

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА



15/1-79  
P6 - 11847

B-926

Ц.Вылов, Ш.Оманов, Я.Саржински,  
В.С.Александров, Н.Б.Бадалов, А.И.Муминов,  
М.Суботович, Хан Хен Мо, Ю.В.Юшкевич

140/2-79

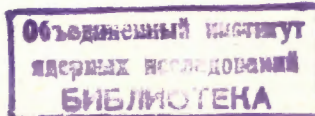
ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПАДА  $^{145}\text{Eu} \longrightarrow ^{145}\text{Sm}$

**1978**

Ц.Вылов, Ш.Оманов,<sup>1</sup> Я.Саржински,  
 В.С.Александров,<sup>2</sup> Н.Б.Бадалов,<sup>1</sup> А.И.Муминов,<sup>3</sup>  
 М.Суботович,<sup>4</sup> Хан Хен Мо, Ю.В.Юшкевич

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПАДА  $^{145}\text{Eu} \longrightarrow ^{145}\text{Sm}$

Направлено в "Acta Physica Polonica"



<sup>1</sup> Самаркандский государственный университет.

<sup>2</sup> ВНИИМ им. Д.М.Менделеева, Ленинград.

<sup>3</sup> Институт ядерной физики АН УзССР, Ташкент.

<sup>4</sup> Университет М.Кюри-Склодовской, Люблин, ПНР.

Исследование распада  $^{145}\text{Eu} \rightarrow ^{145}\text{Sm}$ 

В работе исследовались спектры  $\gamma$ -лучей, электронов внутренней конверсии (ЭВК),  $\gamma$ - $\gamma$ -совпадений и  $\gamma$ - $\gamma$ -угловые корреляции. Впервые обнаружены в ядре  $^{145}\text{Sm}$  в области от 100 до 2500 кэВ 35 малоинтенсивных переходов. При исследовании спектров ЭВК наблюдались переходы: 249,51; 269,11; 355,18; 425,50; 449,73; 463,67; 485,05; 674,33; 687,45; 523,30 и 1614,35 кэВ. Впервые установлены мультипольности 10 малоинтенсивных переходов. На основе результатов  $\gamma$ - $\gamma$ -угловых корреляций установлены спины следующих уровней: 1436,30 (1/2); 1627,55 (1/2, 3/2); 1547,31 (3/2) и 1658,50 кэВ (3/2). На основе результатов исследования спектров  $\gamma$ -лучей, КЭ,  $\gamma$ - $\gamma$ -совпадений и  $\gamma$ - $\gamma$ -угловых корреляций, предлагается схема распада  $^{145}\text{Eu} \rightarrow ^{145}\text{Sm}$ . Доказано существование уровней, возбуждающихся при распаде  $^{145}\text{Eu}$ : 1843,38; 1950,76; 2340,60 и 2558,89 кэВ. Нами введены уровни с характеристиками: 1962,35 (1/2<sup>+</sup>, 3/2<sup>+</sup>); 2385,35 кэВ (3/2<sup>+</sup> - 7/2<sup>+</sup>), а также установлены  $J^\pi$  следующих уровней: 2192,96 (5/2<sup>-</sup> - 9/2<sup>-</sup>); 2276,60 (5/2<sup>-</sup> - 9/2<sup>-</sup>); 2293,03 (5/2<sup>-</sup>, 7/2<sup>-</sup>); 2340,60 (5/2<sup>-</sup> - 9/2<sup>-</sup>); 2387,34 (3/2<sup>+</sup>, 5/2<sup>+</sup>); 2481,98 (3/2<sup>+</sup> - 7/2<sup>+</sup>); 2508,22 (3/2<sup>+</sup> - 7/2<sup>+</sup>); 2523,33 (5/2<sup>-</sup>, 7/2<sup>-</sup>) и 2558,89 кэВ (3/2<sup>+</sup> - 7/2<sup>+</sup>).

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1978

Investigation of the  $^{145}\text{Eu} \rightarrow ^{145}\text{Sm}$  Decay

Spectra of  $\gamma$ -rays and internal conversion electron (ICE) as well as  $\gamma$ - $\gamma$ -coincidences and  $\gamma$ - $\gamma$  angular correlations have been investigated. Thirty five new transitions with a weak intensity have been found in the nucleus  $^{145}\text{Sm}$  in the region 100 - 2500 keV. In the ICE spectra the following transitions were observed: 249,51; 269,11; 355,18; 425,50; 449,73; 463,67; 485,05; 674,33; 687,45; 523,30 and 1614,35 keV. For the first time, the multipolarity of 10 weak transitions was determined. From the  $\gamma$ - $\gamma$  angular correlation measurements, the spin values of the following levels were established: 1436,30 (1/2); 1627,55 (1/2, 3/2); 1547,31 (3/2) and 1658,50 keV (3/2). On the basis of these experiments the decay scheme of  $^{145}\text{Eu} \rightarrow ^{145}\text{Sm}$  is proposed. The excitation of the following levels in the  $^{145}\text{Eu}$  decay is confirmed: 1843,38; 1950,76; 2340,60 and 2558,89 keV. The existence of the new levels: 1962,96 (1/2<sup>+</sup>, 3/2<sup>+</sup>) and 2385,35 keV (3/2<sup>+</sup>, 5/2<sup>+</sup>, 7/2<sup>+</sup>) is proposed. Spin and parity values  $J^\pi$  of the following levels are determined: 2192,96 (5/2<sup>-</sup>, 7/2<sup>-</sup>, 9/2<sup>-</sup>); 2276,60 (5/2<sup>-</sup>, 7/2<sup>-</sup>, 9/2<sup>-</sup>); 2293,03 (5/2<sup>-</sup>, 7/2<sup>-</sup>); 2340,60 (5/2<sup>-</sup>, 7/2<sup>-</sup>, 9/2<sup>-</sup>); 2387,34 (3/2<sup>+</sup>, 5/2<sup>+</sup>); 2481,98 (3/2<sup>+</sup>, 5/2<sup>+</sup>, 7/2<sup>+</sup>); 2508,22 (3/2<sup>+</sup>, 5/2<sup>+</sup>, 7/2<sup>+</sup>); 2523,33 (5/2<sup>-</sup>, 7/2<sup>-</sup>) and 2558,89 keV (3/2<sup>+</sup>, 5/2<sup>+</sup>, 7/2<sup>+</sup>).

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research.

Dubna 1978

## ВВЕДЕНИЕ

Свойства возбужденных состояний четно-нечетного ядра  $^{145}\text{Sm}$  исследовались при распаде  $^{145}\text{Eu}$  и в ядерных реакциях  $^{145}\text{Sm}$ .

В работе <sup>/9/</sup> в рамках модели спаривания частиц-остов рассчитаны энергии и квантовые характеристики возбужденных состояний  $^{145}\text{Sm}$ , получены спектроскопические факторы и коэффициенты ветвления для этих состояний. Сравнение расчетных значений со значениями, полученными в экспериментах по изучению  $\beta$ -распада  $^{145}\text{Eu}$  и (d, p)-реакций на ядре  $^{144}\text{Sm}$ , показывают, что используемая модель достаточно хорошо описывает ядерную структуру  $^{145}\text{Sm}$ .

Спектр излучения и схема распада  $^{145}\text{Eu}$  довольно сложны. В работах <sup>/1-5/</sup> исследовались спектры  $\gamma$ -лучей, электронов внутренней конверсии /ЭВК/,  $e$ - $\gamma$ -,  $\gamma$ - $\gamma$ -совпадений,  $\gamma$ - $\gamma$ -угловые корреляции. Следует отметить, что в <sup>/1-5/</sup> наблюдаются разногласия по энергиям переходов и относительным интенсивностям  $\gamma$ -лучей и ЭВК. Не определены мультипольности ряда малоинтенсивных  $\gamma$ -переходов; существование некоторых уровней, введенных в <sup>/1-5/</sup>, обосновано недостаточно, а также не установлены квантовые характеристики большинства возбужденных уровней  $^{145}\text{Sm}$ .

Для выяснения этих вопросов нами исследованы спектры  $\gamma$ -лучей, ЭВК,  $\gamma$ - $\gamma$ -совпадений и  $\gamma$ - $\gamma$ -угловые корреляции. Предварительные экспериментальные результаты были опубликованы в работах <sup>/10,11/</sup>.

## 1. РАДИОАКТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ

Радиоактивные источники европия получались в реакции глубокого расщепления тантала и эрбия протонами с энергией 660 МэВ на синхроциклотроне ОИЯИ. Мишени облучались в течение 6-10 ч с последующим радиохимическим выделением фракции европия<sup>12/</sup> и разделением ее по изотопам на электромагнитном масс-сепараторе<sup>13/</sup>.

## 2. СПЕКТР $\gamma$ -ЛУЧЕЙ

Исследования спектров  $\gamma$ -лучей  $^{145}\text{Eu}$  проводились на спектрометрах с Ge-, Ge(Li) -детекторами объемом 0,7; 0,8 см<sup>3</sup> с энергетическим разрешением соответственно 250 и 240 эВ при  $E_{\gamma} = 5,6$  кэВ/на линии  $^{57}\text{Co}$  / и Ge(Li) -детекторами объемом 1,3; 11; 37 и 38 см<sup>3</sup> с энергетическим разрешением соответственно 1,6; 2,2; 2,1; 1,9 кэВ при  $E_{\gamma} = 1332$  кэВ/на линии  $^{60}\text{Co}$  /.

Информация накапливалась в памяти многоканального анализатора типа TRIDAC-C и DIDAC, записывалась на магнитную ленту магнитофона RG-23 и передавалась на ЭВМ Минск-2<sup>28/</sup>. Затем спектры обрабатывались с помощью ЭВМ Минск-2 и Минск-22 по программе "Каток"<sup>14/</sup>, а дальнейшая обработка осуществлялась по программам<sup>17/</sup>.

Определение энергий и относительных интенсивностей  $\gamma$ -лучей проводилось по разработанной нами методике, описанной в работах<sup>15-21/</sup>. В качестве калибровочных стандартов энергий  $\gamma$ -лучей использовались источники  $^{109}\text{Cd}$ ,  $^{113}\text{Sn}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{88}\text{Y}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{144}\text{Ce}$ ,  $^{207}\text{Bi}$  и  $^{56}\text{Co}$ . При определении погрешности энергии  $\gamma$ -лучей  $^{145}\text{Eu}$  учитывались среднеквадратичные погрешности и погрешности энергетических шкал  $/17 \cdot 10^{-6}$  для шкалы  $^{198}\text{Au}$  и  $8 \cdot 10^{-6}$  для шкалы  $Wk\alpha$  /. Для определения эффективности регистрации излучений спектрометров использовались источники  $\gamma$ -лучей с известной активностью /ОСГИ/ и источники с хорошо известными относительными интенсивностями  $\gamma$ -лучей:  $^{75}\text{Se}$ ,  $^{169}\text{Yb}$ ,  $^{133}\text{Ba}$ ,  $^{207}\text{Bi}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{171}\text{Lu}$ ,  $^{173}\text{Lu}$ ,  $^{110m}\text{Ag}$ ,

$^{160}\text{Tb}$ ,  $^{192}\text{Ir}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{153}\text{Gd}$ ,  $^{152}\text{Eu}$ ,  $^{182}\text{Ta}$ ,  $^{56}\text{Co}$  и  $^{144}\text{Ce}$ . В погрешности определения относительных интенсивностей  $\gamma$ -лучей  $^{145}\text{Eu}$  входят погрешности эффективности регистрации излучений спектрометров.

Характерные аппаратные спектры, измеренные с помощью спектрометров с Ge(Li) -детекторами объемом 0,8 и 38 см<sup>3</sup>, приведены на рис. 1 и 2. Энергии переходов, относительные интенсивности  $K_{\gamma}$ - и  $\gamma$ -лучей представлены в табл. 1. Там же приведены для сравнения результаты работ<sup>1-4/</sup>. Экспериментальные данные, приведенные нами в табл. 1, являются результатом обработки более 40 аппаратных спектров  $\gamma$ -лучей и ЭВК.

В настоящей работе точность определения энергий  $\gamma$ -лучей для интенсивных  $\gamma$ -переходов не более 40 эВ, а для малоинтенсивных переходов не превышают 0,5 кэВ, что на порядок точнее результатов предыдущих работ<sup>1-3/</sup>. Относительные интенсивности  $\gamma$ -переходов, определенные авторами работ<sup>1,2/</sup>, в основном, подтверждаются полученными нами результатами. Однако в работе<sup>1/</sup> относительные интенсивности  $\gamma$ -лучей с энергиями: 1078,91; 1658,44; 2329,37; 2425,37; 2481,89; 2508,34 кэВ намного завышены.

Нам впервые удалось обнаружить в ядре  $^{145}\text{Sm}$  в области от 100 до 2500 кэВ 35 малоинтенсивных переходов.

## 3. СПЕКТРЫ ЭЛЕКТРОНОВ ВНУТРЕННЕЙ КОНВЕРСИИ И МУЛЬТИПОЛЬНОСТИ $\gamma$ -ПЕРЕХОДОВ

Спектры ЭВК исследовались с помощью спектрометров с Si(Li) -детекторами<sup>15/</sup> /энергетическое разрешение 1,0 + 1,5 кэВ при  $E_e = 150$  кэВ/ и с Si(Li) -детектором /энергетическое разрешение 2,2 кэВ при  $E_e = 150$  кэВ/, помещенным в магнитное поле<sup>15/</sup>. Некоторые характерные аппаратные спектры, измеренные в этих условиях, представлены на рис. 3,4. В табл. 1 приведено сравнение наших результатов по измерению

Сведения о ядерных переходах при распаде <sup>145</sup>Eu и их сравнение с данными работ 1-4.

Таблица 1

(I <sub>γ</sub> ± ΔI <sub>γ</sub> ), кэВ			(I <sub>γ</sub> ± ΔI <sub>γ</sub> ), отн. едн.			(I <sub>γ</sub> ± ΔI <sub>γ</sub> ), отн. едн.			(α <sub>γ</sub> ± Δα <sub>γ</sub> ) × 10 <sup>3</sup>	(I <sub>γ</sub> ± ΔI <sub>γ</sub> )	ГЛ	E <sub>γ</sub> <sup>л</sup>	E <sub>γ</sub> <sup>р</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Вост. раб.	/1/	/2/	Вост. раб.	/1/	/2/	Вост. раб.	/2/	/1/					
Kα <sub>2</sub>	-	-	45,0(7)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kα <sub>1</sub>	-	-	80,7(21)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
I <sub>β1</sub>	-	-	24,78(20)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
I <sub>β2</sub>	-	-	6,32(13)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
111,087(24)	110,9(1)	110,9(1)	2,4(9)	2,4(5)	2,6(5)	997(33)	927(300)	787(41)	309(40)	6,1(2)	MI	1547,31	1436,30
172,39(38)	-	-	0,015(5)	-	-	-	-	-	-	0,015(5)	-	2513,33	2340,52
176,25(19)	-	-	0,021(5)	-	-	-	-	-	-	0,021(5)	-	-	-
185,23(42)	-	-	0,009(5)	-	-	-	-	-	-	0,009(5)	-	2340,52	2155,32
191,24(5)	191,32(6)	191,4(1)	0,787(17)	0,78(6)	1,5(6)	66,0(21)	71(30)	70(11)	224(7)	0,96(2)	MI	1627,55	1436,30
212,92(3)	213,0(2)	-	0,11(6)	0,09(4)	-	1,60(8)	-	-	39(22)	0,11(6)	MI	2346,40	2133,37
218,19(11)	-	-	0,011(2)	-	-	-	-	-	-	0,011(2)	-	2558,89	2340,52
225,21(24)	-	-	0,008(3)	-	-	-	-	-	-	0,008(3)	-	-	-
249,51(57)	-	-	-	-	-	0,09(5)	-	-	-	0,09(5)	-	1876,63	1627,55
252,69(16)	252,7(2)	-	0,015(5)	0,013(5)	-	0,35(5)	-	-	63(26)	0,016(6)	EI	2110,54	1957,65
256,91(6)	257,4(2)	-	0,039(9)	0,07(3)	-	1,55(6)	1,40(4)	-	107(25)	0,039(9)	MI, E2	1804,24	1547,31
-	266,6(6)	-	-	0,04(2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
269,11(26)	-	-	0,004(2)	-	-	0,07(4)	-	-	47(37)	0,004(2)	E2	1876,63	1607,31
292,25(9)	292,4(5)	-	0,037(4)	-	-	1,23(4)	0,80(3)	-	90(10)	0,040(5)	MI	1950,76	1658,50
309,66(29)	-	-	0,005(2)	-	-	-	-	-	-	0,005(2)	-	-	-
314,13(5)	313,7(2)	-	0,079(6)	0,06(3)	-	1,78(26)	1,44(4)	-	61(10)	0,084(7)	MI	1972,73	1658,50
338,33(6)	338,0(2)	-	0,107(7)	0,14(4)	-	1,56(12)	1,29(5)	-	40(4)	0,111(7)	E2	1996,85	1658,50
-	343,9(2)	-	-	0,11(3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
349,46(7)	349,5(3)	-	0,038(3)	-	-	0,94(6)	1,13(6)	-	59(6)	0,040(4)	MI, E2	2346,40	1996,85
355,18(35)	-	-	0,010(5)	-	-	0,011(5)	-	-	3(2)	0,010(5)	EI	1962,35	1607,31
365,37(5)	365,0(4)	-	0,092(8)	0,13(3)	-	1,07(13)	-	-	31(5)	0,092(9)	MI, E2	1972,73	1607,31
-	368,0(3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
373,59(4)	373,4(3)	-	0,077(7)	0,07(3)	-	1,20(11)	1,54(6)	-	42(5)	0,081(7)	MI, E2	2346,40	1972,73
388,95(18)	-	-	0,018(5)	-	-	0,14(9)	-	-	21(14)	0,018(5)	MI, E2	2192,96	1804,24
422,40(19)	-	-	0,008(5)	-	-	-	-	-	-	0,008(5)	-	2385,33	1962,33
425,50(14)	-	-	0,024(4)	-	-	0,05(3)	-	-	6(3)	0,025(4)	EI	2558,89	2133,37
434,414(25)	434,3(4)	-	0,28(2)	0,21(3)	-	0,51(9)	0,66(3)	-	5,0(9)	0,28(2)	EI	1857,65	1423,22
-	440,2(6)	-	-	0,06(2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
449,73(40)	-	-	-	-	-	0,18(7)	-	-	-	-	-	-	-
453,46(8)	454,1(10)	-	0,049(5)	-	-	0,41(6)	0,50(3)	-	22,4(40)	0,049(5)	MI, E2	1876,63	1423,22
463,67(58)	-	-	0,026(11)	-	-	0,06(4)	-	-	6(4)	0,026(11)	EI	2425,85	1962,35
468,76(34)	468,5(6)	-	0,17(9)	0,04(2)	-	0,420(30)	0,89(4)	-	7(4)	0,17(9)	EI	-	-
474,84(9)	-	-	0,17(11)	-	-	-	-	-	-	0,17(11)	-	2133,37	1658,50

(продолжение таблицы)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
485,05(58)	482,4(6)	-	0,09(5)	0,07(3)	-	-	0,088(14)	-	-	2,7(16)	0,09(5)	EI	2491,98	1996,85
497,31(39)	-	-	0,006(4)	-	-	-	-	-	-	-	0,006(4)	-	-	
-	519,4(4)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
526,03(5)	526,1(3)	526,2(2)	0,161(8)	0,19(3)	-	0,94(5)	-	-	15,6(11)	0,161(8)	MI	2133,37	1607,31	
536,67(25)	536,3(3)	-	0,039(18)	0,04(2)	-	-	-	-	-	0,039(18)	-	1972,73	1436,30	
542,564(17)	542,4(2)	542,6(2)	7,28(14)	7,0(5)	8,6(2)	8,7(7)	0,5(25)	7,4(7)	3,3(3)	7,3(2)	EI	1436,30	893,74	
549,39(30)	-	-	-	-	-	0,14(6)	-	-	-	0,14(6)	-	1972,73	1423,22	
560,40(17)	-	-	0,016(5)	-	-	-	-	-	-	0,016(5)	-	1996,85	1436,30	
586,01(16)	-	-	0,036(8)	-	-	-	-	-	-	0,036(8)	-	2133,37	1547,31	
653,512(19)	653,3(2)	653,5(1)	24,0(5)	23,3(10)	24,6(3)	19,3(13)	15,3(2)	16,2(15)	2,15(15)	24,1(5)	MI	1547,31	893,74	
674,33(17)	-	-	0,004(2)	-	-	0,10(4)	-	-	70(45)	0,004(2)	(M2)	2110,54	1436,30	
687,90(18)	-	-	0,003(1)	-	-	0,10(5)	-	-	88(50)	0,004(1)	MI, E2	2346,40	1658,50	
713,551(27)	713,4(2)	713,9(2)	0,360(10)	0,33(3)	-	1,09(12)	-	-	8,1(9)	0,36(1)	MI	1607,31	893,74	
733,45(37)	-	-	0,014(5)	-	-	0,035(18)	-	-	6,7(45)	0,014(6)	MI, E2	1627,55	893,74	
752,62(48)	753,5(6)	-	-	-	-	0,12(5)	-	-	-	0,12(5)	-	-	-	
757,59(18)	758,3(8)	-	0,059(10)	-	-	0,12(5)	-	-	5,5(25)	0,059(10)	MI, E2	2385,22	1627,55	
764,775(18)	764,7(2)	764,8(2)	2,59(5)	2,5(2)	2,8(1)	6,66(37)	5,5(1)	6,3(7)	6,9(4)	2,61(7)	MI	1658,50	893,74	
823,30(52)	-	-	0,006(2)	-	-	0,09(5)	-	-	39(25)	0,006(2)	(M2)	2491,98	1658,50	
838,638(39)	838,6(4)	838,5(4)	0,167(8)	0,17(5)	-	0,35(4)	-	0,59(7)	5,6(7)	0,168(8)	MI	-	-	
-	864,3(9)	-	-	-	-	0,13(4)	-	-	-	-	-	-	-	
869,61(29)	-	-	0,008(4)	-	-	0,022(5)	-	-	7,4(41)	0,008(4)	MI, E2	2293,03	1423,22	
873,75(43)	872,6(6)	-	0,050(28)	-0,02	-	0,308(7)	-	0,31(1)	6,1(33)	0,050(28)	MI, E2	-	-	
877,71(32)	878,5(6)	-	0,10(6)	-0,02	-	-	-	-	-	0,10(6)	-	-	-	
-	882,6(6)	-	-	-0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
893,738(24)	893,7(2)	893,7(2)	100,0(24)	100,0	100,0	100,0(22)	100,0	100,0	2,68	100,8(24)	E2	893,74	0	
910,55(6)	910,2(3)	910,3(5)	0,124(5)	0,14(3)	-	0,129(29)	-	-	2,79(64)	0,124(5)	MI, E2	1804,24	893,74	
917,13(20)	-	-	0,018(7)	-	-	-	-	-	-	0,018(7)	-	2340,52	1423,22	
949,61(5)	949,9(3)	949,9(5)	0,125(9)	0,14(4)	-	0,19(5)	-	-	3,99(2)	0,125(9)	MI	1443,38	893,74	
959,97(20)	-	-	0,011(3)	-	-	-	-	-	-	0,011(3)	-	-	-	
963,84(30)	-	-	0,010(3)	-	-	-	-	-	-	0,010(3)	-	1957,65	893,74	
1002,95(22)	1003,2(7)	-	0,011(4)	0,04(1)	-	-	-	-	-	0,011(4)	-	2425,85	1423,22	
1063,53(36)	1064,5(10)	-	0,077(4)	-	-	0,082(12)	-	-	2,9(5)	0,077(4)	MI	-	-	
1078,909(30)	1079,1(2)	1078,6(3)	0,645(24)	0,60(6)	1,1(5)	0,81(17)	0,95(2)	0,96(18)	3,4(7)	0,65(2)	MI	1972,73	893,74	
1103,12(25)	-	-	0,018(4)	-	-	-	-	-	-	0,018(4)	-	1996,85	893,74	
1239,57(5)	1239,1(2)	1240,5(6)	0,181(18)	0,14(2)	-	0,139(31)	-	-	2,1(5)	0,181(2)	MI	2133,37	893,74	
-	1278,4(12)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
-	1385,5(1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1423,13(5)	1423,2(3)	1423,3(3)	0,560(20)	0,53(5)	-	0,33(5)	0,40(15)	0,33(8)	1,53(19)	0,56(2)	MI	1423,22	0	
1452,51(9)	1452,6(3)	-	0,090(18)	0,10(2)	-	0,108(27)	-	-	3,2(10)	0,09(2)	MI, E2	2346,40	893,74	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1461,90(14)	1461,5(14)	-	-	-	-	0,055(22)	-	-	-	0,055(22)	-	-	-
1532,05(7)	1532,2(2)	1532,3(2)	0,502(16)	0,49(3)	-	0,31(4)	0,27(1)	0,26(12)	1,64(24)	0,50(2)	MI	2425,85	893,74
1547,21(9)	1547,2(3)	1547,3(4)	0,108(13)	0,15(3)	-	0,103(22)	-	-	2,7(4)	0,108(15)	(M2)	1547,31	0
1598,39(25)	-	-	0,009(5)	-	-	-	-	-	-	0,009(5)	-	2481,98	893,74
1614,35(25)	-	-	0,017(6)	-	-	0,056(22)	-	-	0,017(6)	0,017(6)	(M2)	2508,21	893,74
-	1614,3(13)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	1625,0(10)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	1629,6(13)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1658,44(5)	1658,4(2)	1658,7(2)	22,1(11)	21,3(12)	28,1(3)	7,15(28)	8,3(15)	8,1(7)	0,07(5)	22,1(11)	E2	1658,50	0
1779,79(26)	1780,0(7)	-	0,026(10)	0,04(1)	-	-	-	-	-	0,026(10)	-	-	-
1804,21(4)	1804,0(2)	1804,4(2)	2,09(17)	1,54(13)	1,8(6)	0,18(3)	-	0,22(2)	0,23(4)	2,09(17)	E1	1804,24	0
-	1810,6(15)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	1844,2(15)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1857,68(5)	1857,4(3)	1857,8(2)	0,576(27)	0,54(5)	0,5(2)	0,09(1)	-	0,12(3)	0,45(5)	0,58(3)	MI	1857,65	0
-	1863,5(18)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1876,64(6)	1876,4(3)	1876,8(2)	1,90(10)	1,88(16)	2,3(8)	0,53(4)	-	0,63(21)	0,72(7)	1,97(10)	MI, E2	1876,63	0
1950,76(21)	1951,5(6)	-	0,019(2)	0,014	-	0,008(2)	-	-	1,53(44)	0,014(2)	MI	1950,76	0
-	1963,7(18)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1972,74(6)	1972,4(3)	1972,2(2)	0,136(8)	0,13(3)	-	0,060(7)	-	0,036(22)	1,18(15)	0,136(8)	MI, E2	1972,73	0
1996,95(6)	1996,8(2)	1997,0(2)	0,7(5)	0,85(60)	13,9(15)	2,90(30)	-	2,94(30)	0,73(8)	10,71(51)	MI	1996,85	0
2110,60(9)	2110,5(4)	2110,5(3)	0,053(3)	0,05(1)	-	0,018(9)	-	0,011(11)	0,91(5)	0,053(3)	MI	2110,54	0
2129,86(35)	-	-	0,018(3)	-	-	-	-	-	-	0,018(3)	-	-	-
2133,41(7)	2133,2(4)	2133,5(2)	0,33(4)	0,30(2)	0,31(1)	0,04(1)	-	0,11(3)	0,33(9)	0,33(4)	MI, E2	2133,37	0
2155,30(7)	2155,2(4)	2155,4(2)	0,203(10)	0,17(2)	0,11(6)	0,090(14)	-	1,2(2)	0,203(10)	0,203(10)	MI, E2	2155,32	0
2192,86(7)	2192,7(6)	2193,0(3)	0,054(3)	0,053(8)	-	0,029(14)	-	0,029(14)	1,44(70)	0,054(3)	MI, E2	2192,96	0
-	2228,0(20)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2276,58(6)	2276,3(6)	2276,9(5)	0,164(8)	0,15(2)	0,22(8)	0,017(7)	-	0,014(12)	0,29(12)	0,164(8)	E1	2276,60	0
2292,81(23)	2292,2(6)	2291,8(18)	0,006(2)	0,007(4)	-	0,005(3)	-	0,00(5)	2,2(15)	0,006(2)	MI	2292,03	0
2329,37(6)	2329,3(2)	2329,3(5)	0,291(7)	0,26(3)	0,45(1)	0,049(7)	-	0,044(16)	0,46(7)	0,281(7)	MI, E2	2329,35	0
2340,59(14)	2340,5(4)	2340,3(5)	0,035(4)	0,04(1)	-	-	-	-	-	0,035(4)	-	2340,52	0
2346,46(7)	2346,3(3)	2346,4(4)	0,288(7)	0,28(3)	0,39(1)	0,050(7)	-	0,070(40)	0,47(7)	0,288(7)	MI, E2	2346,40	0
2385,22(31)	-	-	0,008(2)	-	-	-	-	-	-	0,008(2)	-	2385,33	0
2387,32(8)	2387,5(2)	2387,6(3)	0,039(3)	0,04(1)	0,038(2)	0,032(5)	-	0,037(18)	2,2(4)	0,034(3)	(M2)	2387,34	0
2422,00(38)	-	-	0,007(1)	-	-	-	-	-	-	0,007(1)	-	-	-
2425,90(7)	2426,1(3)	2425,9(3)	0,201(4)	0,200(15)	0,31(1)	0,050(7)	-	0,07(2)	0,67(9)	0,201(4)	MI	2425,85	0
2481,99(10)	2482,3(2)	2482,3(3)	0,054(2)	0,06(1)	0,34(1)	0,018(4)	-	-	0,89(20)	0,054(2)	MI	2481,98	0
2508,34(20)	2508,5(4)	2508,1(4)	0,049(2)	0,04(1)	0,38(1)	0,016(5)	-	-	0,96(28)	0,049(2)	MI	2508,21	0
2513,37(23)	2513,5(4)	2513,0(4)	0,032(2)	0,03(1)	-	0,007(3)	-	-	0,59(25)	0,032(2)	MI, E2	2513,33	0
2558,62(40)	2559,7(25)	-	0,002(1)	-	-	0,002(1)	-	-	2,72(19)	0,002(1)	(M1)	2558,98	0

MI - данные, взятые из работы /4/

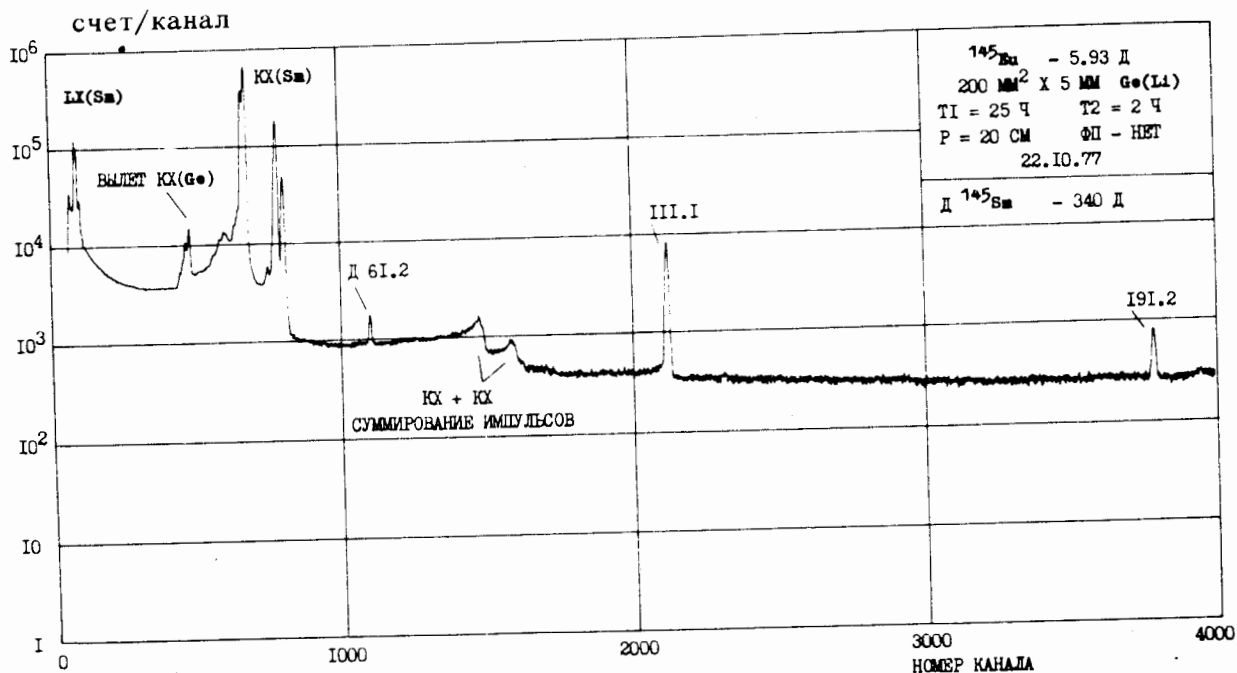


Рис. 1. Спектр гамма-лучей <sup>145</sup>Eu, измеренный на спектрометре с Ge(Li) - детектором объемом 0,8 см<sup>3</sup>.

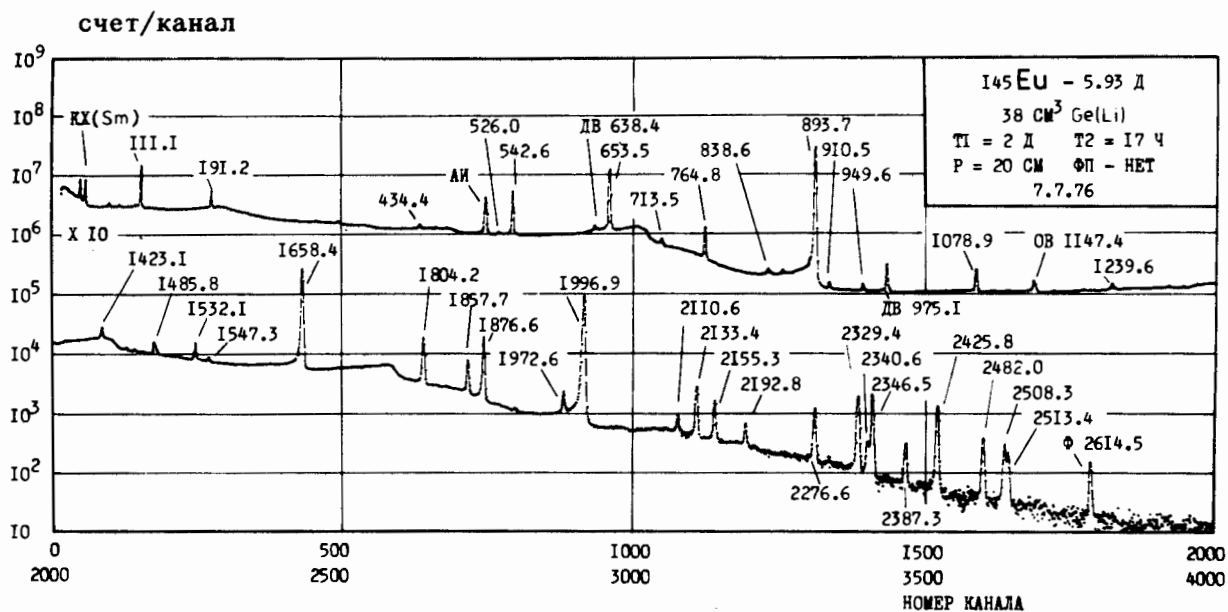


Рис. 2. Спектр гамма-лучей  $^{145}\text{Eu}$ , измеренный на спектрометре с Ge(Li)-детектором объемом  $38\text{ см}^3$ .

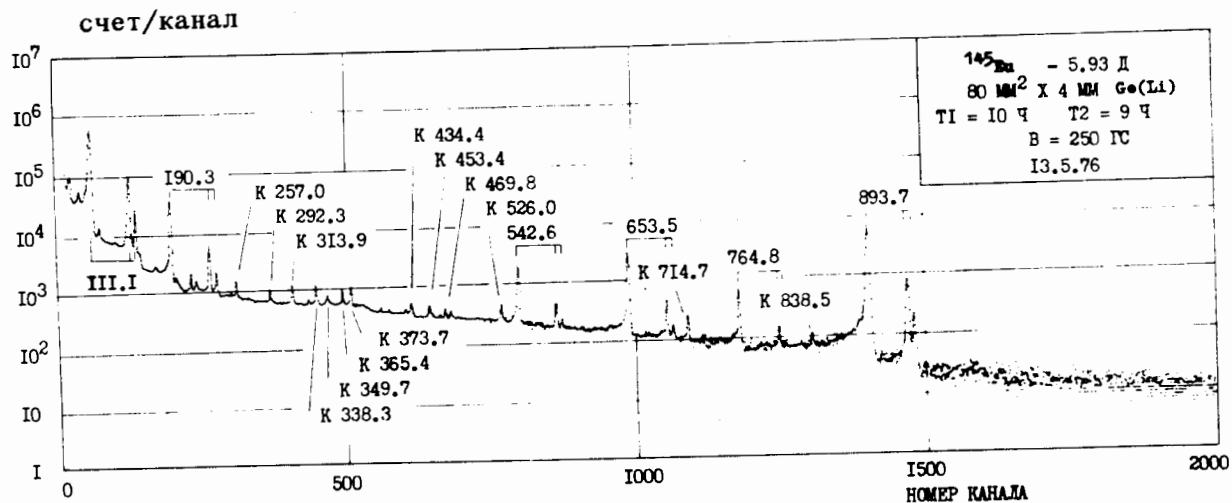


Рис. 3. Спектр ЭВК  $^{145}\text{Eu}$ , измеренный на  $\beta$ -спектрометре с Si(Li)-детектором, помещенным в однородное магнитное поле /при  $H_1 = 250\text{ Гс}$ /.

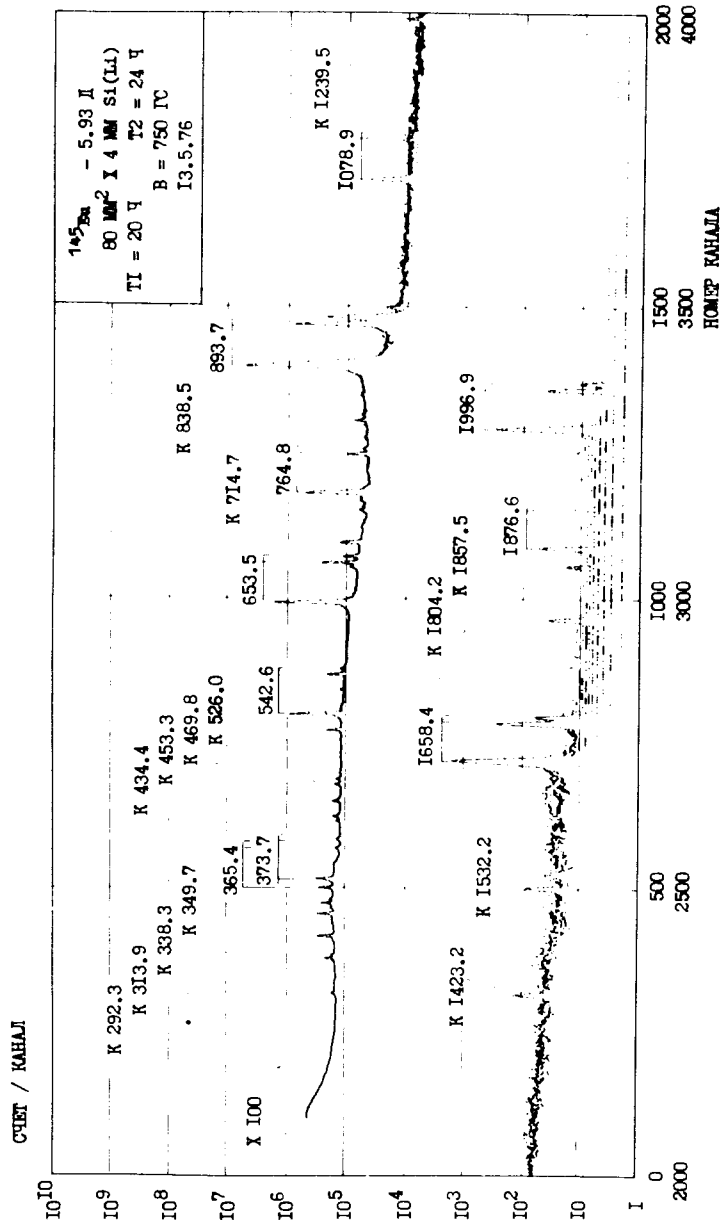


Рис. 4. Спектр ЭВК  $^{145}\text{Eu}$  измеренный на  $\beta$ -спектрометре с  $\text{Si}(\text{Li})$ -детектором, помещенным в однородное магнитное поле /при  $H_1 = 750 \text{ Гс}/$ .

спектров ЭВК с данными работ <sup>/1,2/</sup>. Отсюда видно, что значения интенсивностей К-линий, определенные в работах <sup>/1,2/</sup>, сходятся с нашими данными в пределах погрешностей, за исключением некоторых малоинтенсивных переходов, приведенных в работе <sup>/1/</sup>. При исследовании спектров КЭ впервые наблюдались следующие переходы: 249,51; 269,11; 355,13; 425,50; 449,73; 463,67; 485,05; 674,33; 687,45; 523,30; 1614,35 кэВ.

Для определения коэффициентов внутренней конверсии,  $a_k$ , шкалы  $I_k$  и  $I_\gamma$  нормировались по переходу с энергией 893,73 кэВ. Мультипольность этого перехода принималась как чистая E2; при этом теоретическое значение  $a_k$  равно 0,00268 <sup>/22/</sup>.

На основе сравнения экспериментальных и теоретических <sup>/22,23/</sup> значений  $a_k$  устанавливались мультипольности  $\gamma$ -переходов в  $^{145}\text{Sm}$ . При вычислении погрешностей  $a_k$  учитывались погрешности определения относительных интенсивностей К-линий,  $\gamma$ -лучей и коэффициента связи шкал. Следует отметить, что нами впервые установлены мультипольности ряда малоинтенсивных переходов с энергиями: 269,11; 355,18; 425,50; 463,67; 485,05; 674,33; 687,90; 733,45; 823,30 и 1614,35 кэВ. В табл. 1 приводятся экспериментальные значения  $a_k$ , тип мультипольности, полные интенсивности переходов и их размещение в схеме распада  $^{145}\text{Eu}$ .

#### 4. $\gamma$ - $\gamma$ -СОВПАДЕНИЯ

Спектры  $\gamma$ - $\gamma$ -совпадений исследовались с помощью спектрометрической установки с двумя  $\text{Ge}(\text{Li})$ -детекторами объемом 41 и 47 см<sup>3</sup> с энергетическим разрешением 2,5 и 3,0 при энергии 1332 кэВ. Временное разрешение системы составляло  $2\tau_0 = 50 \text{ нс}$ . Коды событий /4096x4096/ передавались на ЭВМ ИР-2116С и записывались на магнитную ленту. Сортировка экспериментальных данных проводилась после эксперимента по разработанной методике <sup>/24/</sup>. Результаты исследований спектров  $\gamma$ - $\gamma$ -совпадений представлены в табл. 2, а некоторые из полученных спектров  $\gamma$ - $\gamma$ -совпадений показаны на рис. 5.





## 5. $\gamma$ - $\gamma$ -УГЛОВЫЕ КОРРЕЛЯЦИИ

Исследование  $\gamma$ - $\gamma$ -угловых корреляций проводилось с помощью автоматизированного спектрометра<sup>/25/</sup> с Ge(Li) -детектором объемом 45 см<sup>3</sup>/энергетическое разрешение ~3 кэВ при E<sub>γ</sub> = 1332 кэВ и двумя NaJ(Tl) -детекторами /40x40 мм/. Разрешающее время используемой быстрой схемы совпадений 2τ = 60 нс. Для уменьшения обратного рассеяния  $\gamma$ -лучей детекторы закрывались свинцовыми коллиматорами. В опытах применялись источники в виде водного раствора <sup>145</sup>EuCl<sub>3</sub>. Информация накапливалась в памяти многоканального анализатора NTA-512В. При обработке экспериментальных данных учитывались поправки на несимметричное расположение источника, случайные совпадения с комптоновски рассеянными  $\gamma$ -квантами и на телесные углы детекторов. Для сравнения с теорией было принято, что однозначно определены спины состояний: основного (7/2); 893,75 (3/2); 1547,31 кэВ (3/2) и мультипольности переходов, заселяющих и разряжающих эти уровни. Экспериментальные и теоретические<sup>/26/</sup> значения коэффициентов A<sub>22</sub> и A<sub>44</sub> приведены в табл. 3. Для всех исследуемых каскадов теоретические значения A<sub>44</sub> = 0. Наши результаты по  $\gamma$ - $\gamma$ -угловым корреляциям согласуются с данными работы<sup>/29/</sup>.

На основе полученных значений коэффициентов A<sub>22</sub> и A<sub>44</sub> можно сделать следующие заключения:

а. Спин уровня 1436,30 кэВ равен 1/2, что однозначно вытекает из корреляции каскада /543-894/ кэВ.

б. Корреляции каскадов /191-543/ кэВ и /191-/543-/894/ кэВ являются изотропными, поэтому однозначно определить спин уровня 1627,55 кэВ нельзя. Исходя из того, что мультипольность перехода 191,24 кэВ чистая M1 и принимая установленное значение спина уровня 1436,30 кэВ (1/2), можно предположить, что характеристики уровня 1627,55 кэВ - 1/2<sup>+</sup>, 3/2<sup>+</sup>.

в. Корреляция каскада /654-894/ кэВ подтверждает предположение о том, что спин уровня 1547,31 кэВ равен 3/2, так как мультипольности переходов 653,51 и 893,73 кэВ чистые E1 и E2 соответственно.

г. Из корреляции каскада /764-894/ кэВ однозначно

Таблица 3

Результаты исследований  
 $\gamma$ - $\gamma$ -угловых корреляций  
при распаде <sup>145</sup>Eu.

γ/γ	Гамма-каскад, кэВ	Энергия уровней, кэВ	Последовательность спинов в каскаде	A <sub>22</sub> Теория		A <sub>44</sub> Эксперимент	
				5	6	5	7
2	541-594	1436-894-0	1/2 <sup>+</sup> (E1) 3/2 <sup>-</sup> (E2) 1/2 <sup>-</sup> 3/2 <sup>+</sup> (E1) 3/2 <sup>-</sup> (E2) 1/2 <sup>-</sup> 5/2 <sup>+</sup> (E1) 3/2 <sup>-</sup> (E2) 1/2 <sup>-</sup>	-0,060(14)	-0,071 +0,057 -0,014	-0,001(30)	
3	654-894	1547-894-0	3/2 <sup>+</sup> (E1) 3/2 <sup>-</sup> (E2) 1/2 <sup>-</sup>	+0,052(6)	+0,057	+0,003(18)	
4	111-543	1547-1436-894	3/2 <sup>+</sup> (M1) 1/2 <sup>+</sup> (E1) 3/2 <sup>-</sup> 3/2 <sup>+</sup> (M1) 3/2 <sup>+</sup> (E1) 3/2 <sup>-</sup> 3/2 <sup>+</sup> (M1) 5/2 <sup>+</sup> (E1) 3/2 <sup>-</sup>	-0,023(95)	0 +0,16 +0,14	+0,041(76)	
5	111-(543)-894	1547-1436-894-0	3/2 <sup>+</sup> (M1) 1/2 <sup>+</sup> (E1) 3/2 <sup>-</sup> (E2) 1/2 <sup>-</sup> 3/2 <sup>+</sup> (M1) 3/2 <sup>+</sup> (E1) 3/2 <sup>-</sup> (E2) 1/2 <sup>-</sup> 3/2 <sup>+</sup> (M1) 5/2 <sup>+</sup> (E1) 3/2 <sup>-</sup> (E2) 1/2 <sup>-</sup>	0,020(26)	0 +0,011 -0,040	+0,048(56)	
6	191-543	1628-1436-894	1/2 <sup>+</sup> (M1) 1/2 <sup>+</sup> (E1) 3/2 <sup>-</sup> 3/2 <sup>+</sup> (M1) 1/2 <sup>+</sup> (E1) 3/2 <sup>-</sup> 1/2 <sup>+</sup> (M1) 3/2 <sup>+</sup> (E1) 3/2 <sup>-</sup> 3/2 <sup>+</sup> (M1) 3/2 <sup>+</sup> (E1) 3/2 <sup>-</sup> 3/2 <sup>+</sup> (M1) 5/2 <sup>+</sup> (E1) 3/2 <sup>-</sup> 7/2 <sup>+</sup> (M1) 5/2 <sup>+</sup> (E1) 3/2 <sup>-</sup>	+0,028(81)	0 -0,20 +0,16 +0,14 -0,16 +0,05	0,000(17)	
7	191-(543)-894	1628-1436-894-0	1/2 <sup>+</sup> (M1) 1/2 <sup>+</sup> (E1) 3/2 <sup>-</sup> (E2) 1/2 <sup>-</sup> 3/2 <sup>+</sup> (M1) 1/2 <sup>+</sup> (E1) 3/2 <sup>-</sup> (E2) 1/2 <sup>-</sup> 1/2 <sup>+</sup> (M1) 3/2 <sup>+</sup> (E1) 3/2 <sup>-</sup> (E2) 1/2 <sup>-</sup> 3/2 <sup>+</sup> (M1) 3/2 <sup>+</sup> (E1) 3/2 <sup>-</sup> (E2) 1/2 <sup>-</sup> 5/2 <sup>+</sup> (M1) 3/2 <sup>+</sup> (E1) 3/2 <sup>-</sup> (E2) 1/2 <sup>-</sup> 3/2 <sup>+</sup> (M1) 5/2 <sup>+</sup> (E1) 3/2 <sup>-</sup> (E2) 1/2 <sup>-</sup> 7/2 <sup>+</sup> (M1) 5/2 <sup>+</sup> (E1) 3/2 <sup>-</sup> (E2) 1/2 <sup>-</sup>	-0,033(32)	0 0 -0,014 +0,011 -0,003 -0,040 +0,046 -0,014	+0,001(70)	
8	765-894	1658-894-0	3/2 <sup>+</sup> (M1) 3/2 <sup>-</sup> (E2) 1/2 <sup>-</sup> 5/2 <sup>+</sup> (M1) 3/2 <sup>-</sup> (E2) 1/2 <sup>-</sup>	+0,049(26)	+0,057 -0,014	-0,029(54)	



→  $^{145}\text{Sm}$ , согласно работе /27/, принималась равной /2717±11/ кэВ.

Авторы считают своим долгом поблагодарить М.Я.Кузнецову за интерес к работе и ценные советы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Hill J.C. *Phys.Rev.*, 1967, 153, p.1312.
2. Adam J., Toth K.S., Roche M.F. *Nucl.Phys.*, 1968, A121, p.289.
3. Newman E., Toth K.S., Williams J.R. *Phys.Rev.*, 1973, C7, p.290.
4. Адам И. и др. *Болгарский физ. журнал*, 1975, II, с.1.
5. Howorek T., Skoerzynski Z., Wawryszcuk J. *Acta Phys.Pol.*, 1966, 29, p.407.
6. Kenefick R.A., Sheline R.K. *Phys.Rev.*, 1965, 139, B1479.
7. Jolly R.K., Moore C.F. *Phys.Rev.*, 1966, 145, p.981.
8. Christensen P.R. e.a. *Nucl.Phys.*, 1967, A102, p.481.
9. Berghe C., Waroquer V.M. *Nucl.Phys.*, 1972, A196, p.303.
10. Бадалов Н.Б. и др. *Прогр. и тез. докл. XXVII совещ-по ядерн. спектроск. и структ. атомн. ядра. "Наука", Л., 1977.*
11. Вылов Ц. и др. *В кн.: XV совещание по ядерной спектроскопии и теории ядра. ОИЯИ, Дб-11574, Дубна, 1979, с.113.*
12. Молнар Ф., Халкин В., Херрман Э. *ЭЧАЯ*, 1973, 3, с.1077.
13. Афанасьев В.П. и др. *ОИЯИ*, 13-4763, Дубна, 1969.
14. Гаджоков В. *ПТЭ*, 1970, 5, с.82.
15. Вылов Ц. и др. *Прикладная ядерная спектроскопия. Атомиздат, М., 1976, вып. 6, с.3.*
16. Вылов Ц. и др. *Прикладная ядерная спектроскопия. Атомиздат, М., 1976, вып. 6, с.26.*
17. Вылов Ц. и др. *Прикладная ядерная спектроскопия. Атомиздат, М., 1976, вып. 6, с.59.*
18. Вылов Ц. и др. *ОИЯИ*, Р6-10414, Дубна, 1977.
19. Вылов Ц. и др. *ОИЯИ*, Р6-10415, Дубна, 1977.
20. Вылов Ц. и др. *ОИЯИ*, Р6-10416, Дубна, 1977.
21. Вылов Ц. и др. *ОИЯИ*, Р6-11085, Дубна, 1977.
22. Hager R.S., Seltzer E.C. *Nucl. Data Tables*, 1968, A4, p.1.
23. Trusov V.F. *Nucl.Data Tables*, 1972, 10, p.477.
24. Гонусек М., Фромм Д. *ОИЯИ*, 10-10007, Дубна, 1976.
25. Аликов Б.А. и др. *Прикладная ядерная спектроскопия. Атомиздат, М., 1977, вып. 7, с.86.*
26. Guven H.H., Kardon B., Seyfarth H. *Tables of the 3-j, 6-j, Fk, Ak, Pk and Akk- coefficients...* KFA Such, 1975.
27. *Nucl. Data Sheets*, 1974, 12, p.203.
28. Александров В.С. и др. *ОИЯИ*, 11-7319, Дубна, 1973.
29. Будзынски М. и др. *Прогр. и тез. докл. XXV совещ-по ядерной спектр. и структ. атомного ядра. Л., 1975.*

Рукопись поступила в издательский отдел  
24 августа 1978 года.