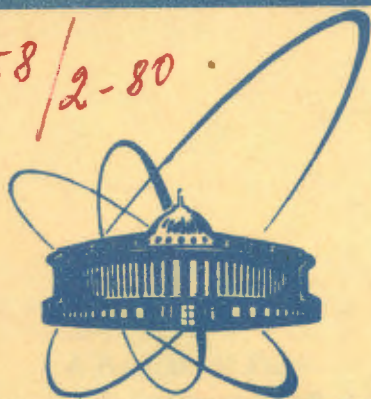


458/2-80



ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

4/2-80  
P6 - 12849

А.Будзяк, Н.Ганбаатор, И.Звольски, К.Зубер,  
В.Г.Калинников, В.В.Кузнецов, В.И.Стегайлов,  
Р.Р.Усманов

БЕТА-РАСПАД  $^{155}\text{Er}$

И ВОЗБУЖДЕННЫЕ УРОВНИ  $^{155}\text{Ho}$

1979

Будзяк А., и др.

P6 - 12849

Бета-распад  $^{155}\text{Er}$  и возбужденные уровни  $^{155}\text{Ho}$

Выполнены исследования спектров гамма-лучей, электронов внутренней конверсии, гамма-гамма- и электрон-гамма-совпадений, а также задержанных гамма-гамма-совпадений. Обнаружено около 50 гамма-переходов, сопровождающих бета-распад  $^{155}\text{Er}$ . Для 10 переходов установлены типы мультипольностей. Предложена схема распада  $^{155}\text{Er} \rightarrow ^{155}\text{Ho}$ . В ядре  $^{155}\text{Ho}$  установлено существование изомерного состояния 142,0 кэВ,  $11/2^-$  с  $T_{1/2} = 0,88$  мс. Идентифицированы в этом ядре также состояния 110,1 кэВ,  $7/2^+$  и 230,4 кэВ,  $9/2^-$ , тем самым установлены головные уровни известных из ядерных реакций развитых полос. Обсуждаются свойства уровней  $^{155}\text{Ho}$  в предположении слабой деформации ядра.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1979

Budziak A. et al.

P6 - 12849

$^{155}\text{Er}$  Beta-Decay and  $^{155}\text{Ho}$  Excited Levels

Gamma-ray, internal conversion electrons, gamma-gamma and electron-gamma-coincidences spectra, and those of delayed gamma-gamma coincidences were investigated. About 50 gamma-transitions accompanying  $^{155}\text{Er}$  beta-decay have been discovered. Types of multiplicity have been established for 10 transitions. The  $^{155}\text{Er} \rightarrow ^{155}\text{Ho}$  decay scheme is proposed. The existence of 142,0 keV,  $11/2^-$  isometric state with  $T_{1/2} = 0.88$  ms has been determined in  $^{155}\text{Ho}$  nucleus. 110.1 keV,  $7/2^+$  and 230.4 keV,  $9/2^-$  states have been also identified in this nucleus, thus leading levels of the known from nuclear reactions developed bands have been established. The properties of  $^{155}\text{Ho}$  levels under the assumption of a weak deformation are discussed.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1979

В последние годы проявляется большое внимание к исследованиям свойств ядер с  $N = 88-89$ , близких к границе стабильной деформации. При бета-распаде  $^{155}_{68}\text{Er}_{87}$  возбуждаются уровни ядра  $^{155}_{67}\text{Ho}_{88}$ , о которых до сих пор ничего не было известно.

Нуклид  $^{155}\text{Er}$  был обнаружен Тосом и др.<sup>/1/</sup>, наблюдавшими его  $\alpha$ -распад. Согласно<sup>/1/</sup>, период полураспада  $^{155}\text{Er}$   $T_{1/2} = 5,3 \pm 0,3$  мин, а энергия  $\alpha$ -перехода  $E_\alpha = 4,01 \pm 0,03$  МэВ<sup>/1/</sup>,  $E_\alpha = 4,012 \pm 0,005$  МэВ<sup>/2/</sup>. Вероятность  $\alpha$ -превращения  $^{155}\text{Er}$ , согласно<sup>/2/</sup>,  $1/2,2 \pm 0,7/10^{-4}$ , в основном же этот изотоп испытывает  $\beta^+ + \text{EC}$ -превращение. В работе<sup>/3/</sup> приведена разность масс  $Q_{\beta^+}(^{155}\text{Er}) = 3,997 \pm 0,035$  МэВ<sup>/3/</sup>.

В работе<sup>/4/</sup>, выполненной в нашей Лаборатории, впервые сообщалось об исследовании бета-распада  $^{155}\text{Er}$ . Наблюдено несколько  $\gamma$ -переходов, принадлежащих распаду  $^{155}\text{Er}$ . Возбужденные состояния  $^{155}\text{Ho}$  изучались также в ядерных реакциях. В работе Дэву и Сугихара<sup>/5/</sup> идентифицированы две полосы, основанные на протонной орбитали  $h_{11/2}$ . Однако положение головных уровней  $11/2^-$  и  $9/2^-$  не было установлено. Эти два уровня, а также первое возбужденное состояние  $7/2^+$  установлены в нашей работе. Предварительные результаты нами опубликованы в<sup>/6/</sup>.

Авторы работы<sup>/7/</sup> в реакции ( $^{14}\text{N}, 4\text{п}\gamma$ ) исследовали полосу, построенную на уровне  $11/2^-$ , вплоть до состояния  $35/2^-$ , и обнаружили явление бэкбендинга. В этой работе измерен период полураспада изомера  $11/2^-$  /  $T_{1/2} = 0,84$  мс/, однако его энергия осталась не установленной. Кроме данной полосы, авторы<sup>/7/</sup> наблюдали три уровня полосы, построенной на состоянии  $7/2^+$ . Энергии первых двух уровней с  $I^\pi = 7/2^+$  и  $9/2^+$  этой полосы хорошо соответствуют нашим результатам<sup>/6/</sup>. Спин основного состояния  $^{155}\text{Ho}$  измерен Экстремом и др.<sup>/8/</sup> методом атомного пучка: он равен  $5/2$ .

В настоящей работе нами выполнены измерения спектров  $\gamma$ -лучей, электронов внутренней конверсии,  $\gamma$ - $\gamma$ - и  $e$ - $\gamma$ -



совпадений с целью установления схемы низколежащих возбужденных уровней  $^{155}\text{Ho}$ .

Т а б л и ц а 1

Энергии и относительные интенсивности гамма-лучей при распаде  $^{155}\text{Er}$

$E_\gamma(\Delta E_\gamma)$ , кэВ	$I_\gamma(\Delta I_\gamma)$	$E_\gamma(\Delta E_\gamma)$ , кэВ	$I_\gamma(\Delta I_\gamma)$
31,7(I)	~0,20	308,2(3)	3,2(7)
Kx(Ho)	843(60)	322,9(3)	3,9(9)
88,2(I)	23,5(8)	328,7(2)	12,7(I5)
91,6(3)	3,7(5)	333,8(2)	6,8(I3)
I10, I2(7)	100	339,6(3)	5,3(I4)
I23,8(I)	27(I)	344,9(3)	4,6(I6)
I31,2(3)	2,6(7)	352,0(5)	2,2(I0)
I47,6(3)	2,8(7)	358,6(3)	14,6(I7)
I57,0(3)	3,0(7)	360,9(6)	~3
I64,7(3)	2,9(7)	373,3(5)	2,7(II)
I85, I(I)	19,5(7)	385,9(3)	4,4(I0)
I88, I(2)	5,0(6)	388,9(2)	8,7(I0)
I93,6(I)	10,7(6)	397,0(3)	5,0(II)
20I, I(I)	26,0(I0)	399,7(5)	3,4(II)
22I, I(2)	20,8(46)	404,8(7)	1,8(I0)
229,2(3)	15,0(43)	412, I(3)	4,8(9)
234,0(I)	40,0(I8)	422,7(I)	20,2(I3)
234,8(2)	19,2(I8)	450, I(4)	6, I(I8)
24I,5(2)	65, I(74)	452,6(2)	24, I(20)
264,4(4)	2,5(8)	455,9(3)	7,4(I3)
278,3(5)	1,9(9)	470,6(2)	12,8(I4)
283,6(4)	1,9(7)	475,5(3)	5,6(I3)
288,2(2)	5,8(7)	511,0(2)	15,3(67)
295,2(5)	1,9(7)	512,2(2)	37, I(68)
298,8(2)	7,6(9)	557, I(9)	~5

## 1. УСЛОВИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ И РЕЗУЛЬТАТЫ

### 1.1. Источники $^{155}\text{Er}$

Изотоп  $^{155}\text{Er}$  получался в реакции глубокого расщепления тантала протонами с энергией  $E_p = 660$  МэВ. Мишень /танталовая фольга толщиной 50 мкм, вес 0,3 г/ после 5 мин облучения на выведенном пучке протонов /ток 0,1 мкА/ синхротронном ОИЯИ при помощи пневмопochты доставлялась к электромагнитному масс-сепаратору и разделялась на изобары без какой-либо химической обработки. Выделенная изобара  $A=155$ , помимо  $^{155}\text{Er}$ , содержала также  $^{155}\text{Ho}$  и очень небольшую активность  $^{155}\text{Dy}$ .

### 1.2. Исследование спектра гамма-лучей

Спектры гамма-лучей  $^{155}\text{Er}$  исследовались при помощи спектрометров с Ge(Li)-детекторами с чувствительными объемами:  $0,8 \text{ см}^3 / \Delta E_\gamma = 0,8$  кэВ при  $E_\gamma = 121$  кэВ -  $^{152}\text{Eu}$  / и  $27 \text{ см}^3 / \Delta E_\gamma = 3,0$  кэВ при  $E_\gamma = 1332$  кэВ -  $^{60}\text{Co}$  /.

В табл.1 приведены экспериментальные данные об энергиях и относительных интенсивностях гамма-лучей  $^{155}\text{Er}$ . Для нормировки интенсивностей принято, что интенсивность  $\gamma$ -лучей перехода 110 кэВ равна 100 ед. К распаду  $^{155}\text{Er}$  принадлежат, по крайней мере, 50 переходов, 40 из которых обнаружены нами впервые. При анализе гамма-спектров учитывались результаты исследования гамма-спектра дочернего  $^{155}\text{Ho}$ , измеренного в тех же условиях.

### 1.3. Измерения электронов внутренней конверсии

Спектры электронов внутренней конверсии /ЭВК/  $^{155}\text{Er}$  исследовались на безжелезном бета-спектрометре с тороидальным магнитным полем  $^{19}$  при максимальной светосиле  $T = 20\%$  и разрешении  $\Delta N_p / N_p = 1,1\%$ . Для определения эффективности регистрации электронов скintилляционным детектором бета-спектрометра измерялись спектры ЭВК  $^{169}\text{Yb}$  и  $^{171}\text{Lu}$ . Относительные интенсивности ЭВК  $^{169}\text{Yb}$  и  $^{171}\text{Lu}$  принимались со-

гласно работам  $^{10,11}$ . В табл. 2 приведены полученные нами экспериментальные значения энергий, относительных интенсивностей ЭВК и выводы о мультипольностях ряда  $\gamma$ -переходов.

Мультипольность  $\gamma$ -перехода 31,7 кэВ определена из сравнения экспериментально установленных отношений интенсивностей  $L_I : L_{II} : L_{III} = /1,9 \pm 0,1/ : < 0,2 : 1 / \text{см. рис.1/}$  с теоретическими для M2-типа /  $L_I : L_{II} : L_{III} = 2,0 : 0,16 : 1 /$  перехода.

Т а б л и ц а 2

Относительные интенсивности электронов внутренней конверсии, КВК и мультипольности переходов в ядре  $^{155}\text{Ho}$

$E_{\gamma}$ кэВ	$I_{\gamma}$ отн.	$I_e^{(k)}$ а	$\alpha_k^{\text{эксп.}}$	$\alpha_k^{\text{теор.}}$	$GL$ в
88,2	23,5	78	3,32	3,21	М1
110,1	100	170	1,7 <sup>б</sup>	1,7	М1
123,8	27,0	5,8	0,21	0,15	Е1
185,1	19,5	11,3	0,57	0,39	М1
201,1	26,0	8,4	0,32	0,31	М1
221,1	20,8	3,5	0,17	0,24	(М1)
234,0	59,2	11,5			(Е1) Г
234,8					(М1) Г
241,5	65,1	12,7	0,195	0,19	М1

а/ Интенсивности электронов внутренней конверсии выражены в тех же единицах, что и гамма-лучи. Погрешности  $\Delta I_e$  составляют 15% для сильных линий и до 50% для слабых. Интенсивность  $\Sigma L_{31,7}$  определена равной  $133 \pm 40$  отн.единиц табл.2.

б/ При расчете  $\alpha_{k, \text{эксп.}}$  принималось, что переход 110,1 кэВ типа М1.

в/ Приведена ближайшая к экспериментальному значению  $\alpha_k$  величина  $\alpha_{k, \text{теор.}}$  по Хагеру и Зельцеру.

г/ Смодри текст.

#### 1.4. Исследование спектров гамма-гамма совпадений

Спектры гамма-гамма совпадений исследовались на установке с двумя  $\text{Ge(Li)}$ -детекторами с энергетическими разрешениями  $2,5 \text{ кэВ} / V = 41 \text{ см}^3 / \text{V}$  и  $3,0 \text{ кэВ} / V = 27 \text{ см}^3 / \text{V}$  для  $E_{\gamma} = 1332 \text{ кэВ} - ^{60}\text{Co}$ . При проведении экспериментов ширина временного окна выбиралась равной 50 нс. Информация записывалась в матрице  $4096 \times 4096$  на ЭВМ HP-2116C с последующим сбросом на магнитную ленту. Интегральные спектры по осям "x" и "y" записывались на диске ЭВМ. Сортировка и анализ информации производились после окончания эксперимента. Резуль-

таты исследования спектров гамма-гамма-совпадений сведены в табл.3.

Т а б л и ц а 3

Результаты анализа спектров  $\gamma$ - $\gamma$ - и  $e$ - $\gamma$ -совпадений при распаде  $^{155}\text{Er}$

"Окно" $E_{\gamma}$ , кэВ	Энергии гамма-переходов, наблюдаемых в совпадениях, кэВ
88,2	221,1; 422,7; 452,6
110,1	123,8; 185,1; 193,6 <sup>*</sup> ; 234,8; 278,3; 358,6 <sup>*</sup> ; 455,9
123,8	110,1; 185,1; 295,2
147,6	164,7 <sup>*</sup> ; 241,5
185,1	110,1; 123,8; 234,0
201,1	188,1; 328,7; 333,8; 511,0
221,1	88,2
229,2	241,5
234,0	110,1; 185,1; 295,2
234,8	
241,5	147,6; 229,2; 322,9
328,7	201,1; 333,8
452,6	88,2
$L_{31,7}$	110,1
К 88,2	188,1 <sup>*</sup> ; 221,1; 333,8 <sup>*</sup> ; 385,9; 422,7; 452,6
К 110,1	123,8; 185,1; 234,8; 278,3; 308,2; 358,6 <sup>*</sup> ; 455,9

\* Переходы не размещены в схеме уровней.

#### 1.5. Исследование спектров $e$ - $\gamma$ -совпадений

Измерения спектров  $e$ - $\gamma$ -совпадений проводились на установке <sup>12/</sup>, созданной на базе безжелезного бета-спектрометра с тороидальным магнитным полем, и спектрометра с  $\text{Ge(Li)}$ -детектором с чувствительным объемом  $35 \text{ см}^3$  / разрешение  $3,5 \text{ кэВ}$  при  $E_{\gamma} = 1332 \text{ кэВ} - ^{60}\text{Co}$ . Разрешающее время схемы совпадений при проведении наших опытов составляло  $2\tau = 5 \cdot 10^{-8} \text{ с}$ .



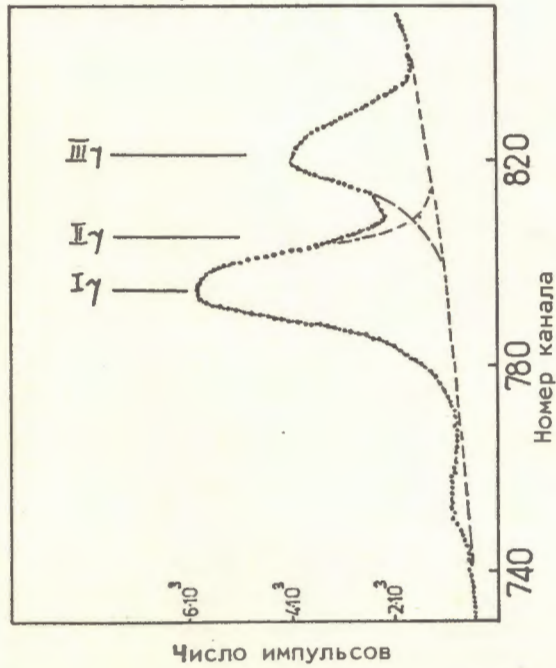
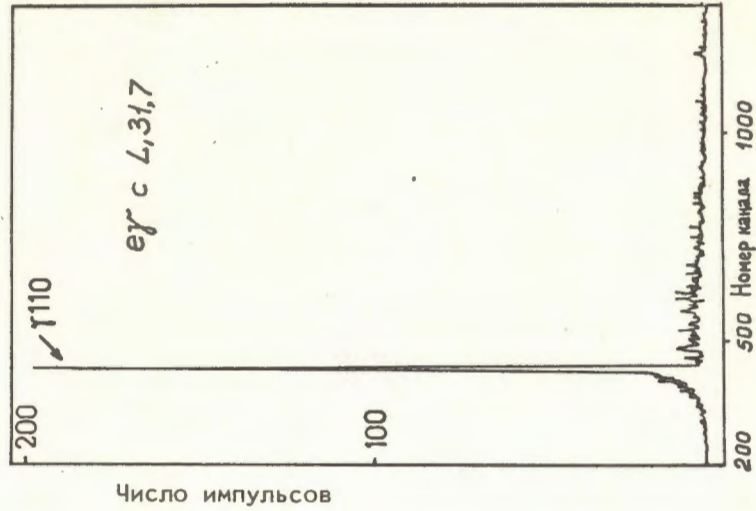


Рис.1. Участок спектра электронов внутренней конверсии с L-линиями  $^{155}\text{Er}$ .

Рис.2. Спектр гамма-лучей, измеренный в совпадении с электронами внутренней конверсии  $L_1 31,7$ .



Число импульсов

Нами исследованы спектры совпадений  $\gamma$ -лучей с конверсионными электронами  $L_1 31,7$ ;  $K 88,2$  и  $K 110,1$ . В табл.3 приведены качественные данные анализа спектров  $e$ - $\gamma$ -совпадений. В спектре мгновенных  $L 31,7/(\gamma)$ -совпадений наблюдаются только  $\gamma$ -лучи с  $E_\gamma = 110,1$  кэВ /рис.2/. Измерение временной кривой  $L 31,7/(\gamma)$ -совпадений показало, что возбужденный уровень  $142,0$  кэВ,  $I^\pi = 11/2^-$ , введенный нами ранее <sup>6/</sup>, имеет время жизни  $T_{1/2} > 10^{-6}$  с.

#### 1.6. Измерение спектров задержанных гамма-гамма-совпадений и времен жизни возбужденных состояний

Измерение спектров задержанных  $\gamma$ - $\gamma$ -совпадений проводилось на установке для измерения времен жизни, в режиме трехмерного анализа  $\gamma$ - $\gamma$ - $t$ , с использованием  $\text{Ge}(\text{Li})$ -детектора /объем  $80 \text{ см}^3$ , разрешение  $\approx 3,0$  кэВ при  $E_\gamma = 1332$  кэВ -  $^{80}\text{Co}$ / и сцинтилляционного детектора  $\text{NaJ}(\text{Tl}) \varnothing 40 \times 40 \text{ мм}^3$ . Полуширина временного распределения составляла  $4,9$  нс.

#### 2. СХЕМА РАСПАДА $^{155}\text{Er}$ . ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Предлагаемая нами схема распада  $^{155}\text{Er} \rightarrow ^{155}\text{Ho}$  изображена на рис.3. Она основывается на балансе энергий и интенсивностей  $\gamma$ -переходов и анализе спектров  $\gamma$ - $\gamma$ - и  $e$ - $\gamma$ -совпадений.

Наиболее тщательно мы изучили спектр  $\gamma$ -лучей в области до  $\approx 600$  кэВ. В области энергий  $600$ - $1300$  кэВ нам не удалось отнести к распаду  $^{155}\text{Er}$  каких-либо  $\gamma$ -лучей, и для возможных  $\gamma$ -переходов  $^{155}\text{Er}$  в этой области мы устанавливаем верхний предел интенсивности /7,5 отн. ед. табл.1/. Наличие слабоинтенсивных  $\gamma$ -переходов, не учтенных в схеме распада, не должно существенным образом ее изменить. Нам представляется, что предлагаемый вариант схемы уровней  $^{155}\text{Er}$  является вполне обоснованным, так как все интенсивные и большое количество малоинтенсивных  $\gamma$ -переходов включены в предлагаемую схему  $^{155}\text{Er}$ . Все уровни введены на основе наблюдаемых совпадений.

Остановимся прежде всего на первых трех уровнях  $^{155}\text{Ho}$ . Измерения Экстрема и др.<sup>8/</sup> и результаты изучения распада  $^{155}\text{Ho} \rightarrow ^{155}\text{Dy}$  однозначно позволяют приписать основному состоянию  $^{155}\text{Ho}$  спин и четность  $I^\pi = 5/2^+$ .

Переход  $110,1$  кэВ является самым интенсивным и поэтому мы направляем его на основное состояние, тем самым вводя уровень  $110,1$  кэВ.

В совпадениях с  $L 31,7$  проявился только  $\gamma$ -переход  $110,1$  кэВ и потому переход  $31,7$  кэВ необходимо направить на уро-



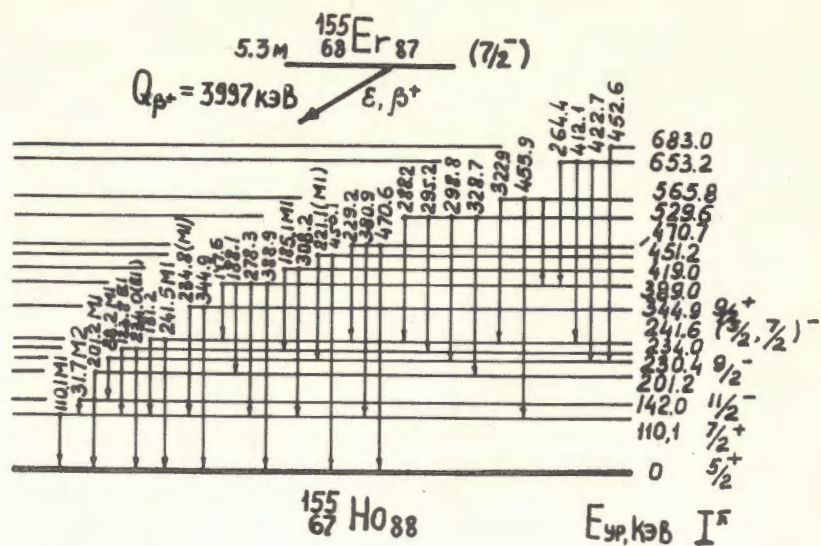


Рис. 3. Предлагаемая схема распада  $^{155}\text{Er} \rightarrow ^{155}\text{Ho}$ .

вень 110,1 кэВ и ввести состояние с энергией 142,0 кэВ. Предположив у перехода 110,1 кэВ мультипольность M1 и установив для перехода 31,7 кэВ мультипольность M2, мы приписываем состояниям 110,1 и 142,0 кэВ характеристики  $7/2^+$  и  $11/2^-$ , соответственно. Изомерный характер уровня 142,0 кэВ подтверждается тем, что оцененный нами экспериментально нижний предел времени жизни данного уровня  $T_{1/2} > 10^{-6}$  с. Дополнительно выполненные нами измерения ( $\gamma$ - $\gamma$ -t) не обнаружили каких-либо других уровней с временем жизни, большим 1,5 нс.

Существование в ядре  $^{155}\text{Ho}$  изомера с  $I^\pi = 11/2^-$  и  $T_{1/2} = 0,88$  мс было доказано в работе <sup>7/</sup> при наблюдении задержанных  $\gamma$ - $\gamma$  -совпадений с  $\gamma$ -лучами энергии 110 кэВ. Для этого перехода был измерен коэффициент конверсии  $\alpha_k = 1,87 \pm 0,20$ , по которому сделано заключение, что этот переход типа M1. По Мошковскому время жизни состояния 110 кэВ, высвечивающееся M1-переходом, должно составлять  $\approx 5 \cdot 10^{-12}$  с. В связи с этим авторы <sup>7/</sup> предположили наличие вблизи состояния 110 кэВ изомерного уровня  $11/2^-$ , разряжающегося низкоэнергетическим M2-переходом. Таким образом, наши заключения об уровнях 110,1 и 142,0 кэВ хорошо подкрепляются результатами <sup>7/</sup>.

Аналогичная ситуация с уровнями  $11/2^-$ ,  $7/2^+$  и  $5/2^+$  имеет место в других изотопах с  $N=88$ :  $^{151}\text{Eu}$  и  $^{153}\text{Tb}$  /см. табл. 4/.

Т а б л и ц а 4

Свойства низколежащих уровней с  $I^\pi = 5/2^+$ ,  $7/2^+$  и  $11/2^-$  в изотопах с  $N = 88$

Нуклид	$E_{\gamma_1} - E_{\gamma_2}$ кэВ	$E_{\gamma_2} - E_{\gamma_3}$ кэВ	$T_{1/2}(11/2^-)$ мс	$T_{1/2} = T_{1/2}^{\text{эксп}}/T_{1/2}^{\text{с.р.}}$
$^{151}\text{Eu}$	175	21	0,058	174
$^{153}\text{Tb}$	82	80	0,173	148
$^{155}\text{Ho}$	32	110	0,88	147

Еще в предварительной публикации <sup>6/</sup> мы ввели уровень 230,4 кэВ с  $I^\pi = 9/2^-$ , связав его сильным M1-переходом с энергией 88,2 кэВ с уровнем 142,0 кэВ  $11/2^-$ . Мы рассматриваем его как головной уровень полосы, введенной в работе Дэву <sup>5/</sup> и начинающейся с состояния  $13/2^-$ .

Состояние с энергией 234,0 кэВ высвечивается переходами 123,8 и 234,0 кэВ. Мультипольность перехода 123,8 кэВ определена как E1. Тогда состоянию 234,0 кэВ можно приписать спин и четность  $I^\pi = 5/2^-$  или  $7/2^-$ .

Для дублета переходов 234,0 + 234,8 кэВ мы не смогли разрешить K-электроны внутренней конверсии. Предполагая для перехода 234,0 кэВ мультипольность типа E1, можно оценить вклад этого перехода в суммарную интенсивность наблюдаемой линии и затем оценить величину  $\alpha_k \approx 0,4$  для перехода 234,8 кэВ. Эта величина позволяет заключить, что переход 234,8 кэВ имеет мультипольность типа M1. В связи с этим состояние 344,9 кэВ, высвечивающееся переходами 234,8 и 344,9 кэВ, нами рассматривается как уровень  $9/2^+$ . Уровень с такой же энергией введен в работе <sup>7/</sup>, ему условно приписаны  $I^\pi = 9/2^+$ , и он рассматривается как второй член полосы, основанной на уровне  $7/2^+$ , 110,1 кэВ.

Как видим, при распаде  $^{155}\text{Er}$  довольно сильно заселяются уровни  $^{155}\text{Ho}$  с высокими спинами ( $7/2$ ,  $9/2$ ). Это не противоречит предположению <sup>18/</sup>, что основное состояние  $^{155}\text{Er}$  имеет характеристики  $7/2^-$ .

Авторы работы <sup>7/</sup> рассматривают основное состояние  $^{155}\text{Ho}$  и уровень 110,1 кэВ как состояние с заметной деформацией, и приписывают им орбитали  $5/2^+[402]$  и  $7/2^+[404]$ . В соседнем, более деформированном, ядре  $^{157}\text{Ho}$  такие характеристики имеют уровни 53,2 и 66,9 кэВ, соответственно, а основное состояние имеет характеристики  $7/2^-[523]$ . Не исключено,

что такими характеристиками обладает состояние с энергией 234,0 кэВ в  $^{155}\text{Ho}$ . Свойства "развязанных" полос, построенных на орбитали  $h_{11/2}$ , в ядрах-изотопах с  $N=88$  /  $^{151}\text{Eu}$ ,  $^{153}\text{Tb}$ ,  $^{155}\text{Ho}$  / свидетельствуют о том, что отмеченные ядра в состоянии  $11/2^-$  обладают малой деформацией. Для ядра  $^{151}\text{Eu}$  из результатов неупругого рассеяния протонов известно, что и в основном состоянии оно слабдеформировано:  $\beta_2 = 0,13^{14/}$ . Однако сейчас существует слишком мало экспериментальных данных, свидетельствующих в пользу того, что ядра-изотопы с  $N=88$  в других состояниях обладают заметно большей деформацией.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Toth K.S. et al. Phys.Rev., 1969, 183, p.1004.
2. Toth K.S., Bingham C.R., Schmidt-Ott W.-D. Phys.Rev., 1974, C10, p.2550.
3. Tables of Isotopes, ed.M.Lederer. New York, 1978.
4. Зубер Я. и др. Программа и тезисы докладов XXIV совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. Наука, Л., 1974, с.110.
5. Devons M.D., Sugihara T.T.Z.Phys., 1978, A288, p.79.
6. Желепов Б.С. и др. Тезисы докладов XXIX совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. Рига, "Наука", 1979, с.103.
7. Foin C., et al. Rapport Annual 1978, ISN, Grenoble.
8. Ekstrom C. et al. Nucl.Phys., 1969, A135, p.289.
9. Громов К.Я. и др. В кн.: Прикладная ядерная спектроскопия. 1978, Атомиздат, М., 1968, вып.8, с.59.
10. Артамонова К.П., и др. Программа и тезисы докладов XXV совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. Ленинград, "Наука", Л., 1975, с.129.
11. Артамонова К.П., и др. Программа и тезисы докладов XXV со совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. "Наука", Л., 1975, с.133.
12. Кузнецов В.В., и др. ОИЯИ, P13-12810, Дубна, 1972.
13. Aguer P., et al. J.Phys.G: Nucl.Phys., 1977, v.3, p.157.
14. Lamer R.G., et al. Phys.Rev., 1978, C18, p.1608.

Рукопись поступила в издательский отдел  
9 октября 1979 года.