

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА



8000

P6 - 8000

А.А.Александров, В.С.Бутцев, Ц.Вылов,  
Е.П.Григорьев, К.Я.Громов, В.Г.Калинников,  
А.Лятушински, В.И.Стегайлов

ИЗЛУЧЕНИЕ 158 Но

**1974**

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

Р6 - 8000

А.А.Александров, В.С.Бутцев, Ц.Вылов,  
Е.П.Григорьев, К.Я.Громов, В.Г.Калинников,  
А.Лятушински, В.И.Стегайлов

ИЗЛУЧЕНИЕ 158 Но

Направлено в Известия АН СССР (серия физическая)

ОИ И  
БИБЛИОТ.КА

## S u m m a r y

The radioactive  $^{158m,g}\text{Ho}$  isotope has been prepared by means of the internal and extracted beams of the Dubna synchrocyclotron by irradiating a Ta target. Reaction products were separated by the radiochemical method and then protons were separated by the electromagnetic method. The spectra of gamma-rays, gamma-gamma coincidences and internal conversion electrons have been studied with the help of Ge(Li) and Si(Li) semiconductors. About 40% of the 170 observed gamma-transitions remained unknown earlier. The types of multipolarities for many gamma-transitions have been determined.

The yield of the  $^{158m}\text{Ho}$  isomer ( $9^+$ , 21 minutes) in the Ta deep spallation reaction by protons with  $E_p = 660$  MeV and in the  $^{162}\text{Dy}(p, 5n)$ ,  $E_p = 54$  MeV reaction has been found to be about 0.05 of the  $^{158m}\text{Ho}$  ( $2^-$ , 27 min) isomer yield.

## 1. ВВЕДЕНИЕ

При радиоактивном распаде  $^{158m}\text{Ho} / J^\pi = 2^-$ ,  $T_{1/2} = 27 \pm 2$  мин<sup>/1/</sup> / и  $^{158g}\text{Ho} / J^\pi = 5^+$ ,  $T_{1/2} = 11,5 \pm 0,5$  мин<sup>/2/</sup> / возбуждаются уровни дочернего ядра  $^{158}\text{Dy}$ . Большая энергия распада  $Q_\beta(^{158g}\text{Ho}) = 3977 \pm 5$  кэВ<sup>/3/</sup> и сильно различающиеся квантовые характеристики относительно долгоживущих состояний  $^{158}\text{Ho}$ , испытывающих  $\beta^+$ -распад, позволяют наблюдать значительное число  $\gamma$ -лучей, которые появляются при разрядке возбужденных состояний  $^{158}\text{Dy}$ .  $^{158}\text{Ho}$  и  $^{158}\text{Dy}$  относятся к числу сильно деформированных ядер, и при распаде  $^{158}\text{Ho}$  мы наблюдаем по указанным выше причинам большое количество уровней ротационных полос, основанных на состояниях различной природы в  $^{158}\text{Dy}$ .

Уровни  $^{158}\text{Dy}$  изучались также и в ядерных реакциях. Наиболее полные результаты были получены Гретцером и др.<sup>/4/</sup>, Гротдалем и др.<sup>/5/</sup>, Джеттом и Линдтом<sup>/6/</sup>, Майером и др.<sup>/7/</sup>. В реакции  $(p, 2n)^{14,6/}$  возбуждались уровни ротационной полосы основного состояния /до  $J = 12/$ ,  $\beta$ -полосы /до  $J = 8/$ ,  $\gamma$ -полосы /до  $J = 8/$ . В реакции  $(d, d \gamma)^{5/}$  кроме отмеченных состояний наблюдались уровни с отрицательной четностью. В реакции  $(p, t)^{7/}$  изучалось возбуждение  $0^+$ -состояний  $^{158}\text{Dy}$ .

В одной из последних работ<sup>/8/</sup>, посвященных распаду  $^{158}\text{Ho}$ , было сообщено о наблюдении в  $^{158}\text{Ho}$  еще одного изомера, имеющего  $T_{1/2} = 19,5$  мин,  $J^\pi = 9^+$  и испытывающего  $\beta^+$ -распад на состоянии  $^{158}\text{Dy}$  с большими спинами.

Однако далеко не все предсказываемые сверхтекучей моделью состояния  $^{158}\text{Dy}$  были замечены при распаде  $^{158}\text{Ho}$  и в ядерных реакциях. Существенное улучшение условий эксперимента /использование  $\text{Ge}(\text{Li})$ -детекторов большого объема с высоким разрешением, применение  $\gamma$ -спектрометров с малошумящими и почти линейными в большом диапазоне энергий усилителями, использование моноизотопных источников большой активности и качественно лучшей установки  $\gamma$ - $\gamma$ -совпадений/ по сравнению с условиями ранней работы /9/, позволило получить ряд интересных физических результатов при изучении схемы распада  $^{158}\text{Ho} \rightarrow ^{158}\text{Dy}$ . Применение ЭВМ для обработки спектров сильно сократило время, необходимое для получения результатов.

## 2. УСЛОВИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

**Приготовление источников.** Большинство опытов проводилось с источниками, представлявшими собой равновесную смесь  $^{158}\text{Er} / T_{1/2} = 2,24 \text{ час} /$  и дочерних  $^{158\text{m}}\text{Ho}$  и  $^{158\text{g}}\text{Ho}$ . Изотопы выделялись хроматографическим методом из продуктов двухчасового облучения танталовой мишени на внутреннем пучке протонов с  $E_p = 660 \text{ МэВ}$  синхроциклотрона ОИЯИ и подвергались разделению на масс-сепараторе. Активность наносилась на фольгу  $\text{Al}$  толщиной  $20 \text{ мкм}$ .

На выведенном пучке протонов синхроциклотрона изотопы  $\text{Ho}$  получались в результате получасового облучения мишени  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  в суспензии с децимолярной кислотой  $\text{HNO}_3$ . После радиохимического выделения и деления на масс-сепараторе отделенные изотопы  $\text{Ho}$  поступали для измерений. Между концом облучения и началом измерений проходило примерно  $30 \text{ мин}$ .

**Измерение  $\gamma$ -спектров.** Для измерения спектров жестких  $\gamma$ -лучей  $^{158}\text{Er}$  и  $^{158}\text{Ho}$  применялись  $\text{Ge}(\text{Li})$ -детекторы объемом  $37$  и  $27 \text{ см}^3$  с разрешением  $2,5 \div 3,0 \text{ кэВ}$  при энергии  $E_\gamma = 1333 \text{ кэВ}$ . Для измерения мягких  $\gamma$ -лучей и рентгеновского спектра применялись  $\text{Ge}(\text{Li})$ -детекторы объемом  $0,3$ ;  $0,5$  и  $1 \text{ см}^3$  с

разрешением  $600 \div 700 \text{ эВ}$  при  $E_\gamma = 99 \text{ кэВ}$ . Большое внимание уделялось возможно более точному определению энергий и интенсивностей  $\gamma$ -лучей. Для определения энергии измерялся спектр  $^{158}\text{Ho}$  вместе с градуировочным препаратом  $^{56}\text{Co}$ . Затем, с использованием кривой нелинейности по методике, описанной в /10/, определялись энергии сильных одиночных линий в спектре  $^{158}\text{Ho}$ , которые затем служили вторичными реперами для определения энергий  $\gamma$ -лучей  $^{158}\text{Ho}$ . Интенсивности  $\gamma$ -лучей определены в результате градуировки детекторов с помощью калибровочных источников  $^{56}\text{Co}$ ,  $^{152}\text{Eu}$ ,  $^{182}\text{Tl}$ ,  $^{169}\text{Yb}$  и др. Ошибка в относительных интенсивностях сильных переходов не превышает  $5\%$ . При обработке тщательно учитывались возможные вклады от пиков вылета одного и двух аннигиляционных квантов.

**Измерение  $\gamma$ - $\gamma$ -совпадений.** Опыты по измерению  $\gamma$ - $\gamma$ -совпадений были выполнены на двухмерном анализаторе на базе ЭВМ HP-2116. Существенным отличием анализатора от обычно применяемых установок  $\gamma$ - $\gamma$ -совпадений является отсутствие необходимости выбирать "окна" в спектре  $\gamma$ -лучей, в которых будут искать совпадения, т.к. в данном анализаторе набирается полная матрица  $\gamma$ - $\gamma$ -совпадений. Такой анализатор позволяет затем много раз обрабатывать  $\gamma$ - $\gamma$ -совпадения классическим способом с выбором "окон" и, следовательно, исключить потерю информации при возможных ошибках в разметке "окон". Кроме обычного способа обработки, такой анализатор позволяет применять также и ряд специфических методов обработки матрицы  $\gamma$ - $\gamma$ -совпадений с привлечением ЭВМ. Разрешающее время установки  $\tau = 20 \text{ нсек}$ .

Для изучения спектра электронов внутренней конверсии применялся  $\beta$ -спектрометр с однородным магнитным полем с использованием охлаждаемого  $\text{Si}(\text{Li})$ -детектора, имеющего разрешение  $\sim 2,5 \text{ кэВ}$  при  $E_e \sim 500 \text{ кэВ}$  /11/. Отдельные задачи были решены с помощью  $\beta$ -спектрографов, с разрешением по энергии  $0,05\%$ , и  $\beta$ -спектрометра типа  $2\pi\sqrt{2}$ .

Обработка спектрометрической информации произво-

дилась с помощью специальных программ на ЭВМ "Минск-2", НР-2116, БЭСМ-6, СДС-1604А, СДС-6200.

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

В табл. 1 мы приводим сведения о переходах, возникающих при распаде  $^{158}\text{Ho}$ . В таблице приняты следующие обозначения: E1, E2 означает, что мультипольность перехода может быть типа E1 или E2, а E2, M1 - типа E2, M1 или их смесь. Для определения коэффициентов внутренней конверсии на K-оболочке ( $\alpha_k$ ) использовались результаты собственных измерений интенсивностей электронов внутренней конверсии и данные работы <sup>19/</sup>.

Применение  $\beta$ -спектрографа с однородным магнитным полем, имеющего высокую разрешающую способность, позволило разделить ряд тесных дублетов в спектре  $^{158}\text{Ho}$ . В частности, мы разделили K-линии переходов с  $E_\gamma = 847$  и  $946$  кэВ. В отличие от результатов Абдуразакова и др. <sup>19/</sup>, по нашим данным линия K-846,3 имеет интенсивность вдвое большую. При изучении участка спектра в районе L-946 на спектрограмме были видны линии K-986,0; K-989,5; L<sub>I</sub>-945,6; L<sub>I</sub>-945,9 и L<sub>I</sub>-948,8. K-линии трех последних переходов имеют очень близкие интенсивности. Все три перехода имеют один и тот же тип мультипольности. Поэтому мы ожидали, что и L-линии будут иметь одинаковую интенсивность. Однако J<sub>L<sub>I</sub></sub>-945,9 кэВ имеет интенсивность в 2 раза большую, чем J<sub>L<sub>I</sub></sub>-945,6 или J<sub>L<sub>I</sub></sub>-948,8 кэВ. Мы считаем, что избыток интенсивности обязан своим появлением K-линии EO-перехода с энергией 991,0 кэВ.

Для изомерного E3-перехода с энергией 67 кэВ с помощью  $\beta$ -спектрографов были измерены интенсивности электронов внутренней конверсии /см. рис. 1/. Из полученных отношений L<sub>I</sub> : L<sub>II</sub> : L<sub>III</sub> =  $1 \pm 0,3$  :  $43 \pm 2,5$  : 45 нельзя было сделать выбор между мультипольностями E3 и E4: для E3-типа L<sub>I</sub> : L<sub>II</sub> : L<sub>III</sub> = 1:71:69 и для E4 - 1:56:53. Только по отношению M<sub>I-III</sub> : M<sub>IV, V</sub> =  $31 \pm 5$  мы

Таблица 1.

Сведения о гамма-лучах  $^{158}\text{Ho}$ , возникающих при распаде  $^{158}\text{Er} \rightarrow ^{158}\text{Ho} \rightarrow ^{158}\text{Dy}$ .

E <sub>γ</sub> (E <sub>γ</sub> ) <sup>в</sup> , кэВ	I <sub>γ</sub> (I <sub>γ</sub> ) <sup>в</sup> отн. ед.		α <sub>k</sub> (α <sub>k</sub> ) · 10 <sup>3</sup>	Мульти- польность.				E <sub>γ</sub> (ΔE <sub>γ</sub> ) <sup>в</sup> кэВ	I <sub>γ</sub> (ΔI <sub>γ</sub> ) <sup>в</sup> отн. ед.	α <sub>k</sub> (α <sub>k</sub> ) · 10 <sup>3</sup>	Мульти- польн.			
	1	2		3	4	1	2				3	4		
67,25(10)	0,16(4)		3600(960)	E3				579,7(2)	0,6(2)	6,3(30)	E1,E2			
98,92(4)	79(3)		1210(300)	E2				616,6(2)	1,2(2)	12,5(38)	L1			
186,64(19)	0,80(20)			E2				630,1(2)	1,4(2)	3,0(9)	E1			
218,21(3)	≈100		≈125	E2				643,1(2)	0,9(3)	4,2(12)	E1,E2			
261,30(50)†	0,14(6)			-				649,4(2)	1,5(4)	2,9(6)	E1			
301,8(5)	0,24(9)			-				660,5(5)	0,4(1)	9,4(47)	E2,M1			
320,50(4)	11,8(8)		37(II)	E2				677,1(2)	1,3(4)	5,4(16)	E2			
406,5(4)	0,3(1)			-				707,6(3)	0,6(2)	7,3(29)	E2,M1			
418,07(20)	0,9(2)		49(15)	M1				727,45(8)	7,6(6)	3,6(14)	E2			
425,36(16)	2,4(3)		9,9(20)	E2,M1				731,44(8)	6,1(6)	4,5(5)	E2			
481,89(20)	0,9(2)		13(5)	E2				740,5(2)	1,4(4)	4,1(12)	E2			
486,9(3)	0,2(1)		31(16)	M1				747,3(6)	0,7(2)	1,6(5)	E1			
498,4(8)	0,3(1)			-				768,06(15)	~2	~1,3	-			
528,8(5)	0,3(1)		29	-				776,6(2)	1,5(2)	7,5(15)	M1			
535,3(5)	0,3(1)			-				782,0(5)	0,3(1)	3,3(16)	E2,E1			
544,3(5)	0,3(1)			-				839,0(2)	1,5(2)	4,3(13)	E2			
557,1(1)	~0,5		~15	-				846,34(14)	22(6)	2,6(10)	E2			

продолжение таблицы I.

1	2	3	4	1	2	3	4
847,1(1)	29(6)	3,7(4)	E2	1014,8(5)	0,3(1)	-	-
850,51(5)	23(3)	3,4(3)	E2	1025,3(5)	0,18(7)	-	-
858,2(2)	1,7(3)	4,3(8)	E2	1037,9(3)	0,65(II)	<0,96	E1
875,1(3)	0,8(2)	3,3(7)	E2	1045,8 <sup>M</sup> (5)	3,0(7)	0,9(2)	E1
891,5(1)	3,5(4)	3,6(4)	E2	1047,3(2)	1,5(3)	3,3(10)	E2
895,9(1)	3,1(2)	2,8(3)	E2	1062,2 <sup>M</sup> (4)	1,3(6)	2,4(6)	E2
906,6 <sup>M</sup> (5)	0,3(1)	4,2(1)	E2,E1	1064,37(7)	7,7(7)	1,8(2)	E2
934,6 <sup>M</sup> (6)	0,3(1)	4,2(1)	E2,E1	1070,4(3)	0,3(1)	-	-
945,57(5)	33(8)	2,5(8)	E2	1080,4(3)	0,64(14)	4(1)	M1
945,93(8)	28(3)	2,5(8)	E2	1085,4(2)	0,9(2)	2,8(8)	E2,M1
948,76(7)	37(3)	2,5(8)	E2	1095,0(3)	0,56(14)	2,2(11)	E1,E2
962,9(3)	0,7(2)	31(9)	E2+EO	1108,95(22)	0,8(2)	3,9(12)	M1
977,15(15)	2,4(3)	2,2(4)	E2	1123,8(4)	0,3(1)	<2	E1(E2)
986,0(2)	1,5(2)	10(3)	E2+EO	1129,2(4)	0,3(1)	<2	E1(E2)
989,5(2)	1,1(2)	11(4)	E2+EO	1141,9 <sup>M</sup> (5)	0,4(1)	<2,2	E1(M2)
991,0(3)	<0,3	>42	EO	1161,1(1)	3,0(4)	1,7(3)	E2
994,41(9)	7,8(7)	2,6(3)	E2	1168,4(2)	0,9(2)	1,7(4)	E2
997,51(9)	6,0(6)	2,7(3)	E2	1180,9(2)	2,1(3)	1,5(4)	E2
1011,2(2)	1,7(2)	1,1(3)	E1				

продолжение таблицы I.

1	2	3	4	1	2	3	4
1196,3(2)	0,8(2)	<1,5	E1,E2	1417,5(2)	1,0(2)	-	-
1200,9(2)	1,7(3)	<0,8	E1	1432,3(2)	0,8(2)	2,3(7)	E2,M1
1210,7(1)	2,50(35)	0,8(1)	E1	1441,8(2)	0,9(2)	<1	E1
1223,0(2)	0,6(2)	1,0(3)	E1	1463,3(1)	3,8(4)	1,3(3)	E2
1230,2(2)	1,3(3)	1,4(3)	E2,M1	1500,9 <sup>M</sup> (4)	0,3(1)	-	-
1236,3(5)	0,6(2)	1,5(5)	E2,M1	1509,4(2)	0,8(1)	1,2(4)	E2
1245,5(4)	0,5(2)	<1	E1	1522,0(1)	3,0(4)	0,8(2)	E1
1261,5(3)	0,4(1)	2,5(8)	E2,M1	1578,10(8)	7,3(6)	1,4(2)	M1(E2)
1272,80(2)	2,3(3)	1,4(3)	E2	1594,4(7)	0,6(3)	-	-
1277,7 <sup>M</sup> (8)	0,6(2)	0,8(4)	E1	1603,9(3)	0,5(2)	2,5(10)	M1
1293,7(7)	0,5(3)	1,2(6)	E1,E2	1611,8(6)	0,4(1)	3,0(15)	M1
1298,3(1)	3,1(4)	0,6(1)	E1	1623,92(9)	5,7(6)	1,1(2)	E2(M1)
1338,1(2)	0,8(2)	1,2(4)	E2	1678,8(2)	1,1(2)	0,9(2)	E2
1342,9(2)	0,9(2)	0,7(3)	E1	1698,2(3)	0,5(2)	-	-
1352,0(8)	0,5(2)	-	-	1710,8(4)	0,3(1)	-	-
1365,3(3)	1,2(3)	0,5(1)	E1	1717,8 <sup>M</sup> (5)	0,3(1)	-	-
1374,3(5)	0,2(1)	-	-	1738,9(2)	1,9(3)	1,1(3)	(E2)
1402,4(3)	0,6(2)	0,8(3)	E1(E2)	1742,0(2)	1,1(2)	1,1(3)	(E2)
1414,4(2)	1,4(3)	1,8(5)	E2,M1	1753,3(2)	0,9(2)	0,8(2)	E2

продолжение таблицы I.

1	2	3	4	1	2	3	4
1784,40(16)	1,6(3)	-	-	2065,5(1)	5,0(5)	0,50(15)	E2
1790,65(5)	21(1)	1,2(3)	M1	2071,6(5)	0,4(1)	-	-
1828,0 <sup>*</sup> (9)	0,16	-	-	2076,0(2)	1,0(2)	0,9(2)	E2,M1
1852,3(6)	0,25	-	-	2091,9(2)	0,8(2)	0,7(4)	E2,M1
1857,2(3)	0,70(15)	1,1(3)	E2,M1	2094,7(2)	0,9(2)	0,7(4)	E2,M1
1876,2(2)	1,3(2)	1,4(4)	M1	2106,0(5)	0,4(2)	-	-
1880,2(3)	0,66(15)	-	-	2119,6(2)	2,0(3)	1,0(2)	M1
1885,7(4)	0,4(1)	1,2(5)	E2,M1	2147,0(3)	0,3(1)	0,4(1)	E2,M1
1912,9(4)	0,3(1)	1,2(6)	E2,M1	2171,1(3)	0,64(14)	1,2(5)	M1
1918,0(2)	0,5(2)	-	-	2188,0(3)	0,3(1)	0,8(3)	E2,M1
1937,6(4)	0,4(1)	-	-	2201,9(1)	5,0(5)	0,9(1)	M1(E2)
1948,6(3)	0,5(2)	-	-	2221,6(1)	4,5(5)	0,8(1)	M1(E2)
1956,2(2)	1,2(2)	0,9(3)	E2,M1	2290,5(5)	0,25(9)	0,8(4)	M1(E2)
1962,9(5)	0,5(2)	-	-	2310,5(2)	1,6(2)	0,23(4)	E1
1997,4(3)	0,6(2)	-	-	2338,1 <sup>*</sup> (5)	0,2(1)	0,6(3)	E2,M1
2008,8(2)	1,6(2)	1,1(2)	M1(E2)	2355,9 <sup>*</sup> (5)	0,3(2)	0,8(5)	E2,M1
2019,4 <sup>*</sup> (7)	0,6(2)	-	-	2372,0(3)	0,53(15)	-	-
2029,9(2)	0,71(15)	1,1(4)	M1	2395,6(3)	0,7(2)	0,4(1)	E2(E1)
2035,1(2)	0,6(2)	-	-	2409,5(4)	0,3(1)	-	-

продолжение таблицы I.

1	2	3	4	1	2	3	4
2443,7(4)	0,4(1)	0,3(1)	E1	2672,9(4)	0,3(1)	-	-
2464,6 <sup>*</sup> (5)	0,3(1)	-	-	2693,0(9)	0,2(1)	-	-
2486,0(4)	0,2(1)	1,2(6)	M1	2743(1)	0,15(11)	-	-
2492,3(6)	0,2(1)	-	-	2757,8(6)	0,2(1)	-	-
2507,0(2)	1,0(2)	0,4(1)	E2	2804(1)	0,11(7)	-	-
2514,5(2)	0,7(2)	0,4(1)	E2	2814(1)	0,15(11)	-	-
2525,5(4)	0,4(1)	0,6(2)	E2,M1	2827,2(6)	0,2(1)	-	-
2545,8(1)	3,1(4)	0,4(1)	E2	2851(2)	0,2(1)	-	-
2559,9 <sup>*</sup> (7)	0,2(1)	-	-	2874(1)	0,2(1)	-	-
2573,5 <sup>*</sup> (5)	0,2(1)	-	-	2908(1)	0,3(2)	-	-
2605,8(1)	6,2(6)	0,26(3)	E1	2923(1)	0,13(6)	-	-
2646,0(7)	0,2(1)	-	-	2934(1)	0,5(3)	-	-
2656,8(3)	0,5(2)	-	-				

а) Ошибки энергий, интенсивностей и коэффициентов внутренней конверсии даны в единицах последнего знака.

\* Требуется подтверждение существования перехода или уточнения его энергии и интенсивности.

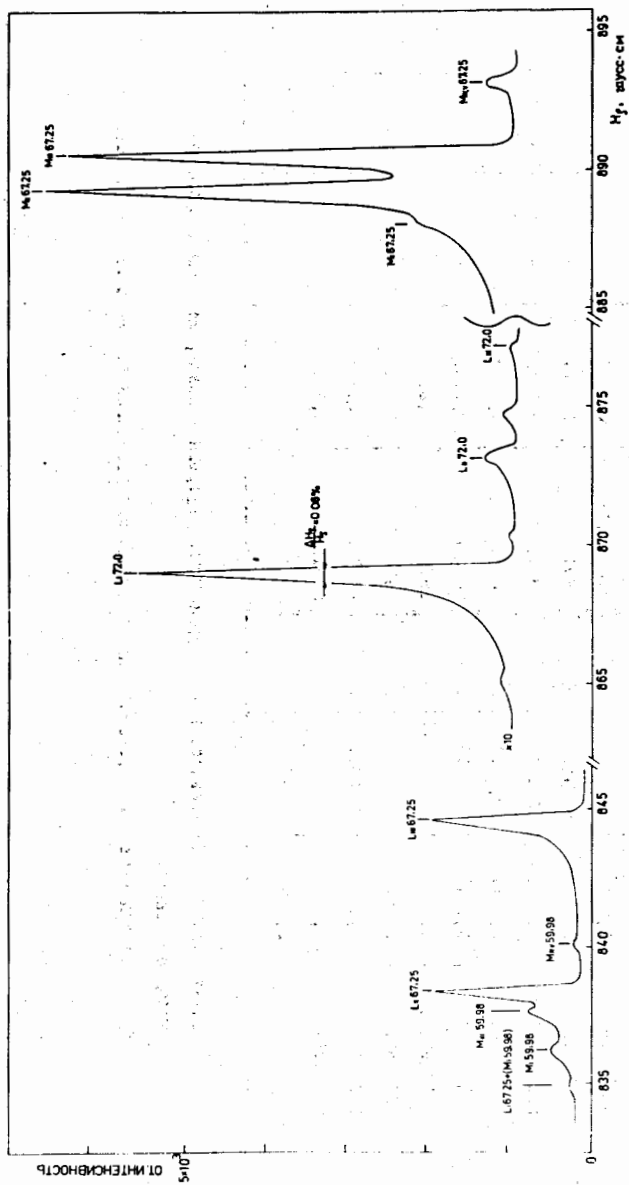


Рис. 1. Участок спектра электронов внутренней конверсии переходов  $59,98 / {}^{160}\text{Ho} /$ ,  $67,25 / {}^{158}\text{Ho} /$  и  $72,0 \text{ кэВ} / {}^{158}\text{Er} /$ . Измерения выполнены на бета-спектрографе с однородным магнитным полем. Источник был приготовлен из фракции нейтронедефицитных изотопов эрбия.

смогли однозначно приписать переходу мультипольность E3:  $(M_{I-III} : M_{IV,\gamma}) = 30/E3/$  и  $6/E4/$ .

Шеперс<sup>/8/</sup> обнаружил высокоспиновый изомер  ${}^{158m2}\text{Ho}$  с  $T_{1/2} = 19,5 \text{ мин}$ ,  $J^\pi = 9^+$ , который образовывался в реакции  ${}^{159}\text{Tb}(\alpha, 5n)$ . Нами были предприняты специальные опыты по поиску такого изомера в продуктах реакции глубокого расщепления Ta + p. Изотопы  ${}^{158}\text{Ho}$  получались при облучении мишени  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  по методике, описанной выше. При анализе спектров оказалось, что, помимо двух известных изомеров  ${}^{158}\text{Ho}$ , наблюдается по линиям 406 и 1485 кэВ активность с периодом  $T_{1/2} = 21,3 \pm 2,3 \text{ мин}$  /см. рис. 2/, что согласуется с результатами работы<sup>/8/</sup>. Переход 406,14 кэВ размещен между уровнями  $8^+$  и  $6^+$  и можно предположить, что его интенсивность<sup>g</sup> составляет 100% на распад изомера  $9^+$ . Сравнивая интенсивности  $\gamma_{406}$  и хорошо изученных  $\gamma$ -переходов  ${}^{158m1}\text{Ho} / 27 \text{ мин} /$ , мы определили величину выхода изомера  $J^\pi = 9^+$  в реакции глубокого расщепления Ta + p. Она составляет - 0,02 от величины выхода изомера  $J^\pi = 2^-$ . Соотношение сечений образования этих изомеров в реакции  ${}^{162}\text{Dy}(p, 5n)$ ,  $E_p = 54 \text{ МэВ}$ , по нашим данным, составляет - 0,025.

В табл. 2 приведены результаты обработки  $\gamma$ - $\gamma$ -совпадений с тремя переходами ротационной полосы основного состояния. Кроме указанных совпадений, мы наблюдали также совпадения между следующими переходами:

- $\gamma_{727} : \gamma(850, 895, 977, 1064)$
- $\gamma(846+847) : \gamma(731, 776, 858, 890, 950, 994, 1161)$
- $\gamma(945+945) : \gamma(948, 977, 1160)$
- $\gamma_{997} : \gamma_{707}$ ;
- $\gamma_{1064} : \gamma(677, 731, 776, 858, 891)$ .

В заключение авторы выражают благодарность Н.А.Лебедеву, И.И.Громовой, В.П.Афанасьеву за приготовление источников, а также Х.-Г.Ортлеппу, В.М.Мо-



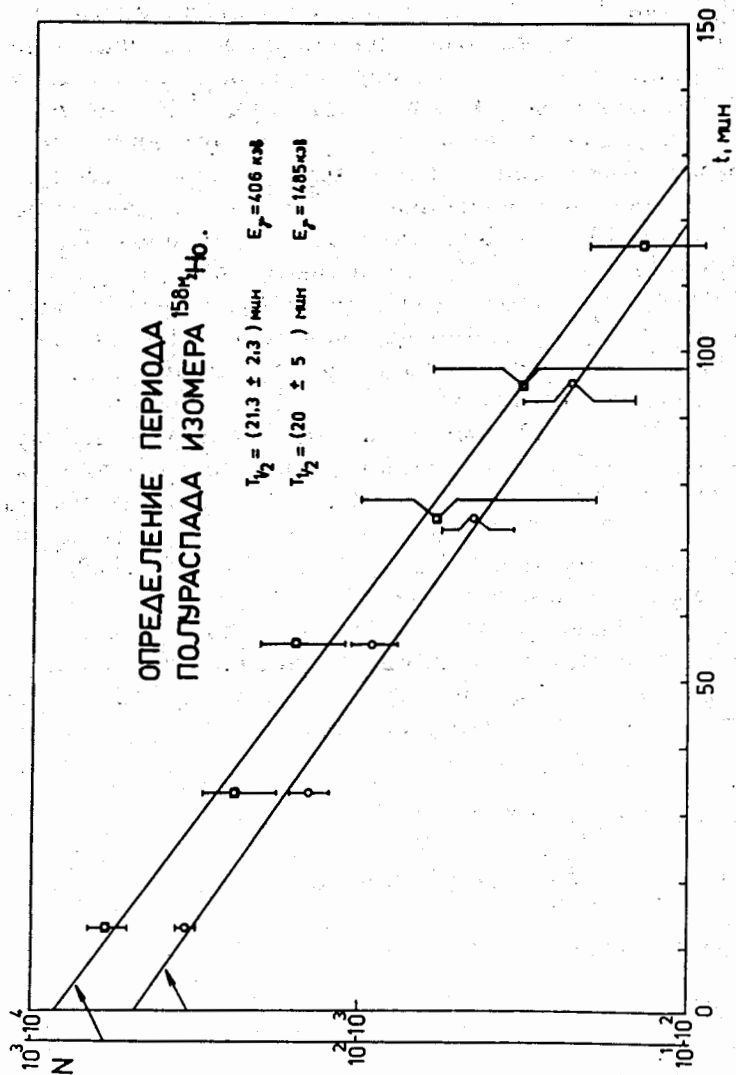


Рис. 2. К определению периода полураспада  $^{158}\text{m}_{\text{Ho}}$  по спаду интенсивности  $\gamma$ -лучей с  $E_{\gamma} = 406$  и  $1485$  кэВ.

ТАБЛИЦА 2.

Результаты измерений совпадений с гамма-лучами 99, 218, 320 кэВ.

$E_{\gamma}$	"окно" 99 кэВ		$E_{\gamma}$	"окно" 218 кэВ		$E_{\gamma}$	"окно" 320 кэВ	
	$I_{\gamma}$ эксл.	$I_{\gamma}$ расч.		$I_{\gamma}$ эксл.	$I_{\gamma}$ расч.		$I_{\gamma}$ эксл.	$I_{\gamma}$ расч.
218	100	100	320	14	14	677	3	3
320	14(1)	14	727	8,6(14)	7,8	839	<2	1,4
727	11(3)	8	731	7(2)	4,5	1080	0,8(3)	1,5
846,3	64(10)	50	776	3(2)	1,1			
847,1			839	2,4(6)	1,4			
851	23(2)	22	846,3	30(10)	20			
858	2,0(4)	1,6	851	6,6(30)	4,1			
892	6,4(35)	4,3	858	2,5(10)	1,2			
945,5	42(10)	33	898	2,0(15)	0,51			
949	18(1)	19	997	9(3)	6,4			
986	1,7(2)	1,7	1011	0,21(5)	0,28			
989	1,6(6)	1,1	1038	0,6(4)	1,1			
994	9(4)	5	1578	10(3)	9			
998	8(2)	6	1624	9(2)	6,6			
1062	11(6)	9	1791	25(10)	23			
1064			2065	1,8(17)	3,1			
1522	4,4(30)	3	2202	7(2)	5			
1578	12(5)	7	2221	5,5(20)	4,6			
1624	12(4)	7						
1791	32(10)	23						
2202	5(2)	5						
2221	7(3)	4,5						
2507	2(1)	1						
2545	5(3)	3						

\*  $I_{\gamma}$  расч. - рассчитаны согласно предлагаемой нами схеме распада  $^{158}\text{Ho} \rightarrow ^{158}\text{Dy}$ .

сяжу, Я.Полаховой и Б.Буховой за помощь в проведении измерений и обработке экспериментальных результатов.

### Литература

1. И.С.Днепровский. АЭ, 8, 46 /1960/.
2. H.Schepers, Z.f.Natur., 17a, 695 (1962).
3. A.H.Wapstra, N.B.Cove. Nucl.Data, 9, No 4-5 (1971).
4. R.Graetzer, A.V.Hagemann, H.A.Hagemann and B.Elbe. Nucl.Phys., 76, 1 (1966).
5. T.Grotdal, K.Nybo, T.Thorsteinsen, B.Elbe. Nucl.Phys., A110, 385 (1968).
6. J.H.Jett and D.A.Lind. Nucl.Phys., A155, 182 (1970).
7. J.V.Maher, J.J.Kolata, R.W.Miller. Phys.Rev., C6, 358 (1972).
8. H.Schepers. Report BMW-FB, K70-30, Bonn, 1970.
9. А.А.Абдуразаков, Я.Врзал, К.Я.Громов, Ж.Т.Желев, В.Г.Калинников, Я.Липтак, Ли Сан Гын, Ф.Н.Мухтасимов, У.К.Назаров, Я.Урбанец. Изв. АН СССР, сер.физ., 32, 749 /1968/.
10. В.С.Александров, Ц.Вылов, Т.М.Мушинов, Б.П.Осипенко. Сообщение ОИЯИ, Р6-7308, Дубна, 1973.
11. Е.Береги, Ц.Вылов, Й.Крацикова, Ли Чен Сон, Б.П.Осипенко, Л.А.Пермякова, В.Г.Тишин. Сообщение ОИЯИ, Р13-6830, Дубна, 1972.

Рукопись поступила в издательский отдел  
5 июня 1974 года.