

СЗ41-18

7' x 11 - 04

✓

Г. 874

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P-1852



К. Я. Громов, Ж. Т. Желев, В. Звольска ,
В. Г. Калеников

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

О РАСПАДЕ E_{γ}^{161}

' 89, 1965, т. 2, в. 5, с. 783-793.

1964

P-1852

К. Я. Громов, Ж. Т. Желев, В. Звольска^{х)},
В. Г. Калининков

О РАСПАДЕ E_{γ}^{161} ^{xx)}

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

- х) Адрес в настоящее время: Институт ядерных исследований ЧСАН,
Ржеж у Праги, Чехословакия.
- xx) Данная работа представляет собой доклад авторов на VII совещании
по ядерной спектроскопии и теории ядра в Дубне, июнь 1964 г.

2806/2 48.

1. Введение

Распад радиоактивного изотопа Er^{161} был исследован в работах ^{/1-21/}. Хандлей и Олсон ^{/1/} первыми обнаружили 3,6-часовую эрбиевую активность, которая наряду с другими продуктами возникала при облучении протонами с энергией 24 Мэв окиси природного эрбия. Авторы приписали эту активность изотопу Er^{161} , который возникал в реакции $\text{Er}^{162}(\text{p}, \text{pn})$ или в реакции $\text{Er}^{162}(\text{p}, 2\alpha)$ как дочерняя активность короткоживущего изотопа Tm^{161} .

Правильность приписания массового числа была подтверждена в масспектроскопических измерениях Митчела и Темплетона ^{/2/}. Период полураспада Er^{161} , определенный в этой работе, составлял 3,5 часа. По более точным данным Днепровского и др. ^{/10, 17/} для периода полураспада следует принять значение $(11,16 \pm 0,36)$ ксек $((3,1 \pm 0,1)$ часа).

В ранних работах в γ -спектре Er^{161} были достоверно обнаружены лишь наиболее интенсивные γ -лики с энергиями: $\sim 0,2$; $0,824$ и $1,12$ Мэв. Днепровский и Колесов ^{/5/} при изучении конверсионных электронов подтвердили наличие переходов 211 и 826 кэв при распаде Er^{161} . В дальнейшем γ -спектр Er^{161} изучался в работах Далхсуре-на и др. ^{/11/} и Гренча и Барсона ^{/14/}. Наиболее полные сведения о γ -лучах получены в работе ^{/14/}. Очень сложный γ -спектр Er^{161} был разложен на отдельные пики при использовании результатов изучения γ - γ -совпадений. Сведения о γ -переходах Er^{161} , полученные в работе Гренча и Барсона ^{/14/}, мы приводим в таблице 1.

Конверсионные электроны, сопровождающие распад Er^{161} , изучались в ряде работ ^{/5, 7-10, 12, 13, 15-21/}. Результаты наиболее полных исследований также приводятся в таблице 1.

В γ -спектре Er^{161} не было обнаружено заметного аннигиляционного пика, поэтому Хандлеем и Олсоном ^{/1, 3/} делалось заключение, что распад $\text{Er}^{161} \rightarrow \text{Ho}^{161}$ осуществляется главным образом путем захвата орбитальных электронов. Однако в работе Нервика и Сиборга ^{/4/} сообщалось, что полученная из реакции $\text{Tm} + \text{p}$ эрбиевая фракция испускает позитроны с граничной энергией $(1,2 \pm 0,1)$ Мэв, имеющие период полураспада очень близкий периоду полураспада Er^{161} . В то время ничего не было известно о существовании изотопа Er^{158} ($T_{1/2} = 9$ ксек). Как показано в работе Бонч-Осмоловской и др. ^{/22/}, наблюдавшиеся в работе ^{/4/} позитроны обязаны своим происхождением изотопу Er^{158} и его дочернему изотопу Ho^{158} ($T_{1/2} = 1,62$ ксек).

II. Условия опыта

Препарат. Изучение фракции эрбия, выделенной хроматографически из смеси редкоземельных элементов-продуктов реакции $Ta + p (E_p = 660 \text{ Мэв})$, затрудняется тем, что фракция содержит два изотопа с близкими периодами полураспада - Er^{161} и Er^{163} .

В нашей работе препаратом служил эрбий, выделенный хроматографически из тулиевой фракции через 2,5-3,0 часа после выхода последней с колонки. Мишень тантала в наших опытах облучалась, как правило, 2 часа. Фракция туля выходила приблизительно через 2 часа после конца облучения.

При облучении тантала протонами с энергией 660 Мэв в реакции глубокого расщепления возникают нейтронодефицитные изотопы туля с массовыми числами $A = 161 - 168$. При их распаде образуются следующие радиоактивные изотопы эрбия: Er^{165} ($T_{1/2} = 36 \text{ ксек}$), Er^{163} ($T_{1/2} = 4,5 \text{ ксек}$), Er^{161} ($T_{1/2} = 11,16 \text{ ксек}$) и дочерний радиоактивный изотоп Ho^{161} ($T_{1/2} = 9 \text{ ксек}$). Кроме этих активностей в препарате не исключено присутствие тулиевых изотопов в виде небольших примесей.

Приборы. Позитронное излучение эрбиевого препарата исследовалось нами на магнитном β -спектрометре с трехкратной фокусировкой пучка ^{/23/}. Применение такого прибора позволяет наблюдать малоинтенсивный β -распад ядер, поскольку прибор обладает очень низким фоном. Спектр конверсионных электронов Er^{161} был исследован на двух магнитных β -спектрометрах. В области энергий до 1200 кэв конверсионные электроны изучались на β -спектрометре с двойной фокусировкой пучка на угол $\pi\sqrt{2}$ ^{/24/}. Приборное разрешение этого β -спектрометра в наших опытах было от 0,2 до 0,35%. Применение метода ядерного резонанса позволяло определять энергии электронов с хорошей точностью (не хуже 0,1%). Область спектра конверсионных электронов выше 1150 кэв изучалась нами на β -спектрометре с трехкратной фокусировкой пучка. Большинство измерений на этом спектрометре было выполнено при разрешении 1%.

III. Результаты опытов

1. β^+ -спектр Er^{161} . При исследовании β^+ -спектра препарата эрбия, выделенного из фракции Tu , были замечены позитроны, которые по граничной энергии и периоду полураспада следует отнести к распаду Tu^{166} , присутствующего в препарате как загрязнение. После вычитания позитронного спектра Tu^{166} , измерявшегося нами ранее в чистом виде ^{/25/}, остается спектр позитронов, изображенный на рис. 1. Оценка периода полураспада для этих позитронов показывает, что $7,2 \text{ ксек} \leq T_{1/2} \leq 18 \text{ ксек}$. Граничная энергия данного позитронного спектра равна $(820 \pm 40) \text{ кэв}$ (рис. 2). Рассмотрение имеющихся сведений о спектрах позитронов изотопов Er и Tu позволяет исклю-

чить возможность приписания обнаруженных позитронов любому изотопу этих элементов, кроме Er^{161} .

Было сделано сравнение интенсивностей позитронов Er^{161} и K -конверсионной линии γ -перехода $h\nu = 827 \text{ кэв}$. Отношение их интенсивностей равно $0,04 \pm 0,01$. У перехода $h\nu = 827 \text{ кэв}$ известна мультипольность - $M1$. Анализ опубликованных в литературе данных ^{/11, 14/} позволяет утверждать, что переход 827 кэв (включая конверсию) совершается в $(60 \pm 10)\%$ случаев распада Er^{161} . Используя перечисленные факты, мы подсчитали число позитронов Er^{161} на один акт распада: $I_{\beta^+} = (0,017 \pm 0,007)\%$. Значение $lgft$ для позитронов Er^{161} в этом случае оказывается равным $(7,4 \pm 0,3)$. Для периода полураспада было взято значение $(11,16 \pm 0,36) \text{ ксек}$ из работы Днепровского и др. ^{/10/}.

Ниже обсуждается место позитронов в схеме распада $Er^{161} \rightarrow Ho^{161}$.

2. Спектр конверсионных электронов. При исследовании конверсионного спектра Er^{161} мы ставили перед собой задачу обнаружения конверсионных линий от тех γ -переходов, которые наблюдались Гренчем и Барсоном ^{/14/}. Поэтому были измерены те участки спектра, где по данным работы ^{/14/} можно было ожидать линии заметной интенсивности. Спектр электронов в интервале энергий от 1160 до 1700 кэв был снят непрерывно.

При идентификации конверсионных электронов мы принимали во внимание оценки периодов полураспада линий, а также опубликованные в литературе данные о присутствии в исследуемых интервалах энергий конверсионных электронов тех изотопов, которые помимо Er^{161} могли содержаться в препарате. Такими изотопами являются Er^{163} , Ho^{161} и изотопы Tu^{166} , Tu^{165} и Tu^{163} . Принимались во внимание также результаты исследований конверсионных электронов Er^{161} другими авторами.

В таблице 1 приведены данные нашей работы по изучению спектра конверсионных электронов. В той же таблице приведены для сравнения результаты Днепровского ^{/17/} и Абдуразакова ^{/19/} по исследованию конверсионных электронов Er^{161} . Отдельные участки конверсионного спектра изображены на рис. 3-11.

IV. Мультипольности переходов

Экспериментальные данные, полученные в настоящей и в других работах, позволяют подойти к вопросу об определении мультипольностей ряда γ -переходов Er^{161} .

Переход 211,2 кэв. Вывод о мультипольности данного перехода можно сделать, сравнив экспериментальные отношения интенсивностей K -, L_I -, L_{II} - и L_{III} -линий из работы Абдуразакова ^{/19/} с теоретическими отношениями для разных мультипольностей.

Из таблицы 2 видно, что переход 211,2 кэв имеет мультипольность типа E3 и это полностью согласуется с выводами работ /5,9/.

Переход 827,2 кэв. Для этого перехода в работе Днепровского и др. /10/ экспериментально определен коэффициент внутренней конверсии на K-оболочке, равный $(0,008 \pm 0,002)$. В этой же работе определено и отношение интенсивностей K- и L-линий рассматриваемого перехода. Авторы работы /10/ пришли к заключению, что переход 827 кэв имеет мультипольность M1.

В настоящей работе величина α_K определена по отношению интенсивности K-конверсионной линии к интенсивности γ -лучей $h\nu = 827$ кэв из работы /14/ по формуле: $\alpha_K = \frac{I_{K827}}{I_{\gamma 827}} \cdot \frac{I_{\gamma 211}}{I_{K211}} \cdot \alpha_{K211}(E3)_{теор}$.

Сведения, необходимые для вывода мультипольности перехода $h\nu = 827$ кэв, представлены в таблице 3. Видно, что переход имеет мультипольность M1.

Переход 593,2 кэв. Нами экспериментально измерено отношение интенсивностей K- и L-линий этого перехода. По отношению интенсивности I_{K593} , взятой из данной работы, к интенсивности $I_{\gamma 593}$ из работы Гренча и Барсона /14/ определена величина коэффициента внутренней конверсии на K-оболочке. В таблице 4 экспериментально определенные величины α_K и K/L сравниваются с соответствующими теоретическими значениями для разных мультипольностей, взятыми из работы Слива и др. /28/. Можно заключить, что переход $h\nu = 593,2$ кэв имеет мультипольность или E2 или $(94\% \pm 4\%) E1 + (6\% \pm 4\%) M2$.

Другие переходы. Для ряда переходов мы определили коэффициенты внутренней конверсии, используя данные об интенсивностях γ -лучей из работы Гренча и Барсона /14/ и данные настоящей работы об интенсивностях конверсионных электронов. Проведено сравнение с теоретическими коэффициентами по работе Слива и др. /28/ (см. таблицу 5). Для рассмотрения из работы /14/ были выбраны лишь те γ -переходы, которые можно считать простыми и для которых в настоящей работе были надежно измерены K-конверсионные линии.

V. Схема распада $Eg^{161} \rightarrow Ho^{161}$

Квантовые характеристики основных состояний ядер $^{161}_{88}Eg_{93}$ и $^{161}_{67}Ho_{94}$. Квантовые характеристики основного состояния Eg^{161} непосредственно не измерялись, однако наблюдение ротационной полосы этого состояния в работе Абдумаликова и др. /27/ позволяет заключить, что его спин равен 3/2. Схема уровней Нильсона для 93-го нейтрона предсказывает состояние $3/2^-$ [521]. Правильность предсказания схемы уровней Нильсона подтверждается тем, что у ядра $^{157}_{64}Gd_{93}$, имеющего 93 нейтрона, экспери-

ментально определен спин основного состояния, равный 3/2. Таким образом, с большой вероятностью можно приписать основному состоянию ядра Eg^{161} характеристики $3/2^-$ [521].

Спин основного состояния Ho^{161} непосредственно измерен в работе Бьюдика и Марруса /28/. Он равен 7/2. По схеме уровней Нильсона 67-ой протон должен находиться в состоянии $7/2^-$ [523]. Опытным путем определен спин основного состояния и у ядра Ho^{165} , также имеющего 67 протонов; он равен 7/2. Этот факт подтверждает, что основное состояние Ho^{161} описывается характеристиками $7/2^-$ [523].

Схема распада Eg^{161} . Предлагаемая нами схема распада $Eg^{161} \rightarrow Ho^{161}$ изображена на рис. 12. В известной степени она является развитием схемы, предлагаемой Гренчем и Барсоном /14/. При ее построении были использованы данные настоящей работы и других работ об энергиях и интенсивностях конверсионных электронов и γ -лучей, сопровождающих распад Eg^{161} , данные по изучению β^+ -спектра и результаты исследований γ - γ -совпадений, а также выводы о мультипольностях ряда переходов. Предлагаемая схема в пределах ошибок эксперимента удовлетворяет энергетическому балансу и балансу интенсивностей.

VI. Обсуждение схемы распада Eg^{161}

Наиболее интенсивными переходами при распаде Eg^{161} являются переходы с $h\nu = 211,2$ и $827,2$ кэв. Поэтому в ряде работ /5,10,11/ было сделано предположение, что рассматриваемые переходы непосредственно идут в основное состояние ядра Ho^{161} с соответствующих уровней. Мультипольности переходов и заселенности этих уровней при ϵ -захвате Eg^{161} позволяют приписать уровню 211 кэв характеристики $1/2^+$, а уровню 827 - $5/2^-$. По схеме уровней Нильсона - это два одночастичных уровня с характеристиками соответственно $1/2^+$ [411] и $5/2^-$ [532], носящие "дырочный" характер. Уровнем 211 кэв осуществляется E3-изомерия в ядре Ho^{161} . Такая изомерия наблюдается и в других ядрах: Ho^{159} - уровень 205,8 кэв; Ho^{163} - уровень 309,6 кэв; Eg^{167} - уровень 208,2 кэв /29/. Оценка времени жизни E3-изомерного уровня 211 кэв по формуле Вайскопфа-Мошковского ($T_{1/2} = 1 \cdot 10^{-2}$ сек) не противоречит измерениям Гренча и Барсона /14/, которые получили значение: $5 \cdot 10^{-7}$ сек $< T_{1/2} < 6 \cdot 10^{-2}$ сек.

Уровень 593,2 кэв мы рассматриваем как нижний γ -вибрационный уровень основного состояния Ho^{161} . В пользу такой интерпретации говорит мультипольность перехода 593 кэв - E2, хотя, как видно из таблицы 4, нельзя исключить возможность мультипольности E1+M2. Этот случай можно сравнить с ситуацией в ядре $^{167}_{68}Eg_{99}$. Последнее, как и ядро Ho^{161} , имеет спин основного состояния 7/2. В работе Гангрского

и Лемберга^{/30/} по кулоновскому возбуждению был интерпретирован γ -вибрационный уровень с $I=K=2$, расположенный при энергии 532 кэв.

Обсудим теперь место в схеме распада обнаруженных позитронов. По величине $lgft$ позитронный распад $Er^{161} \rightarrow Ho^{161}$ следует принять за однократно запрещенный переход. Поэтому можно предположить, что позитроны идут на уровень 211 кэв. В этом случае разность масс ядер Er^{161} и Ho^{161} будет (2050 ± 40) кэв/с². Полуэмпирические формулы Камерона^{/31/}, Леви^{/32/} и Драницкой^{/33/} дают для этой разности соответствующие значения 2033, 1616 и 1983 кэв/с².

Однако нельзя исключить из рассмотрения и другой вариант: позитронный распад заселяет уровень 593 кэв. Малая заселенность уровня 593 кэв может быть объяснена тем, что в состоянии 593 кэв возможен вклад волновых функций от тех состояний, на которые β^+ -распад и ϵ -захват сильно затруднен. Заселение уровня 593 кэв происходит не путем ϵ -захвата, а главным образом γ -переходом с $h\nu = 866,0$ кэв с уровня 1460 кэв.

Уровни с энергиями 932 и 1160 кэв были впервые рассмотрены Гренчем и Барсоном^{/14/}. В настоящей работе уточнены энергии данных уровней и предложены характеристики для уровня 932 кэв - $(7/2^-$ или $9/2^-)$.

Впервые введенный в работе^{/14/} уровень 1247 кэв мы подтверждаем по энергетическому балансу. Существование данного уровня обосновывается в работе Гренча и Барсона наблюдением следующих каскадов совпадений: $(\gamma 88 \gamma 1167)$, $(\gamma 305 \gamma 945)$, $(\gamma 429 \gamma 826)$. В настоящей работе мы определили мультипольности переходов $h\nu = 421,4$ и $h\nu = 1247,4$ кэв, которыми разряжается рассматриваемый уровень. Это позволяет предложить для него характеристики: $5/2^+$ или $7/2^+$. По величине $lgft$ для ϵ -захвата на данный уровень предпочтительнее ввести в рассмотрение характеристики $5/2^+$. В таком случае его можно рассматривать как одночастичный уровень $5/2^+ [413]$.

Уровень 1450 кэв введен на основании наличия каскадов совпадений: $(\gamma 203 \gamma 1240)$, $(\gamma 203 \gamma 1167)$, $(\gamma 203 \gamma 945)$, $(\gamma 203 \gamma 305)$ ^{/14/}, т.е. существует переход с уровня 1450 кэв на уровень 1247 кэв. Таким переходом является переход $h\nu = 201,3$ кэв. У этого перехода определена мультипольность $-E1$. Исходя из этого факта и возможных характеристик уровня 1247 кэв, можно предложить уровню 1450 кэв набор характеристик от $3/2^-$ до $7/2^-$. Для этого же уровня подсчитано значение $lgft \epsilon$ -захвата Er^{161} . Величина $lgft$ позволяет для уровня 1450 кэв исключить из рассмотрения все характеристики, кроме $(3/2^-$ или $5/2^-)$.

Уровень 1460 кэв разряжается переходами 127, 866 и 1460 кэв на уровни соответственно 1333, 593 и 0 кэв. Из данных Гренча и Барсона^{/14/} известно, что переход 127 кэв "совпадает" с переходами 1326 и 1105 кэв. Для осуществления такой возмож-

ности в нашей работе, также как и в работе^{/14/}, вводится уровень 1333 кэв, который носит предположительный характер. По данным Гренча и Барсона^{/14/} γ -переход 866 кэв "совпадает" с γ -переходом 593 кэв, поэтому мы направляем его с уровня 1460 кэв на уровень 593 кэв. Переход 866 кэв, как видно из таблицы 4, имеет мультипольность $E1$. Для перехода 1460 кэв трудно предположить, как видно из таблицы 4, любую мультипольность, кроме $E1$. Поэтому уровню 1460 кэв приписываем характеристики $5/2^+$. Правда, в этом случае величина $lgft \epsilon$ -захвата несколько меньше, чем это наблюдается у однократно запрещенных β -переходов. Нужно при этом иметь в виду, что при подсчете $lgft$ необходимо знать долю распадов Er^{161} на рассматриваемый уровень. Долю распадов мы оценивали по интенсивности переходов, что сильно зависит от принятой схемы распада Er^{161} .

Вводимый в настоящей работе уровень 1378 кэв в известной степени аналогичен уровню 1395 кэв из работы Гренча и Барсона^{/14/}. Введением этого уровня обеспечивается наличие совпадений $(\gamma 132 \gamma 1240)$ и $(\gamma 132 \gamma 1167)$.

Уровень с энергией ≈ 1825 кэв был введен в работе^{/14/}. Его наличием можно объяснить существование совпадений $(\gamma 367 \gamma 865)$ и $(\gamma 367 \gamma 593)$.

Уровень 1897 кэв вводится нами на основании баланса энергий, а также на основании наличия совпадений: $(\gamma 452 \gamma 1410)$, $(\gamma 452 \gamma 1240)$, $(\gamma 452 \gamma 1167)$ и $(\gamma 652 \gamma 945)$. Совпадения этих лучей измерены в работе^{/14/}. Для этого уровня подсчитана величина $lgft$, равная $(4,6 \pm 0,6)$.

На основании энергетического баланса в настоящей работе предположительно вводится в рассмотрение уровень с энергией 1943 кэв. По интенсивностям переходов, которыми разряжается данный уровень, оценена доля ϵ -захвата Er^{161} и подсчитана величина $lgft$. $Lgft$ равен $4,2^{+0,6}_{-1,0}$.

По величинам $lgft \epsilon$ -захвата на уровни с энергиями 1897 и 1943 кэв можно предположить, что мы имеем дело с трехквартичными уровнями. В работе Соловьева^{/34/} показано, что в ядре Ho^{161} при энергии $\approx 1,7-1,8$ Мэв должны быть расположены уровни, трехквартичная природа которых обязана взаимодействию нуклонов: $\{n_1 521^+, n_2 523^+, p 523^+\}$. Это взаимодействие приводит к мультиплету состояний: $1/2^-, 5/2^-, 9/2^-$ и $15/2^-$. β^- -распад на два нижних состояния ($1/2^-$ и $5/2^-$) должен быть типа as ($lgft \approx 4,8$). Полученные нами величины $lgft$ для рассматриваемых уровней этому не противоречат.

В заключение авторы выражают глубокую благодарность А.В. Кудрявцевой за существенную помощь в работе и Н.И. Пятову за обсуждение схемы распада.

Л и т е р а т у р а

1. T.Handley, E.Olson. Phys. Rev., 93, 524 (1954).
2. M.Michel, D.Templeton. Phys. Rev., 93, 1422 (1954).
3. T.Handley, E.Olson. Phys. Rev., 94, 945 (1954).
4. W.Nervik, G.Seaborg. Phys. Rev., 97, 1092 (1955).
5. И.С. Днепровский, Г.М. Колесов. Изв. АН СССР, серия физ., 22, 935 (1958).
6. F.Domanic, E.T.Patronis. Bull. Amer. Phys. Soc., 3, 177 (1958).
7. И.С. Днепровский. Материалы II совещания по нейтронодефицитным изотопам. Препринт ОИЯИ, 483, Дубна, 1959.
8. И.С. Днепровский, Л.Нэмет, там же.
9. B.Harmatz, T.H.Handley, J.W.Mihelich. Phys. Rev., 114, 1082 (1959).
10. И.С. Днепровский, Л.Нэмет, Л.К. Пекер. ЖЭТФ, 39, 13 (1960).
11. Б. Далхурен, Л.М. Гвоздева, М.Я. Кузнецова, И.Ю. Левенберг, Ю.В. Норсеев, В.Н. Покровский, И.А. Югланов. Материалы III совещания по нейтронодефицитным изотопам. Препринт ОИЯИ, P-613, Дубна, 1960.
12. А.А. Абдуразаков, К.Я. Громов, Б.С. Джелепов, В.А. Халкин. Материалы III совещания по нейтронодефицитным изотопам. Препринт ОИЯИ, P-613, Дубна, 1960; Изв. АН СССР, серия физ., 25, 1096 (1961).
13. К.Я. Громов, И.С. Днепровский. Изв. АН СССР, серия физ., 25, 1105 (1961).
14. H.A.Grench, S.B.Burson. Phys. Rev., 121, 831 (1961).
15. А.А. Абдуразаков, Ф.М. Абдуразакова, К.Я. Громов, Б.С. Джелепов. Материалы IV совещания по нейтронодефицитным изотопам, Дубна, 1961. Цитировано по книге Б.С. Джелепова, Л.К. Пекера, В.О. Сергеева "Схемы распада радиоактивных ядер". М.-Л., Изд-во АН СССР, 1963.
16. К.Я. Громов, Б.С. Джелепов, В. Звольска, И. Звольски, В.Г. Калинин, Н.А. Лебедев. Пр. и тезисы докладов XII ежегодного совещания по ядерной спектроскопии в Ленинграде. М.-Л., Изд-во АН СССР, 1962.
17. И.С. Днепровский. Диссертация ГЕОХИ. Москва, 1962.
18. К.Я. Громов, Б.С. Джелепов, В. Звольска, И. Звольски, В.Г. Калинин, Н.А. Лебедев. Пр. и тезисы докладов XIII ежегодного совещания по ядерной спектроскопии в Киеве. М.-Л., Изд-во АН СССР, 1963.
19. А.А. Абдуразаков. Диссертация Таш. ПИ. Ташкент, 1963.
20. К.Я. Громов, Б.С. Джелепов, Ж. Желев, В.Г. Калинин, А.В. Кудрявцева, Ф. Молнар. Пр. и тезисы докладов XIV ежегодного совещания по ядерной спектроскопии в Тбилиси. М.-Л., Изд-во "Наука", 1964.
21. В. Звольска. Диссертация ОИЯИ, Дубна, 1964.
22. N.A.Bonch-Osmolovskaja, B.S.Dzheleпов, O.E.Kraft, Wang Young Yu. Nucl. Phys., 27, 581(1961)
23. Ж. Желев. Диссертация ОИЯИ, Дубна, 1964.
24. Е.П. Григорьев. Диссертация ЛГУ, Ленинград, 1961.
25. Е.П. Григорьев, К.Я. Громов, Б.С. Джелепов, Ж.Т. Желев, В. Звольска, И. Звольски. Изв. АН СССР, серия физ., 25, 1247 (1961).
26. "Тамма-лучи". Под редакцией Л.А. Слива. М.-Л., Изд-во АН СССР, 1961.

27. А.А. Абдумаликов, А.А. Абдуразаков, К.Я. Громов. Изв. АН СССР, серия физ., 28, 257 (1964).
28. B.Budick, R.Marrus. Bull. Amer. Phys. Soc., 6, 513 (1961).
29. Б.С. Джелепов, Л.К. Пекер, В.О. Сергеев. Схемы распада радиоактивных ядер. М.-Л., Изд-во АН СССР, 1963.
30. Ю.П. Гангрский и И.Х. Лемберг. Изв. АН СССР, серия физ., 28, 1027 (1962).
31. A.Cameron. A Revised-Empirical Atomic Mass Formula. CRP-690, 1957.
32. J.Ridell. A Table of Levy's Empirical Atomic Mass. CRP-654, 1957.
33. Г.Ф. Драницина. Препринт ОИЯИ, 959, Дубна, 1962.
34. В.Г. Соловьев. ЖЭТФ, 43, 246 (1962).

Рукопись поступила в издательский отдел
21 октября 1964 г.

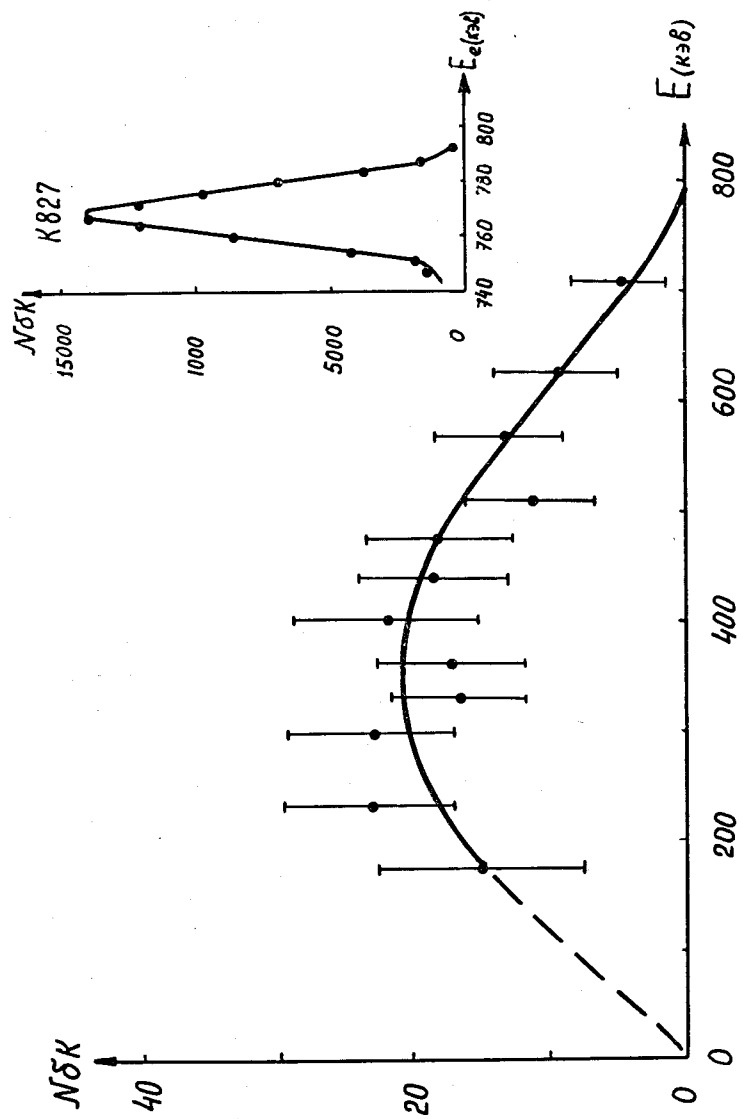


Рис. 1.

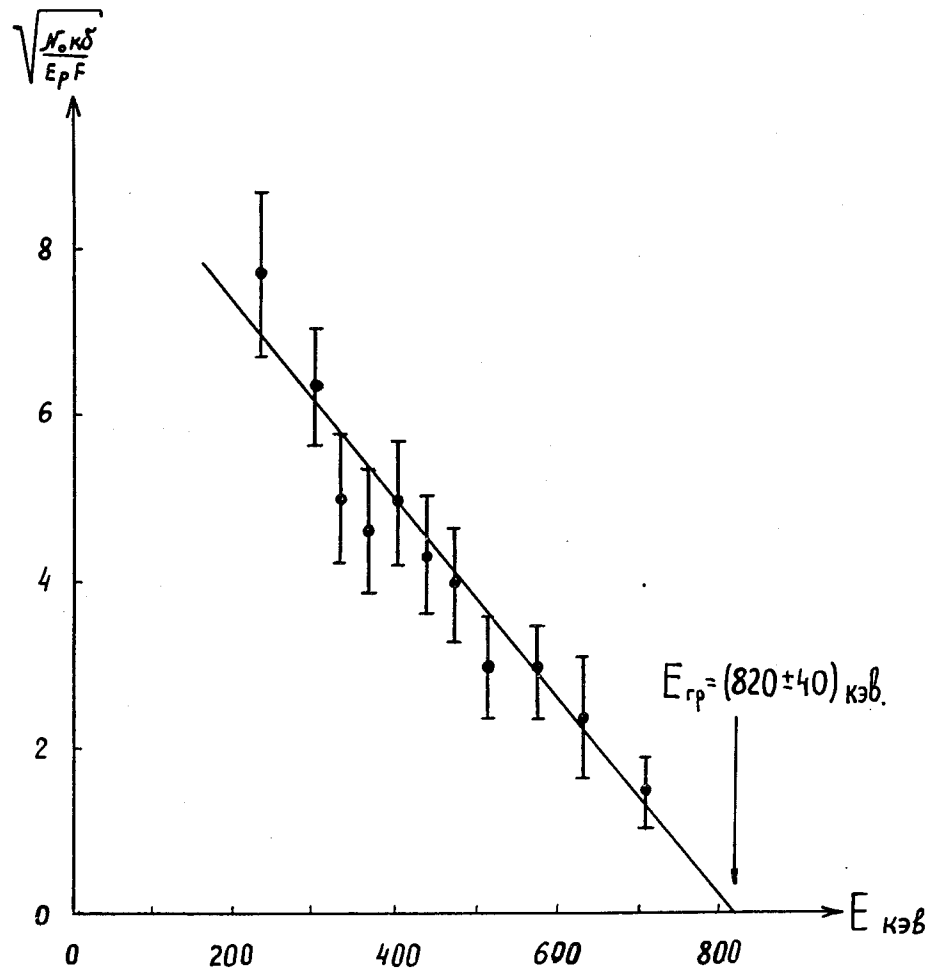


Рис. 2.

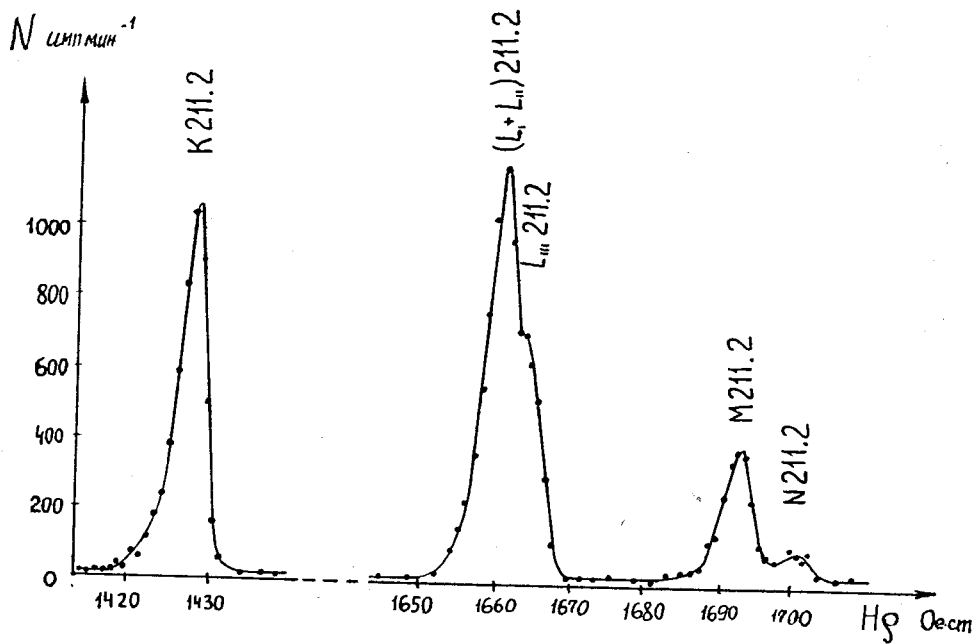


Рис. 3.

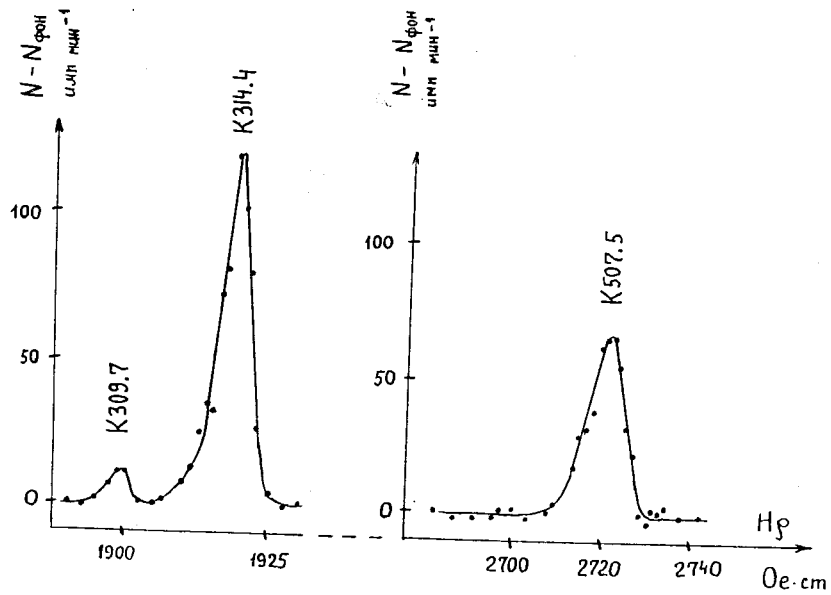


Рис. 4.

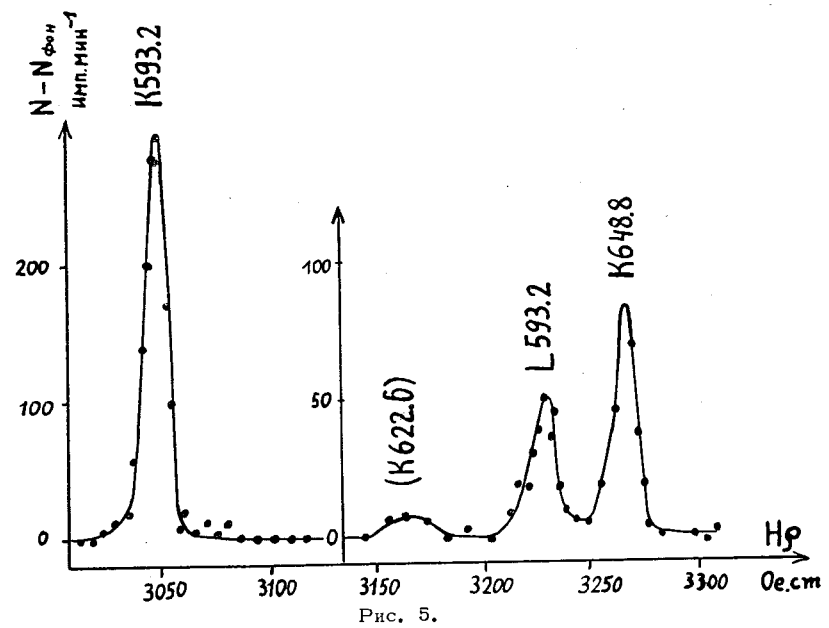


Рис. 5.

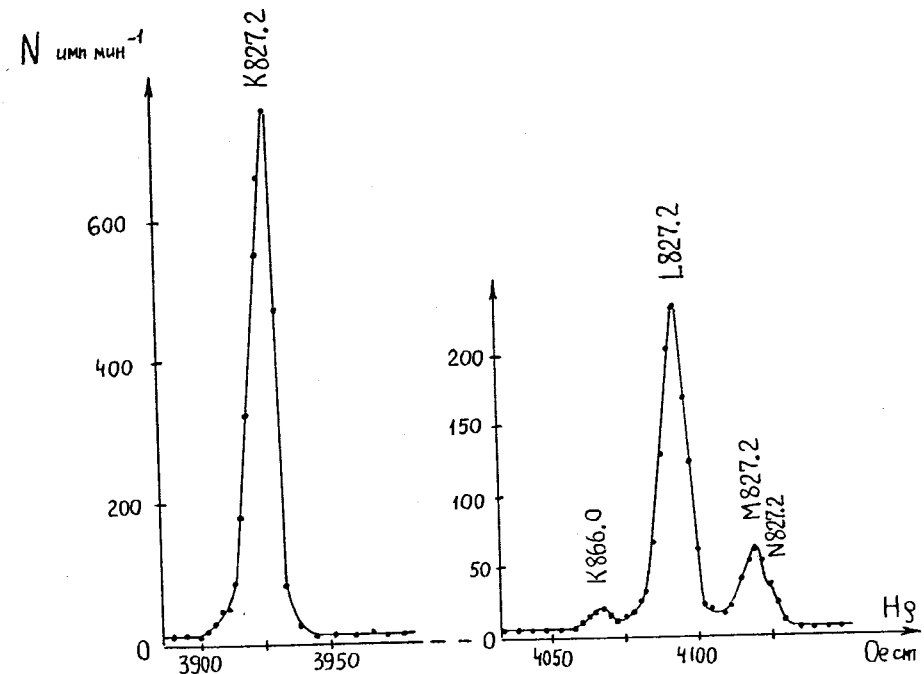


Рис. 6.

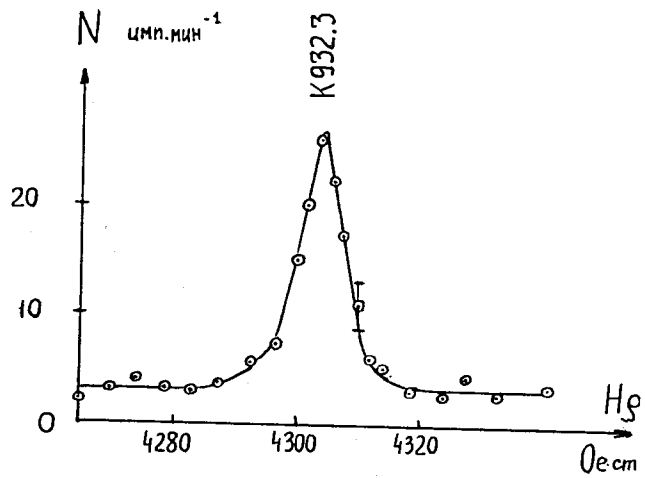


Рис. 7.

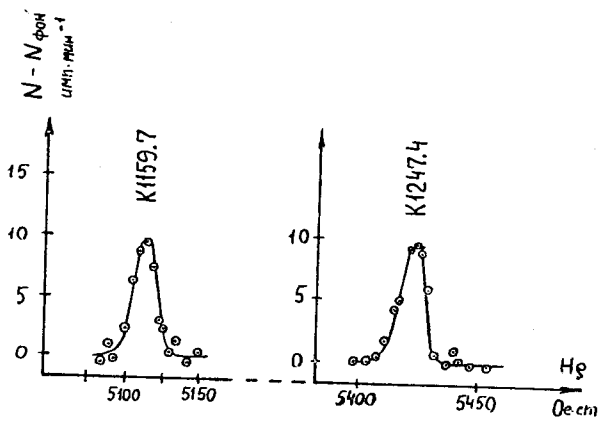


Рис. 8.

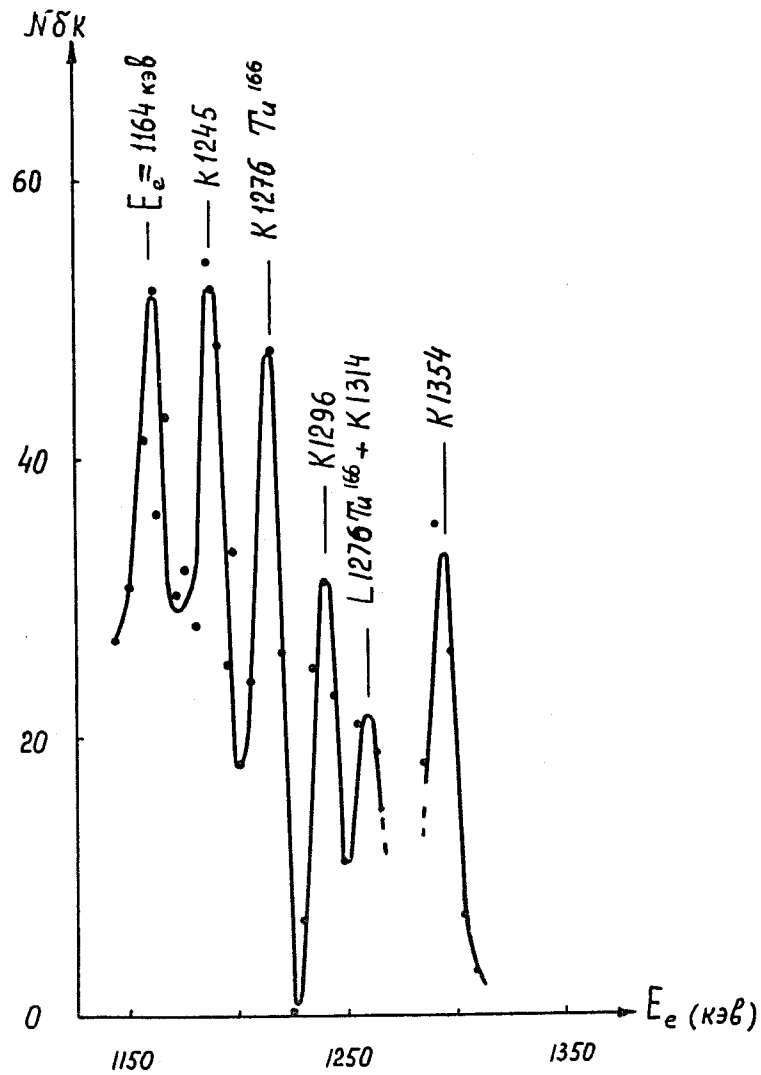


Рис. 9.

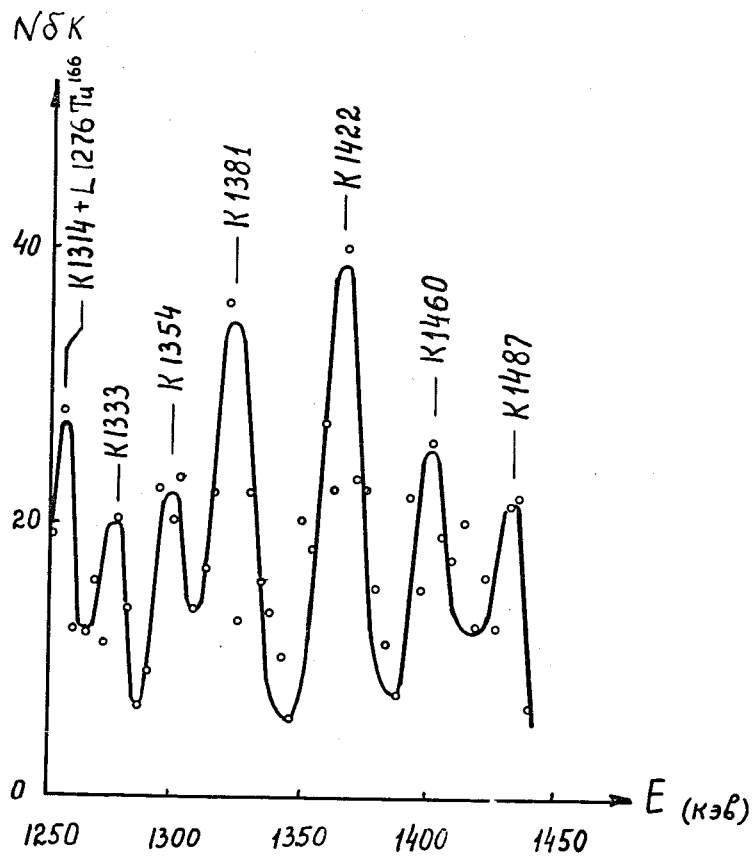


Рис. 10.

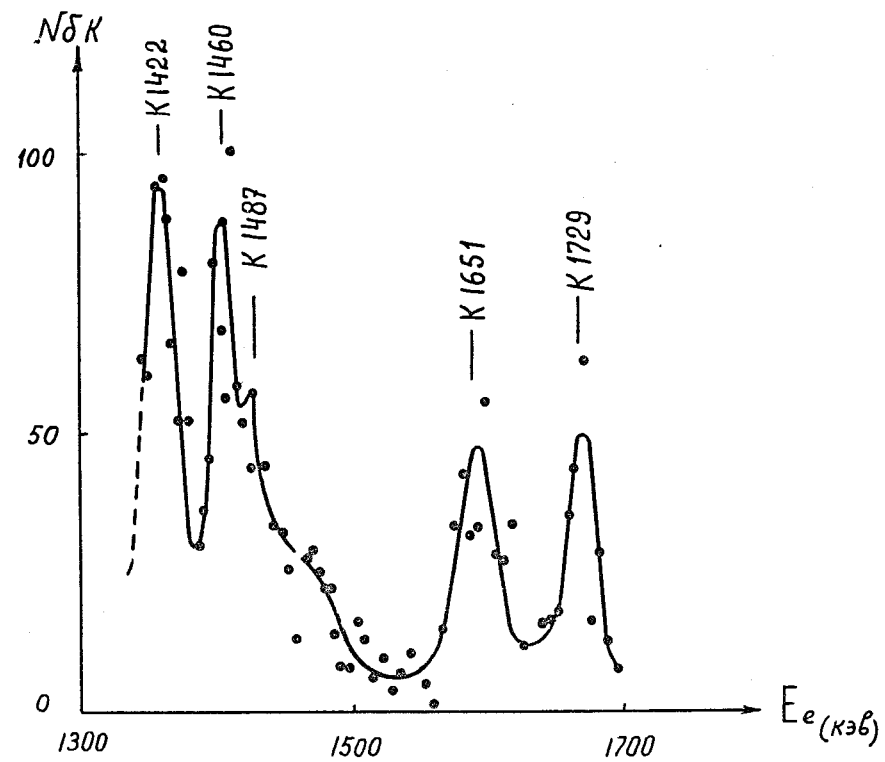


Рис. 11.

Продолжение таблицы 1

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1020 ±25	1,7 ± 0,5	1010,5 (1019,5)	0,19 ± 0,07 0,12 ± 0,06													
1105 ±10	1,8 ± 0,3	-														
1115 ±20	0,9 ± 0,3	-														
1167 ±10	7,1 ± 0,4	1159,7	0,14 ± 0,06													
1240 ±20	4,0 ± 0,4	1247,4	0,20 ± 0,07													
1326 ±20	3,6 ± 0,8	1296 ±4	0,11 ± 0,03													
1410 ±20	3,8 ± 0,8	1314 ±4	~ 0,07													
1489 ±30	2,2 ± 0,5	1333 ±4	0,08 ± 0,03													
1616 ±20	1,4 ± 0,2	1354 ±4	0,11 ± 0,04													
1705 ±20	1,2 ± 0,4	1381 ±4	0,20 ± 0,07													
1820 ±30	0,25 ± 0,05	1422 ±4	0,24 ± 0,08													
1968 ±40	0,07 ± 0,03	1460 ±4	0,17 ± 0,06													
		1487 ±5	0,15 ± 0,07													
		1654 ±5	0,13 ± 0,04													
		1729 ±5	0,13 ± 0,04													
		-	-													
		-	-													

Таблица 2

Определение мультипольности перехода $\nu = 211,2$ кэВ

Мультипольность	Отношение			
	K	L _I	L _{II}	L _{III}
Эксперимент /19/	I	: 0,08	: 0,65	: 0,40
Теория /26/ E1	I	: 0,115	: 0,016	: 0,017
E2	I	: 0,107	: 0,155	: 0,114
E3	I	: 0,123	: 0,74	: 0,46
M1	I	: 0,132	: 0,011	: 0,0016
M2	I	: 0,174	: 0,021	: 0,017

Таблица 3

Определение мультипольности перехода $h\nu = 827,2$ кэВ

Мульти- польность	Метод опреде- ления	α_k	Отношение к/Л
Эксперимент (данная работа)		$(7,2 \pm 1,6) \cdot 10^{-3}$	$6,4 \pm 0,9$
Теория /26/	E1	$1,6 \cdot 10^{-3}$	5,7
	E2	$4,0 \cdot 10^{-3}$	5,6
	E3	$8,7 \cdot 10^{-3}$	4,9
	M1	$7,6 \cdot 10^{-3}$	6,4
	M2	$2,0 \cdot 10^{-2}$	6,25
	M3	$4,0 \cdot 10^{-2}$	5,5

Таблица 4

Определение мультипольности перехода $h\nu = 593,2$ кэВ

Мульти- польность	Метод опреде- ления	α_k	Отношение к/Л
Эксперимент		$(6,2 \pm 1,8) \cdot 10^{-3}$	$6,2 \pm 2,2$
Теория /26/	E1	$3,2 \cdot 10^{-3}$	7,2
	E2	$8,5 \cdot 10^{-3}$	5,8
	E3	$2,0 \cdot 10^{-2}$	3,6
	M1	$1,7 \cdot 10^{-2}$	6,4
	M2	$5,2 \cdot 10^{-2}$	6,1
	M3	$1,2 \cdot 10^{-1}$	4,7

