

сообщения  
объединенного  
института  
ядерных  
исследований  
Дубна

1785/2-80

21/4-80

P6 - 12944

Б.А.Аликов\*, Я.Вавръщук, Р.Ион-Михай, Н.З.Марупов\*,  
К.М.Муминов\*, Т.М. Муминов\*, У.С.Салихбаев\*,  
Р.Р.Усманов\*, А.Б. Халикулов\*

ВРЕМЕНА ЖИЗНИ

ВОЗБУЖДЕННЫХ СОСТОЯНИЙ <sup>167</sup>Уь

---

\*Самаркандский государственный университет.

1980

## ВВЕДЕНИЕ

Распад  $^{167}\text{Lu} \rightarrow ^{167}\text{Yb}$  /  $T_{1/2} = 55$  мин/ исследовался в работах<sup>/1-6/</sup>. Возбужденные состояния  $^{167}\text{Yb}$  изучались также в ядерных реакциях  $(d,t)$ <sup>/7/</sup> и  $(\alpha, 3n)$ <sup>/8/</sup>. Полученные данные позволили авторам работ<sup>/5,6/</sup> построить схему уровней  $^{167}\text{Yb}$ , возбуждаемых при распаде  $^{167}\text{Lu}$ . В схеме уровней  $^{167}\text{Yb}$  идентифицированы пять вращательных полос, основанных на одночастичных состояниях  $5/2^-/523/$ ,  $5/2^+/642/$ ,  $3/2^-/521/$ ,  $5/2^-/512/$ ,  $1/2^-/521/$ , и одночастичное состояние  $11/2^-/505/$ . Плотность уровней  $^{167}\text{Yb}$  в области энергий до  $\sim 600$  кэВ велика /22 состояния/, что приводит к сильному конфигурационному смешиванию состояний кориолисовым взаимодействием, которое отчетливо проявляется в энергетической структуре вращательных полос.

Более конкретную информацию о структуре уровней можно получить, анализируя вероятности электромагнитных переходов. С этой целью в настоящей работе измерялись времена жизни уровней  $^{167}\text{Yb}$  с энергиями 29 кэВ /  $T_{1/2} = 13,5/7/$  нс/, 78 кэВ /  $T_{1/2} = 0,84/4/$  нс/, 178 кэВ /  $T_{1/2} \leq 0,2$  нс/, 188 кэВ /  $T_{1/2} = 28,0/25/$  нс/, 213 кэВ /  $T_{1/2} = 0,27/3/$  нс/, 239 кэВ /  $T_{1/2} \leq 0,2$  нс/, 258 кэВ /  $T_{1/2} = 0,34/5/$  нс/, 278 кэВ /  $T_{1/2} \leq 0,2$  нс/ и 440 кэВ /  $T_{1/2} \leq 0,2$  нс/.

Ранее в<sup>/5/</sup> были оценены времена жизни уровней 29 кэВ /  $T_{1/2} \leq 20$  нс/, 188 кэВ /  $T_{1/2} \sim 23$  нс/ и 571 кэВ /  $T_{1/2} \sim 180$  нс/, а в<sup>/9/</sup> сообщалось об обнаружении изомерного состояния с  $T_{1/2} \approx 400$  нс. О некоторых результатах наших исследований предварительно сообщалось в работе<sup>/10/</sup>.

## РАДИОАКТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ

Исследования проводились с использованием источников  $^{167}\text{Lu}$ , полученных в реакциях глубокого расщепления тантала протонами с энергией 660 МэВ на внутреннем пучке синхроциклотрона ОИЯИ. Радиохимическими методами<sup>/11/</sup> из облученных мишеней выделялась фракция изотопов Lu, которая затем разделялась по массам с помощью электромагнитного масс-сепаратора<sup>/12/</sup>. В источнике изотоп  $^{167}\text{Lu}$  /  $T_{1/2} = 55$  мин/ находился в равновесии с дочерним  $^{167}\text{Yb}$  /  $T_{1/2} = 18$  мин/.

## Аппаратура

Измерения проводились на временных спектрометрах<sup>/13/</sup>, собранных на базе:

- магнитно-линзового  $\beta$ -спектрометра и сцинтилляционного детектора /  $T_{1/2}$  уровней 29, 78, 178, 213, 239, 258, 278 и 440 кэВ/,

- сцинтилляционного и Ge(Li)-детекторов /  $T_{1/2}$  уровня 188 кэВ/,

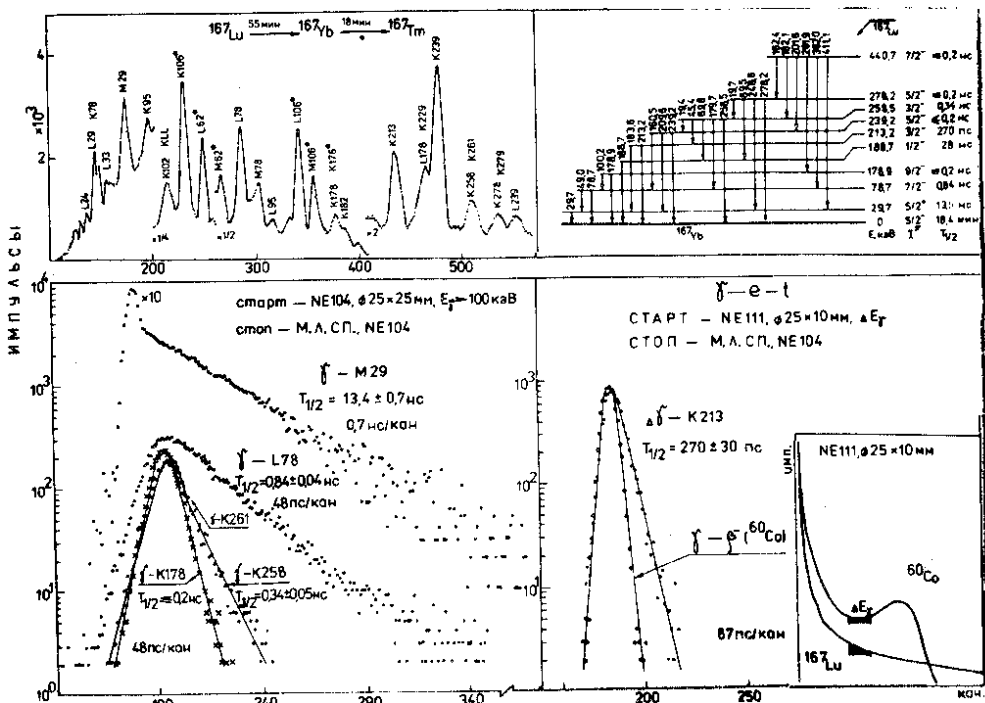
- сцинтилляционного и Si(Li)-детекторов /  $T_{1/2}$  уровня 29 кэВ/.

В случае измерений времен жизни уровней 213, 239, 278 и 440 кэВ установка  $e\gamma$ -совпадений работала в трехмерном режиме /14/ он-лайн с ЭВМ HP2116С.

Обработка временных спектров проводилась по программам LIFTIM, GEXFIT и MOMENT /15/.

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

На рис. 1 и 2 приведены некоторые измеренные временные распределения  $e\gamma$ - и  $\gamma\gamma$ -совпадений, спектры  $\gamma$ -лучей и ЭВК  $^{167}\text{Lu}$ .



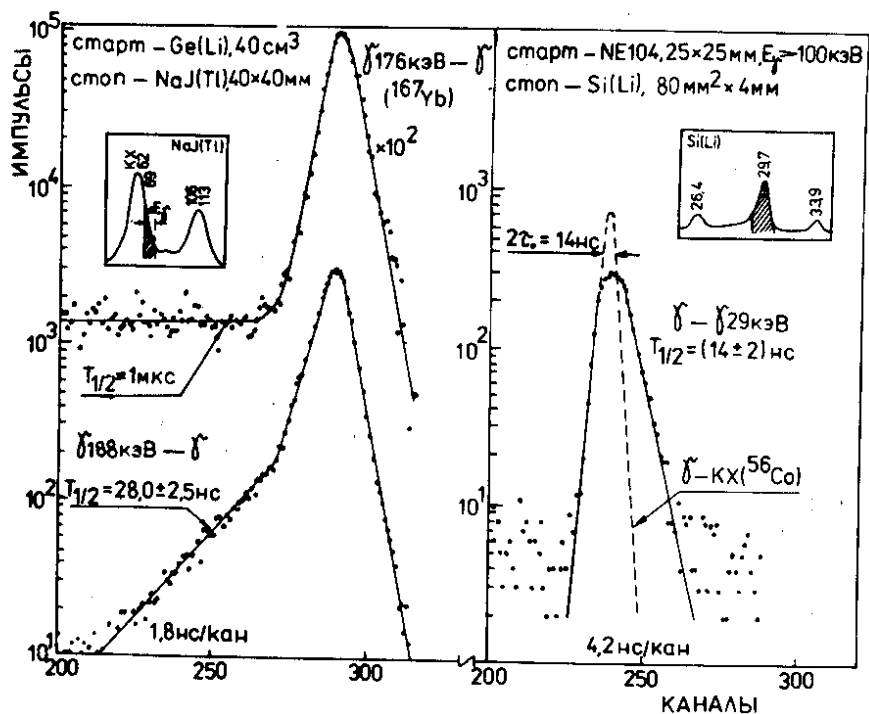


Рис. 2

Периоды полураспада уровней 29, 78, 178, 188 и 258 кэВ определены по склонам временных распределений:

$\gamma / >100 \text{ кэВ/} - \text{M } 29 \text{ кэВ} - T_{1/2} / \text{ур. } 29 \text{ кэВ/} = 13,5/7/ \text{ нс,}$   
 $\gamma / >100 \text{ кэВ/} - \gamma / 29 \text{ кэВ/} - T_{1/2} / \text{ур. } 29 \text{ кэВ/} = 14/2/ \text{ нс,}$   
 $\gamma / >100 \text{ кэВ/} - \text{L } 78 \text{ кэВ} - T_{1/2} / \text{ур. } 78 \text{ кэВ/} = 0,84/4/ \text{ нс,}$   
 $\gamma / >100 \text{ кэВ/} - \text{K } 178 \text{ кэВ} - T_{1/2} / \text{ур. } 178 \text{ кэВ/} \leq 0,2 \text{ нс,}$   
 $\gamma / 188 \text{ кэВ/} - \gamma / -65 \div 75 \text{ кэВ/} - T_{1/2} / \text{ур. } 188 \text{ кэВ/} = 28,0/25/ \text{ нс,}$   
 $\gamma / >100 \text{ кэВ/} - \text{K } 258 \text{ кэВ} - T_{1/2} / \text{ур. } 258 \text{ кэВ/} = 0,34/5/ \text{ нс.}$

Мгновенный компонент во временном спектре совпадений  $\gamma$  - /K258 + K261/ обусловлен вкладом совпадений  $\gamma$  -лучей с ЭВК K261, разряжающих уровень с энергией 440 кэВ /  $T_{1/2} \leq \leq 0,2 \text{ нс/}$ .

В случае совпадений  $\gamma / 188 \text{ кэВ/} - \gamma / -65 \div 75 \text{ кэВ/}$  для контроля аппаратуры измерялось время жизни изомерного уровня 292 кэВ <sup>167</sup>Tm с  $T_{1/2} = 0,9 \text{ мкс}$  <sup>167</sup> в совпадениях  $\gamma / 176 \text{ кэВ/} - \gamma / -65 \div 75 \text{ кэВ/}$ , а в случае  $\gamma / >100 \text{ кэВ/} - \gamma / 29 \text{ кэВ/}$  - на источнике <sup>56</sup>Co измерялись мгновенные совпадения  $\gamma / >100 \text{ кэВ/}$  с рентгеновскими лучами.

Время жизни уровня 213 кэВ <sup>167</sup>Yb с  $T_{1/2} = 0,27/3/ \text{ нс}$  определено по смещению центров тяжести времен-

Таблица 1

Вероятности электромагнитных переходов в  $^{167}\text{Yb}$ 

E <sub>ур</sub> (кэВ) T <sub>1/2</sub> эксл. (с)	E <sub>γ</sub> (кэВ)	2I2K <sup>π</sup> /NπΛ/ началн. состоян.		σ <sub>L</sub> δ <sub>L</sub> <sup>2</sup> σ <sub>L+1</sub>	α ПОЛН.	T <sub>1/2</sub> <sup>γ</sup> (σL) (с)	B(σL)	F <sub>W</sub>
		3	4					
29,66	29,66	55 <sup>+</sup> /642/	55 <sup>-</sup> /523/	E1	1,8	3,8-8	4,4-6	7,7 +2
1,35 -8								
78,67	78,67	75 <sup>-</sup> /523/	55 <sup>-</sup> /523/	M1	6,9	2,2 -7	3,6 -4	5,0 +3
8,4 -10				2,1 +1				
	49,02		55 <sup>+</sup> /642/	E2	8,4	1,1 -8	1,8	3,1 -3
	44,77		75 <sup>+</sup> /642/	E1	4,4 -1	1,9 -8	1,9 -6	1,8 +3
	20,19		95 <sup>+</sup> /642/	E1	5,7 -1	1,4 -8	3,6 -6	9,5 +2
	178,87	95 <sup>-</sup> /523/	55 <sup>-</sup> /523/	E2	5,2	7,9 -8	6,7 -6	5,2 +2
	144,97		75 <sup>+</sup> /642/	E1	4,0 -1	7,7 -10	4,0 -1	1,4 -2
	120,31		95 <sup>+</sup> /642/	E1	1,3 -1	8,8 -10	1,6 -6	2,1 +3
	100,22		75 <sup>-</sup> /523/	E1	2,1 -1	1,6 -9	1,6 -6	2,2 +3
				M1	3,4	9,5 -8	4,1 -4	4,3 +3
				2,4+1				
188,7	188,66	11 <sup>-</sup> /521/	55 <sup>-</sup> /523/	E2	3,3	4,0 -9	1,4	3,9 -3
2,8 -8								
213,2	213,19	33 <sup>-</sup> /521/	55 <sup>-</sup> /523/	M1	3,3 -1	3,7 -8	6,4 -3	8,6 -1
2,7 -10								
					4,1 -1	4,1 -10	1,0 -2	1,8 +2
					2,2 -1	1,3 -8	9,8 -3	5,6 -1

Таблица 1 / продолжение /

I	2	3	4	5	6	7	8	9
	183, 61		55 <sup>+</sup> /642/	EI	6,0 -2	8,1 -9	8,8 -8	3,9 +4
239, 2	239, 22	53 <sup>-</sup> /521/	55 <sup>-</sup> /523/	MI	3,0 -1	3,2 -10	9,1 -3	≤ 2,0 +2
≤ 2,0 -10	209, 56		55 <sup>+</sup> /642/	(EI)	5,0 -2	3,6 -9	1,3 -7	≤ 2,6 +4
	205, 45		75 <sup>+</sup> /642/	(EI)	5,2 -2	6,3 -9	8,0 -8	≤ 4,3 +4
	160, 49		75 <sup>-</sup> /523/	MI	9,0 -1	1,2 -8	8,1 -4	≤ 2,2 +3
				≤ 2,0 -2				
	25, 98		33 <sup>-</sup> /521/	E2	5,8 -1	5,8 -7	9,2 -4	≤ 5,9
				MI	3,0 +1	3,1 -7	7,2 -3	≤ 2,5 +2
				3,6 -2				
	258, 54	31 <sup>-</sup> /521/	55 <sup>-</sup> /523/	E2	1,6 +3	8,7 -6	5,5 -1	9,9 -3
258, 5	179, 69		75 <sup>-</sup> /523/	(MI)	2,4 -1	1,2 -9	1,8 -3	9,7 +2
3, 4 -10	69, 83		11 <sup>-</sup> /521/	(E2)	3,9 -1	4,9 -9	6,2 -2	8,9 -2
				MI	9,8	1,2 -7	9,8 -4	1,8 +3
				3,8				
	45, 35		33 <sup>-</sup> /521/	E2	1,4 +1	3,1 -8	1,1	5,0 -3
	19, 39		53 <sup>-</sup> /521/	(MI)	5,8	1,6 -8	2,7 -2	6,6 +1
	278, 2	51 <sup>-</sup> /521/	59 <sup>-</sup> /523/	(MI)	7,2 +1	1,1 -7	4,8 -2	3,7 +1
278, 2				MI	2,0 -1	1,0 -9	1,8 -3	≤ 1,0 +3
≤ 2,0 -10				1,3				
	248, 64		55 <sup>+</sup> /642/	E2	9,3 -2	8,2 -10	4,2 -2	≤ 1,3 -1
	89, 49		11 <sup>-</sup> /521/	EI	3,2 -2	1,1 -9	2,6 -7	≤ 1,3 +4
	19, 68		31 <sup>-</sup> /521/	E2	5,0	1,5 -8	6,7 -1	≤ 8,1 -3
				(MI)	6,0 +1	5,2 -8	9,9 -2	≤ 1,8 +1

Таблица 1 / продолжение /

I	2	3	4	5	6	7	8	9
440,7	411,1	71Г/521/	55 <sup>+</sup> /642/	(E1)	9,0 -3	≤1,9 -9	≥3,3 -8	≤1,1 +5
≤2,0 -10	406,73		75 <sup>+</sup> /642/	(E1)	1,0 -2	≤2,4 -9	≥2,7 -8	≤1,3 +5
	362,0		75 <sup>-</sup> /523/	M1	9,8 -2	≤3,4 -9	≥2,4 -4	≤7,4 +3
	261,85		95 <sup>-</sup> /523/	M1	2,3 -1	≤1,3 -9	≥1,6 -3	≤1,1 +3
	201,56		53 <sup>-</sup> /521/	(E2)	2,6 -1	≤8,5 -9	≥2,0 -2	≤2,7 -1
	182,07		31 <sup>-</sup> /521/	E2	3,7 -1	≤9,6 -10	≥2,9 -1	≤1,9 -2
	162,42		51 <sup>-</sup> /521/	M1	8,7 -1	≤2,3 -8	≥3,9 -4	≤4,6 +3
	132,28		55 <sup>-</sup> /512/	(M1)	1,6	≤4,8 -8	≥3,6 -4	≤5,0 +3
	123,19		73 <sup>-</sup> /521/	M1	1,9	≤3,5 -9	≥6,0 -3	≤3,0 +2
	21,16		93 <sup>-</sup> /521/	M1	5,5 +1	≤3,6 -7	≥1,2 -2	≤1,5 +2
				9,0 -3				
				E2	4,3 +3	≤4,0 -5	≥3,4 -1	≤1,6 -2

Примечание. Запись типа 1,40-8 означает  $1,40 \cdot 10^{-8}$ . Приведенные вероятности даны в единицах  $e^{26} L$  для электрических и  $/Я.м./^2$  для магнитных переходов.

ных распределений  $\gamma \sim 500 \div 700$  кэВ/ - К 213 кэВ от мгновенных реперов  $\gamma - \beta^-$ , измеренных в идентичных условиях на источнике  $^{60}\text{Co}$ .

В случае уровней 239, 278 и 440 кэВ энергетическое разрешение магнитного  $\beta$ -спектрометра не позволяло разделить ЭВК переходов, разряжающих эти уровни, от ЭВК других переходов, в связи с чем для указанных состояний в совпадениях  $\gamma$ -К239,  $\gamma$ -К278 и  $\gamma$ -К182 кэВ были оценены верхние пределы времен жизни  $T_{1/2} \leq 0,2$  нс.

### ВЕРОЯТНОСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПЕРЕХОДОВ

Полученные значения периодов полураспада позволили определить приведенные вероятности  $\gamma$ -переходов, разряжающих исследованные возбужденные состояния  $^{167}\text{Yb}$ . При этом значения интенсивностей и мультипольностей  $\gamma$ -переходов были заимствованы из работы <sup>5/</sup>. Значения вероятностей переходов, а также их факторы запрета относительно оценок по Вайскопфу приведены в табл. 1.

Таблица 2

Внутренние квадрупольные моменты ротационных полос  $^{167}\text{Yb}$

$E_{\text{ур}}$ (кэВ)	$E_{\gamma}$ (кэВ)	$K^{\pi} / N_{\text{н}} Z \Delta /$ $I_i \rightarrow I_f$	$\sigma L$	$B(E2)$ $e^2 \text{б}^2$	$Q_0$ /6/	$\epsilon^2$
78,67	78,67	$5/2^- / 523/$ $7/2 \rightarrow 5/2$	$E2+ \leq 4,5\% MI$	1,8(4)	7,0(8)	0,26(3)
178,88	178,87	$5/2^- / 523/$ $9/2 - 5/2$	E2	$\geq 4,0-I$	$\geq 6,3$	$\geq 0,23$
	100,22	$9/2 - 7/2$	$E2+4\% MI$	$\geq 1,4$	$\geq 6,8$	$\geq 0,25$
239,2	25,98	$3/2^- / 52I/$ $5/2 \rightarrow 3/2$	$MI+3,5\% E2$	$\geq 5,5-I$	$\geq 4,1$	$\geq 0,16$
258,5	69,83	$1/2^- / 52I/$ $3/2 \rightarrow 1/2$	$E2+2I(7)\% MI$	1,1(5)	7,4(18)	0,27(6)
278,2	89,49	$1/2^- / 52I/$ $5/2 \rightarrow 1/2$	E2	$\geq 6,7-I$	$\geq 5,8$	$\geq 0,21$
440,7	182,07	$1/2^- / 52I/$ $7/2 - 3/2^-$	E2	$\geq 2,9-I$	$\geq 3,4$	$\geq 0,13$



Внутренние квадрупольные моменты соответствующих полос /табл. 2/ определены из вероятностей  $B(E2)$  внутриротационных переходов.

Рассчитанные вероятности электромагнитных переходов находятся в согласии с систематикой аналогичных переходов в нечетно-нейтронных деформированных ядрах<sup>/16/</sup>.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Harmatz B., Handley T., Mihelich I. Phys. Rev., 1959, 114, p.1082.
2. Громов К.Я. и др. ЯФ, 1965, 1, с.389.
3. Абдуразаков А.А. и др. Изв. АН СССР, сер.физ., 1971, 35, с.698.
4. Агеев В.А. и др. Тезисы докл. XIV совещ. по ядерн. спектр. и структуре атомного ядра. "Наука", Л., 1964, с.63.
5. Вылов Ц. и др. ОИЯИ, Р6-9369, Дубна, 1975.
6. Meijer B.J., de Boer F.W.H., Goudsmit P.F.A. Nucl. Phys., 1976, A259, p.213.
7. Burke D. et al. Mat. Fys. Medd. Dan. Vid. Selsk., 1966, 35, No.2.
8. Lindblad Th. Nucl. Phys., 1975, A238, p.287.
9. Будзыньски М. и др. ЯФ, 1975, 21, с.913.
10. Ваврыщук Я. и др. ОИЯИ, Д6-8846, Дубна, 1975.
11. Мольнар Ф., Халкин В., Херрманн Э. ЭЧАЯ, 1973, т.4, вып. 4, с.1077.
12. Афанасьев В.П. и др. ОИЯИ, 13-4763, Дубна, 1969.
13. Alikov B.A. et al. Nucleonica, 1978, v.23, p.833.
14. Аликов Б.А. и др. ОИЯИ, 13-10204, Дубна, 1976.
15. Аликов Б.А. и др. ЭЧАЯ, 1976, т.7, вып.2, с.419.
16. Andrejtscheff W., Schilling K.D., Manfrass P. Atomic Data and Nucl.Data Tables, 1975, 16, p.515.
17. Базнат М.И., Пятов Н.И., Черней М.И. ЭЧАЯ, 1973, вып.4, с.941.

Рукопись поступила в издательский отдел  
22 ноября 1979 года.