

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА



24/IV-78

A-656

P6 - 11196

1805/2-78

В.Андрейчев, Г.И.Лизурей, М.М.Маликов,  
Т.М.Муминов,<sup>2</sup> Ш.Оманов, Р.Р.Усманов

О РАСПАДЕ  $^{153}\text{Ho} \xrightarrow{9,3 \text{ мин}} ^{153}\text{Dy}$

**1978**

В. Андрейчев, Г.И. Лизурей, М.М. Маликов,<sup>1</sup>  
Т.М. Муминов,<sup>2</sup> Ш.Оманов, Р.Р. Усманов<sup>2</sup>

О РАСПАДЕ  $^{153}\text{Ho} \xrightarrow{9,3 \text{ мин}} ^{153}\text{Dy}$

*Направлено в "Известия АН СССР" /сер. физ./*

---

<sup>1</sup> Институт ядерной физики АН УзССР, Ташкент.

<sup>2</sup> Самаркандский государственный университет.

Андрейчев В.

P6 - 11196

К вопросу о распаде  $^{153}\text{Ho} \xrightarrow{9.3 \text{ мин}} ^{153}\text{Dy}$

В настоящей работе исследовались времена жизни нижних возбужденных состояний  $^{153}\text{Dy}$  и схема распада  $^{153}\text{Ho}$ . Периоды полураспада уровней 108,8; 270,6 и 500,9 кэВ определены, как  $T_{1/2} = (1,35 \pm 0,10)$  нс,  $T_{1/2} \leq 0,25$  нс и  $T_{1/2} \leq 0,20$  нс соответственно.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Преприят Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1978

Andreichev V.

P6 - 11196

On the  $^{153}\text{Ho} \xrightarrow{9.3 \text{ min}} ^{153}\text{Dy}$  Decay

The lifetimes of the lower excited states of  $^{153}\text{Dy}$  and the  $^{153}\text{Ho}$  decay scheme have been studied. The half-lives of 108,8, 270,6 and 500,9 keV levels have been determined to be  $T_{1/2} = (1,35 \pm 0,10)$  nsec,  $T_{1/2} \leq 0,25$  nsec and  $T_{1/2} \leq 0,20$  nsec, respectively.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research.

Dubna 1978

В последнее время проявляется значительный интерес к изучению структуры нечетных ядер с числом нейтронов  $N = 87$ . Экспериментальные факты говорят о существовании в этих ядрах состояний с разной деформацией. Основные состояния изотопов  $^{149}\text{Sm}_{87}$ ,  $^{151}\text{Gd}_{87}$  и  $^{153}\text{Dy}_{87}$  с  $I = 7/2$  интерпретируются, как сферические состояния  $(2f 7/2)^{1-3/}$ . С другой стороны, в недавней работе Клайнхайнца и др.<sup>/3/</sup> выполненной при исследовании реакции  $(\alpha, 3n)$ , в вышеупомянутых изотопах были обнаружены возбуждения состояний развязанных ротационных полос, связанных с состояниями подоболочки  $i13/2$ , обладающими квадрупольной деформацией  $\beta \approx 0,20$ . Кроме того, в этих ядрах были обнаружены состояния, последовательность которых сильно напоминает ротационную полосу  $i11/2^-/505/$ , по моменту инерции которой можно определить значение квадрупольной деформации:  $\beta \approx 0,29$ .

Указание на такое многообразие структур в изотопах с  $N = 87$  требует дальнейших экспериментальных и теоретических исследований. Например, большой интерес представляют попытки обнаружить экспериментальную заторможенность электромагнитных переходов между состояниями с разной степенью деформации. Такие попытки для ядра  $^{151}\text{Gd}$  в реакции  $(\alpha, 2n)$  дали отрицательный результат<sup>/4/</sup>.

При исследованиях структуры состояний в ядерных реакциях (in beam) преимущественно возбуждаются состояния с высокими значениями спинов. Эти данные очень важны, однако для полного понимания ядерной структуры они недостаточны: необходима еще информация о низкоспиновых состояниях, которые преимущест-

венно возбуждаются при радиоактивном распаде. Имеющиеся в настоящее время сведения о радиоактивном распаде  $^{153}\text{m Ho} \rightarrow ^{153}\text{Dy}/T_{1/2} = 9,3 \text{ мин}^{15/}$ ,  $T_{1/2} = 2 \text{ мин}^{16/}$  крайне недостаточны и противоречивы.

В работах Зубера и др.<sup>7,8/</sup> приведены сведения о  $\gamma$ -лучах и конверсионных электронах, сопровождающих  $\beta$ -распад  $^{153}\text{Ho}$ , а также указывается, что в схему уровней  $^{153}\text{Dy}$  введены возбужденные состояния с энергиями 108,9; 270,6; 500,7; 566,0; 628,7 и 824,4 кэВ. Однако этим результатам противоречат данные о  $\gamma$ -лучах  $^{153}\text{Ho}$ , полученные Шмидт-Оттом и др.<sup>9/</sup>

В настоящей работе измерялись времена жизни нижних возбужденных состояний  $^{153}\text{Dy}$ , с целью разрешения вышеуказанных противоречий исследовались спектры  $\gamma$ -лучей и  $e-\gamma$ -совпадений при распаде  $^{153}\text{g Ho}$ .

### РАДИОАКТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ

В исследованиях использовались радиоактивные источники, получающиеся в реакции глубокого расщепления при облучении мишени Ta протонами с энергией 660 МэВ на синхроциклотроне ОИЯИ.

При помощи электромагнитного масс-сепаратора непосредственно из облученной мишени выделялись изобары с  $A = 153$ . К началу измерений основная активность источников была обусловлена распадом  $^{153}\text{Ho}$ ,  $^{153}\text{Dy}$  и  $^{137}\text{Nd}$  ( $^{137}\text{Nd} + ^{16}\text{O}$ ).

### АППАРАТУРА

Спектры  $\gamma$ -лучей измерялись с помощью двух Ge(Li)-детекторов с чувствительными объемами  $0,8 \text{ см}^3/\Delta E_{\gamma} = 0,5 \text{ кэВ}$  при  $E_{\gamma} = 122 \text{ кэВ}$  и  $38 \text{ см}^3/\Delta E_{\gamma} = 1,9 \text{ кэВ}$  при  $E_{\gamma} = 1,3 \text{ МэВ}$ . Спектры  $\gamma$ -лучей обрабатывались на ЭВМ "Минск-2" по программе КАТОК<sup>10/</sup>, а калибровка производилась на ЭВМ CDC-6500<sup>11/</sup>.

Совпадения конверсионных электронов с  $\gamma$ -лучами исследовались на установке  $e-\gamma$ -совпадений, собранной

Таблица 1

Энергии и интенсивности  $\gamma$ -лучей при распаде  $^{153}\text{Ho} \rightarrow ^{153}\text{Dy}$

/8/			/9/		Настоящая работа	
$E_{\gamma}(\Delta E_{\gamma})$	$I_{\gamma}(\Delta I_{\gamma})$ , отн.ед.	$\delta L$	$E_{\gamma}(\Delta E_{\gamma})$	$I_{\gamma}(\Delta I_{\gamma})$ , %	$E_{\gamma}(\Delta E_{\gamma})$	$I_{\gamma}(\Delta I_{\gamma})$ , отн.ед.
					$K_{a2}$	1900(230)
					$K_{a1}$	2820(300)
72,8(1)	28,5(25)		-	-	-	-
90,5(1)	62,9(53)		-	-	-	-
108,86(7)	895(43)	E2	109,0(5)	6(4)	108,8(1)	1087(40)
121,5(1)	23(3)		-	-	-	-
161,1(1)	993(48)	MI+E2	162,0(5)	20(7)	161,8(1)	912(47)
199,1(3)	35(5)		-	-	198,9(2)	82(17)
230,1(2)	588(32)	MI	-	-	230,2(1)	578(35)
259,0(2)	121(10)	E2	-	-	259,0(1) <sup>б)</sup>	-
270,6(1)	774(41)	E2	-	-	270,7(1)	776(44)
-	-		295,8(1)	13(6)	295,6(5) <sup>б)</sup>	-
-	-		334,0(1)	40(15)	-	-
-	-		343,0(2)	40(3)	-	-
365,8(1)	1000	MI	366,1(1)	13(5)	366,0(1) <sup>а)</sup>	1000
391,8(2)	94(5)		-	-	391,7(2)	130(25)
405,4(3)	42,9(46)		-	-	-	-
420,4(2)	175(12)	MI	-	-	420,1(1) <sup>б)</sup>	-
-	-		438,1(1)	22(5)	-	-
456,4(2)	463(15)	MI+E2	455,8(2)	15(3)	456,6(1) <sup>б)</sup>	-
551,0(2)	90(7)		-	-	-	-
553,8(2)	196(10)	E2+MI	-	-	553,7(1)	289(41)
565,4(2)	215(12)	E2	566,8(2)	33(3)	565,8(2)	220(74)

а) Значения относительных интенсивностей нормированы по  $I_{\gamma}(366,0 \text{ кэВ}) = 1000$ .

б) Переходы, в которых наблюдаются значительные примеси  $\gamma$ -лучей, возникающих при распаде дочернего  $^{153}\text{Dy}$ .

на базе безжелезного магнитного  $\beta$ -спектрометра с тороидальной формой поля  $\Delta H_{\rho} / H_{\rho} \approx 1,1\%$ ,  $T = 20\%$  <sup>12/</sup> /и Ge(Li) -детектора  $V_{\text{чувст.}} = 40 \text{ см}^3$ ,  $\Delta E_{\gamma} = 3,5 \text{ кэВ}$  при  $E_{\gamma} = 1,3 \text{ МэВ}$ . Установка собрана по аналогии со спектрометром  $e-\gamma$ -совпадений, описанным в работе <sup>13/</sup>.

Времена жизни возбужденных ядерных состояний измерялись на временном анализаторе, собранном на базе магнитно-линзового бета-спектрометра и сцинтилляционного детектора с пластическим сцинтиллятором типа NE 104  $\phi 25 \times 25 \text{ мм}$  и фотоумножителем типа XR1020 <sup>14/</sup>.

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Значения энергий и интенсивностей  $\gamma$ -переходов <sup>153</sup>Ho приведены в табл. 1. Там же для сравнения показаны результаты, полученные в работах Зубера и др. <sup>8/</sup> и Шмидт-Отта и др. <sup>9/</sup>. Как видно из этой таблицы, результаты наших исследований и данные Зубера и др. <sup>8/</sup> достаточно хорошо согласуются между собой и резко отличаются от данных Шмидт-Отта и др. <sup>9/</sup>.

На рис. 1 приведены спектры  $\gamma$ -лучей в совпадениях с конверсионными электронами <sup>153</sup>Ho / K108,8 кэВ, K161,8 кэВ + M108,8 кэВ и K230,2 кэВ/. Результаты анализа этих спектров позволяют подтвердить правильность установления в работе <sup>7/</sup> возбужденных состояний <sup>153</sup>Dy с энергиями 108,9; 270,6; 500,7 и 656,8 кэВ.

На рис. 2 приведены временные распределения совпадений конверсионных электронов /K108,8 кэВ, K161,8 кэВ + M108,8 кэВ и K230,2 кэВ/ с  $\gamma$ -лучами, измеренные при распаде <sup>153</sup>Ho. Результаты измерений позволили определить периоды полураспада состояний 108,8; 270,6 и 500,9 кэВ, как  $T_{1/2} = 1,35 \pm 0,10 \text{ нс}$ ,  $T_{1/2} \leq 0,25 \text{ нс}$  и  $T_{1/2} \leq 0,20 \text{ нс}$  соответственно.

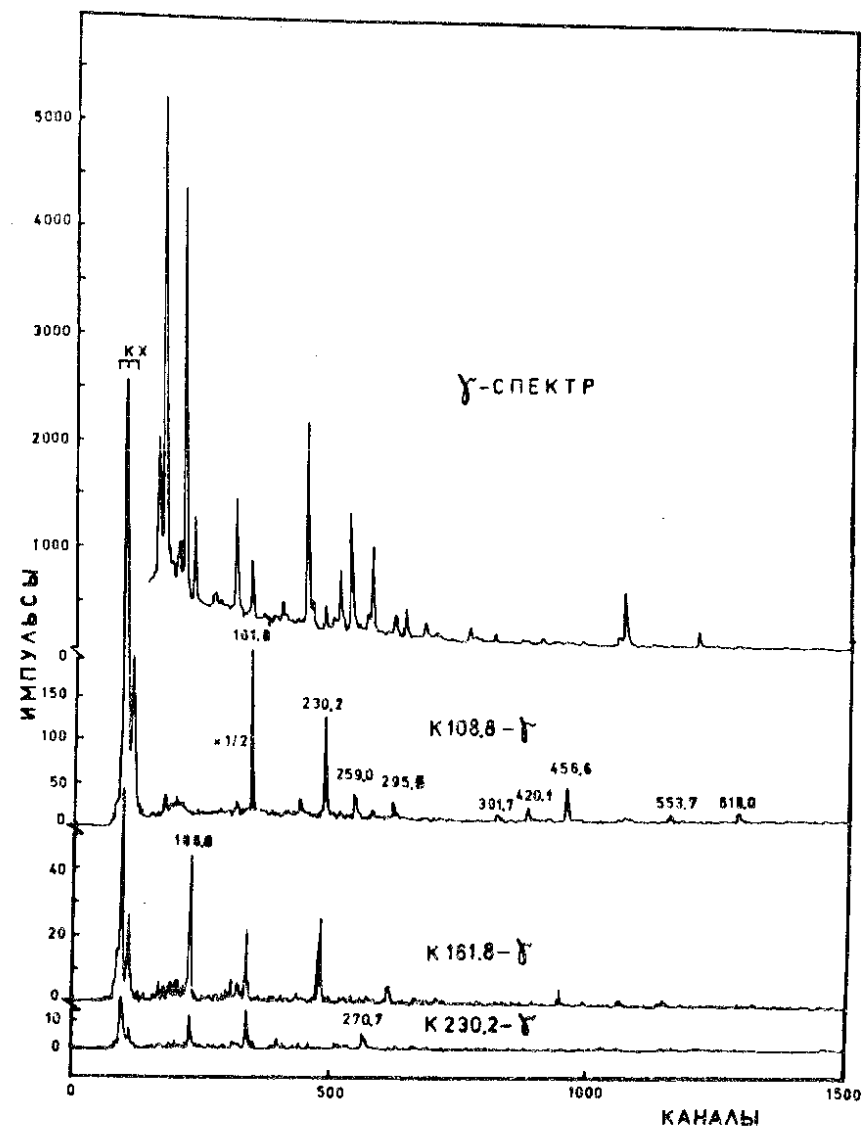


Рис. 1. Спектры совпадений конверсионных электронов с  $\gamma$ -лучами при распаде <sup>153</sup>Ho 9,3 мин <sup>153</sup>Dy.

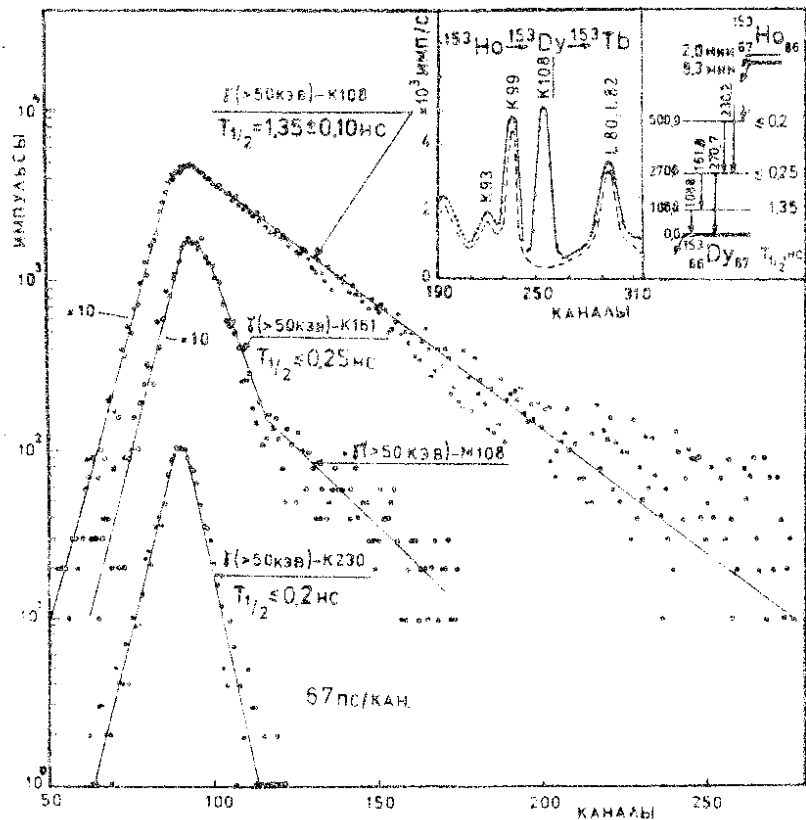


Рис. 2. Временные распределения совпадений излучений нижних состояний в ядре  $^{153}\text{Dy}$ .

### ОБСУЖДЕНИЕ

Имеющиеся в настоящий момент экспериментальные сведения позволяют установить /см. рис. 3/ далеко не полную схему уровней  $^{153}\text{Dy}$  /  $1^{\pi} = 7/2^{-}/1^{\pi}$  /, возбуждаемых при распаде  $^{153}\text{Ho}$  /  $1^{\pi} = 3/2^{+}$  или  $5/2^{+}/8^{\pi}$  / . Тем не менее, по-видимому, можно утверждать, что уровень 108,8 кэВ является первым возбужденным состоянием  $^{153}\text{Dy}$ , так как переход 108,8 кэВ-наиболее интенсивный в спектре излучений.

Обращает на себя внимание тот факт, что уровни  $^{153}\text{Dy}$ , обнаруженные при распаде  $^{153}\text{Ho}$ , не наблюдались в реакциях  $(d,3n)$   $^{153}\text{Ho}$ . Это, возможно, свидетельствует о различной их физической природе или о низком значении спинов  $|I| \leq 5/2, 7/2$  / уровней  $^{153}\text{Dy}$ , возбуждаемых при распаде  $^{153}\text{Ho}$ .

Некоторые выводы о спине состояния 108,8 кэВ можно сделать при рассмотрении табл. 2 из сравнения характеров электромагнитных переходов, разряжающих первые возбужденные состояния в изотопах с  $N = 87$ .

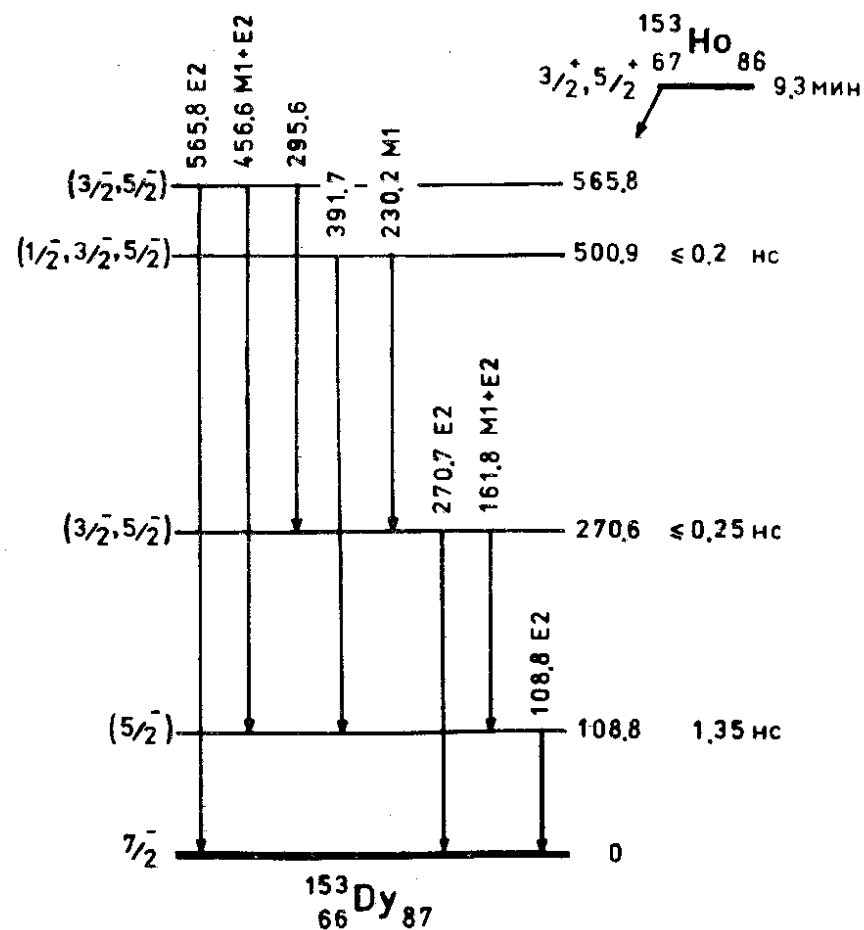


Рис. 3. Часть схемы уровней, возбуждающихся при распаде  $^{153}\text{Ho}$  /  $T_{1/2} = 9,3$  мин /.

Таблица 2

Приведенные вероятности и факторы торможения  
электромагнитных переходов с первых возбужденных  
состояний в изотопах с  $N = 87$

Ядро	$E_{\gamma}$ , кэВ	$T_{1/2}$ нс	$I_{\gamma}^I$	$I_{\gamma}^{II}$	$\delta^2$	$B(M1)$ (а.м.) <sup>2</sup>	$B(E2)$ е.едрн <sup>2</sup>	$F_w(M1)$	$F_w(E2)$
<sup>147</sup> Nd	49,9	2,9±0,8/15/	7/2 <sup>-</sup>	5/2 <sup>-</sup>	(0)	9,4 -3	-	2,0 +2	-
<sup>149</sup> Sm	22,5	7,13±0,11/16/	5/2 <sup>-</sup>	7/2 <sup>-</sup>	5,4 -5	2,2 -2	3,4 -3	5,6 +1	1,41
<sup>151</sup> Gd	108,2	3,00±0,10/17/	5/2 <sup>-</sup>	7/2 <sup>-</sup>	6,8 -1	2,2 -3	1,9 -1	5,5 +2	2,6 -2
<sup>153</sup> Dy	108,8	1,35±0,10	(5/2 <sup>-</sup> )	7/2 <sup>-</sup>	(∞)	-	9,0 -1	-	5,4 -3

Таблица 3

Значения приведенных вероятностей электромагнитных  
переходов в ядре <sup>153</sup>Dy 87

$E_{\gamma}$ , кэВ $T_{1/2}$ , нс	$E_{\gamma}$ , кэВ	Культы- польность	$\alpha_1$	$I_{\gamma}$	$B(M1)$ (а.м.) <sup>2</sup>	$B(E2)$ е.едрн <sup>2</sup>	$F_w(M1)$	$F_w(E2)$
108,8 1,35±0,10	108,8	E2	2,015	1087	-	0,9	-	5,3 -3
270,6 ≤ 0,25	270,7 161,8	E2 M1 + 60%E2*	0,072 0,549	776 912	- ≥ 6,1-3	≥ 5,4 -2 ≥ 0,5	- ≤ 3,0 +2	≤ 9,0 -2 ≤ 9,7 -3
500,9 ≤ 0,2	230,2	M1	0,236	578	≥ 1,3-2	-	≤ 1,4 +2	-

\* Оценено по значениям  $\alpha_K$  и  $\alpha_L$

Для энергий состояний  $5/2^-$  доли  $E2$ -компонент и вероятностей  $B(E2)$  рассматриваемых переходов в изотопах с  $N = 87$  прослеживается систематическое увеличение их значений по мере возрастания  $Z$ . Обратная тенденция наблюдается для вероятностей  $B(M1)$  их  $M1$ -компонент. Соответствие перехода 108,8 кэВ этой систематике позволяет предположить для первого возбужденного состояния  $^{153}\text{Dy}$  значение  $I^\pi = 5/2^-$ . Характер изменения вероятностей  $E2$ -компонент переходов  $5/2^- \rightarrow 7/2^-$  согласуется с ожидаемым усилением коллективных эффектов в этих ядрах с ростом  $Z$ .

Оценки вероятностей переходов, разряжающих состояния 108,8; 270,6 и 500,9 кэВ  $^{153}\text{Dy}$  приведены в табл. 3.

Определенные выводы о физической природе уровней  $^{153}\text{Dy}$  можно будет сделать после более полных исследований распада  $^{153g}\text{Ho}$  и  $^{153m}\text{Ho}$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Rosen A. e.a. *Nucl.Phys.*, 1970, A154, p.283.
2. Roussille R. e.a. *Nucl.Phys.*, 1976, A258, p.257.
3. Kleinheinz P. e.a. *Nucl.Phys.*, 1977, A283, p.189.
4. Schilling K.D., Andreitscheff W., Manfrass P. *ZfK, Rossendorf, Jahresbericht*, 1974, p.30.
5. Hahn R.L., Toth K.S., Handley T.H. *Phys.Rev.*, 1967, 1291, p.163.
6. Toth K.S., Hahn R.L. *Phys.Rev.*, 1971, C3, p.854.
7. Зубер Я. и др. Программа и тезисы докл. XXIV Совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. "Наука", Л., 1974, с.111.
8. Зубер Я. и др. Тезисы докладов XXVII Совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. "Наука", Л., 1977, с.85.
9. Schmidt-Ott W.-D. e.a. *Phys.Rev.*, 1974, C10, p.296.
10. Гаджиков В. ПТЭ, 1970, N.5, с.82.
11. Вылов Ц. и др. В сб.: Прикладная ядерная спектроскопия, вып. 6, Атомиздат, М., 1976, с.59.
12. Громов К.Я. и др. ОИЯИ, P13-10611, Дубна, 1977.
13. Аликов Б.А. и др. ПТЭ, 1977, N.5, с.49.
14. Аликов Б.А. и др. ОИЯИ, P13-10911, Дубна, 1977.
15. Hammaren E. e.a. *Ann.Rep.*, 1976, p.57.
16. Holland G.E. *Nucl.Data Sheets*, 1976, 19, p.337.
17. Афанасьев В.П. и др. ОИЯИ, P6-6426, Дубна, 1972.

Рукопись поступила в издательский отдел

26 декабря 1977 года.