



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория ядерных проблем

с 350

Д-54

И.С. Днепровский

1104

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПАДОВ
НЕЙТРОНОДЕФИЦИТНЫХ ИЗОТОПОВ
ЭРБИЯ И ГОЛЬМИЯ
С ПОМОЩЬЮ БЕТА-СПЕКТРОМЕТРА
С ДВОЙНОЙ ФОКУСИРОВКОЙ НА УГОЛ $\pi\sqrt{2}$

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Научный руководитель
член-корреспондент АН СССР

Б.С. Джелепов

Дубна 1962 год

И.С. Днепровский

1104

С 350

Д-54

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПАДОВ
НЕЙТРОНОДЕФИЦИТНЫХ ИЗОТОПОВ
ЭРБИЯ И ГОЛЬМИЯ
С ПОМОЩЬЮ БЕТА-СПЕКТРОМЕТРА
С ДВОЙНОЙ ФОКУСИРОВКОЙ НА УГОЛ $\pi/2$

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Научный руководитель
член-корреспондент АН СССР

Б.С. Джелепов

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

Дубна 1962 год

Развитие современных знаний о структуре атомного ядра в значительной степени связано с анализом существующих теоретических представлений (моделей*) в свете экспериментальных фактов, получаемых методами ядерной спектроскопии. Сопоставление теории с экспериментом позволяет критически оценить разрабатываемые теории и определить границы их применения. Накопление экспериментального материала и выявление в нем общих закономерностей способствует дальнейшему развитию теории ядра. Особенно интересными с этих позиций являются ядра, форма которых отличается от сферической.

Данная работа является частью исследований нейтронодефицитных деформированных ядер из области $Nd - Pt$, проводимых под руководством члена-корреспондента АН СССР Б.С. Дзелепова.

Исследуемые ядра получались при облучении тантала протонами с энергией 660 Мэв на синхротроне Объединенного института ядерных исследований в результате идущей в этих условиях реакции глубокого отщепления. Использование хроматографического метода при обработке облученной мишени позволяло получать радиоактивные препараты без носителя.

В данной работе изучались распады нейтронодефицитных изотопов эрбия и их дочерних продуктов (фракция эрбия), сведения о которых были скудны или отсутствовали совсем. Период полураспада этих изотопов составляет 0,5-3,5 часа. Сведения о распадах и ядерные характеристики получались путем изучения спектров конверсионных электронов и позитронных спектров. Конверсионные спектры измерялись до энергии 1000 Кэв, позитронные спектры - до 2500 Кэв. Экспериментальные данные анализировались в свете представлений и выводов обобщенной модели и модели неаксиальных ядер, развиваемой А.С. Давыдовым с сотрудниками и, когда возможно, строились схемы распадов.

Измерения выполнялись на бета-спектрометре с двойной фокусировкой на угол $\pi\sqrt{2}^{1/2}$. Цилиндрически симметричное поле спектрометра определяется выражением

$$H(\rho) = H(\rho_0) \left[1 - \frac{1}{2} \frac{\rho - \rho_0}{\rho_0} + \frac{3}{8} \left(\frac{\rho - \rho_0}{\rho_0} \right)^2 - \dots \right],$$

где ρ - текущий радиус, ρ_0 - радиус равновесной орбиты ($\rho_0 = 225$ мм).

Конструкция бета-спектрометра, называемого согласно заводскому шифру БПП-1, была разработана при участии автора на заводе, организовавшем мелкосерийное производство таких приборов. Конкретный вклад автора в это дело состоял в анализе электронно-оптических свойств магнитного поля спектрометра на основе выполненных им на электронно-счетной машине расчетов более трехсот

траекторий электронов, а также в участии в работах по получению поля заданного распределения, участии в наладке первого опытного образца прибора, участии во всех заводских испытаниях и проведении эксплуатационных испытаний спектрометра.

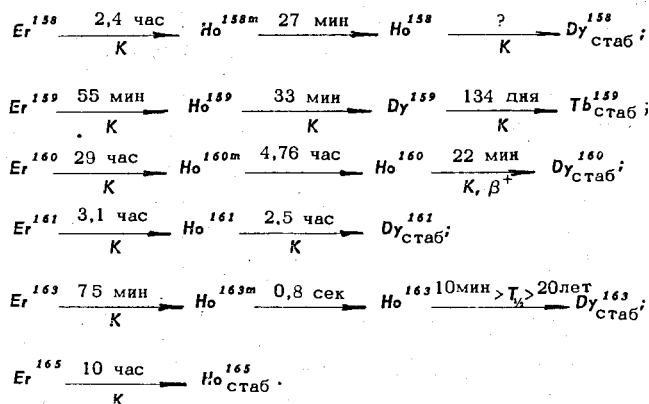
Спектры измерялись в двух режимах, соответствующих телесным углам 0,6% и 0,45% от 4π с радиоактивным источником и входным окном одинаковых размеров - $0,8 \times 20$ мм. Относительная полуширина линии К-661,6 распада Cs^{137} в первом случае составляла 0,33 и во втором - 0,25%.

Магнитное поле замерялось при помощи магнитометра, основанного на магнитоэлектрическом взаимодействии легкой круглой катушки, через которую пропускается ток, с измеряемым магнитным полем^{/2/}. Использование этого прибора делало измерения независимыми от остаточного магнетизма в железе электромагнита, благодаря чему приобреталась оперативность, позволяющая проводить многократные измерения разных участков спектра в одной и той же серии измерений. Последнее совершенно необходимо при исследовании сравнительно короткоживущих изотопов.

Сумма систематических и случайных ошибок при определении энергии конверсионных электронов с помощью магнитометра составляла 0,1-0,3%.

Исследование спектра конверсионных электронов происходило в следующем порядке. Сначала было проведено предварительное изучение шести перекрывающихся областей, на которые был разбит спектр, а затем каждая из областей исследовалась детально.

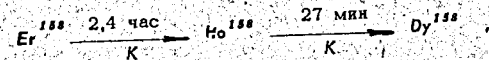
Всего было изучено 32 препарата эрбия, три препарата дочернего гольмия, выделенного из фракции эрбия, и один препарат фракции гольмия. В изучавшихся препаратах наблюдались распады следующих изотонов:



При исследовании распадов получены следующие результаты, перечисляемые в порядке возрастания массовых чисел изотопов.

A = 158

В процессе настоящих исследований^{/3,4/} были открыты два новых, генетически связанных изотопа - Er^{158} ($T_{1/2} = (2,4 \pm 0,1) \text{ час}$) и Ho^{158} ($T_{1/2} = (27 \pm 2) \text{ мин}$), распадающиеся посредством К-захвата, т.е. установлено существование цепочки



что подтверждено в работах^{/5,6/}. Наши измерения явились первыми исследованиями распадов этих изотопов.

Распад $Er^{158} \rightarrow Ho^{158}$. В таблице 1 приведены основные сведения о конверсионных электронах, сопровождающих этот распад. Перечисленные линии конверсионных электронов соответствуют трем переходам с энергиями: 67,0; 71,5 и 386,5 Кэв. Мультипольность первого - E3, второго - M1 и для третьего допускаются характеристики - E1, M1, M2.

Некоторые соображения позволяют предполагать, что переход 67,0 Кэв происходит в ядре Ho^{158} между изомерным состоянием (спин 2⁻) и основным (спин 5⁺).

Существование переходов 67,0 Кэв и 386,5 Кэв подтверждено данными работы^{/6/}.

Распад $Ho^{158} \rightarrow Dy^{158}$. Основные сведения о конверсионных электронах, сопровождающих распад, приведены в таблице 2. Достоверно установлена принадлежность распаду восьми переходов с энергиями в Кэв: 93,6; 218,1; 320,3; 731; 848; 851; 946; 949^{/3,4,7,8,9/}.

Таблица 1

Конверсионные электроны распада Er^{152} — Ho^{152}

№№ пп	$H\rho$ гс.см	E_e , Кэв	Иденти- фикация	$h\nu$, Кэв	Относительная интенсивность
1.	833	57,7	L_1+L_{II}	66,6	130 ± 30
2.	842	58,85	L_2	66,9	100 ± 5
3.	866	62,2	L_3	71,6	25 ± 4
4.	888	65,2	M	67,3	65 ± 15
5.	898	66,55	N	67,0	$15\pm 3,5$
6.	953	71,4	N	71,7	$1,4\pm 0,3$
7.	2230	330,4	K	386,0	$1,30\pm 0,15$
8.	2424	377,3	L	386,7	$0,21\pm 0,05$
9.	2455	384,8	M	386,9	$0,15\pm 0,05$

Таблица 2

Конверсионные электроны распада Ho^{152} — Dy^{152}

№№ пп	$H\rho$ гс.см	E_e , Кэв	Иденти- фикация	$h\nu$, Кэв	Относительная интенсивность
1	2	3	4	5	6
1.	728,5	44,7	K	98,5	580 ± 100
2.	1054	89,8	L_1+L_{II}	98,4	400 ± 80
3.	1060	90,65	L_{III}	98,5	900 ± 60
4.	1098	96,9	M	98,9	150 ± 30
5.	1006	98,2	N	98,6	35 ± 7
6.	1344	139,7	K	193,5	10 ± 4
7.	1474	164,5	K	218,3	100 ± 5
8.	1576	185	L	194	$1,7\pm 0,6$
9.	1689	208,4	L_1+L_2	-	27 ± 5
10.	1695	209,5	L_3	217,4	11 ± 2
11.	1725	216,0	M	217,8	$3,7\pm 0,1$
12.	1733	217,6	N	218,0	$1,1\pm 0,3$
13.	1922	259,0	K	312,8	$2,2\pm 0,6$

1	2	3	4	5	6
14.	1953	266,0	K	319,8	$4,5\pm 0,8$
15.	2112	302,6	K	356,4	$2,4\pm 0,6$
16.	2127	306,0	L	314	$0,25\pm 0,12$
17.	2151	311,8	L	320,9	$1,0\pm 0,3$
18.	2179	318,3	M	320,3	$0,20\pm 0,08$
19.	2306	348,5	L	357,6	$0,4\pm 0,1$
20.	2770	564,0	K	618	-
21.	3322	608,1	L	617	-
22.	3573	675,5	K	731	$0,6\pm 0,3$
23.	4006	794,1	K	847,9	$2,0\pm 0,4$
24.	4017	797,0	K	850,8	$1,0\pm 0,2$
25.	4167	838,5	L	847,6	$0,4\pm 0,2$
26.	4181	842	L	851	$0,2\pm 0,1$
27.	4360	892,2	K	946,0	$2,0\pm 0,4$
28.	4368	894,5	K	948,3	$1,8\pm 0,4$
29.	4522	937,6	L	946,7	$0,40\pm 0,15$
30.	4531	940	L	949	$0,30\pm 0,15$
31.	4783	1011,0	K	1064,8	$0,25\pm 0,10$
32.	4948	1057,5	L	1065,6	$0,05\pm 0,02$

Три перехода 193,5; 312,8 и 356,4 Кэв, существование которых установлено нами в /7,9/, приписаны распаду условно, так как наши данные не исключают их принадлежность распадам цепочки, начинающейся с Er^{161} или распаду Er^{158} . Переходы с энергией 619 Кэв и 1065 Кэв, о которых впервые сообщали в работе /7/, приписаны распаду на основании данных работы /10/. Мы уточняем значения энергий, указанные в /10/.

Существование всех перечисленных переходов, кроме 193,5 Кэв и 312,8 Кэв, подтверждено в работах /6,10,11/.

Сравнением экспериментальных отношений интенсивностей линий переходов с теоретическими определена мультипольность переходов 98,6 Кэв и 218,1 Кэв, характеристика которых E2.

Схема распада впервые была предложена нами в работе /7/, где установлено существование полосы вращательных уровней основного состояния ядра Dy^{158} (уровни 98,6 Кэв и 318,7 Кэв на рис. 1а).

При анализе полученных в последующих измерениях экспериментальных данных было обнаружено, что энергии ряда переходов в ядре ${}^{66}Dy_{92}^{158}$ и интенсивности конверсионных электронов, сопровождающих эти переходы, близки по своим значениям к энергиям переходов и интенсивностям конверсионных электронов, наблюдавшимся в соседнем четно-четном ядре ${}^{66}Dy_{94}^{160} /12/$ (таблица 3).

Таблица 3

Близкие по энергиям переходы в ядрах ${}^{66}Dy_{92}^{158}$ и ${}^{66}Dy_{94}^{160}$ и относительные интенсивности конверсионных электронов с К-оболочек, сопровождающих эти переходы

${}^{66}Dy_{92}^{158}$		${}^{66}Dy_{94}^{160}$	
Энергии переходов в Кэв	Относительные интенсивности К-линий переходов	Энергии переходов в Кэв	Относительные интенсивности К-линий переходов
98,6	580±100	86,5	814±150
218,1	100±5	196,5	100±5
73I	0,6±0,3	767	0,8±0,1
848	2,0±0,4	873	0,92±0,13
85I	1,0±0,2	880	2,6±0,4
946	2,0±0,4	963	2,1±0,3
949	1,8±0,4	967	1,8±0,3
1065	0,25±0,10	1069	0,24±0,03

Это позволяло думать, что в схемах уровней Dy^{158} и Dy^{160} положение уровней, характеристики уровней и размещение переходов в какой-то мере аналогичны.

Построенная на основании этих соображений схема распада $Ho^{158} \rightarrow Dy^{158}$ изображена на рис. 1а. Для сравнения на рис. 1б приведен фрагмент схемы распада $Ho^{160} \rightarrow Dy^{160} /12/$.

Используя данные об относительных интенсивностях конверсионных линий и коэффициенты конверсии, вытекающие из схемы распада, мы оценили интенсивности размещенных в схеме переходов и подвели баланс для некоторых уровней. Противоречий в балансе интенсивностей предполагаемой схемы обнаружено не было. Наблюдаемое для некоторых уровней превышение суммарных интенсивностей, уходящих с этих уровней переходов относительно приходящих на них, можно объяснить существованием не обнаруженных переходов и, возможно, позитронным распадом на эти уровни.

Энергии уровней схемы и отношения приведенных вероятностей нескольких переходов сравнивались с рассчитанными по теории аксиальных /13/ и по теории неаксиальных ядер /14/ как в адиабатическом, так и в неадиабатическом приближениях (таблицы 4 и 5). Данные таблиц 4 и 5 позволяют констатировать согласие схемы с представлениями той и другой теории, что свидетельствует о правильности схемы, однако, категорического предпочтения в пользу одной из теорий сделать нельзя.

Таблица 4

Сравнение экспериментальных и теоретических отношений приведенных вероятностей переходов между вращательными полосами в Dy^{158}

Отношения приведенных вероятностей	Эксперимент	Т е о р и я		
		Аксиальные ядра		Неаксиальные ядра $\gamma = 12,8^\circ$
		по Ала-га /15/	с поправкой Моттельсона $Z = 0,040$	
$V(22^+ \rightarrow 00^+)^1 : V(22^+ \rightarrow 20^+)$	0,60	0,70	0,66 ²	0,45
$V(32^+ \rightarrow 20^+) : V(32^+ \rightarrow 40^+)$	1,34	2,5	1,5	0,98
$V(42^+ \rightarrow 20^+) : V(42^+ \rightarrow 40^+)$	0,11	0,34	0,18	0,10

1) Цифры у начала стрелки характеризуют уровень, с которого идет переход; цифры, на которые указывает стрелка, характеризуют конечный уровень. Первая цифра - I, вторая - K, знак - четность π .

2) Значение, использованное для вычисления параметра в поправочном множителе Моттельсона /16/.

Таблица 5

Сравнение экспериментальных значений энергии уровней вращательных полос в Dy^{158} с теоретическими, рассчитанными по теории аксиальных ядер^{/13/} и по теории неаксиальных ядер^{/14/} (энергия указана в Кэв)

I, K J уровня	Экспе- римент	Т е о р и я			
		Адиабатическое приближение		Неадиабатическое приближение	
		Аксиальные ядра $A_1=16,43$ Кэв $A_2=16,83$ Кэв	Неаксиальн. ядра $\gamma=12,8^\circ$ $\mu=0$	Аксиальные ядра $A_1=16,88$ Кэв $B_1=-0,043$ Кэв $A_2=17,58$ Кэв $B_2=-0,128$ Кэв	Неакс. ядра $\gamma=12,8^\circ$ $\mu=0,27$
2 0 +	98,6	98,6 ^{I)}	98,6 ^{I)}	98,6 ^{I)}	98,6 ^{I)}
4 0 +	316,7	328	325	316,7 ^{I)}	316,7 ^{I)}
6 0 +	-	690	672	625	632
8 0 +	-	1183	1131	978	1055
2 2 +	946 ^{I)}	946 ^{I)}	946 ^{I)}	946 ^{I)}	946 ^{I)}
3 0 2 +	1046	1047 ^{I)}	1046	1048 ^{I)}	1021
4 2 +	1166	1181	1178	1168 ^{I)}	1188
5 2 +	-	1350	1341	1296	1257

I) Значения энергий уровней, использованные в расчетах.

A = 159

Наблюдая при изучении конверсионных спектров фракции эрбия ряд линий с неизвестным в то время периодом полураспада ($T_{1/2} = 1$ час), мы приписали их новому изотопу эрбия ¹³⁸. Категорического заключения о его массовом числе сделано не было, но, исключив ряд массовых чисел, мы, фактически, допускали только значение A=159. Как видно из работы ¹⁷, где точно установлено существование E_{γ}^{159} и описаны конверсионные электроны, совпадающие с нашими (таблица 6), наши заключения о массовом числе изотопа были правильны. Установленное нами значение периода полураспада этого изотопа $T_{1/2} = (55 \pm 5)$ мин является наиболее точным.

Линия $E_{\gamma} = 122,7$ Кэв, приписанная распаду Ho^{159} , наблюдалась только нами.

Т а б л и ц а 6

Конверсионные электроны распада $Ho^{159} \longrightarrow Dy^{159}$

№№ п/п	H_{ρ} гс.см	E_{γ} , Кэв	Идентификация	$h\nu$, Кэв
1.	I229	118,9	L	128,0
2.	I250	122,7	-	-
3.	I255	123,5	K	177,3
4.	I495	168,7	L	177,8
5.	I907	255,8	K	309,6
6.	2I05	301,0	L	310,1

A = 160

Конверсионные электроны цепочки $Er^{160} \longrightarrow Ho^{160} \longrightarrow Dy^{160}$ хорошо изучены в ряде работ, экспериментальные условия которых были лучше наших. Исследование распадов этих изотопов не входило в задачи данной работы. Наблюдавшиеся конверсионные электроны были использованы для проверки использованного нами метода определения энергии конверсионных электронов.

A = 161

В цепочке распадов $Er^{161} \rightarrow Ho^{161} \rightarrow Dy^{161}$ мы исследовали только распад первого звена $Er^{161} \rightarrow Ho^{161}$, так как конверсионные электроны распада $Ho^{161} \rightarrow Dy^{161}$ хорошо изучены.

Спектр конверсионных электронов, сопровождающих распад $Er^{161} \rightarrow Ho^{161}$, впервые наблюдался нами. Сведения, полученные об энергиях и относительных интенсивностях этих электронов, позволили установить существование переходов с энергиями 211 Кэв^{/3/} и 592 Кэв^{/7,18/} и подтвердить существование перехода 826 Кэв^{/3/}, о котором сообщалось в работе^{/19/}.

Значение мультипольности перехода 211 Кэв - E3, найденное по отношениям K/L и $(L_1 + L_2)/L$, свидетельствовало о существовании в ядре Ho^{161} изомерного уровня, что подтверждено в^{/20/}.

Для определения мультипольности перехода 826,5 Кэв измерения конверсионного спектра были дополнены измерениями гамма-спектра на спитилляционном спектрометре. Она оказалась M1^{/21,22/}.

Построенная по нашим данным схема распада, изображенная на рис.2^{/22/}, согласуется с более полной схемой, опубликованной Гренчем и Барсоном^{/23/}.

Конверсионные электроны, сопровождающие распад $Er^{161} \rightarrow Ho^{161}$ по нашим последним данным, и основные сведения об этих электронах приведены в таблице 7. Кроме конверсионных электронов, принадлежащих трем вышеуказанным переходам, мы приписываем этому распаду конверсионные электроны, соответствующие переходам с энергиями 130,5; 311; 507; 865 и 932 Кэв. Наши данные относительно этих линий недостаточны для однозначного определения их изотопной принадлежности. Основанием для приписания линий этому распаду послужили данные работы^{/23/}, в которой при изучении гамма-спектра распада Er^{161} определены переходы с энергиями, близкими к вышеуказанным. Воспользовавшись относительными интенсивностями гамма-излучения переходов 507, 592, 865 и 932 Кэв по^{/23/} и нашими данными об относительных интенсивностях конверсионных электронов этих переходов, мы определили их мультипольности. Они оказались соответственно: E1, E2, E1 и E1.

A = 163

Наблюдалась линия конверсионных электронов известного перехода с энергией 430 Кэв, сопровождающего распад Er^{163} ($T_{1/2} = 75$ мин). Новых результатов получено не было.

Таблица 7

Конверсионные электроны распада Er^{161} — Ho^{161}

№№ пл	H_p гс. см	$E_{e\gamma}$ Кэв	Идентифи- кация	$h\nu$, Кэв	Относительная интенсивность
I.	968	76,6	K	130,4	-
2.	1245	121,7	$L_1 + L_2$	130,3	$7,0 \pm 1,5$
3.	1250	122,7	L_2	130,6	$3,2 \pm 0,8$
4.	1284	128,8	M	130,8	$1,5 \pm 0,4$
5.	1304	130,3	N	130,7	$0,4 \pm 0,1$
6.	1427	155,4	K	211,0	100 ± 10
7.	1657	201,6	$L_1 + L_2$	210,5	70 ± 7
8.	1660	202,15	L_2	210,2	38 ± 4
9 ¹⁾	-	-	M	211,0	-
10 ¹⁾	-	-	N	211,0	-
11.	2721	451,5	K	507	$0,10 \pm 0,03$
12.	3051	536,6	K	592,1	$0,90 \pm 0,13$
13.	3227	583,0	L	592,4	$0,26 \pm 0,12$
14.	3923	771,0	K	827,0	13 ± 1
15.	4062	809,4	K	865	$0,10 \pm 0,07$
16.	4088	816,5	L	825,6	$2,0 \pm 0,25$
17.	4117	824,5	M	826,0	$0,4 \pm 0,2$
18.	4302	876,0	K	932	$0,06 \pm 0,02$
19.	4502	923,0	L	933	$0,010 \pm 0,003$

1) Совпадает с L - 218,7 распада Ho^{158} — Dy^{158} .

Наблюдались электроны Оже, сопровождающие распад Er^{163} ($T_{1/2} = 19$ час).
Новых сведений получено не было.

17 линий конверсионных электронов с периодом полураспада 2-4 часа мы не идентифицировали. Их энергии в Кэв: 74,0; 92,3; 93,9; 132,3; 139,2; 145,1; 408; 510; 565; 594; 671; 784; 841; 845; 933; 942; 944.

Нами впервые наблюдался позитронный спектр фракции эрбия. Было обнаружено три компонента, спадающие с периодом полураспада 2-4 часа, граничные энергии которых (650 ± 150) Кэв, (1250 ± 150) Кэв и (2000 ± 250) Кэв.

Результаты исследований докладывались на УП, IX, X, XI ежегодных совещаниях по ядерной спектроскопии и на II, III, IV совещаниях по нейтронодефицитным изотопам в ОИЯИ.

Материал, положенный в основу диссертации, опубликован в работах /1,3,4,7,8,21,22/

Л и т е р а т у р а

1. И.М. Беккерман, Б.А. Гуменюк, И.С. Днепровский. "Бета-спектрометр типа БПГ". ВИНТИ, М., 1959.
2. В.К. Лукашов. ПТЭ, № 1, 149 (1961).
3. И.С. Днепровский, Г.М. Колесов. Изв. АН СССР, Сер. физ., 22, 935 (1958).
4. И.С. Днепровский. Атомная энергия, 8, 46 (1960).
5. Н.А. Бонч-Осмоловская, Ван Юн-юй, Б.С. Джелепов, О.Е. Крафт. "Новые данные о нейтронодефицитных изотопах", ОИЯИ, Дубна, 1960.
6. А.А. Абдуразаков, К.Я. Громов, Б.С. Джелепов, В.А. Халкин, Изв. АН СССР, Сер. физ., 25, 1096 (1961).
7. И.С. Днепровский. Материалы II совещания по ядерной спектроскопии нейтронодефицитных изотопов редких земель, 3, 20 (1959), ОИЯИ, Дубна.
8. К.Я. Громов, И.С. Днепровский. Изв. АН СССР, Сер. физ., 24, 1105 (1961).
9. И.С. Днепровский. Сообщение на X ежегодном совещании по ядерной спектроскопии (1960).
10. А.С. Басина, К.Я. Громов, Б.С. Джелепов, В.А. Морозов. Изв. АН СССР, Сер. физ., 25, 194 (1961).
11. К.Я. Громов, Б.С. Джелепов, Зыонг Чонг Бай, В.Г. Чумин. Материалы II совещания по ядерной спектроскопии нейтронодефицитных изотопов редких земель, 3, 37 (1959). ОИЯИ, Дубна.

12. Е.П. Григорьев, Б.С. Джелепов, А.В. Золотавин, Б. Крапик, Г. Биттерлих. Изв. АН СССР, Сер. физ., 23, 868 (1959).
13. А. Bohr, Kong. Danske Vidensk. Selsk. Mat.-Fys. Medd. 26, 14 (1952).
(См. пер. Пробл. соврем. физ. Сб. перев. и обз. ин. период. лит. 9, 5 (1956)).
А. Bohr, В. R. Mottelson, Kong. Danske Vidensk. Selsk. Mat.-Fys. Medd., 27, 16 (1953).
(См. пер. Пробл. соврем. физ. Сб. перев. и обз. ин. период. лит. 9, 73 (1955)).
14. А.С. Давыдов, Г.Ф. Филиппов. ЖЭТФ, 35, 440 (1958);
А.С. Давыдов, В.С. Ростовский. ЖЭТФ, 36, 1788 (1959);
A.S. Davidov, A.A. Chaban, Nucl. Phys., 20, 499 (1960).
15. G. Alaga, K. Alder, A. Bohr, V. Mottelson, Kong. Danske Vidensk. Selsk. Mat.-Fys. Medd., 29, 9 (1955).
(См. пер. Пробл. совр. физ. Сб. перев. и обз. ин. период. лит., 1, 80 (1956)).
16. P. Gregers Hansen, O.V. Nielsen, P.K. Shelton, Nucl. Phys., 12, 389 (1959).
17. А.А. Абдуразаков, Ф.М. Абдуразакова, К.Я. Громов, Г.Я. Умаров. ЖЭТФ, 41, 1729 (1961).
18. И.С. Днепровский. Сообщение на III совещании по нейтронодефицитным изотопам, Дубна, 1959.
19. T.N. Handley, E.L. Olson, Phys. Rev., 93, 524, (1954).
20. V. Hamatz, T.N. Handley, I.W. Mihelich, Phys. Rev., 114, 1082 (1959).
21. И.С. Днепровский, Л. Нэмет. Материалы III совещания по ядерной спектроскопии нейтронодефицитных изотопов редких земель, 3, 20 (1959), ОИЯИ, Дубна.
22. И.С. Днепровский, Л. Нэмет, Л.К. Пекер. ЖЭТФ, 39, 13 (1960).
23. H.A. Grench, S.V. Burson, Phys. Rev., 121, 831 (1961).

Рукопись поступила в издательский отдел
22 октября 1962 года.

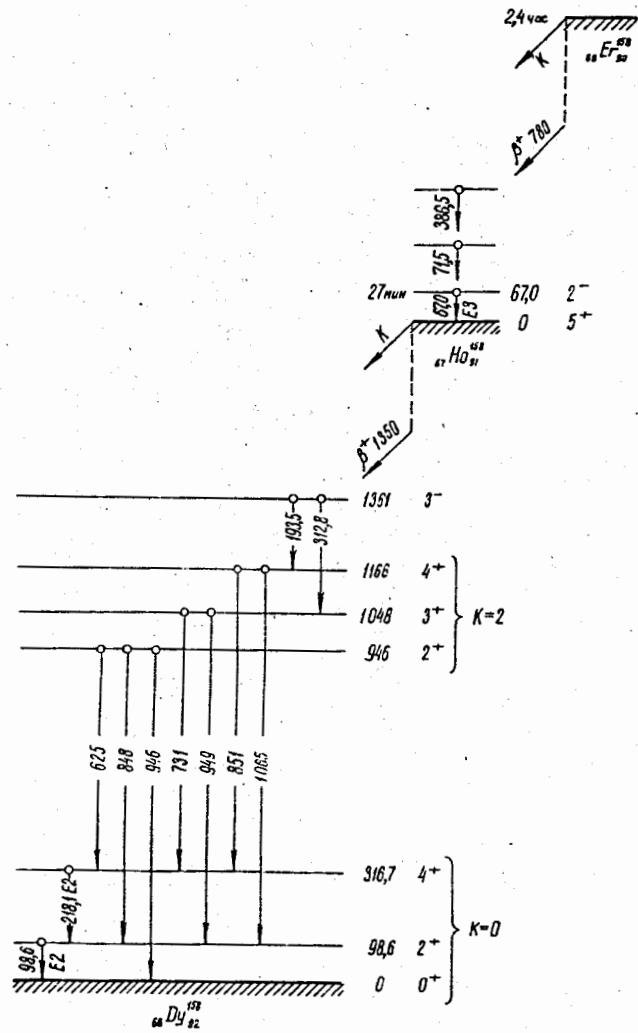


Рис. 1а. Схема распадов цепочки

$$Er^{158} \rightarrow Ho^{158} \rightarrow Dy^{158}$$

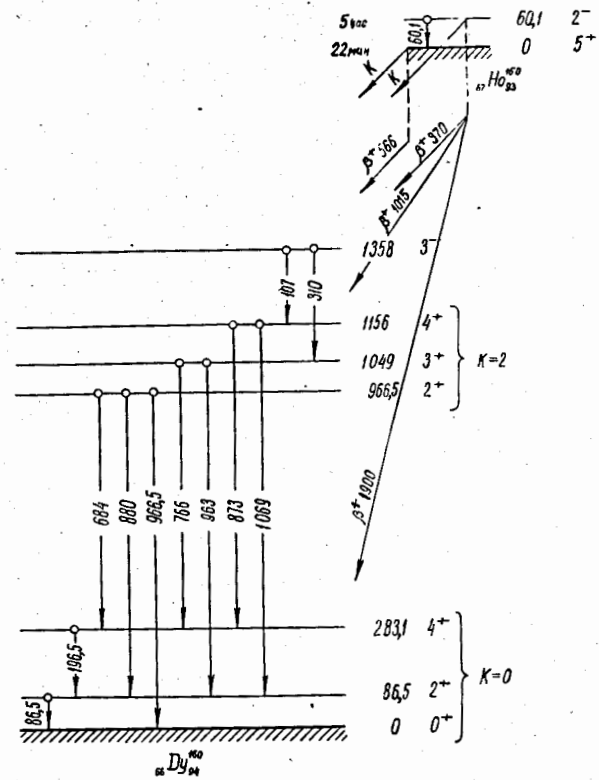


Рис. 16. Фрагмент схемы распадов цепочки

$$Er^{160} \rightarrow Ho^{160} \rightarrow Dy^{160} / 12/$$

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

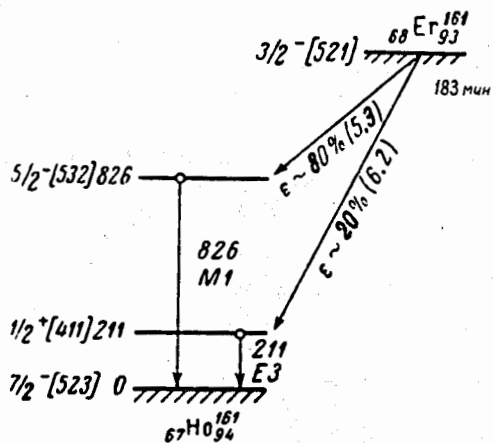


Рис. 2. Схема распада $\text{Er}^{161} \rightarrow \text{Ho}^{161}$. В квадратных скобках приведены асимптотические числа Нильсона N, n_z, Λ ; в круглых скобках - значение $\log(ft)$.