., Harmatz, B., Handley, T.H., Phys.Rev. 108, 989
6. Toth, K.S., Rasmussen, I.O., Phys.Rev., 115, 150 (1959). (1957).
7. Б.С.Джелепов, О.Е.Крафт, Б.К.Преображенский, Г.Юткевич. Изв. АН СССР, 22, 208 (1958).
8. А.А.Абдуразаков, К.Я.Громов, Б.С.Джелепов, Г.Я.Умаров. Доклад на X совещании по ядерной спектроскопии в Москве, 1960 г.
9. В.Е.Бунаков, Б.С.Джелепов, И.Звольский, В.А.Сергиенко. Материалы второго совещания по ядерной спектроскопии нейтронодефицитных изотопов редких земель. Дубна, 1959г.
- Ю. Б.С.Джелепов, И.Звольский. Доклад на X совещании по ядерной спектроскопии в Москве, 1960 г.
- II. А.А.Абдуразаков, К.Я.Громов, Б.С.Джелепов, Г.Я.Умаров. Материалы третьего совещания по нейтронодефицитным изотопам, Дубна, 1960 г.

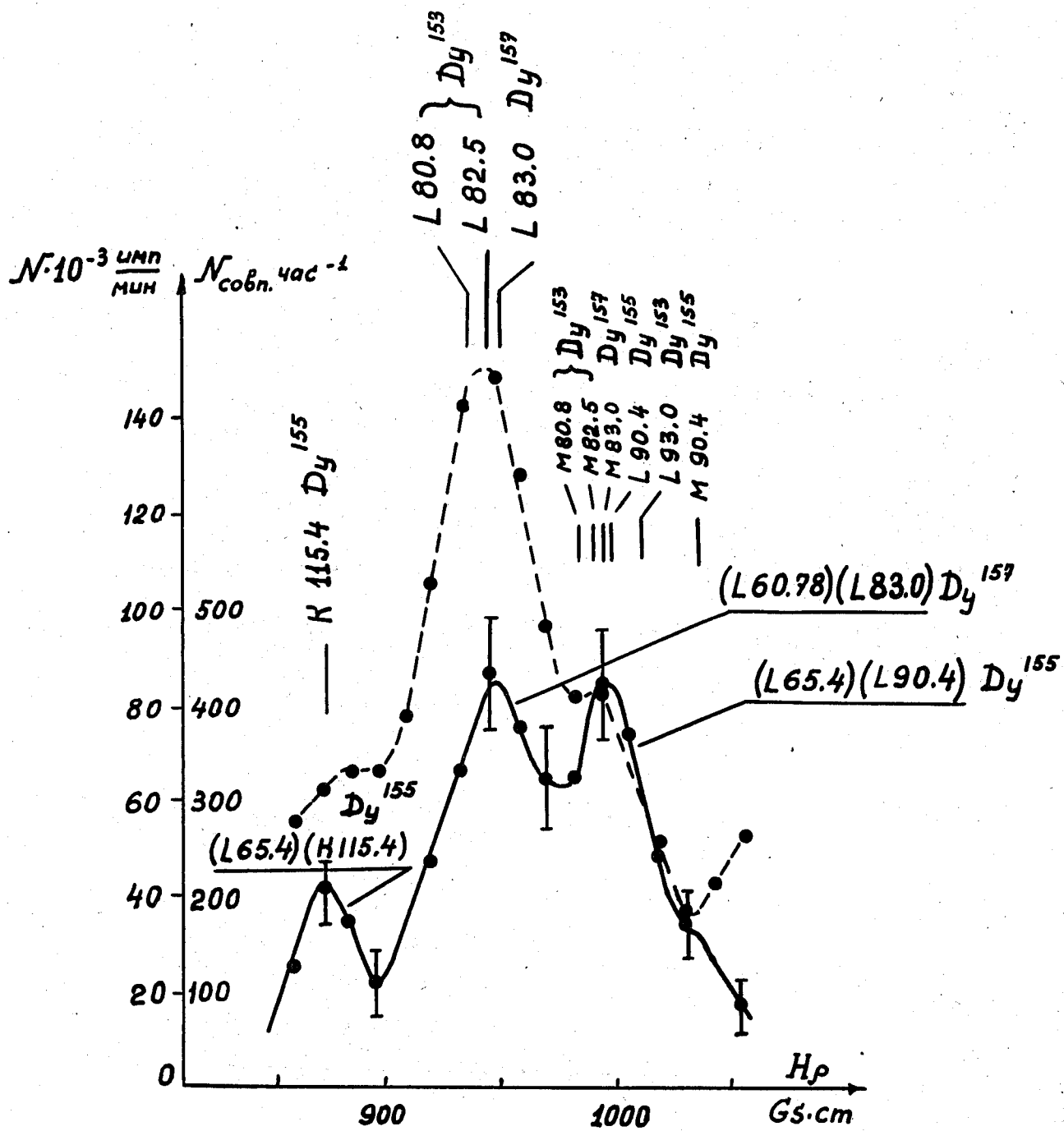


Рис. I.

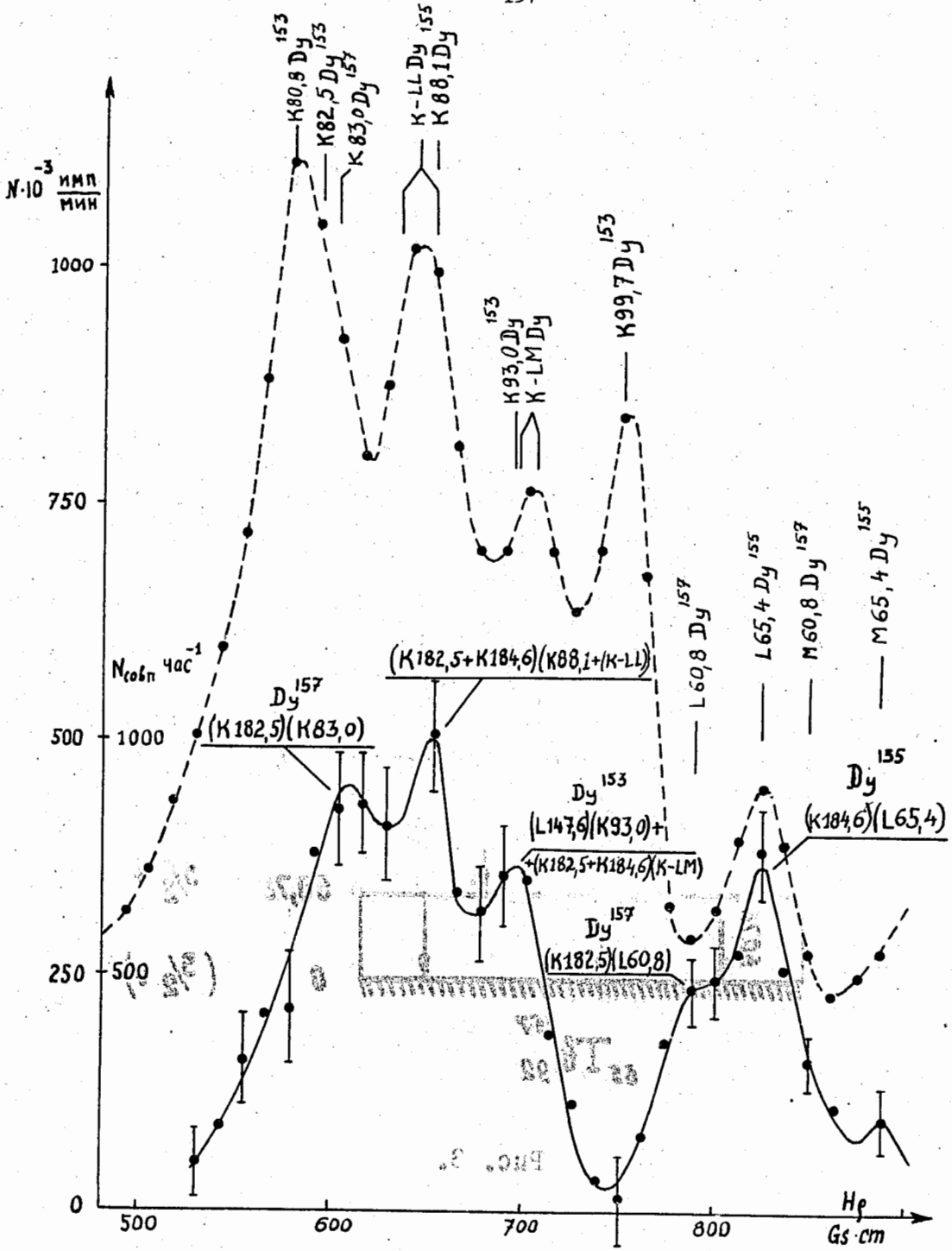


Рис. 2.

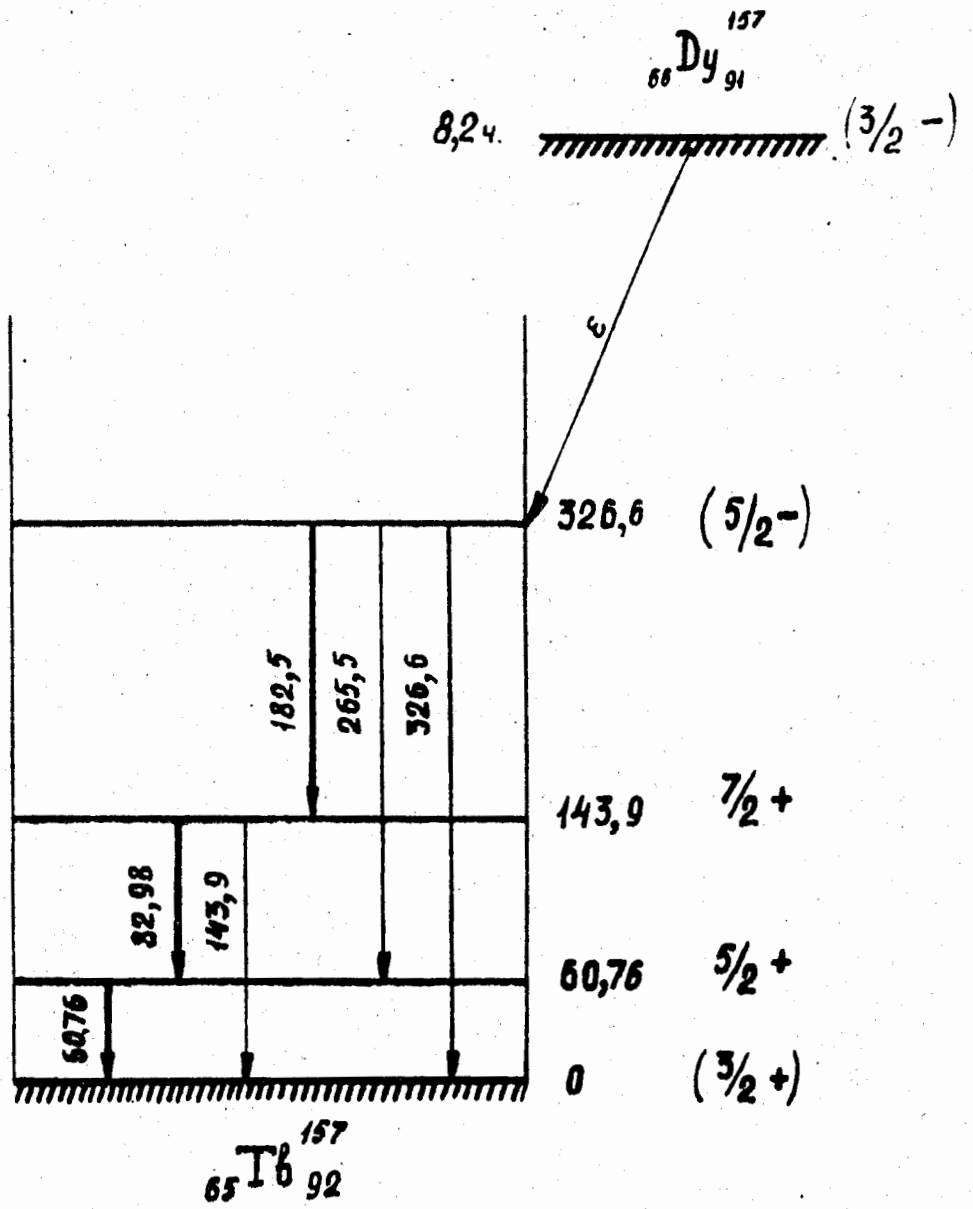


Рис. 3.

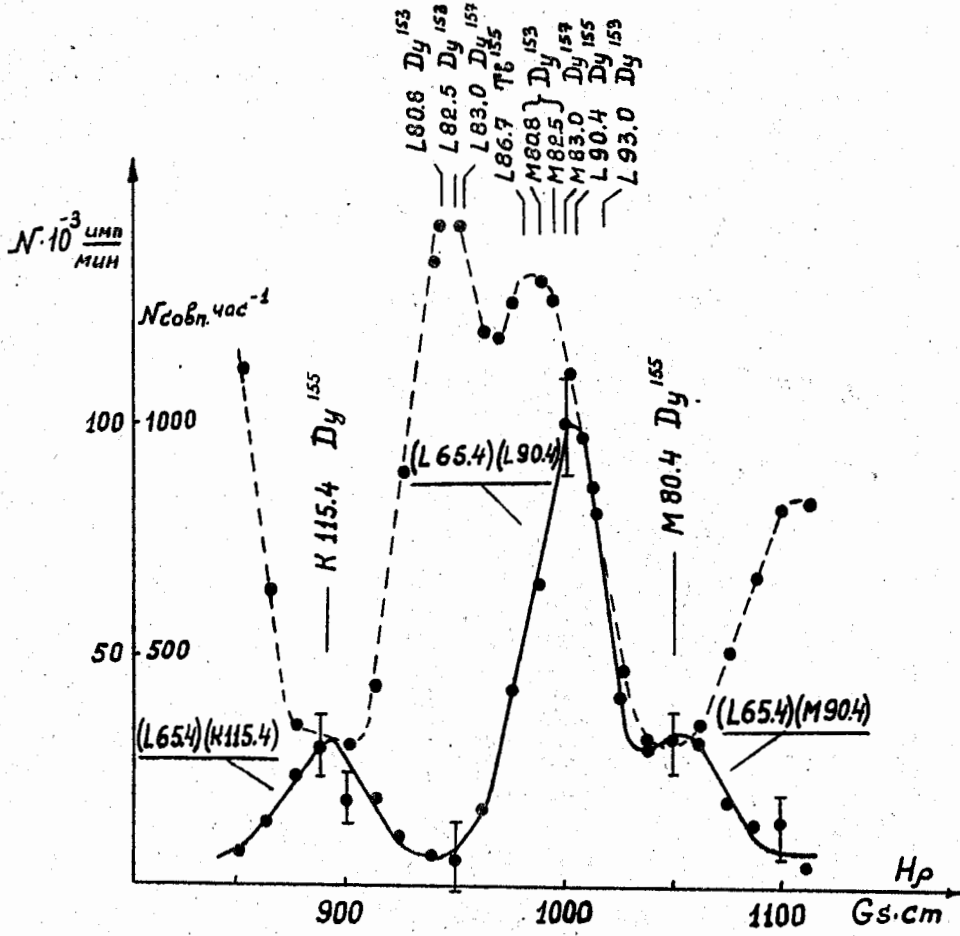


Рис. 4.

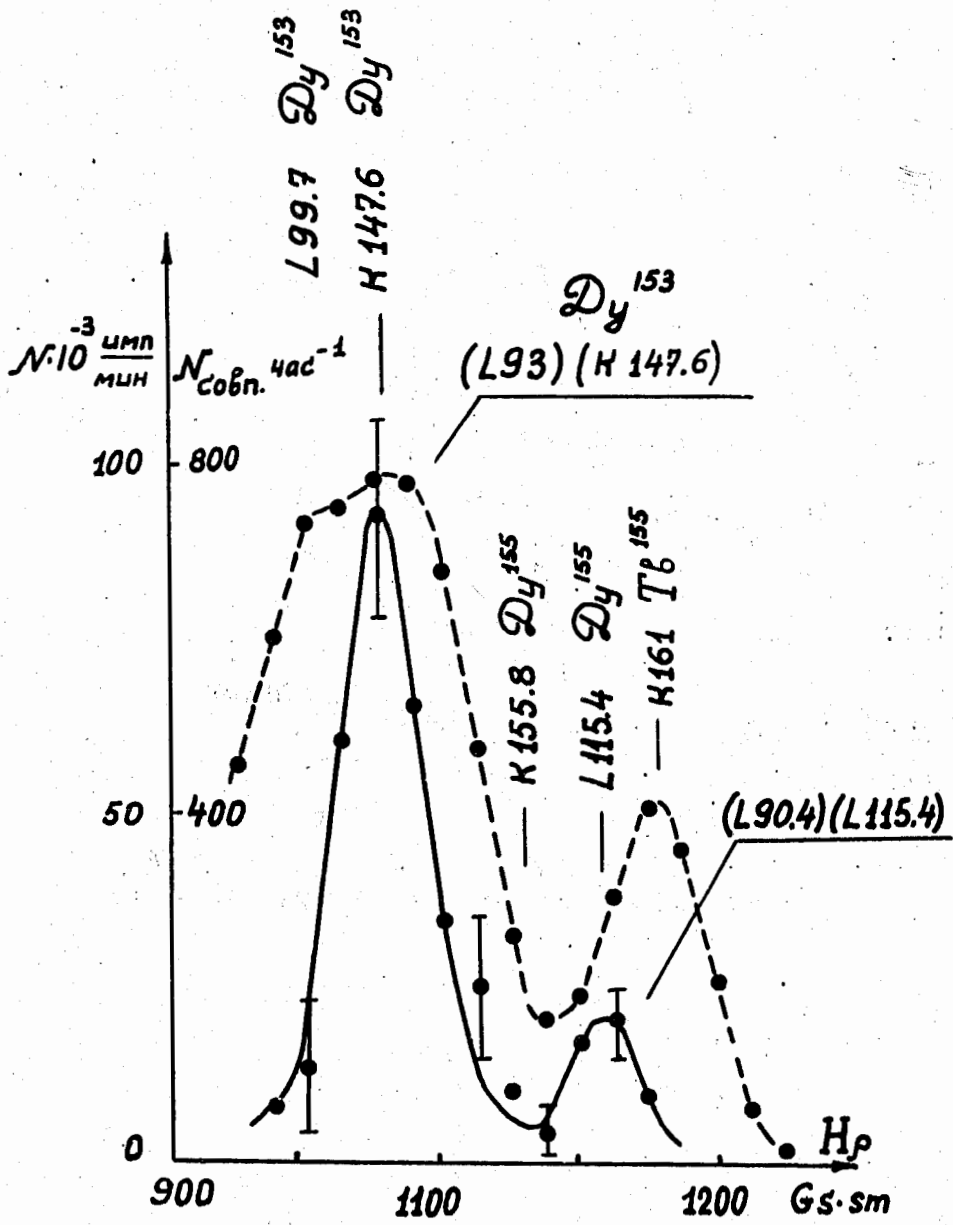


Рис. 5.

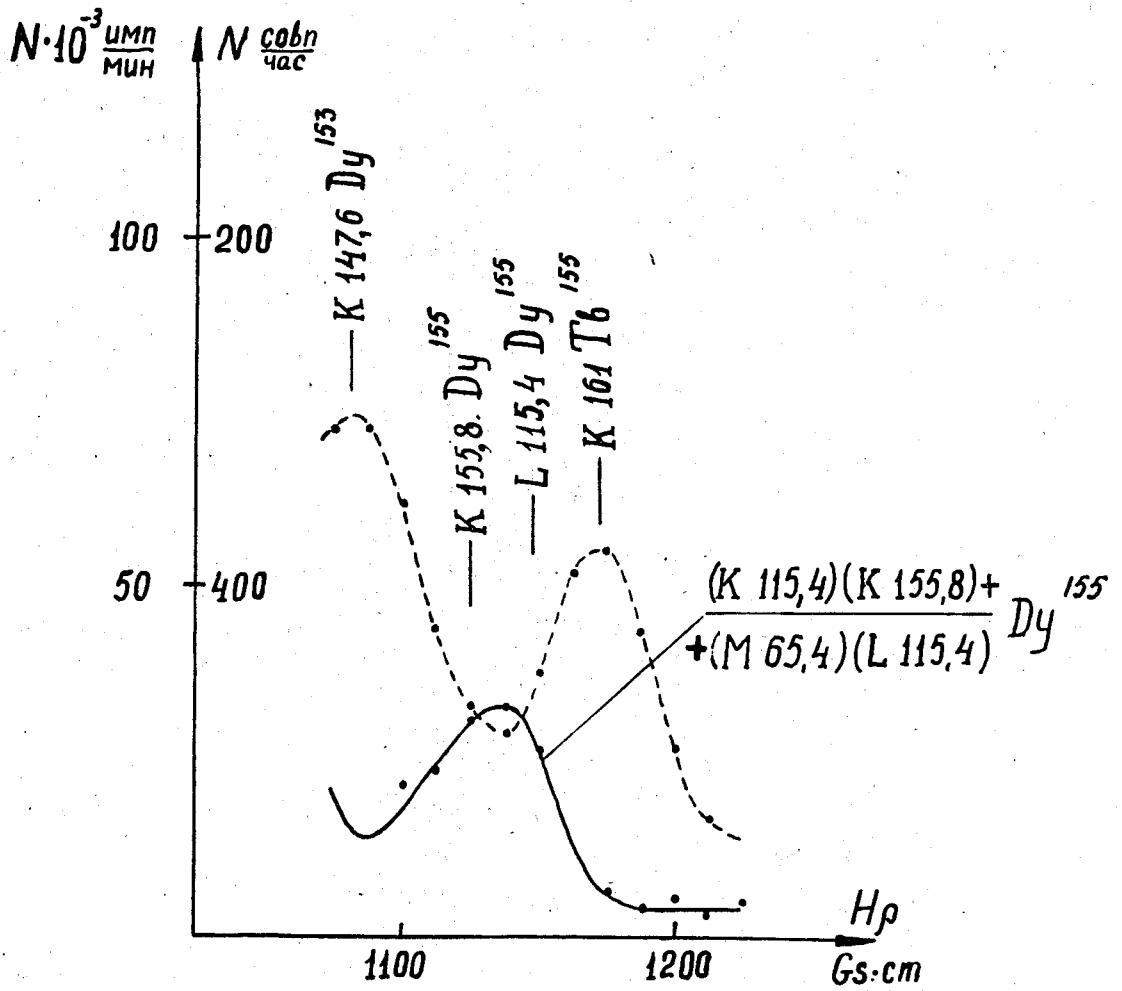


Рис. 6.

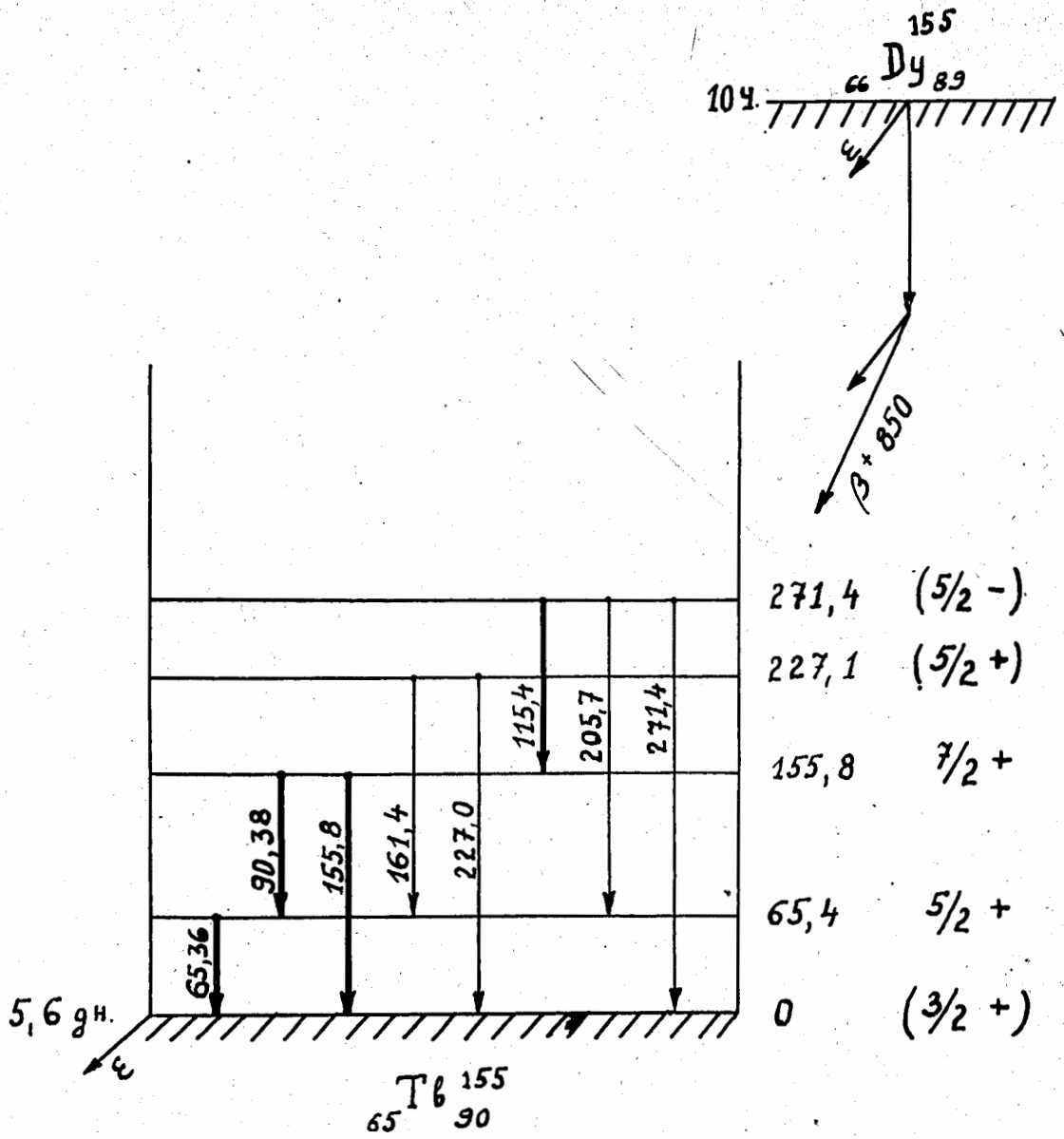


Рис. 7.

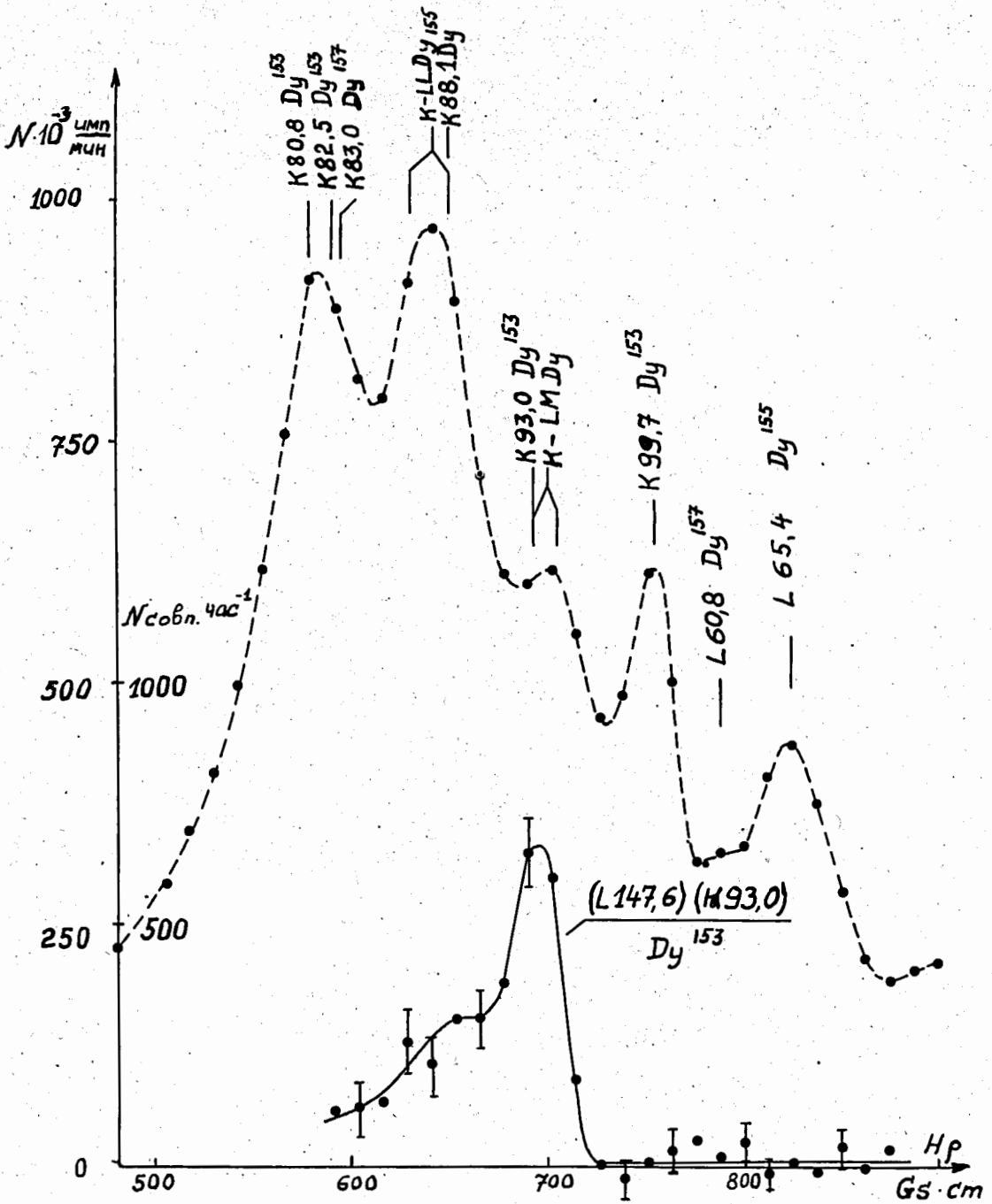


Рис. 8.