

Библиографическая

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

6 - 4393



А.А. Абдумаликов, А.А. Абдуразаков,
К.Я. Громов, Т.А. Исламов, Х. Штрусный

ВОЗБУЖДЕННЫЕ СОСТОЯНИЯ
ДЕФОРМИРОВАННЫХ ЯДЕР
С 93, 95 И 97 НЕЙТРОНАМИ

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

1969

6 - 4393

А.А.Абдумаликов, А.А.Абдуразаков,
К.Я.Громов, Т.А.Исламов, Х.Штрусный

ВОЗБУЖДЕННЫЕ СОСТОЯНИЯ
ДЕФОРМИРОВАННЫХ ЯДЕР
С 93, 95 И 97 НЕЙТРОНАМИ

Направлено в Известия АН Узбекской ССР

7820/2

Работа выполнена совместно с сотрудниками
Ташкентского политехнического института.

Исследования структуры основных и возбужденных состояний атомных ядер с нечётным A представляют интерес для выяснения пределов применимости модельных представлений об этих ядрах. С точки зрения современных представлений нечётные ядра с 93, 95 и 97 нейтронами должны обладать сходными свойствами: среди возбужденных состояний этих ядер должны проявляться одни и те же одночастичные состояния схемы уровней Нильссона. Этой работой мы начинаем публикацию новых результатов изучения схем распада изотопов тулия 161, 163 и 165 и лютеция 167.

Изотопы получались в реакции глубокого отщепления при облучении тантала протонами с энергией 680 Мэв.

1. Распад $^{161}\text{Tm} \rightarrow ^{161}\text{Er}$

Изотоп тулия с массовым числом 161 впервые наблюдали Михелик и др. ^{/1,2/} при бомбардировке эрбия протонами с энергией 20 Мэв. Период полураспада этого изотопа по их данным равен (30 ± 10) мин ^{/1/}.

При исследовании спектра конверсионных электронов были обнаружены ^{12/}
K -линии четырех гамма-переходов: 84,4 (1000), 143,9 (100), 146,8
(330) и 172,1 кэВ (210) (в скобках указаны относительные интенсивности K -линий).

¹⁶¹Tm обнаружен также среди продуктов реакции глубокого расщепления, при облучении танталовой мишени протонами с энергией 680 МэВ ^{/3,4/}. Далхсурен и др. ^{/3/} измерили период полураспада ¹⁶¹Tm - $T_{1/2} = (37 \pm 5)$ мин. Абдумаликов и др. ^{/4/} изучали спектр конверсионных электронов тулия-161 и обнаружили 29 гамма-переходов. На основе полученных данных была предложена схема распада, включавшая в себя уровни $5/2^-$ 59,5 кэВ и $7/2^-$ 143,95 кэВ ротационной полосы основного состояния ($3/2^-$ /521/) и $5/2^-$ 172,0 кэВ и $7/2^-$ 250,0 кэВ ротационной полосы состояния $5/2^-$ /523/. Предлагались также уровни с энергиями 146,7 и 353,8 кэВ.

В настоящей работе продолжены исследования спектра конверсионных электронов и изучен гамма-спектр тулия-161. Эти новые данные, а также новые результаты спектроскопического изучения ядерных реакций, приводящих к образованию эрбия-161 ^{/18,19/}, позволили построить существенно более полную схему распада ¹⁶¹Tm.

Условия экспериментов и их результаты

Изотоп ¹⁶¹Tm мы получали в реакции глубокого расщепления при облучении танталовой мишени протонами с энергией 680 МэВ на внутреннем пучке синхроциклотрона при токе протонов 2,3 мка. Облучения танталовых мишеней продолжались от 0,5 до 2 часов. Из облученной мишени выделялись элементы группы редких земель, которые разделялись хроматографическим методом ^{/5/}. Полученная таким образом сумма изотопов

тулия, образовавшихся в мишени при облучении, - фракция тулия - использовалась для приготовления источников для бета-спектрографов и гамма-спектрометра. Источники для бета-спектрографов изготовлялись методом электролитического осаждения ^{/6/} на платиновую нить диаметром 0,1 мм, а для гамма-спектрометра - путем выпаривания раствора, полученного после хроматографического разделения, на тонкой алюминиевой фольге. Измерения начинались через 1,5-2 часа после конца облучения.

Исследования спектра конверсионных электронов производились с помощью трех бета-спектрографов с постоянным однородным магнитным полем ^{/7/}. Разрешающая способность спектрографов - 0,04 - 0,07%. Для регистрации электронов использованы фотопластинки типа НИКФИ-Р-50μ. Точность определения энергии гамма-переходов была в этих опытах не хуже 0,05% (см. табл 1), чего удалось добиться, используя для градуировки энергии линий конверсионных электронов изотопов ¹⁶⁰No, ¹⁶¹No и ¹⁶⁶Tm, ¹⁶⁷Tm, которые содержались в использованных нами источниках.

Энергии гамма-переходов, возникающих при распаде перечисленных изотопов, определены в ^{/8-11/} с точностью 0,005-0,02%. Интенсивности линий определялись по плотности почернений ^{/12/}.

Исследования гамма-спектра выполнены с помощью гамма-спектрометра с полупроводниковым Ge(Li) - детектором ^{/13/}. Чувствительный объем детектора - 6,4 см³, разрешающая способность спектрометра - 3,5-4 кэВ. Кривая эффективности регистрации гамма-лучей была получена с использованием источников ²²⁶Ra и ¹⁶⁹Yb с точностью не хуже 10%.

В использованных нами источниках наряду с ¹⁶¹Tm содержались и другие изотопы тулия, образующиеся при облучении тантала протонами с энергией 680 МэВ, и их дочерние изотопы. В полученных спектрах

вместе с линиями ^{161}Tm мы наблюдали линии ^{162}Tm (21,5 мин), ^{163}Tm (2 часа), ^{165}Tm (29 час), ^{166}Tm (7,7 час), ^{167}Tm (9,6 дн.), ^{161}Er (3,1 часа) и ^{161}Ho (2,5 часа) (см. таблицы Ледерера и др. /14/).

Можно было также ожидать появления линий, связанных с распадом ^{165}Tm /15/ изомеров ^{165}Tm (12 мин) и ^{163}Tm (11 мин) /15/. Таким образом, при идентификации линий, принадлежащих распаду ^{161}Tm , необходимо было производить тщательный отбор. При этом основным критерием служил период полураспада, с которым изменялась интенсивность линий. Период полураспада ^{161}Tm (39±3) мин, по нашим измерениям, заметно отличается от периодов полураспада других изотопов, содержащихся в наших источниках, что позволило уверенно выделить линии ^{161}Tm . Для более точного учёта вклада изотопа ^{162}Tm мы использовали результаты работы Байера и др. /16/, изучавших гамма-спектр ^{162}Tm .

В таблице 1 даны результаты изучения спектров конверсионных электронов и гамма-лучей ^{161}Tm . Энергии всех гамма-переходов, за исключением перехода 1838 кэВ, даны по результатам изучения спектра конверсионных электронов.

Погрешности в определении относительных интенсивностей линий конверсионных электронов не превышают тридцати процентов. Точность определения отношений интенсивностей линий, близких по энергии и интенсивности, лучше. В тех случаях, когда интенсивность линии определена с ошибкой больше тридцати процентов (слабые линии или линии, почти совпадающие по энергии с другими линиями) перед значением интенсивности поставлены знаки приблизительно или меньше. К-линия перехода 59,51 кэВ не наблюдалась (ее энергия 2 кэВ, за пределами минимальной энергии, регистрируемой на бета-спектрографе) и ее интенсивность вычислена по теоретическому отношению K/L , для M1-перехода. Относительные интенсивности гамма-лучей даются с точностью не хуже 20%.

ТАБЛИЦА I

Энергии и относительные интенсивности переходов, возникающих при распаде

$$I_{6I_{Tm}} \rightarrow I_{6I_{Er}}$$

№№ ПП	E _γ , кэВ	Относительные интенсивности								Вывод о мультипольности *
		K	L ₁	L ₂	L ₃	M ₁	M ₂	M ₃	J _γ	
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	II
I.	(16,44±0,04)	-	-	-	-	200	-	-	-	-
2.	27,92±0,03	-	2000	300	1200	500	100	300	-	MI
3.	45,54±0,03	-	2400	II100	I500	700	300	450	-	EI
4.	59,51±0,03	(20000)	2900	455	350	700	150	170	-	MI+(3,4±0,7)% E2
5.	(72,66±0,1)	(≤ 200)	o.c.	-	-	-	-	-	-	-
6.	77,05±0,05	200	o.c.	-	-	-	-	-	-	-
7.	78,07±0,04	700	50	780	700	-	150	170	-	E2
8.	79,35±0,04	~150	-12	I00	790	-	25	22	-	E3 (E2)
9.	84,40±0,03	2I000	2000	300	I20	900	70	30	-	MI+ (1,5±0,5)% E2
10.	94,38±0,03	200	25	I35	I30	-	35	34	-	E2+MI <2%
11.	99,76±0,04	300	40	±42	-	~40	-	-	-	-
12.	I05,88±0,02	I500	200	~20	±7	50	±5	-	-	MI
13.	I07,22±0,05	-	~13	90	80	±4	24	27	-	E2 (E3)
14.	II2,56±0,03	I400	I80	20	±8	45	±2	±27	900	MI
15.	I22,55±0,05	550	80	I0	±3	20	±4	±27	500	MI
16.	I23,80±0,06	90	18	4	±2	±15	-	-	-	MI+E2
17.	I28,90±0,07	90	12	3	-	-	-	-	-	-
18.	I38,68±0,07	I30	±15	±25	-	-	-	-	-	MI
19.	I40,40±0,07	I50	20	±5	±45	±5	-	-	-	MI+E2

продолжение таблицы I

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	II
20.	143,92±0,08	260	45	130	125	8	40	36	550	E2
21.	146,65±0,08	1000	150	15	2	45	5	24	1250	MI E1
22.	156,52±0,08	100	10	3	-	-	-	-	300	E2
23.	162,88±0,08	90	слаб.	-	-	-	-	-	-	-
24.	172,05±0,06	770	100	10	3	25	24	-	(1470) (200)	MI I670
25.	172,92±0,07	20	-	-	-	-	-	-	-	-
26.	178,4±0,1	20	-	-	-	-	-	-	-	-
27.	182,0±0,1	20	-	-	-	-	-	-	-	-
28.	190,3±0,1	130	15	~20	-	-	-	-	650	E2
29.	206,90±0,05	100	слаб.	-	-	-	-	-	1000	E1, E2, MI
30.	215,70±0,06	140	~20	-	-	-	-	-	500	MI

153,42±0,08

212,6

220,0

227,4

241,8

260,6

262,2±0,05

263,8

266,2

278,8

280,8

310,2

*

	E _к КЭВ	J _к	J _у	Вывод о мультипольн.	№к	E _у КЭВ	J _к	J _у	Вывод о мультипольн.
31.	218,10±0,06	40	350	E2	41.	440I,0±0,2	7	-	-
32.	238,1 ±0,1	80	-	-	42.	469,8±0,2	6	-	-
33.	244,50±0,08	20	250	E2	43.	493,9±0,2	10	-	-
34.	250,10±0,08	40	750	E2(+MI)	44.	595,1±0,25	4	-	-
35.	252,50±0,07	40	600	E2	45.	777,8±0,3	15	-	-
36.	265,3±0,1	25	1150	E1	46.	870,8±0,3	12	-	-
37.	272,0±0,12	20	1000	MI M1	47.	1247,3±0,6	6	-	-
38.	283,4±0,1	36	< 350	не E1	48.	1648,3±0,6	15	15000	E2
39.	353,8±0,15	20	580	E2(+MI)	49.	1838 ± 2	-	700	-
40.	372,5±0,15	15	500	E2					

325,9

* См. табл. 2.

369,5

330,7

371,5

344,8

349,0

1,67724

В таблице 2 проведено сравнение экспериментальных и теоретических значений отношений коэффициентов внутренней конверсии гамма-переходов ^{161}Tm и значений коэффициентов внутренней конверсии на К-оболочке. Теоретические коэффициенты определялись по таблицам /17/. В последней колонке таблицы дается заключение о мультипольности перехода, вытекающее из проведенного сравнения. Для гамма-переходов с энергией до 190,3 кэВ эти заключения сделаны по отношениям интенсивностей линий внутренней конверсии на К, L_I , L_{II} , L_{III} - подоболочках. Для определения мультипольности других гамма-переходов интенсивности гамма-лучей и конверсионных электронов в таблице 1 приведены к одним единицам по теоретическим значениям коэффициентов внутренней конверсии на К-оболочке для гамма-переходов с энергиями 146,65 кэВ ($M1$) и 172,05 кэВ ($M1$).

Схема распада ^{161}Tm

При построении схемы распада ^{161}Tm мы использовали, наряду с результатами настоящей работы, сведения, полученные в /18,19/ при спектроскопическом исследовании излучения, возникающего при ядерных реакциях, приводящих к образованию ^{161}Er .

Тьом и Элбек /18/ изучали спектры тритонов в реакции $^{162}\text{Er}(dt)^{161}\text{Er}$ и получили данные об уровнях ^{161}Er , возбуждающихся в этой реакции. Хагеманн и др. /19/ исследовали спектры гамма-лучей, возникающих в реакции $^{160}\text{Dy}(\alpha, 3n\gamma)^{161}\text{Er}$.

Начнем с рассмотрения уровней ротационной полосы основного состояния. В нашей работе /4/ было показано, что основное состояние ^{161}Er имеет характеристики $3/2^-$ /521/ и что при распаде ^{161}Tm возбуждаются уровни $5/2^-$ 59,51 кэВ и $7/2^-$ 143,92 кэВ ротационной полосы этого состо-

ТАБЛИЦА 2

Определение мультипольности гамма-переходов, возникающих при распаде
 $I61_{Tm} \rightarrow I61_{Et}$

I	E, кэВ	Метод определения	Эксперимент	Т е о р и я					Вывод о мультипольности
				E1	E2	E3	M1	M2	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	27,92	$L_1 : L_n$	6,7	0,88	0,01	0,015	10,8	13,8	(M1)
2.	45,54	$L_1 : L_n$ $L_n : L_{III}$ $M_1 : M_{II}$ $M_n : M_{III}$	2,2 0,73 2,3 0,66	2,15 0,76 2,2 0,735	0,016 0,86 0,017 0,83	0,015 0,90 0,015 0,905	10,98 6,48 10,1 6,53	11,0 0,24 10,25 0,26	E1
3.	59,51	$L_1 : L_n$ $L_n : L_{II}$ $M_1 : M_{II}$ $M_n : M_{III}$	3,4 1,3 3,0 1,4	2,7 0,78 2,78 0,77	0,03 0,87 0,035 0,88	0,014 0,98 0,055 0,975	11,22 6,62 10,2 6,65	9,85 0,32 0,15 0,32	$M1 + (3,4 \pm 0,7) \% E2$
4.	78,07	$K : L_1$ $L_1 : L_{II}$ $L_n : L_{III}$ $M_n : M_{II}$	0,9 ~0,07 1,1 1,0	33,9 3,35 0,81 0,8	0,92 0,08 0,96 0,94	0,06 0,02 1,06 1,05	72,4 11,16 6,70 6,7	33,9 8,94 0,44 0,43	$E2 +$ $M1 < 3 \%$
5.	79,35	$L_{II} : L_{III}$	~1,1	0,81	0,966	1,08	6,708	0,40	E3 (E2)
6.	84,40	$K : L_{II}$ $L_1 : L_{II}$ $L_{II} : L_{III}$ $M_n : M_{II}$	70 6,7 1,25 1,75	33,9 3,52 0,9 0,81	0,93 0,09 0,984 0,95	0,06 0,016 1,09 1,08	72,4 11,3 6,728 6,7	33,9 8,85 0,47 0,46	$M1 + (1,5 \pm 0,5) \% E2$

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7.	94,38	K : L _{III} L _I : L _{II} L _{II} : L _{III}	I,5 <0,18 I,03	30,2 3,89 0,84	I,38 0,13 I,016	0,I44 0,025 I,I3	550 II,35 6,76	I8,2 8,6 0,55	E2+ MI < 2 %
8.	I05,88	K : L _I L _I : L _{II}	7,5 I0	9,4 4,I7	I0,47 0,I5	6,7 0,027	7,3 II,5	4,80 8,4	MI
9.	I07,22	L _I : L _{II} L _{II} : L _{III}	~0,20 I,I	4,20 0,85	0,I6 I,I6	0,028 I,2I	II,65 0,82	8,3 0,6	E2 (E3)
10.	II2:56	K : L _I L _I : L _{II} α_K	7,8 >9 I,55	9,3 4,36 0,I8	I0,3 0,I9 0,70	7,08 0,03 2,50	7,3 II,55 I,5	4,8I 8,I3 I0,I	MI
II.	I22,55	K : L _I L _I : L _{II} α_K	7,0 >5 I,I	8,93 4,8I 0,I6	I0,I5 0,22 0,64	7,59 0,04 2,25	7,3 II,65 I,4	4,95 8,2 9,8	MI
12.	I43,92	K : L _I L _I : L _{II} L _{II} : L _{III} α_K	5,8 0,34 I,05 0,47	8,52 5,I3 0,892 0,I0	9,8 0,32 I,I6 0,40	8,I 0,065 I,35 I,4	7,34 II,75 6,956 0,85	5,I5 8,I5 0,83 5,3	E2
13.	I46,65	K : L _I L _I : L _{II} α_K	6,7 ~I0 0,80	8,55 5,4 0,097	I0,0 0,34 0,38	8,I 0,07 I,35	7,3 II,82 0,80	5,2 8,I5 5,0	MI
I4.	I56,52	α_K	0,33	0,080	0,32	I,I6	0,70	4,0	E2
15.	I72,05	K : L _I L _I : L _{II} α_K	7,7 I0 0,52	8,8 6,03 0,064	9,55 0,45 0,25	8,09 0,07 0,84	7,3 II,95 0,52	5,45 7,8 2,9	MI

E1 E2 E3 MA MV

I	2	3	4	5	6	7	8	9	IO
16.	190,30	<i>K: L_I L_I: L_{II} d_K</i>	8,6 -0,75 0,20	8,8 6,35 0,049	9,4 0,54 0,185	8,1 0,12 0,62	7,35 12,2 0,39	5,6 8,0 2,05	E2(+MI)
17.	206,90	<i>d_K</i>	0,10	0,040	0,145	0,48	0,31	1,55	E1, E2, MI
18.	215,70	<i>d_K</i>	0,28	0,0355	0,13	0,43	0,28	1,35	MI
19.	218,10	<i>d_K</i>	0,114	0,035	0,125	0,41	0,27	1,30	E2
20.	244,50	<i>d_K</i>	0,080	0,026	0,090	0,28	0,195	0,88	E2
21.	250,10	<i>d_K</i>	0,052	0,0245	0,084	0,26	0,185	0,82	E2 (+MI)
22.	252,50	<i>d_K</i>	0,066	0,0235	0,081	0,255	0,18	0,80	E2
23.	265,3	<i>d_K</i>	0,022	0,021	0,071	0,22	0,158	0,68	E1
24.	272,0	<i>d_K</i>	0,020	0,0197	0,066	0,20	0,145	0,62	E1
25.	293,4	<i>d_K</i>	~ 0,10	0,018	0,060	0,18	0,13	0,55	he E1
25.	353,8	<i>d_K</i>	0,035	0,0105	0,032	0,09	0,074	0,27	E2
26.	372,5	<i>d_K</i>	0,030	0,0093	0,028	0,078	0,065	0,23	E2
27.	1648,3	<i>d_K</i>	0,0010	0,00049	0,00106	0,0020	0,0016	0,0035	E2

12

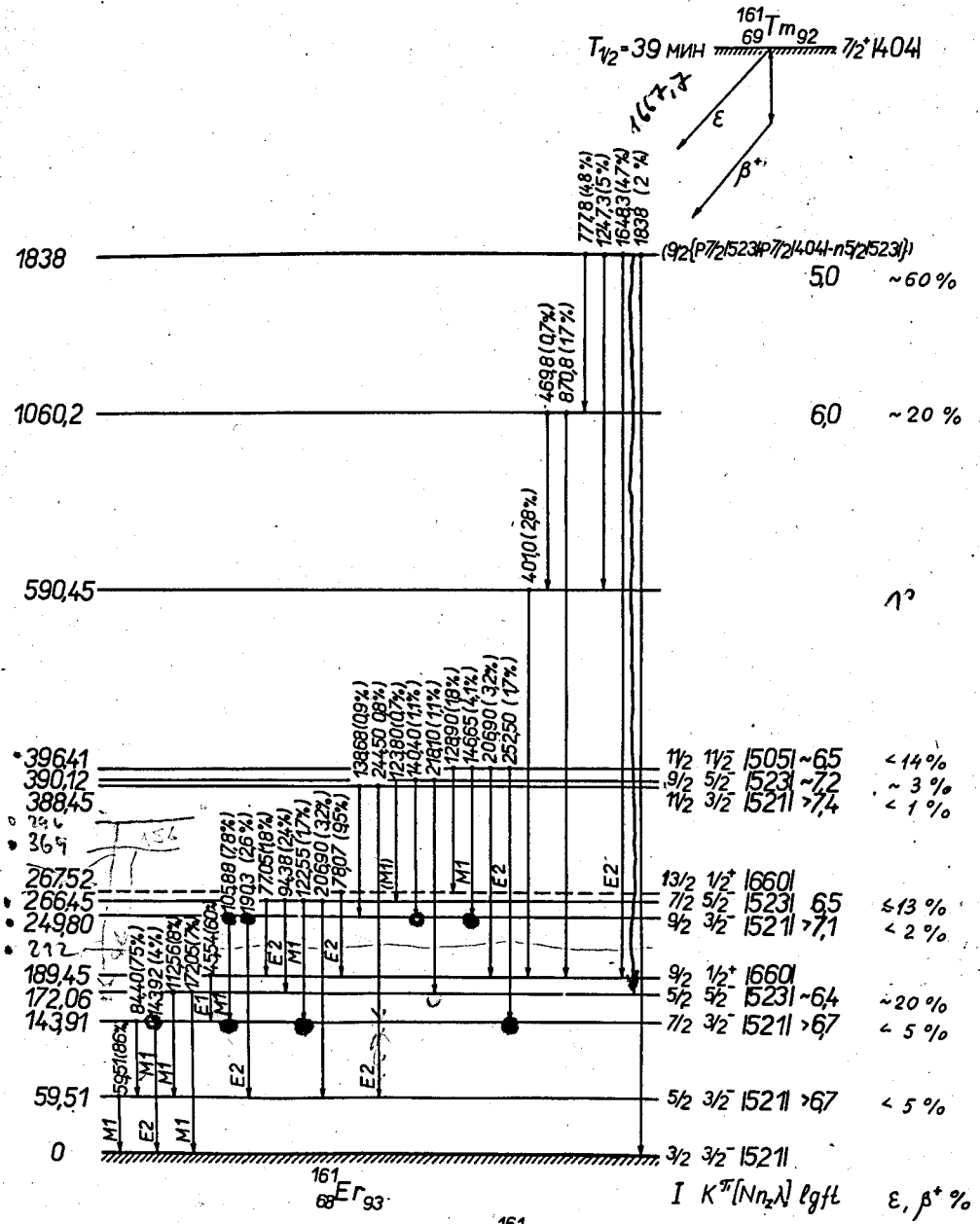


СХЕМА РАСПАДА $161_{69}Tm$

Рис. 1.

яния. Тьом и Элбек^{/18/} наблюдали уровни $9/2^-$ 250 кэВ и $11/2^-$ 388 кэВ этой полосы. Уровень $9/2^-$ 249,9 кэВ вводится и в работе^{/19/}. Результаты наших новых исследований распада ^{161}Tm позволяют утверждать, что в этом распаде возбуждаются также уровни $9/2^-$ и $11/2^-$ ротационной полосы основного состояния (рис. 1). Действительно, размещая гамма-переходы с энергиями 105,88 (M1), 138,68 кэВ, 190,3 кэВ (E2) и 244,50 кэВ (E2), мы получаем энергии уровней $9/2^-$ и $11/2^-$ 249,80 и 388,45 кэВ, хорошо согласующиеся с результатами^{/18,19/}. В полном согласии с такой интерпретацией находятся и экспериментально определенные мультипольности гамма-переходов.

В^{/4/} мы ввели в схему распада ^{161}Tm состояние $5/2^- 5/2^- /523/$ с энергией 172,0 кэВ. Существование этого состояния подтверждается в^{/18,19/}. Уточнение значений энергии гамма-переходов, сделанное в настоящей работе, показало, что уровень ротационной полосы этого состояния $7/2^-$ 250,0 кэВ был введен^{/4/} в схему распада ^{161}Tm неправильно. Энергия уровня $7/2^- 5/2^- /523/$ - 266,3 по^{/18,19/} и 266,45 кэВ - по нашим новым данным. Удаётся идентифицировать также уровень $9/2^-$ 390,12 кэВ этой полосы. Мультипольности гамма-переходов между уровнями этой полосы, а также с уровнем ротационной полосы $5/2^- /523/$ на полосу основного состояния (см. табл. 2) подтверждают предложенную интерпретацию. Гамма-переход 94,38 кэВ с уровня $7/2^-$ на основное состояние полосы $5/2^- /523/$ чистый или почти чистый E2-переход, Это характерно для ротационных переходов внутри полос, связанных с одночастичным состоянием $5/2^- /523/$.

Тьом и Элбек^{/18/}, а затем Хагеманн и др.^{/19/} вводят в схему уровней ^{161}Er состояние $11/2^- /505/$ с энергией 396,5 кэВ. Наблюдающиеся при распаде ^{161}Tm переходы 146,65 кэВ (M1) и 252,5 кэВ позволяют ввести этот уровень. Его энергия 396,41 кэВ. Мультипольности переходов с этого уровня согласуются с предположением, что спин и чётность этого уровня $11/2^-$.

Рассмотрим теперь вопрос о квантовых характеристиках основного состояния ^{161}Tm . Как известно (см. ^{/14/}), основные состояния ядер тулия с нечётным A обычно описываются нильссоновской орбитой $1/2^+$ /411/. Можно было бы ожидать, что также обстоит дело и с ^{161}Tm . Однако имеются факты, которые позволяют думать, что это, по-видимому, не так. Во-первых при распаде ^{161}Tm заселяются уровни с такими высокими спинами как $9/2^-$ и $11/2^-$. Этого не наблюдается при распаде соседних ядер ^{163}Tm и ^{165}Tm , где основное состояние типа $1/2^+$ /411/. В то же время при распаде ^{161}Tm не удалось обнаружить такие одночастичные состояния как $1/2^-$ /521/, сильно заселяющиеся при распаде ^{163}Tm и ^{165}Tm , или $3/2^+$ /402/ - 463 кэВ и $1/2^+$ /400/ - 481 кэВ, которые наблюдали Тьом и Элбек ^{/18/}.

По схеме уровней Нильссона ближайшие возможные состояния для нечётного 69-го протона, кроме состояния $1/2^+$ /411/, суть состояния типа $7/2^-$ /523/ или $7/2^+$ /404/. Первое из них наблюдается обычно у нечётных изотопов гольмия, второе - у нечётных изотопов лютеция. Первое не может быть основным состоянием ^{161}Tm , т.к. в этом случае распад происходил бы преимущественно на уровень 172,94 кэВ - $5/2^-$ /523/. Это разрешенный незадержанный бета-переход. Он наблюдается в ряде соседних ядер и имеет $\log ft$ меньше пяти. При бета-распаде ^{161}Tm уровень $5/2^-$ /523/ заселяется не очень сильно ($\log ft \approx 6,4$). Можно предположить, что ^{161}Tm ($T_{1/2} = 39 \pm 3$ мин) находится в состоянии $7/2^+$ /404/.

Тьом и Элбек наблюдали уровень с энергией 189 кэВ и спином $9/2$. Они предполагают, что это уровень типа $9/2$ $5/2^+$ /642/. Уровней с меньшими спинами этой вращательной полосы Тьом и Элбек не наблюдали. Предположительно вводится также уровень $13/2$ $5/2^+$ /642/ при энергии 268 кэВ. Хагеманн и др. ^{/19/}, изучая реакцию $^{160}\text{Dy} (\alpha \times 3 \text{ n}, \gamma) ^{161}\text{Er}$, наблюдали наряду с другими гамма-лучами пять находящихся в каскаде

гамма-переходов: 78,1; 198,6; 317,5; 426,1 и 518,5 кэв. Все переходы типа E2. Естественно было предположить, что это переходы в одной ротационной полосе. При этом оказалось, что, используя перечисленные энергии переходов, можно построить полосу только с $K = 1/2$.
Сравнивая свои результаты с данными ¹⁶¹Tm /4/ и /18/ Хагеманн и др. (d,t)

приходят к заключению, что уровень 189 кэв более правильно идентифицировать как состояние типа $9/2$ $1/2^+$ /660/. Этот уровень есть уровень с наименьшей энергией в этой аномальной ротационной полосе.

Хагеманн и др. /19/ наблюдают следующие уровни этой полосы: $9/2^+$ 189,4; $13/2^+$ 267,5; $17/2^+$ 466,1; $21/2^+$ 783,6; $25/2^+$ 1208,7 и $29/2^+$ 1726,9 кэв. Параметр развязки a в этой полосе равен $+9,1 \pm 0,3$.

Исходя из сведений о распаде ¹⁶¹Tm, можно ввести уровень с энергией 189,45 кэв. Он разряжается сильным E1-переходом с энергией 45,54 кэв на уровень 143,91 кэв (рис. 1) и связан с уровнями 266,45 и 396,41 кэв переходами 77,05 и 206,90 кэв. Переход 206,90 кэв уже размещен в схеме распада между уровнями 59,51 и 266,45 кэв. Энергия перехода 206,90 кэв одинаково хорошо удовлетворяет любому из двух его возможных размещений. Обратим внимание на значение a_k для перехода 206,90 кэв в табл. 2. Экспериментальное значение a_k равно 0,10; теоретическое для M1 равно 0,3 и для E1 равно 0,04. По предполагаемой схеме распада переход 206,90 кэв должен быть типа M1, если он размещается между уровнями 266,45 кэв ($7/2^-$) и 59,51 кэв ($5/2^-$) и типа E1, если он расположен между уровнями 396,41 кэв ($11/2^-$) и 189,45 кэв ($9/2^+$). Мы полагаем, что существуют два перехода с энергией 206,9 кэв, отличающиеся по энергии не более чем на 0,1 кэв. Один из этих переходов типа E1, другой - типа M1.

Таким образом, при распаде ¹⁶¹Tm ^{удается} вполне уверенно идентифицировать уровень 189,45 кэв со спином $9/2$ и положительной четностью. Если бы этот уровень был ротационным в полосе состояния

$5/2^+$ /642/, то, вероятно, следовало бы ожидать заселения более низких уровней этой полосы со спинами $7/2$ и $5/2$ через гамма-переходы типа $M1$ с уровня $189,45$ кэв $9/2$ $5/2^+$ /642/. Используя имеющиеся данные, нам не удалось построить эти уровни. В связи с этим представляется более вероятным, что уровень $189,45$ кэв имеет характеристики $9/2$ $1/2^+$ /660/.

Можно ввести в схему распада ^{161}Tm еще три уровня $590,45$; $1060,2$ и 1838 кэв, разместив между этими уровнями семь переходов. Сильный $E2$ -переход с энергией $78,07$ кэв может быть так же как в ^{19}F размещен между уровнями $267,52$ ($13/2^+$) и $189,45$ кэв. В этом случае размещается также переход $128,90$ кэв (с уровня $396,41$ кэв).

Оценим интенсивность бета-распада ^{161}Tm на уровне ^{161}Er . Полученные нами сведения об интенсивностях гамма-переходов показывают, что возбужденные уровни ротационной полосы основного состояния заселяются при бета-распаде слабо. Предполагая это, примем, что число распадов ^{161}Tm определяется интенсивностью гамма-переходов в основное состояние ^{161}Er . Это дает нам возможность оценить интенсивности гамма-переходов в процентах на распад ^{161}Tm и интенсивности бета-распада на уровне ^{161}Er . Эти сведения приведены на схеме распада ^{161}Tm (рис. 1).

Представляет интерес оценить значение матричных элементов для бета-распада на уровне ^{161}Er . Экспериментальных измерений разности масс $^{161}\text{Tm} \rightarrow ^{161}\text{Er}$ не проводилось, поэтому мы использовали полуэмпирическую оценку для этой разности масс - $3,5$ Мэв 20 . Полученные нами значения $\log ft$ (рис. 1) согласуются со сделанным выше предположением о структуре основного состояния ^{161}Tm .

В связи с тем, что для ряда уровней ^{161}Er пока не известно, как они заселяются с более высоких уровней ^{161}Er , для этих уровней указаны максимальные возможные значения интенсивности бета-распада на эти уровни и минимальные значения $\log ft$.

Бета-распад (К-захват) на уровень 1838 идет с $\log ft = 5,0$, то есть мы имеем дело здесь с разрешенным незадержанным бета-переходом. В этой области Z и N такой бета-переход может быть связан только с переходом P7/2/523/ \rightleftharpoons 5/2/523/ при распаде ^{161}Tm 7/2⁺/404/ на трехквaziчастичное состояние 9/2⁺/; P7/2/523/, P7/2/404/ - п 5/2/523/.

Авторы работы глубоко благодарны Н.И.Пятову и В.Н.Покровскому за ценные обсуждения результатов этой работы и доктору Х.Риде за предоставление результатов исследования реакции $^{160}\text{Dy}(\alpha, \text{3n})^{161}\text{Er}$ до их опубликования. Мы весьма признательны студенту-дипломнику Р.Ирматову за помощь в измерениях и обработке гамма-спектров.

Л и т е р а т у р а

1. T.W. Mihelich, V.Harmatz, T.H.Handley. Bull. Amer. Phys. Soc., 3, 358 (1958).
2. V.Harmatz, T.H.Handley, T.W.Mihelich. Phys. Rev., 114, 1082 (1959).
3. Б.Далхсурен, А.М.Гвоздева, М.Я.Кузнецова, И.Ю.Левенберг, Ю.В.Норсеев, В.Н.Покровский, И.А.Ютландов. Препринт ОИЯИ Р-613, Дубна 1960.
4. А.А.Абдумаликов, А.А.Абдуразаков, К.Я.Громов. Изв. АН СССР, серия физ. 28, 257 (1964).
5. Б.К.Преображенский, В.А.Калямин, О.М.Лилова, А.Н.Добронравов, Е.Д.Тетерин. ЖАХ, 1, 1094 (1956).
6. А.Ф.Новгородов, В.Л.Кочетков, Н.А.Лебедев, В.А.Халкин. Радиохимия, 6, вып. 1, 73 (1964).

7. А.А.Абдуразаков, А.И.Ахмаджанов, К.Я.Громов, Т.А.Исламов, Ш.М.Камаходжаев, М.К.Прокофьев. Препринт ОИЯИ Р6-4363, Дубна 1969.
Направлено в Известия АН Узбекской ССР.
8. T.Ewan, R.L.Craham, J.S.Geiger. Nucl. Phys., 22, 610 (1961).
9. F.Bohm, J.Rogers. Nucl. Phys., 41, 553 (1963).
10. H.Riidiger Koch, Zeitschreff für Physik. 187, N 5, 450 (1965).
11. А.А.Абдумаликов. Диссертация, Ташкент - Дубна (1966).
12. А.А.Абдумаликов, А.А.Абдуразаков, Ф.Н.Абдуразакова, К.Я.Громов, Г.Я.Умаров, Изв. АН УзССР, серия. физ.мат. №1, стр. 37, 1962.
13. А.Арльт, С.Кадькова, А.Калинин, В.Мойсеева, Г.Музиоль, М.Омельяненко, Ю.Прокофьев, Б.Семенов, А.Синаев, Н. Чистов, Х.Штрусный, Г.Эльснер. Препринт ОИЯИ Р6-3773, Дубна 1968.
14. С.М.Lederer, J.М.Hollander and I.Perlman. Table of Isotopes. Sixth Edition (1967) .
15. К.Я.Громов, Ж.Т.Желев, В.Г.Калинников, З.Малек, Н.Ненов, Г.Пфреппер, Х.Штрусный. Препринт ОИЯИ Р6-3945, Дубна 1968.
16. Г.Байер, К.Я.Громов, Ж.Желев, Н.Ненов, Х.Штрусный. Программа и тезисы XIX ежегодного совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра (1969), Ереван.
17. R.S.Hager and E.C.Seltzer. Nucl. Data, A4, 1-235 (1968);
Гамма-лучи. Под редакцией Л.А.Слива, Изд-во АН СССР (1961).
АН СССР (1961).
18. P.O.Tjøm, В.Еlbek. Preprint (1968).
19. К.А.Hagemann, S.A.Hjort, R.H.Ryde, H.Ohlsson.
Phys. Lett., 28B, №10 (1969).
20. Г.Ф.Драницына. Препринт ОИЯИ Р-959, Дубна 1962.

Рукопись поступила в издательский отдел

3 апреля 1969 года.