

Б-817

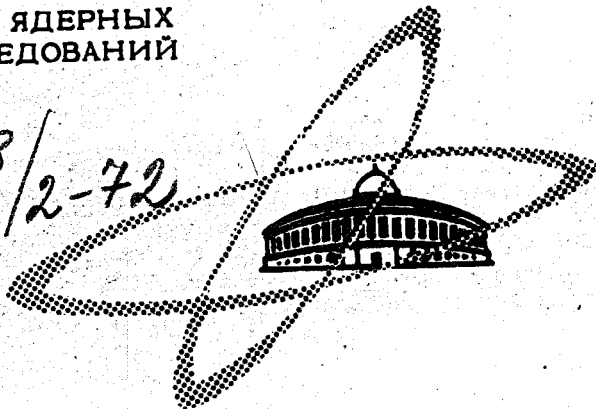
11/21-72

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

4198 / 2-72

P6 - 6649



Н.А.Бонч-Осмоловская, К.Я.Громов, Т.А.Исламов,  
А.Ш.Хамидов

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

НОВЫЕ ДАННЫЕ О РАСПАДЕ  $^{169}\text{Lu} \rightarrow ^{169}\text{Yb}$

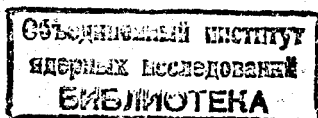
1972

P6 - 6649

Н.А.Бонч-Осмоловская, К.Я.Громов, Т.А.Исламов,  
А.Ш.Хамидов

НОВЫЕ ДАННЫЕ О РАСПАДЕ  $^{169}\text{Lu} \rightarrow ^{169}\text{Yb}$

Направлено в "Известия" АН СССР.



В данной работе мы продолжаем исследование распада  $^{169}\text{Lu} \rightarrow ^{169}\text{Yb}$  при помощи методики, улучшенной по сравнению с применяемой в предыдущих работах <sup>/1-5/</sup>.

Спектры гамма-лучей измерялись на сепарированном источнике  $^{169}\text{Lu}$  с использованием  $\text{Ge}(\text{Li})$ -детекторов объемом 0,5; 8 и 38 см<sup>3</sup> при разрешающей способности 0,8 кэВ ( $E_\gamma = 100$  кэВ), 2,5 - 3,0 кэВ и 3,5 - 4 кэВ ( $E_\gamma = 1$  МэВ) соответственно. В прежних работах <sup>/1,2/</sup> источник  $^{169}\text{Lu}$  представлял собой смесь лютециевых изотопов, а  $\text{Ge}(\text{Li})$ -детекторы имели объем 6 и 12 см<sup>3</sup> при разрешении в районе  $E_\gamma = 1$  МэВ 3,7 - 4,5 и 4,5 - 6 кэВ соответственно.

Спектры конверсионных электронов измерялись с лучшей разрешающей способностью, чем в работах <sup>/3-5/</sup> и с источником большей активности, чем в работе <sup>/5/</sup>. Источниками  $^{169}\text{Lu}$  для измерения спектров конверсионных электронов служила лютециевая фракция. Разрешающая способность используемых трех  $\beta$ -спектрографов равнялась 0,025-0,05% <sup>/6/</sup>. Энергии конверсионных линий определялись на ЭВМ "CDC" с точностью 0,010 - 0,5 кэВ <sup>/7/</sup>.

Результаты измерения спектров  $\gamma$ -лучей и конверсионных электронов представлены в таблицах 1,2.

Как видно из таблиц 1, 2, получены обширные сведения о спектре излучения  $^{169}\text{Lu}$ . Идентифицировано около 100 новых  $\gamma$ -переходов.



Таблица 2. Переходы в  $^{169}\text{Yb}$ , возникающие при распаде  $^{169}\text{Lu}$   
( $E_\gamma > 460$  кэВ).

$E_\gamma$ [3] КэВ	Э. к.в. наст. рад.		I <sub>γ</sub>	I <sub>α</sub>	I <sub>β</sub>	I <sub>γ</sub>	I <sub>α</sub>	I <sub>β</sub>	Мульти- поляриз.	Равновесие			
	На спектро- конверсиях	На спектро- У-лучах								E, E <sub>1</sub>	I, I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
	464,8±0,1	465±0,5		7,8±0,8	8,5±2,0			10,4	3,7±1,7	E1			
466,33±0,30													
470,39±0,14	470,5±0,1		22±5	24±4	267±50	170±30	36±8	MI	569-99	5/2 <sup>+</sup>	5/2 <sup>+</sup>		
475,84±0,30						18±6							
476,68±0,30						12±5	5	E1					
479,98±0,13	479,9±0,2	(477)		(9,6)	57±13	78±16	49±25	E1	1070-590	7/2 <sup>+</sup>	5/2 <sup>+</sup>		
	480,9±0,2		6±3	6±3	318±1,9	8,5±2,0	9±5	E1					
482,93±0,2	482,9±0,2		10±5	5,6±2,8	63±12	65±20	46±25	MI	569-87	5/2 <sup>+</sup>	3/2 <sup>+</sup>		
484,59±0,17	484,7±0,2	484±0,5		9,2±3,6	62±12	59±12	26±10	E2	1688-1204	7/2 <sup>+</sup>	5/2 <sup>+</sup>		
	486,8±0,3		(a)	-2,5	-5		8,5	E1					
489,13±0,17	489,3±0,2		10	9,2±3,2	95±19	71±12	36±12	MI	1449-960	9/2 <sup>+</sup>	7/2 <sup>+</sup>		
492,15±0,76						22±6							
502,8±0,3	503,3±0,2	503±0,5		8,0±2,5	7,6±1,9	12±5	4,9±1,7	E1					
505,8±0,3	505,1±0,2	506±0,5		7,8±2,8	38±10	42±8	21±8	E2, MI	2286-1781	5/2 <sup>+</sup>	5/2 <sup>+</sup>		
519,9±0,7	519,7±0,5	521±0,5		3,6±1,8	7,6±2,0	8±8	8,5±4,8	E1, E2	590-70	5/2 <sup>+</sup>	-9/2 <sup>+</sup>		
	523,85±0,30	523±0,5		3,5±1,8	8,5±2,0		9,8±5,4	E1, E2					
		540±0,5		6,8±2,8	слож.								
545,42±0,16	545,4±0,3		(a)	22±5	111±28	110±19	20±6	MI, E2	707-161	9/2 <sup>+</sup>	11/2 <sup>+</sup>		
548,49±0,16	548,6±0,1		(a)	17,8±4,5	114±28	106±21	25±8	MI	647-99	7/2 <sup>+</sup>	5/2 <sup>+</sup>		
550,23±0,30	549,7±0,4		(a)	2,5±1,3	17±4	21±13	30±12	MI	1311-761	7/2 <sup>+</sup>	5/2 <sup>+</sup>		
560,48±0,9	560,8±0,3		±10	8,2±3,2	28,5±8,5	35±8	16±6	E2	659-99	3/2 <sup>+</sup>	5/2 <sup>+</sup>		
562,98±0,23	563,5±0,5		14±5	16,6±4,6	76±15	82±15	19±6	MI	807-99	9/2 <sup>+</sup>	7/2 <sup>+</sup>		
569,9±0,6	569,9±0,1		(a)	7±3	-7,5	18	8±5	E1(E2)	569-0	5/2 <sup>+</sup>	7/2 <sup>+</sup>		
	572,5±0,5			4,5±2,0	28,5±7,0	35±13	MI	659-87	3/2 <sup>+</sup>	3/2 <sup>+</sup>			
	577±0,5	577±0,5		48±11	30±6	230±38	250±40	32±7	MI	647-70	7/2 <sup>+</sup>	9/2 <sup>+</sup>	
576,35±0,13	576,4±0,4		28±6	29±6	190±38	260±50	31±3	MI	590-0	5/2 <sup>+</sup>	7/2 <sup>+</sup>		
590,5±0,17	590,8±0,2		±3	(6)	слож.	19±8	13±9	E2	1903-1311	9/2 <sup>+</sup>	7/2 <sup>+</sup>		
597,9±0,7			±4	4,1±2,0	4±1	8±4	6±3	E1, E2	1204-590	6/2 <sup>+</sup>	5/2 <sup>+</sup>		
614,2±0,5	613,6±0,2		±10	11,8±3,8	8±2	27±5	30±1,5 <sup>±</sup>	E1	1688-1070	7/2 <sup>+</sup>	7/2 <sup>+</sup>		
617,28±0,21	618,2±0,3		±12	9,5±3,5	33±11	58±10	20±7	MI	722-99	5/2 <sup>+</sup>	5/2 <sup>+</sup>		
622,98±0,17	623,07±0,30			3,5±1,8	7,6±2,0	5	8,7±4,9	E2					
633,0±0,4	632,58±0,30			76±25	86±17	23±12	MI	722-87	5/2 <sup>+</sup>	3/2 <sup>+</sup>			
635,31±0,17	635,2±0,3		21±7	28	-14	38±10	49±11	E2, MI	707-70	9/2 <sup>+</sup>	9/2 <sup>+</sup>		
636,16±0,17	636,2±0,3			5,6±2,6	23±8	16,5±9,0	E2, MI	1449-8169	7/2 <sup>+</sup>	7/2 <sup>+</sup>			
	642,68±0,30	642±0,5		13,1±4,1	55±16	65±12	18,5±6,5	MI	647-0	7/2 <sup>+</sup>	7/2 <sup>+</sup>		
647,19±0,14	647,33±0,30		15±4	8,4±3,0	29±10	32±8	15±6	MI	919-264	9/2 <sup>+</sup>	9/2 <sup>+</sup>		
655,35±0,16	655,46±0,30		9±4	3,9±3,5	29±10	16±5	10±4	E2					
657,72±0,2	657,86±0,30			10,2±3,2	13±4		5,2±2,2	E1, E2	1311-647	7/2 <sup>+</sup>	7/2 <sup>+</sup>		
	664,6±0,30	665±0,5	(a)	11,9±4,0	19±6	19±6	6,4±2,3	E2	2286-1616	5/2 <sup>+</sup>	3/2 <sup>+</sup>		
670,10±0,26	670,36±0,30		±6	4,8±2,6	19±6	19±6	17±10	E2, MI	919-243	3/2 <sup>+</sup>	7/2 <sup>+</sup>		
675,9±0,3	675,9±0,30			7,8±3,0	8,5±2,0		4,4±2,0	E1					
		682±0,5		11±4	слож.								
		688±0,5											
690,74±0,21	690,0±0,3		60±30	29	-8	15±4	51±10	E2	7,6±4,2				
	691,0±0,3			21	30±6		5,8±2,1	E2	761-70	5/2 <sup>+</sup>	9/2 <sup>+</sup>		
		700±0,5		2,9±1,9									
703,3±0,4	703,55±0,40		±6	6,4±3,0	19±9	32±9	16±9	MI, E2	1448-746	9/2 <sup>+</sup>	7/2 <sup>+</sup>		
707,47±0,20	708,11±0,30		23±12	14,4±3,4	57±11	69±16	18±5	MI	707-0	9/2 <sup>+</sup>	7/2 <sup>+</sup>		
719,8±0,4	720,06±0,30		±5	7,4±2,4	19±4	23±9	10,5±4,2	MI, E2	720-0	3/2 <sup>+</sup>	7/2 <sup>+</sup>		
725,03±0,28	725,30±0,30		16±8	15,6±3,6	38±9	31±12	8,9±2,8	E2					
728,54±0,22	728,6±0,3		16±8	9,2±3,2	438	47±11	21±9	MI	1688+960	7/2 <sup>+</sup>	7/2 <sup>+</sup>		
760,72±0,29			16±8	4±2	слож.	54±12							
761,69±0,29	761,3±0,2			9±5	19±7	59±12	8,5±5,0 <sup>±</sup>	E2, MI	761-0	5/2 <sup>+</sup>	7/2 <sup>+</sup>		
	768,91±0,30	768±0,5		12,6±3,5	5,7±2,0		1,8±0,8	E1					
774,8±0,3			(a)	(a)		16			2237-1463	7/2-	7/2-		

Продолжение таблицы 2.

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
777,1±0,5			(a)	(7,2)		14	7,8±5,5 MI,E2			
782,5±0,5	782,64±0,30		(a)	4,9±2,0	15±5	19	12±6 MI			
792,5±0,5						10				
	796,74±0,30	797±0,5		7,6±3,0	5,7±2,0		3,0±1,6 EI			
		803±0,3		5,0±2,5						
		804±0,3		6,0±3,0						
	817,8±0,3	817±0,5		9,5±3,5	4,2±1,1		1,8±0,7 EI			
820,94±0,22	821,0±0,3		≤ 10	13,5±3,5	40±10	55±15	14±4 MI	I781-960		5/2"-7/2"
824,50±0,24	824,74±0,30			3,4±1,7	7,6±2,0	9,9±2,3	10,5±5,5 MI	2136-1311		2/2"-7/2"
		832±0,5		3,6±1,8	7,6±2,0		8,5±4,8 E2,MI	1909-1078		7/2"-9/2"
844,8±0,4	844,8±0,4			-3	4,1,9	1,9±0,9	2,5±1,7 EI	I909-1064		7/2"-9/2"
847,9±0,7				-1,7	3,8	2,2±0,9	5,2±3,4 E2	2297-1449		5/2"-9/2"
849,2±0,4				1,5±0,8		3,2±1,4	8,5±5,5 MI,E2			
857,2±0,4	857,0±0,3			3,7±1,8	3,8±1,0	4,2±1,9	4,3±2,3 E2			
874,0±0,5				1,4 -0,5		2,4	19±13 MI			
875,9±0,4				-0,9		4,7±2,1	21±14 MI			
879,73±0,20	879,8±0,3		25±9	15±4	33±10	37±4	9,9±3,0 MI			
889,50±0,19	889,6±0,3		224±15	233±15	95±19	101±18	1,70±0,26 EI	960-70		7/2"-9/2"
895,1±0,3	895,1±0,3		(a)	5,3±2,3	3,8±1,0	12±4	6±3 E2,MI			
903,3±0,4				1,2±0,7	4,4	2,9±0,9	9,7±5,5 MI	1064-161		9/2"-11/2"
		903±0,5		3,4±1,7	4	4,9	EL,MI	1070-161		7/2"-11/2"
916,52±0,22	916,4±0,3		(a)	41±4	8,5±1,9	18,7±2,6	11,2±0,2 EI	1078-161		9/2"-11/2"
920,0±0,3				-6	4	2,4±0,7	1,6±0,9 EI	919-0		9/2"-7/2"
	926,6±0,5	927±0,5		3±2	4,4	4,16	EI-MI	1443-522		9/2"-11/2"
	939,7±0,3	939±0,5		8±4	5,7±1,2	2,8±1,5 E2	1463-522			7/2"-11/2"
960,34±0,14	960,2±0,3		III0±50	III0±50	380±57	361±25	1,34±0,11 EI	960-0		7/2"-7/2"
		930±0,5		6,4±3,0	сложн.					
993,7±0,3				3,0±1,5	4	4,9±1,6	6,6±3,9 MI,E2	1064-70		9/2"-9/2"
	999,3±0,3	999±0,5		10±5	23±5	5,2±1,7 MI	1070-70			7/2"-9/2"
1007,20±0,23	1007,1±0,3		(a)	96±10	25±4	23±3	1,0±0,25 EI	1073-70		9/2"-9/2"
1017,24±0,23	1017,0±0,3		(a)		13,5±4,0	16,4±2,7	6,3±2,1 MI			
1026				4,0±2	10	10±7	E2,MI			
1030,8±0,4				5,±2,8		4,4±1,7	3,1±1,9 E2(EI)			
1031,80±0,26	1031,4±0,4			6,7±3,0	3,6±2,0	7,3±1,1	4,9±2,3 E2,MI			5/2"-7/2"
	1037,8±0,3	1037±0,5		3,8±1,9	13±3		13,7±7,5 (MI)			
1042,6±0,4				7,4±2,4	4,6	5,9±1,5	3,2±1,3 E2			
1055,8±0,4				3,6±1,4		3,2±1,3	3,6±2,3 E2,MI			
1058,3±0,7				сложн.		19±4				
1060,17±0,19	1060,16±0,30		32±16	91±9	110±19	101±10	4,8±0,7 MI	1449-339		9/2"-9/2"
1064,36±0,25	1064,76±0,30		15±10	22±4	29±6	30±5	5,5±1,2 MI	1064-0		9/2"-7/2"
1068,2±0,3			10±7	-18		10±5	2,2±1,5 EI,E2	1311-243		7/2"-7/2"
1068,5±0,6			27	-9		24±9	11±7	MI		
1070,42±0,17	1070,66±0,40			15±4	183±29	160±16	46±13	ED+E2,V4		
1073,57±0,19	1073,65±0,30		31±11	57±10	57±10	65±7	4,3±0,9 MI	1463-389		7/2"-9/2"
1076,2±0,9	1076,8±0,4		36±13	19±5	11±4	13±5	3,2±1,2 E2	1353-278		5/2"-7/2"
1079,2±0,9	1079,1±0,4			50±10	10,4±2,9	22±5	1,3±0,3 EI	1078-0		9/2"-7/2"
		1037±0,5		2	2	4,5	EI(E2)			
1104,8±0,4	1104,6±0,4	2098±0,5	(a)	6,3±3,0	-7,5	12±3	3,0±1,5 MI	1838-590		7/2"-5/2"
1106,9±0,4	1106,8±0,4			3,7±2,5	4,5	6,4±2,8	2,6±1,3 E2	1204-39		5/2"-5/2"
1109,9±0,4	1109,9±0,4		10	-10	10±3	12±3	4,4±2,4 E2,MI	1353-243		5/2"-7/2"
	1116,5±0,7	III16±1		-3	3,6±0,9		4,9±2,8 MI,E2	1304-37		5/2"-3/2"
	1121,4±0,5	III21±0,5		6,±3,0	4,2±1,2		4,2±1,1 EI(E2)	1781-847		5/2"-7/2"
	1128,7±0,3	III28±0,5		4,3±2,9	3,6±1,2		2,5±1,1 EI			
	1140,6±0,4	III40±0,5		4,3±2,0	3,6±1,2		3,4±1,7 E2,MI			
1143,3±0,7				2,6±1,3	3,5±1,2	2,9±1,0	4,9±3,0 MI,E2			
1151,0±0,4	1151,4±0,3			6,0±1,3	11±5	9,6±2,3	6,9±3,3 MI			
1162,1±0,5	1162,3±0,3			7,0±3,5	7,5±1,7	9,4±2,1	4,9±2,5 MI(E2)	1353-191		5/2"-5/2"
1165,0±0,5	1164,8±0,3			6±3	сложн.	7,2±2,1	4,3±2,8 MI,E2			
1167,6±0,5	1168,0±0,3			2,3	2,4±0,8	5,9±2,3	7,6±4,2 MI			

Продолжение таблицы 2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1170,850,24	1171,050,3		32:8	33:5	36:7	43:6	4,8,1,0	NI	1449-278	9/2-7/2	
1176,440,28	1176,550,5		10:5	6,5,3,0	17,5,2,5	187:2,3	11:6	(M)NI	2096-919	9/2-9/2	
1179,920,28	1180,250,3		10:5	12:4	10:3	102:15	3,5,12	E2,MI	1200-24	5/2-3/2	
1184,480,17	1184,470,20		100	100:5	100	100	4,2	NI	1468-278	7/2-7/2	
1198,60,5	1199,20,3		6:4	9,1,3,0	10:3	121:12	4,8,1,5	MI	1468-264	7/2-9/2	
1205,70,4	1205,80,3		28:6	7:5,5	31:6	296:16	4,9,12	MI	1449-243	9/2-7/2	
1211,80,5	1212,00,4		22:7	28:5	3,7,0,8	5,0:0,7	073:0,7	EI	1311-99	7/2-5/2	
1219,420,5	1219,150,3		19:4	19:4	25:5	209:17	4,8,1,3	MI	1468-243	7/2-7/2	
1232,420,6			(a)	(a)			2,0,0,7				
1240,520,6	1240,420,5		(a)	(a)	6,2:1,7	7,5:1,1			1311-70	7/2-9/2	
	1243,850,4	1244:1		6,3:5,0	4:5		4:3	EI,EP			
		1250:1		2,5:1,3	4:2,5		4:4	EI-NI			
1258,90,5	1258,550,3		25:8	26:6	9,5:2,4	145:1,7	1,9,0,5	E2	1449-191	9/2-5/2	
1266,440,8	1266,840,3		6:6	2,7:1,4	1,9:0,6	2,3:1,2	3,1:1,8	E2,MI	1353-87	5/2-3/2	
1271,520,6	1272,050,3		37:9	24:6	12,5:5,7	12:3	2,0:0,6	E2	1468-191	7/2-5/2	
1276,620,6	1276,350,3			3,0:1,5	12:3	810,2:2,8	15:8	E0,EP	2237-960	7/2-7/2	
1282,90,5	1283,050,2			86:10	19:4		20:2	0,91:0,16	EI		
1290,220,4	1290,440,0		48:10	45:7	37:7		38:4	2,4:0,9	NI		
1300,80,5	1301,050,2		4:6	-3:5	5:2	6,5:1,5	6,6:3,6	MI			
1311,90,6			12:6	3:2		4,1:1,0	5:3	MI,EP	1311-6	7/2-7/2	
1317,920,6	1317,050,5		6:6	4,6:2,3	2,7:1,3	4,8:1,0	3,7:2,0	MI,E2	2237-919	7/2-9/2	
1316,420,6			27:5	29:6	6,7:2,5	8,0:1,5	098:0,5	EI			
1328,120,8	1338,00,0		63:13	65:10	10:3	9,8:2,5	063:0,9	EI			
1350,120,6	1350,50,3		8:4	6,6:3,0	3,5:0,8	6,6:1,7	2,1:1,6	E2,MI	1449-99	9/2-5/2	
1354,520,8	1354,350,5			5,0:2,5	4,9:0,8	5,1:1,7	3,2:1,6	E2,MI			
		1366:1		7,4:3,4					2286-919	5/2-9/2	
1372,520,6	1372,650,4		8:4	9,0:3,0	3,5	3,8:1,2	1,6:0,8	E2	1616-43	3/2-7/2	
1375,840,8	1376,50,5		4:20	4:20	8,3:2,5	123:2,5	4:2,0	MI			
1379,50,5	1379,050,2		12:2:2,5	135:1,5	21:5	28:3	075:0,3	EI	1449-70	9/2-7/2	
1391,720,4	1391,920,3		7:2:1,5	60:5	1:5	29:3	1,7:0,3	E2	1781-389	5/2-9/2	
	1405,720,5	1406:1		8,3:3,0	3:5	1,8:0,9		E2,MI			
1410,720,6	1410,720,3		9:3	2,8:1,9		6,0:1,5	4,5:2,6	MI	1688-278	7/2-7/2	
1414,820,4	1415,20,3		7,0:3,5	4,2:2,0		2,5	3,5:0,5	2,8:1,6	E2,MI	1616-191	3/2-5/2
1419,020,7	1429,020,6			14:4	9,5:2,5	148:1,3	3,5:0,9	MI	2136-707	9/2-9/2	
				16:10	10:4	4:2	2,4:0,5	096:0,5	E1,E2	2237-806	7/2-7/2
		1431,520,5		30:6	3,5:1,1		048:0,5	EI			
1450,390,2	1450,050,2		440:50	440:40	60:13	34:6	055:0,2	EI	1449-0	9/2-7/2	
1462,820,4	1462,420,4		62:1	62:13	7,1:2,0	13,4:2,2	067:0,8	EI	1483-0	7/2-7/2	
1465,420,3	1465,520,5				14,5:2,5	2,1:0,2,3					
1467,020,3					15:1:1	15:1:5	10,4:2,3				
	1482,220,5	1483:1		9,6:2,6	5,5:0,6		1,6:0,6	E2			
		1497:1		4,0:2,0	4:2,5		4,1:5	EI-MI	2:37-746	7/2-9/2	
1497,720,27	1497,720,3		8:4	13:3	4,8:1,4	6,0:0,5	1,7:0,4	E2	1688-191	7/2-5/2	
1501,920,5	1503,220,3			1,5:2,3,0	4,0:1,4	5,0:0,8	1,6:0,5	E1,MI	1781-278	5/2-7/2	
1517,020,4	1517,220,3			10:5	7,1:2,4	7,4:1,8	1,7:0,8	E2,MI	1618-99	3/2-5/2	
1519,620,5				-3:5	1,0:0,3	1,1:0,6		E1,E2	1909-389	7/2-9/2	
1514,400,29	1524,420,3		7:4	0:5	2,4:0,8	3,8:0,6	4,6:2,2	EI			
1519,570,20	1529,60,2		29:6	18:4	8,5:2,5	12,7:1,5	1,4:0,8	MI	1616-86	3/2-3/2	
		1542:1		2,4:1,2							
		1544:1		2,0:1,7							
		1550:1		4,1:2,0							
	1568,520,5	1568:1		2,8:1,3	1,3:0,6		2,1:1,5	EI-MI			
	1575,020,5	1575,0:1		3,8:1,9	2,4:0,8		2,5:1,5	E2,MI	2297-722	5/2-5/2	
1590,220,27	1590,220,3		74:5	20:5	9,5:2,5	12,0:1,5	2,2:0,7	MI	1781-191	5/2-5/2	
1595,520,5			5:7	3,9:2,0		0,7:0,4	072:0,50	E1,E2			
1605,820,4			15:3	4,0:2,0		6,0:1,6	6,0:3,5	NI			
1618,720,6	1617,820,5		25:1	31:5	3,5:0,8	7,9:1,3	074:0,6	EI	1688-70	7/2-9/2	
		1621:1		3,7:1,9					1909-278	7/2-7/2	
		1637:1		12,6:4,0					2297-659	5/2-3/2	
1644,920,5				3,5:1,8		2,2:0,9	2,5:1,6	E1,E2	1909-264	7/2-9/2	

Продолжение таблицы 2.

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1657,67±0,18	1657,67±0,18		30±5	34±5	19±5	16,6±1,0	2,1±0,5	NI		
1676,8±1,0			22±4	4,8±2,60		3,9±1,0	3,3±1,6	NI	2246-569	3/2°-5/2°
1682,1±0,3	1682,1±0,2		22±5	14±4	7,1±2,4	8,1±0,9	2,2±0,8	NI	1781-99	5/2°-7/2°
1688,7±1,0			17±5	24±5	-2±5	4,9±0,6	0,99±0,20	EI	1688-0	7/2°-7/2°
1694,6±0,5			47	2,6±1,3		1,8±0,4	2,8±1,5	NI	1781-86	5/2°-3/2°
1698,3±0,5		1702±1		9,1±3,0	±2		<0,8	EI		
1707,3±0,7	1708,1±0,5		28±4	25±5	7,1±2,4	4,5±1,4	0,93±0,28	E2	2096-389	9/2°-9/2°
		1718±1		4,8±2,0					1909-191	7/2°-5/2°
		1726±1		3,5±1,8					2296-569	5/2°-5/2°
1730,0±0,8			±5	1,0±0,5		1,2±0,4	4,8±2,8	NI		
		1734±1		-1,5						
1746,5±0,7		1747±1		3,8±2,0		2,6±1,0	7,7±1,7	E2, NI	1908-161	9/2°-11/2°
1762,8±0,5	1763,2±0,5		20±5	8,9±3,0	4,8±1,3	4,1±0,7	2,0±0,7	NI		
1782,0±1,0	1782,6±0,3		43±6	41±5	6,2±1,2	6,8±1,2	0,64±0,22	EI	1781-0	5/2°-7/2°
		1790±1		2,7±1,4						
		1809,5±1,0		-0,5					1909-99	7/2°-5/2°
		1818±1		1,0±0,5					2096-278	9/2°-7/2°
		1833±1		1,1±0,6					2096-264	9/2°-9/2°
		1836,5±1,0		1,0±0,5					1908-70	9/2°-9/2°
		1852±1		1,2±0,6					2096-243	9/2°-9/2°
		1857±1		1,7±0,8						
	1862,0±0,5	1863±1		6,0±3,0	1,6±0,8		1,1±0,8	EI-NI		
1871,6±1,1			7±4	-1,2		5,3±1,3	18±10	M3, E0-E2		
1896,2±1,1			(a)	0,9±0,5		2,9±0,6	13±7	M3, E0-E2		
		1904±1		2,0±1,0					2096-191	9/2°-5/2°
1907,8±1,2			(a)	2,9±1,5		2,1±0,7	2,9±1,7	NI	1908-0	9/2°-7/2°
		1921±1		-1,3						
	1960,5±0,5	1960±1		12,5±4,0	4,8±1,5		1,5±0,6	NI, E2		
1973,9±1,2				13,7±4,0	3,6±1,2	2,4±0,6	0,88±0,31	E2, NI	2136-161	9/2°-11/2°
1983,3±1,2				5,1±2,6		1,5±0,4	1,2±0,7	E2, NI		
		2014±1		1,5±0,8						
2025,4±1,3				4,8±2,4					2096-70	9/2°-9/2°
	2030,3±0,5	2030,3±0,5		31,5±5,0	1,9±0,9		0,25±0,13	NI		
	2048,5±1,0			3,3±1,7						
2055,8±1,3	2056,0±0,6		±5	13,7±4,0	7,5±2,5	9,0±1,5	2,4±0,9	NI	2246-191	3/2°-5/2°
2067,0±1,3			±5	1,6±0,8		1,4±0,5	3,5±2,3	NI	2136-70	9/2°-9/2°
2094,0±1,3		2092±1	26±4	5,9±3,0		4,4±1,1	3,0±1,7	NI	2286-191	5/2°-5/2°
		2100±1		0,6±0,3						
		2111±1		-1						
2122,1±0,6				9,3±3,0						
2139,7±1,4		2136,5±1,0	9±4	4,1±2,0		1,03±0,24	1,03±0,37	NI, E2	2136-0	9/2°-7/2°
		2184±1		1,3±0,7						
2159,2±1,4		2157±1	±5	4,0±2,0		1,33±0,29	1,36±0,75	NI, E2	2246-86	3/2°-3/2°
		2167±1		1,1±0,6					2237-70	7/2°-9/2°
		2187±1		0,6±0,3					2286-99	5/2°-5/2°
		2196±1		0,4±0,4						
		2202±1		0,6±0,3						
		2203±1		0,9±0,5						
2213,0±0,8			±4	-1		0,38±0,17	1,52±1,06	NI, E2		
		2216±1		-1						
2222,9±0,9			7±3	-0,5		0,56±0,21	4,5±3,2	(NI) E2	2246-24	3/2°-1/2°
2230,6±1,3				Оч. слаб		0,34±0,17			2237-0	7/2°-7/2°
2295,5±1,0			6±3	Оч. слаб		0,32±0,16				

ПРИМЕЧАНИЕ: 1) Символ (a) в колонках (4,5) означает, что определение  $I_{\alpha}$  велось по большой компоненте флуоресценции или по прямым измерениям, либо при помощи дифракции. 2) Символ "ч" в колонке (8) означает, что  $I_{\alpha}$  определялось только по данным настоящей работы.



Большая информация получена из измерения спектра  $\gamma$ -лучей. Много качественно новых данных следует из спектров конверсионных электронов. Впервые определены энергии,  $I_k$ ,  $I_\gamma$  и мультипольности большого числа  $\gamma$ -переходов, а также уточнены данные прежних работ<sup>/1-5/</sup>.

Для вычисления  $a_k$  и соответственно определения мультипольностей гамма-переходов связь шкал  $I_k$  и  $I_\gamma$  осуществлялась в предположении, что  $\gamma$  181,19; 889,5; 960,3; 1282,9; 1338,1; 1378,5 и 1462,8 кэВ имеют мультипольность  $E1$ . Коэффициент связи равен  $4,015 \cdot 10^{-3}$ . Для вычисления  $a_k$  в области  $E_\gamma > 450$  кэВ значения  $I_k$  усреднялись по данным настоящей работы<sup>/3,4/</sup>. Также производилось усреднение энергий  $\gamma$ -переходов (для построения схемы) в случаях, когда точности определения энергий  $\gamma$ -переходов в данной работе и в работах<sup>/3,4/</sup> были сравнимы.

### Схема уровней $^{169}\text{Yb}$

Новые экспериментальные данные позволили критически проанализировать и дополнить схему уровней  $^{169}\text{Yb}$ , возбуждающихся при  $\beta$ -распаде  $^{169}\text{Lu}$ . На основании этого анализа:

1. Сделан вывод, что при распаде  $^{169}\text{Lu}$  наблюдается заселение одночастичных состояний, известных из реакций  $(d, p)$   $(d, t)$   $(n, \gamma)$ : 659,60 кэВ  $3/2^-$  [ 521 ] ; 746,82  $9/2^-, 5/2$  [ 523 ] ; 719,93 кэВ  $3/2^+$  [ 651 ] +  $7/2$  [ 633 ] +  $Q_{22}$ , 269,65 кэВ  $13/2^+, 7/2$  [ 633 ] и, вероятно, 486,8 кэВ  $11/2^-, 1/2$  [ 521 ] (рис. 1). Ранее полагалось, что они не возбуждаются при  $\beta$ -распаде  $^{169}\text{Lu}$ .

2. Дополнена новыми внутриволосными и межволосными  $\gamma$ -переходами разрядка известных ротационных уровней полос  $5/2^-$  [ 512 ],  $5/2^-$  [ 523 ],  $1/2^-$  [ 521 ] ,  $3/2^-$  [ 521 ] (рис. 1).

3. Имеющееся ранее разногласие по энергии ротационного уровня  $9/2^+, 5/2$  [ 642 ] в работах<sup>/2/</sup> и<sup>/8/</sup> решается в пользу предположения авторов<sup>/4/</sup>. Введенное ими по балансу энергии состояние 707,0 кэВ подтверждается определенными нами мультипольностями  $\gamma$ -переходов, разряжающих его.



4. Значительно изменена картина разрядки уровней с энергией, больше 1 Мэв, что привело к изменениям спинов и четностей некоторых состояний (1078, 1353, 2246, 2296 кэв). Для ряда других состояний значения спинов уточнены. В частности, уровню 1909,0 кэв с положительной четностью, предложенному в работе /4/, может принадлежать только часть  $\gamma$ -переходов. Другие  $\gamma$ -переходы, согласно их мультипольности, могут разряжать уровень с близкой энергией, но отрицательной четностью (рис. 2).

В рамках измененной и дополненной схемы уровней  $^{169}\text{Yb}$  на основе баланса интенсивностей  $\gamma$ -переходов мы определили заселенности возбужденных состояний  $^{169}\text{Yb}$  и вероятности  $\beta$ -переходов на них (рис. 1,2).

#### О природе возбужденных состояний $^{169}\text{Yb}$

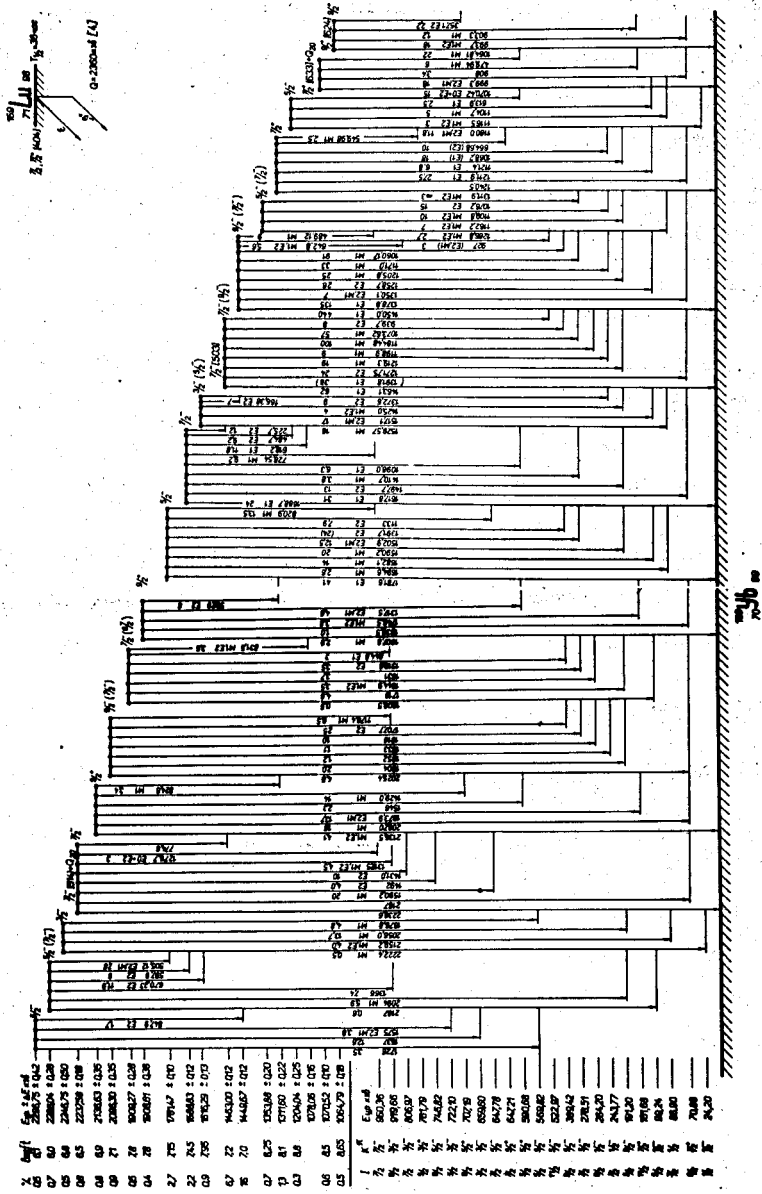
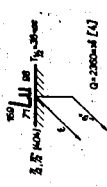
Уровни, структура которых установлена ранее и не вызывает сомнений, в данном разделе обсуждаться не будут. Мы рассмотрим только новые предположения о возможной конфигурации ряда состояний  $^{169}\text{Yb}$ .

С о с т о я н и е  $9/2^+$  [ 624 ]

Мы полагаем, что уровень 1064,79 кэв  $1^{\pi} = 9/2^+$  является, в основном, одночастичным  $9/2^+$  [ 624 ]. Основанием для этого может служить следующее:

1. В реакциях  $(d, p)$   $(d, t)$  /9/ наблюдается состояние с подобной энергией 1064 кэв.

2. Отношения приведенных вероятностей  $M1$ -переходов указывают, что "К", вероятнее всего,  $9/2^+$ :



169 Уб в высокоэнергетической области.  
 Рис. 2. Схема уровней

$I_{f_1}$	$I_{f_2}$	$K_f^\pi [N n_z \lambda]$	$R_{\text{экс.}}$	$R_{\text{теор.}}$		
				$K=9/2$	$7/2$	$5/2$
9/2	7/2		0,17	0,23	2,8	4,8
11/2	7/2	$7/2^+ [633]$	0,088	0,017	1,7	32
11/2	9/2		0,54	0,010	0,61	2,2

3. При структуре уровня  $9/2^+$  [624] разрядка его должна происходить преимущественно разрешенными  $\gamma$ -переходами на уровни основной полосы  $7/2^+$  [633]. Именно это и наблюдается.

4. Федотовым и др.<sup>/10/</sup> рассчитана структура состояний деформированных нечетных ядер на основе потенциала Саксона-Вудса при учете взаимодействия частиц с фононами. Ими предсказывается в  $^{169}\text{Yb}$  состояние  $9/2^+$  [624] при энергии 893 кэВ, что близко к наблюдаемому на опыте.

#### Ротационная полоса на состоянии $7/2^-$ [514]

Авторы работы<sup>/4/</sup> предположили, что уровень 1078,06 кэВ имеет  $I^\pi = 9/2^+$ . Однако из наших данных однозначно следует, что четность его отрицательна. Мы полагаем, что уровень 1078,06 кэВ является ротационным  $I^\pi = 9/2^-$  на полосе  $7/2^-$  [514]. Основанием для этого является:

1. Из отношений приведенных вероятностей для  $E1$ -переходов, идущих на уровни полосы основного состояния, следует, что квантовое число "К" уровня 1078 кэВ  $7/2^-$

$I_{f_1}, I_{f_2}$	7/2, 9/2	11/2, 7/2	11/2, 9/2
$R_{\text{экс.}}$	2,35±0,55	1,35±0,35	0,56±0,08
$R_{\text{теор.}}$	2,8	1,7	0,61

Правила Алаги здесь соблюдаются так же хорошо, как и для головного уровня  $7/2^- [514]$  960,36 кэв ( $R_{\text{теор.}} = 0,29, R_{\text{экс.}} = 0,27 \pm 0,03$ ). При этом способ разрядки обеих уровней одинаков (рис.1).

2. Момент инерции получается равным  $J = 13,1$  кэв, что близко к наблюдаемым моментам инерции полосы  $7/2^- [514]$  в ядрах иттербия<sup>/9/</sup>:

ядро	$^{169}\text{Yb}$	$^{171}\text{Yb}$	$^{173}\text{Yb}$	$^{175}\text{Yb}$	$^{177}\text{Yb}$
$J$ кэв	13,1	12,6	11,9	11,2	12,3

3. Уровень  $1^\pi = 9/2^-$  1078,06 кэв и головной уровень  $1^\pi = 7/2^-$  960,36 кэв связаны переходом 117,93 кэв мультипольности  $M1 + E2$ .

4. Кроме того, в реакциях  $(d, p)$  ( $d, t$ ) проявляется одночастичное состояние с близкой энергией 1074 кэв<sup>/9/</sup>.

О состояниях  $7/2^- [503]$  и  $9/2^- [505]$

Харматц и др.<sup>/5/</sup> предположили, что уровни 1449 и 1463 кэв являются одночастичными, первое  $9/2^- [505]$ , второе  $7/2^- [503]$ . Однако этот вопрос оставался некоторое время открытым, поскольку из экспериментальных данных не следует однозначный ответ как о спинах данных состояний (либо  $7/2^-$ , либо  $9/2^-$  у обоих), так и о квантовых числах  $K$ . Тем не менее следует признать, что уровень 1463 кэв является, по-видимому, в основном одночастичным  $7/2^- [503]$  по следующим причинам:

1. В реакции ( $d, p$ ) наблюдается уровень с близкой энергией 1459 кэв.

2. Уровень  $7/2^-$  [503] должен достаточно сильно возбуждаться при  $\beta$ -распаде  $^{169}\text{Lu } 7/2^+$  [404], что и наблюдается.

3. Наиболее интенсивно состояние  $7/2^-$  [503] будет разряжаться на уровни полосы  $5/2^-$  [512] (отсутствие запрета для  $M1$ -переходов), что также наблюдается. Предположение, что это состояние является коллективным  $5/2^-$  [512] +  $Q_{22}(K_0+2)$  отпадает, т.к. в этом случае на полосу  $5/2^-$  [512] должны были бы идти  $E2$ -переходы.

4. Расчеты Федотова и др. /10/ предсказывают существование одночастичного состояния  $7/2^-$  [503] (на 70%) в районе энергий 1,5-1,9 Мэв.

Уровень 1449,67 кэв, вероятно, значительно более коллективизирован: в ( $d, p$ ) ( $d, t$ ) реакциях он не наблюдается. Однако предположение о  $\gamma$ -вибрационной природе его на состояниях  $3/2^-$  [521],  $5/2^-$  [523] или  $5/2^-$  [512] исключается ввиду отсутствия заметной разрядки его на первые две полосы и ввиду наличия  $M1$ -переходов на полосу  $5/2^-$  [512]. Кроме того, наиболее интенсивные  $\gamma$ -лучи идут с него на уровни основной полосы  $7/2^-$  [633]. По всей видимости следует предположить, что уровень 1449,67 кэв имеет сложную структуру, но с заметной долей компоненты  $9/2^-$  [505]. Последним можно было бы объяснить и преимущественную разрядку его на  $7/2^+$  [633] (отсутствие К-запрета по сравнению с разрядкой на другие низко лежащие полосы) и сильное заселение из  $\beta$ -распада  $^{169}\text{Lu}$ . В пользу предположения о сложной структуре его говорит и наличие большого числа сравнительно слабых  $\gamma$ -переходов, идущих на разные полосы  $^{169}\text{Yb}$ . Согласно расчетам Федотова и др. /10/, состояние  $9/2^-$  [505] в  $^{169}\text{Yb}$  должно быть сильно коллективизировано.

Состояние  $7/2^-$  [514] +  $Q_{20}$ .

Ранее предлагалось, что уровень 1781 кэв имеет структуру  $7/2^-$  [514] +  $Q_{20}$ . Однако по новым данным мультипольность  $\gamma$  820 кэв

$M1$ , а не  $E0 + E2$ , и это предположение отпадает. По-видимому,  $\beta$ -вибрационным состоянием  $7/2^-$  [514] является уровень 2237,58 кэВ, с которого идет  $\gamma$  1276,7 кэВ ( $E0 + E2$ ) на состояние  $7/2^-$  [514] 960 кэВ (рис. 2). Идентификация состояния 2237,58 кэВ как  $7/2^-$  [514] подтверждается и способом его разрядки: с него наблюдаются переходы как на уровни полосы  $5/2^-$  [523], так и на состояние  $7/2^-$  [503] (отсутствие запрета в обоих случаях). Кроме того, разность энергий основного и  $\beta$ -вибрационного состояния в нечетных и соседних четных ядрах обычно близка (таблица 3). В данном случае разность 1277 кэВ между уровнями 2237 и 960 кэВ довольно близка к значению 1070 кэВ для полосы  $7/2^+$  [633]  $^{169}\text{Yb}$  и значениям разности между основным и  $\beta$ -вибрационными состояниями 1228 и 1150 кэВ для соседних четных ядер  $^{170}\text{Yb}$  и  $^{168}\text{Yb}$  соответственно.

В заключение авторы выражают искреннюю благодарность И.И.Гро-  
 мовой, В.П.Афанасьеву за отличную сепарацию источников и Ц.Вылову  
 за предоставление аппаратуры для измерения гамма-спектров.



Таблица 3.

Бета-вибрационные состояния в нечетных и соседних четных ядрах.

Ядро	$\Pi K^{\pi} [N n_2 \Lambda]$	Энергия $E_{\beta}$ кэВ	Разность $E_{\beta} - E_0$ кэВ	Ссылка
$^{157}\text{Tb}$ неч.	$3/2, 3/2^+ [411]$	992	992	[12]
$^{156}\text{Yb}$ чет.	$00^+$	1049,6 (1168,1)	1049,6 1168,1	
$^{155}\text{Tb}$ неч.	$3/2^- [521]$	592,6	592,6	[13]
		647,8	647,8	
$^{154}\text{Yb}$ чет.		706 680,7	706 680,7	
$^{175}\text{Hf}$ неч.	$7/2^+ [633]$	1060	802	[14]
		1124	872	
		1605	962	
		(1467)	(1118)	
$^{176}\text{Hf}$ чет.	$00^+$	1149,7	1149,7	
$^{169}\text{Yb}$ неч.	$7/2, 7/2^+ [633]$	1070,5	1070,5	[1]
	$7/2, 7/2^- [514]$	2237	1277	наст. раб.
	$1/2, 1/2^- [521]$	1308	1283	[15]
$^{168}\text{Yb}$ чет.	$00^+$	1150	1150	
$^{170}\text{Yb}$ чет.	$00^+$	1228	1228	

### Литература

1. Н.А.Бонч-Осмоловская, Е.П.Григорьев, Я.Липтак, Я.Урбанец. Препринт ОИЯИ 6-4243, Дубна, 1969.
2. Н.А.Бонч-Осмоловская, Е.П.Григорьев, Я.Липтак, Я.Урбанец. Изв. АН СССР, сер. физ. 34, 12 (1970).
3. В.А.Балалаев, Б.С.Джелепов, А.И.Медведев, В.Е.Тер-Нерсесянц, И.Ф.Учеваткин, С.А.Шестопалова. Изв. АН СССР, сер. физ., 34, 1 (1970).
4. Б.С.Джелепов, А.И.Медведев, В.Е.Тер-Нерсесянц, С.А.Шестопалова. Изв. АН СССР, 36, 56 (1972).
5. V. Harnatz, T. N. Handley, J. W. Mihelich. Phys. Rev. 119, 1345 (1960).
6. А.Абдарузаков, А.И.Ахмаджанов, К.Я.Громов, Т.А.Исламов, Ш.М.Камолходжаев, М.К.Прокофьев. Препринт ОИЯИ Р6-4393, Дубна, 1969.
7. Л.Вылова, Г.Исхаков, Ф.Ловчанский, М.Потемпа, В.И.Приходько, Р.Ревенко, З.Стахура, В.Цупко-Ситников. Препринт ОИЯИ Д6-5783, Дубна, 1971, стр. 180.
8. В.Бондаренко, Ю.Тамберг. Изв. АН Латв. ССР, сер. физ.-тех. 6, 11 (1969).
9. D. Y. Burke, S. Zeidman, V. Elbek, V. Herskind, M. Olesen. Mat. Fys. Medd. Kongl. Dan. Vid. Selsk. 35, No. 2 (1966).
10. Ф.А.Гареев, С.П.Иванова, В.Г.Соловьев, С.И.Федотов. ЭЧАЯ, 4, № 2 (1973).
11. W. Michaelis, F. Weller, H. Schmidt, G. Markus, U. Fanger. Nucl. Phys. 119A, 609 (1968).
12. L. Persson, H. Ryde, K. Olesen-Ryde. Arkiv for Fys. 24, 451 (1963).
13. М.Фингер, П.Галан, М.Кузнецова, Я.Липтак, Я.Урбанец, Я.Врзал. Препринт ОИЯИ Е-2908, Дубна, 1966.
14. В.Гаджиков, И.Звольски, Й.Молнар, Н.Ненов. Препринт ОИЯИ Р4-5434, Дубна 1970.
15. В.А.Бондаренко, П.Т.Прокофьев, Ф. Манфрасс, А.Андреефф. Изв. АН Латв. ССР, сер. физ.-тех. № 1, 3 (1969).

Рукопись поступила в издательский отдел  
10 августа 1972 года.