

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

Р6-93-2

Э.В.Васильева, А.В.Войнов, О.Д.Кестарова, В.Д.Кулик,  
А.М.Суховой, В.А.Хитров, Ю.В.Хольнов, В.Н.Шилин

ДВУХКВАНТОВЫЕ КАСКАДЫ ЗАХВАТА  
ТЕПЛОВЫХ НЕЙТРОНОВ В  $^{149}\text{Sm}$

Направлено в Оргкомитет 43 Международного совещания  
по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра,  
г.Дубна, апрель 1993 г.

1993

## Введение

Систематическое изучение возбужденных состояний тяжелых ядер в области их энергий от  $\approx 2$  МэВ до энергии связи нейтрона с помощью двухквантовых каскадов требует проводить эксперименты в максимально широком круге ядер, отличающихся такими параметрами, как форма, тип ядра и структуры исходного и конечного его состояний.

К настоящему времени изучены каскады переходов в довольно большом наборе деформированных ядер и нескольких сферических.

Из переходных ядер к настоящему времени изучен каскадный  $\gamma$  - распад только ядра  $^{187}\text{W}$  [1]. Было найдено, что в целом этот изотоп проявляет в процессе распада основные черты деформированного ядра. Но из-за высокой плотности наблюдаемых его промежуточных уровней интенсивность каскадов наименьшая по сравнению с ожидаемой из экспериментальных систематик изученных четно-нечетных деформированных ядер.

Изотоп  $^{150}\text{Sm}$  также принадлежит к ядрам, промежуточным между сферическими и деформированными, и удобен для изучения из-за очень большого сечения захвата тепловых нейтронов.

## Эксперимент

Гамма-гамма совпадения при захвате тепловых нейтронов в образце самария натурального изотопного состава были накоплены на пучке тепловых нейтронов реактора ИБР - 30 ЛНФ ОИЯИ с помощью спектрометрической системы из двух  $\text{Ge(Li)}$ - и двух  $\text{NaI(Tl)}$ - детекторов [2].

Спектр сумм амплитуд совпадающих импульсов приведен на рис. 1. Распределение интенсивностей каскадов, возбуждающих уровень 334 кэВ, приведено на рис. 2.

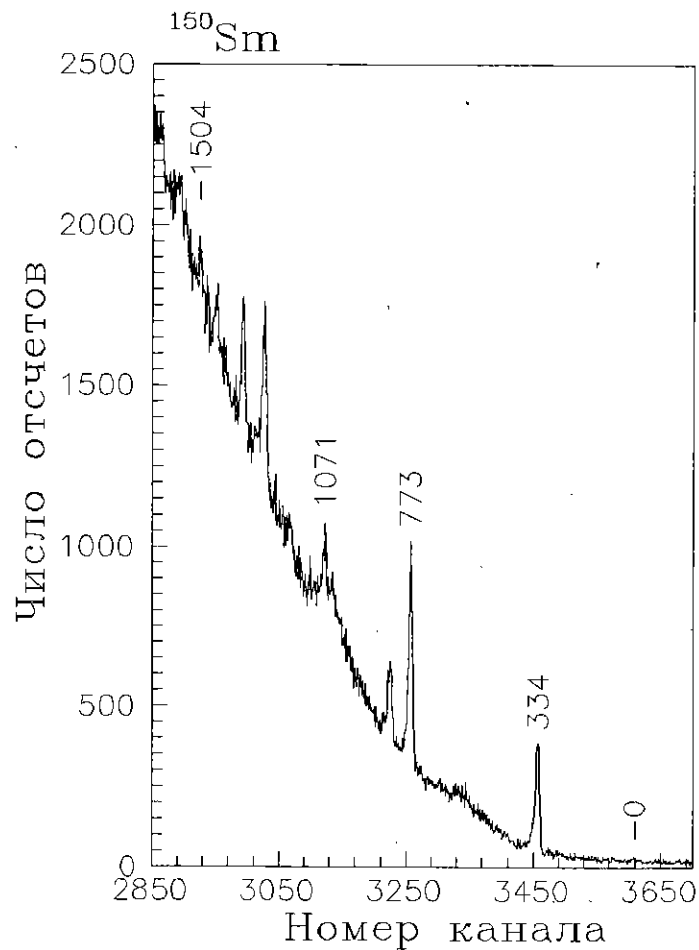


Рис. 1. Спектр сумм амплитуд совпадающих импульсов из реакции  $^{149}\text{Sm} (n, 2\gamma)$ . Цифрами, соответствующими энергии конечного уровня каскада (кэВ), помечены пики полного поглощения энергии каскадов

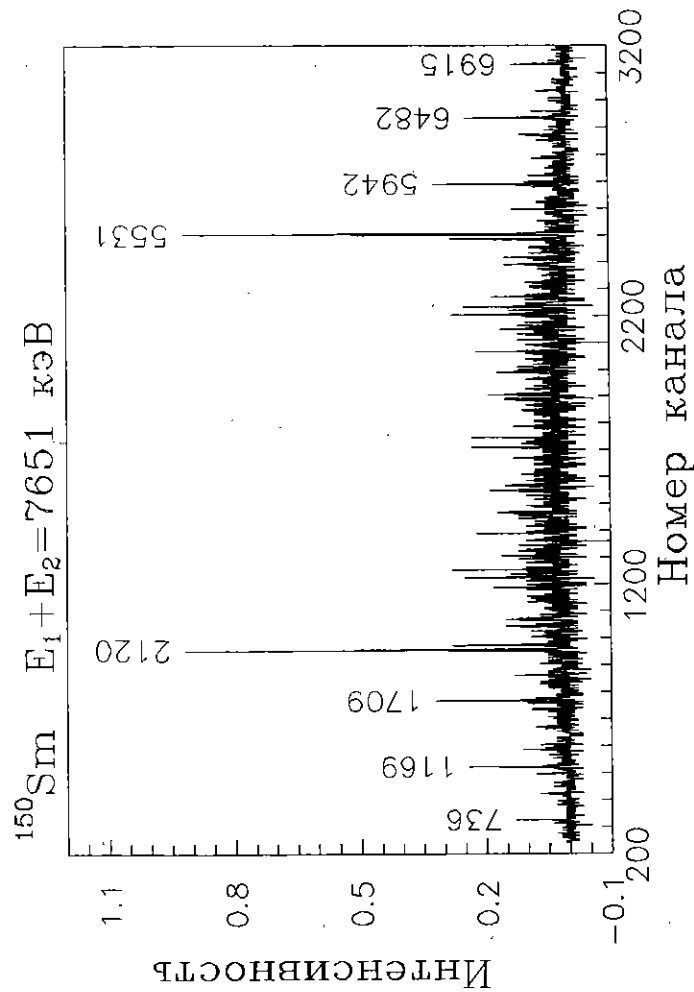


Рис. 2. Распределение интенсивности каскадов, заканчивающихся первым возбужденным состоянием  $^{150}\text{Sm}$ . Площадь спектра нормирована на 100. Отмечены (кэВ) энергии пиков некоторых наиболее интенсивных каскадов

Энергии квантов и интенсивности каскадов, заканчивающихся низколежащими уровнями  $^{150}\text{Sm}$  с их энергией  $E_f \leq 1820$  кэВ, приведены в таблице 1; энергии каскадных квантов малой энергии, полученные из тройных совпадений  $\text{Ge}(\text{Li}) - \text{Ge}(\text{Li}) - \text{Na}(\text{I})$  по алгоритму, описанному в [2], приведены в таблице 2. Спин резонанса, определяющий сечение захвата тепловых нейтронов в  $^{149}\text{Sm}$ ,  $J^\pi = 4^-$ ; поэтому в эксперименте выделены преимущественно каскады на конечные уровни со спинами  $I^\pi = 2^+, 4^+, 3^-, 3^+$  и  $4^-$ . Выделено также некоторое количество каскадов и на основное состояние  $^{150}\text{Sm}$ . Они появляются по двум причинам:

- а) регистрация трехквантового каскада двумя  $\text{Ge}(\text{Li})$ - детекторами в форме двухквантового
- б) за счет того, что примерно в 1 % случаев захват тепловых нейтронов в резонансе с  $E_0 = -0,285$  эВ приводит, вероятно, к возбуждению компаунд - состояния с  $I^\pi = 3^-$  и регистрации каскадов типа  $E_1 + E_2$  - переходов

Пример первого случая — каскад, начинающийся первичным переходом 7214 кэВ (интенсивность 0.93 % распадов). Последующий каскад 438 + 334 кэВ может зарегистрироваться одним детектором в пике, соответствующем суммарной энергии 772 кэВ. Вероятность регистрации такого события составляет в используемой геометрии  $10^{-4}$  и находится на пределе чувствительности спектрометра к одиночным разрешенным каскадам. Вероятность регистрации любых других трехквантовых каскадов в пиках полного поглощения энергии двухквантового каскада этого ядра существенно меньше, поскольку эффективность регистрации  $\gamma$  - переходов в используемой нами геометрии ( с фильтрами из свинца [3]) максимальна в районе  $E_\gamma \sim 400$  кэВ.

Таблица 1. Энергии  $E_1$  и  $E_2$  каскадных  $\gamma$ -квантов, их относительная интенсивность  $I_{\gamma\gamma} \pm \Delta I_{\gamma\gamma}$  (проценты от общей интенсивности двухквантовых каскадов с заданной суммарной энергией) и энергия промежуточных уровней  $E_M \pm \Delta E_M$

$E_1$ , кэВ	$E_2$ , кэВ	$\Delta E_2$ , кэВ	$I_{\gamma\gamma}$	$\Delta I_{\gamma\gamma}$	$E_M$ , кэВ	$\Delta E_M$ , кэВ
$E_1 + E_2 = 7985,5$ кэВ ( $E_f = 0$ кэВ)						
7213,7*)	771,8	0,24	11,89	1,07	772,2	0,8
5983,2	2002,3	1,33	5,31	1,96		
5532,6*)	2452,9	2,04	4,02	2,05	2452,8	0,7
5079,5	2906,0	1,54	6,15	2,21		
4815,4	3170,1	1,23	7,08	2,19	3170,1	0,8
4432,6	3552,9	0,98	7,97	1,97		
4410,6	3574,9	1,33	5,91	1,91	3574,6	1,1
4394,2	3591,3	0,95	8,23	1,95	3590,7	1,0
4151,2	3834,3	1,54	5,01	1,87		
4016,6	3968,9	1,57	5,10	1,93		
$E_1 + E_2 = 7651,5$ кэВ ( $E_f = 334$ кэВ)						
7212,9	438,6	0,06	19,12	0,56	772,2	0,8
6941,7	709,8	1,23	0,14	0,06		
6914,9	736,6	0,31	0,66	0,08		
6790,0	861,4	1,42	0,10	0,05		
6763,5	888,1	0,87	0,15	0,05		
6707,2	944,4	0,57	0,25	0,05		
6699,5	952,0	0,60	0,24	0,05	1286,1	2,6
6537,5	1114,0	0,56	0,37	0,07	1447,6	0,8
6487,9	1163,6	0,95	0,33	0,08		
6482,2	1169,3	0,26	1,24	0,10	1502,5	0,8
6342,7	1308,8	0,41	0,56	0,07	1641,8	1,0
6302,1	1349,4	0,66	0,31	0,07		
6155,7	1495,5	1,03	0,34	0,10		
6151,1	1501,3	1,50	0,21	0,09		
6014,1	1637,5	0,54	0,50	0,08	1970,4	1,1
5961,8	1689,7	0,66	0,57	0,11	2022,8	0,9
5942,7	1708,8	0,30	1,34	0,14	2042,5	0,8
5923,8	1727,7	0,74	0,51	0,11		
5835,1	1816,4	1,93	0,20	0,11	2150,3	1,0

$E_1$ , кэВ	$E_2$ , кэВ	$\Delta E_2$ , кэВ	$I_{\gamma\gamma}$	$\Delta I_{\gamma\gamma}$	$E_M$ , кэВ	$\Delta E_M$ , кэВ
5826,1	1825,4	1,98	0,20	0,11	2160,1	1,0
5791,8	1859,5	2,03	0,19	0,11		
5755,2	1896,3	1,61	0,24	0,11		
5736,0	1915,5	0,71	0,53	0,11	2250,3	1,4
5700,4	1951,1	1,33	0,29	0,11	2284,6	1,0
5625,8	2025,7	2,30	0,24	0,16		
5613,7	2037,8	2,09	0,26	0,16		
5531,6	2119,9	0,19	5,71	0,33	2452,8	0,7
5491,1	2160,5	0,56	1,27	0,21	2494,8	0,6
5418,9	2232,6	1,56	0,30	0,13	2564,8	1,4
5338,0	2314,3	0,90	0,65	0,16		
5322,5	2329,0	1,83	0,26	0,13	2663,0	1,0
5283,3	2368,2	0,83	0,83	0,18	2703,4	1,2
5276,0	2374,9	1,20	0,42	0,12		
5248,8	2402,7	4,32	0,18	0,20	2736,7	1,1
5212,9	2438,6	2,58	0,18	0,13	2771,3	1,5
5126,7	2524,9	1,27	0,45	0,15		
5103,2	2548,5	1,12	0,51	0,15		
5091,7	2559,8	1,41	0,41	0,15	2892,4	1,1
5018,9	2632,7	1,08	0,56	0,16	2967,3	0,8
4962,5	2689,3	1,01	0,57	0,16		
4936,6	2714,9	0,62	1,14	0,21	3049,4	1,3
4927,2	2724,3	0,95	0,75	0,19		
4903,8	2747,7	1,44	0,42	0,17		
4887,7	2763,8	1,39	0,45	0,17		
4870,1	2781,4	0,46	1,58	0,21	3115,0	1,0
4853,0	2798,6	1,59	0,37	0,17		
4811,6	2839,9	1,50	0,41	0,16	3175,4	1,2
4778,0	2873,6	1,37	0,44	0,16		
4754,3	2897,1	0,93	0,69	0,17		
4733,7	2917,9	1,58	0,39	0,16		
4716,3	2935,1	1,09	0,59	0,17		
4701,5	2950,0	1,62	0,37	0,16	3283,5	1,1
4664,3	2987,2	1,57	0,39	0,17		
4608,1	3043,5	1,89	0,30	0,14		
4568,4	3083,1	0,56	1,12	0,18		

$E_1$ , кэВ	$E_2$ , кэВ	$\Delta E_2$ , кэВ	$I_{\gamma\gamma}$	$\Delta I_{\gamma\gamma}$	$E_M$ , кэВ	$\Delta E_M$ , кэВ
4554,9	3096,6	1,06	0,55	0,15	3430,8	1,0
4502,5	3148,8	1,65	0,34	0,14		
4465,6	3185,9	2,04	0,28	0,14	3520,0	1,0
4442,3	3209,2	1,29	0,45	0,15		
4423,7	3228,0	1,13	0,53	0,15		
4400,1	3251,4	0,60	1,15	0,17	3585,8	0,9
4340,2	3311,4	1,46	0,40	0,15		
4229,8	3421,6	1,85	0,36	0,17		
4216,4	3435,0	0,73	1,11	0,20		
4207,0	3444,5	2,00	0,35	0,17	3778,7	1,6
4176,0	3475,6	0,95	0,78	0,18	3808,8	0,8
4146,6	3504,4	1,85	0,36	0,16		
3520,3	4131,2	1,52	0,44	0,17	4465,1	1,3
4114,4	3537,8	2,15	0,31	0,16		
4084,9	3566,6	1,24	0,54	0,17	3901,0	0,8
4065,5	3586,2	1,53	0,43	0,17		
4047,3	3604,1	1,65	0,41	0,16		
3865,1	3786,2	1,38	0,48	0,17		
		$E_1 + E_2 =$	7214,2 кэВ	$(E_f = 773$ кэВ)		
6695,7	518,6	0,74	0,10	0,03	1286,1	2,6
6629,8	584,4	0,34	0,42	0,06		
6538,3	676,0	0,11	2,09	0,09	1447,6	0,8
6483,8	730,5	0,32	0,45	0,05	1502,5	0,8
6344,7	869,7	0,22	0,71	0,06	1641,8	1,0
6044,6	1169,7	0,68	0,40	0,10		
6016,7	1197,6	0,44	0,67	0,10	1970,4	1,1
5963,6	1250,7	0,80	0,33	0,09	2022,8	0,9
5951,2	1263,1	0,71	0,43	0,09		
5943,3	1271,0	0,70	0,42	0,09	2042,5	0,8
5929,9	1284,4	1,11	0,24	0,08		
5893,6	1320,7	0,64	0,53	0,10		
5886,8	1327,4	1,38	0,22	0,09		
5867,9	1346,4	1,00	0,26	0,09		
5835,2	1379,1	0,42	0,72	0,10	2150,3	1,0
5825,2	1389,1	1,12	0,24	0,09	2160,1	1,0

$E_1, \text{кЭВ}$	$E_2, \text{кЭВ}$	$\Delta E_2, \text{кЭВ}$	$I_{\gamma\gamma}$	$\Delta I_{\gamma\gamma}$	$E_M, \text{кЭВ}$	$\Delta E_M, \text{кЭВ}$
5733,4	1481,0	1,65	0,25	0,12	2250,3	1,4
5725,5	1488,8	0,53	0,85	0,15		
5701,6	1512,7	1,45	0,25	0,12	2284,6	1,0
5658,8	1555,5	1,22	0,30	0,12		
5617,6	1596,7	0,45	0,99	0,15		
5580,1	1634,2	1,12	0,36	0,12		
5543,2	1671,1	0,79	0,52	0,13		
5533,1	1681,2	0,21	3,14	0,22	2452,8	0,7
5523,0	1691,3	0,79	0,49	0,13		
5511,2	1703,1	0,67	0,60	0,14		
5490,0	1724,3	1,06	0,38	0,13	2494,8	0,6
5427,5	1786,3	1,70	0,38	0,17		
5421,5	1792,8	0,80	0,83	0,17	2564,8	1,4
5399,8	1814,6	2,17	0,18	0,12		
5368,2	1846,1	1,79	0,24	0,12	2619,5	1,7
5322,5	1891,8	0,84	0,54	0,14	2663,0	1,0
5297,1	1917,4	1,53	0,29	0,13		
5288,9	1925,6	1,37	0,39	0,15		
5280,8	1933,5	0,57	0,93	0,16	2703,4	1,2
5256,9	1957,7	1,10	0,49	0,15		
5248,8	1965,5	1,09	0,46	0,15	2736,7	1,1
5236,1	1978,1	0,52	0,97	0,16		
5214,9	1999,4	1,93	0,28	0,17	2771,3	1,5
5204,0	2010,3	1,63	0,33	0,17		
5138,4	2075,9	0,89	0,70	0,18		
5093,9	2120,4	0,52	1,35	0,22	2892,4	1,1
5074,3	2140,0	0,97	0,65	0,18		
5058,5	2152,6	1,20	0,57	0,18		
5048,9	2164,9	0,90	0,70	0,18		
5017,6	2196,7	1,14	0,49	0,19	2967,3	0,8
4997,9	2216,4	1,01	0,60	0,19	2989,0	1,5
4959,4	2254,8	1,13	0,58	0,19		
4934,3	2280,0	2,11	0,27	0,17	3049,4	1,3
4913,9	2300,4	0,52	1,47	0,22		
4871,8	2342,5	1,68	0,36	0,17	3115,0	1,0
4815,3	2399,0	1,25	1,30	0,48	3170,1	0,8

$E_1, \text{кЭВ}$	$E_2, \text{кЭВ}$	$\Delta E_2, \text{кЭВ}$	$I_{\gamma\gamma}$	$\Delta I_{\gamma\gamma}$	$E_M, \text{кЭВ}$	$\Delta E_M, \text{кЭВ}$
4809,2	2405,1	1,96	1,22	0,39	3175,4	1,2
4745,1	2469,0	1,10	0,68	0,20		
4722,6	2491,7	1,30	0,52	0,20		
4712,9	2501,4	0,59	1,39	0,23		
4702,4	2511,9	1,62	0,40	0,18	3283,5	1,1
4672,9	2541,2	1,59	0,40	0,17		
4657,5	2556,8	0,47	1,67	0,25		
4637,7	2576,4	1,44	0,45	0,17		
4623,5	2590,8	1,54	0,41	0,17		
4594,0	2619,3	1,43	0,44	0,17		
4553,8	2660,5	2,11	0,30	0,17	3430,8	1,0
4474,8	2739,6	1,32	0,65	0,25		
4457,9	2756,4	1,01	0,84	0,24		
4427,3	2786,4	1,08	0,82	0,23		
4411,8	2802,5	2,25	0,36	0,22	3574,6	1,1
4398,9	2815,4	1,42	0,59	0,23	3585,8	0,9
4360,6	2853,7	1,13	0,85	0,25		
4250,8	2963,6	1,10	0,66	0,21		
4232,8	2981,4	1,20	0,56	0,19		
4206,6	3007,7	1,85	0,36	0,19	3778,7	1,6
4157,0	3057,2	1,54	0,47	0,19		
4135,8	3077,6	1,65	0,54	0,22		
4084,2	3130,1	1,04	0,69	0,20	3901,0	0,8
4071,6	3143,1	1,62	0,44	0,18		
3928,1	3286,1	1,47	0,53	0,21		
3919,4	3295,0	1,63	0,48	0,20		
3900,8	3313,1	1,76	0,39	0,18		
		$E_1 + E_2 =$	6913,0	кЭВ ( $E_f = 1072$ кЭВ)		
6014,7	898,4	0,61	7,11	1,53	1970,4	1,1
5746,3	1166,7	0,93	4,72	1,48	2239,1	0,8
4804,3	2108,7	0,85	8,86	2,19	3181,4	0,8
4626,9	2286,2	1,44	6,51	2,50		
4465,5	2447,5	1,14	8,17	2,44	3520,0	1,0
3770,9	3142,1	1,17	7,82	2,39		
3519,0	3394,0	1,38	6,69	2,39	4465,1	1,3

Таблица 2. Энергии  $E_1$  и  $E_2$  каскадных квантов, относительная интенсивность  $I_{\gamma\gamma}$  каскадов с данной суммой энергий и площадь  $A$  спектра (т.е. площадь пиков в полученном спектре). Данные получены из совпадений Ge-Ge-NaI

$E_1$ , кэВ	$E_2$ , кэВ	$\Delta E_2$ , кэВ	$I_{\gamma\gamma}$	$\Delta I_{\gamma\gamma}$	$A$
$E_1 + E_2 = 773,48$ кэВ, уровень 773 кэВ					
334,075	439,406	0,077	100,000	4,018	1392,000
$E_1 + E_2 = 918,28$ кэВ, уровень 1357 кэВ					
334,190	584,090	0,179	100,000	10,904	178,000
$E_1 + E_2 = 1009,03$ кэВ, уровень 1449 кэВ					
333,500	675,535	0,163	100,000	8,982	160,000
$E_1 + E_2 = 1024,29$ кэВ, уровень 1357 кэВ					
439,485	585,239	0,256	23,779	2,494	444,000
511,938	511,924	0,108	76,221	4,090	444,000 а)
$E_1 + E_2 = 1048,60$ кэВ, уровень 1046 кэВ					
334,878	713,292	0,198	78,764	10,397	170,000
510,330	538,695	1,120	21,236	8,857	170,000 а)
$E_1 + E_2 = 1073,75$ кэВ, уровень 1071 кэВ					
335,039	738,714	0,077	100,000	11,334	144,000
$E_1 + E_2 = 1114,93$ кэВ, уровень 1449 кэВ					
402,651	712,058	0,571	24,064	6,564	111,900
438,832	676,326	0,284	75,936	8,955	111,900
$E_1 + E_2 = 1450,45$ кэВ, уровень 2225 кэВ					
507,460	943,828	0,481	42,266	12,395	92,000
668,929	786,528	1,244	13,710	8,663	92,000
677,010	771,387	0,908	17,692	8,893	92,000
708,455	738,189	0,743	26,332	10,172	92,000

$E_1$ , кэВ	$E_2$ , кэВ	$\Delta E_2$ , кэВ	$I_{\gamma\gamma}$	$\Delta I_{\gamma\gamma}$	$A$
$E_1 + E_2 = 1485,18$ кэВ, уровень 1820 кэВ					
438,515	1046,021	0,141	55,743	8,666	75,900
712,111	774,776	0,472	14,021	4,466	75,900
734,915	749,209	0,346	30,237	4,982	75,900
$E_1 + E_2 = 1503,41$ кэВ, уровень 1504 кэВ					
334,531	1168,878	0,117	84,172	6,054	78,000
381,602	1121,816	0,785	7,869	3,261	78,000
700,394	803,000	0,602	7,959	2,404	78,000
$E_1 + E_2 = 1529,45$ кэВ, уровень 2304 кэВ					
621,543	904,908	1,288	19,381	12,007	34,000
708,400	819,225	0,990	46,594	12,679	34,000
739,574	794,707	0,767	34,026	12,384	34,000
$E_1 + E_2 = 1691,03$ кэВ, уровень 1691 кэВ					
333,204	1356,805	0,359	28,356	4,564	94,000
339,986	1349,673	0,443	20,234	4,236	94,000
366,905	1323,852	0,741	11,404	3,928	94,000
504,349	1189,749	2,763	15,640	9,470	94,000
830,628	860,001	1,259	24,365	10,489	94,000
$E_1 + E_2 = 1710,56$ кэВ, уровень 2046 кэВ					
438,828	1271,728	0,099	100,000	9,502	50,000
$E_1 + E_2 = 1928,23$ кэВ, уровень 2264 кэВ					
467,323	1459,794	0,897	18,880	9,918	106,000
707,752	1221,718	1,076	27,415	12,491	106,000
737,455	1190,657	0,706	53,706	13,844	106,000
$E_1 + E_2 = 1956,83$ кэВ, уровень 2292 кэВ					
437,849	1521,346	0,520	57,339	11,149	73,900
711,103	1247,797	1,144	19,684	9,325	73,900
860,916	1091,467	1,056	22,977	9,399	73,900

$E_1, \text{кэВ}$	$E_2, \text{кэВ}$	$\Delta E_2, \text{кэВ}$	$I_{\gamma\gamma}$	$\Delta I_{\gamma\gamma}$	A
$E_1 + E_2 = 2024,55 \text{ кэВ}$ , уровень 2360 кэВ					
438,762	1583,623	0,399	35,280	5,932	120,100
515,842	1511,744	1,010	13,272	5,366	120,100
830,381	1193,285	0,326	51,448	5,980	120,100
$E_1 + E_2 = 2075,58 \text{ кэВ}$					
497,117	1580,193	0,871	29,235	10,739	52,100
966,050	1110,538	0,919	30,967	11,526	52,100
1015,989	1056,851	0,803	39,798	12,361	52,100
$E_1 + E_2 = 2117,39 \text{ кэВ}$ , уровень 2120 кэВ					
335,449	1781,126	0,406	28,633	5,535	76,000
786,931	1329,904	0,805	16,043	6,195	76,000
920,344	1200,665	1,155	10,677	6,073	76,000
932,541	1184,062	0,886	14,050	6,133	76,000
948,846	1167,079	0,412	30,596	6,613	76,000
$E_1 + E_2 = 2310,96 \text{ кэВ}$					
1144,920	1166,038	0,752	100,000	28,210	71,900
$E_1 + E_2 = 2453,61 \text{ кэВ}$ , уровень 2456 кэВ					
333,700	2119,907	0,110	100,000	6,165	142,100
$E_1 + E_2 = 2573,25 \text{ кэВ}$ , уровень 2575 кэВ					
512,154	2069,492	0,602	18,781	5,351	144,000
547,188	2020,799	0,831	11,985	5,187	144,000
564,774	2011,159	0,825	11,510	5,237	144,000
696,379	1878,689	1,078	9,623	5,839	144,000
853,247	1720,271	0,809	15,789	5,914	144,000
884,053	1688,394	1,266	13,937	5,956	144,000
1192,875	1373,258	0,908	18,374	5,256	144,000
$E_1 + E_2 = 3036,88 \text{ кэВ}$ , уровень 3037 кэВ					
509,043	2523,040	0,650	32,414	8,821	126,000 а)
599,998	2438,591	1,184	11,554	8,051	126,000

$E_1, \text{кэВ}$	$E_2, \text{кэВ}$	$\Delta E_2, \text{кэВ}$	$I_{\gamma\gamma}$	$\Delta I_{\gamma\gamma}$	A
674,715	2364,871	1,217	14,023	8,396	126,000
1166,042	1871,215	0,732	42,008	10,296	126,000
$E_1 + E_2 = 3091,32 \text{ кэВ}$					
771,985	2316,460	1,138	25,040	13,493	88,100 б)
785,535	2303,930	1,248	21,732	13,512	88,100
881,989	2211,094	0,902	26,663	12,217	88,100
899,368	2194,920	1,246	26,564	11,874	88,100
$E_1 + E_2 = 3127,81 \text{ кэВ}$					
662,390	2469,812	0,844	21,511	9,923	69,900 б)
837,726	2286,721	0,778	29,115	12,445	69,900
1422,908	1700,569	1,279	25,516	9,855	69,900
1464,921	1666,203	1,310	23,857	9,768	69,900

Примечания:

- а) аннигиляционный квант;
- б) для этих пиков получено наилучшее соотношение между площадями возможного пика и фоновой подложки под ним в спектре сумм амплитуд совпадающих импульсов;
- г) для  $\Delta E_2$  приведена только вероятная статистическая погрешность аппроксимации пика;
- д) энергетическая шкала приведена по положению пиков, соответствующих переходам  $E_1=584,24 \text{ кэВ}$  и  $E_2=6536,47 \text{ кэВ}$ ;
- е) каскады с суммарной энергией более 6166 кэВ приведены в таблице I;
- ж) для многих спектров указаны только вероятные значения энергии распадающегося состояния.



## Схема распада

Порядок следования квантов в каскаде согласно [4] можно (независимо от каких-либо используемых в настоящее время предположений) определить, если его промежуточный уровень распадается с испусканием по крайней мере двух достаточно интенсивных квантов.

Соответствующие энергии промежуточных уровней каскада приведены в таблице 1. Остальные каскады можно разместить в схеме распада этого ядра в рамках каких-либо предположений либо при использовании дополнительной спектрометрической информации.

На рис. 3 приведена зависимость числа наблюдаемых промежуточных состояний в интервале 100 кэВ в функции энергии возбуждения. С экспериментом сопоставляются результаты предсказаний двух моделей плотности уровней [5, 6].

В эксперименте с наибольшей вероятностью наблюдаются каскады, у которых мультипольность первичного перехода  $E1$ . С меньшей — переходы мультипольности  $M1$ . Поэтому экспериментальным данным соответствует наблюдение смеси состояний обеих четностей при малых энергиях возбуждения, преимущественно состояний с положительной четностью при большей энергии и явный пропуск уровней при энергии возбуждения выше 3 – 4 МэВ.

Расчетные значения приведены только для ожидаемой плотности состояний положительной четности. Из сопоставлении этих данных можно сделать заключение, что модель ферми - газа с "обратным смещением" дает ожидаемое число состояний, соответствующее экспериментально наблюдаемому, в диапазоне возбуждений не ниже, чем 2,6 МэВ. Отсюда прямо следует, что обсуждаемые ниже интенсивности каскадов с первичными переходами  $E \leq 2,5$  МэВ не могут проявиться ошибочно, из-за неверного определения порядка следования квантов в каскаде.

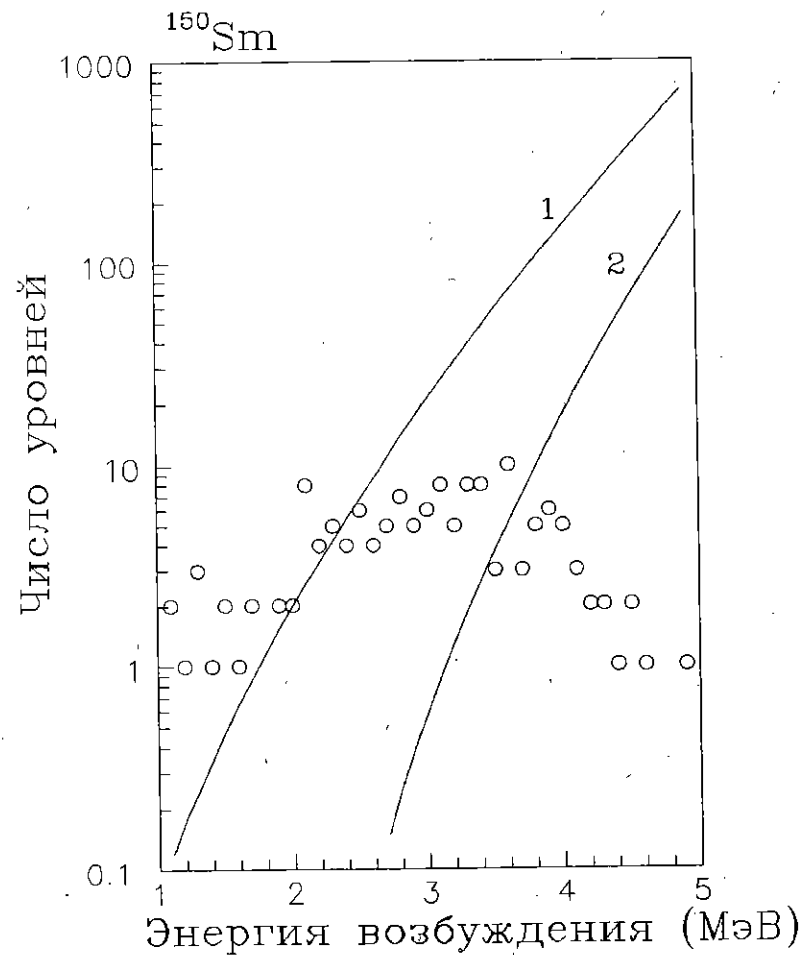


Рис. 3. Число уровней в интервале энергии возбуждения 100 кэВ. Точки — эксперимент, линия 1 — модель [5], линия 2 — модель [6]

### Зависимость средней интенсивности каскадов от энергии возбуждения

На рис. 4 приведена полученная согласно методике [7] зависимость интенсивности каскадов (заканчивающихся двумя низколежащими уровнями  $^{150}\text{Sm}$ ) от энергии первичного  $\gamma$ -перехода.

Как и во всех ранее изученных деформированных ядрах, в  $^{150}\text{Sm}$  наблюдаются два максимума: в районе энергии первичных переходов  $2,5 \div 3$  МэВ и в районе  $E_1 \approx 5$  МэВ. Эти максимумы не могут быть воспроизведены одновременно любым из вариантов расчета; одна модель воспроизводит первый максимум, другая — второй.

Аналогичная зависимость с двумя максимумами интенсивности каскадов наблюдалась [7] и в случае сферического ядра  $^{146}\text{Nd}$ . Но в этом ядре максимум в районе энергии первичного перехода  $2 \div 3$  МэВ выражен довольно слабо и имеет значение на несколько десятков процентов меньше, чем в случае  $^{150}\text{Sm}$ .

Из сопоставления максимальных интенсивностей каскадов для первичных переходов с энергией  $2 - 3$  МэВ в  $^{146}\text{Nd}$  [7],  $^{150}\text{Sm}$ ,  $^{156}\text{Gd}$ ,  $^{158}\text{Gd}$  [8] и  $^{164}\text{Dy}$  однозначно следует близость их значений в сферическом  $^{146}\text{Nd}$  и переходном  $^{150}\text{Sm}$ . Возможно, это следует рассматривать как некоторое основание считать, что развитие каскада  $\gamma$ -переходов в переходном ядре  $^{150}\text{Sm}$  аналогично сферическому ядру. Другими словами, ярко выраженных оболочечных (предположительно) эффектов, характерных для деформированных ядер  $^{156,158}\text{Gd}$ ,  $^{164}\text{Dy}$ , в самарии не наблюдается. Либо эти эффекты не достигают такого масштаба, как в деформированных. В любом случае у нас нет оснований считать, что ядро  $^{150}\text{Sm}$  при энергии возбуждения выше 5 МэВ имеет форму таких хорошо деформированных ядер, как изотопы гадолиния, диспрозия и т. д.

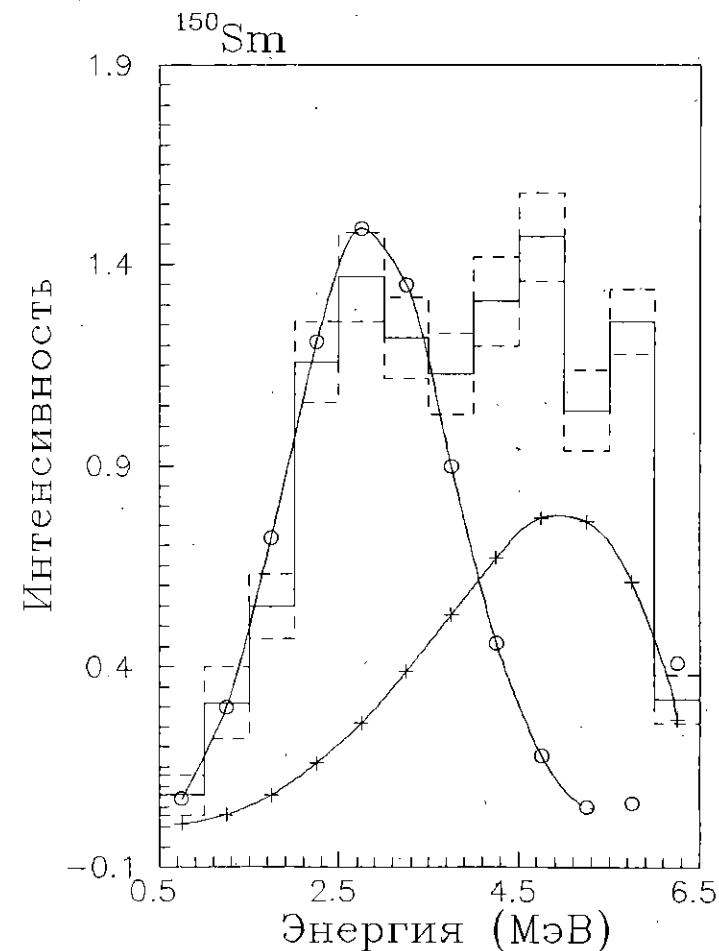


Рис. 4. Зависимость интенсивности каскадов (процентов распадов) от энергии первичного перехода  $E_1$ . Гистограмма - эксперимент;  $\circ$  — расчет с моделью [6],  $+$  - расчет с моделью [5]. Пунктиром отмечены статистические ошибки эксперимента

## Заключение

Из измеренных  $\gamma$ - $\gamma$ -совпадений определены параметры наиболее интенсивных каскадов, связывающих компаунд - состояние и ряд низлежащих его уровней. Определена энергетическая зависимость их интенсивности. Из сопоставления с расчетом, использующим различные модели плотности возбужденных состояний, а также с аналогичными зависимостями в ядрах различной формы, можно предполагать, что при энергии возбуждения 5 - 6 МэВ в  $^{150}\text{Sm}$  не наблюдается четкой зависимости интенсивности каскадов, характерной для деформированного ядра.

## Литература

- [1] Beitins M. R. et al. // Z. Phys. A - Hadrons and Nuclei, 1992, V. A341, p. 155
- [2] Ali M. A. et al. // JINR communication E15-91-504, Dubna, 1991
- [3] Бонева С.Т. и др. // ЭЧАЯ, 1991, т.22, с. 479
- [4] Попов Ю.П. и др. // Изв. АН СССР, сер. физ., 1984, т.48, с.891
- [5] Dilg W. et al. // Nucl. Phys., 1973, V. A217, p.269
- [6] Игнатюк А.В. и др. // Ядерная физика, 1975, т.21, с 485
- [7] Boneva S.T. et al. // Z. Phys. A - Hadrons and Nuclei, 1992, V. A338, p. 319
- [8] Ali M. A. et al. // JINR preprint E3-91-428, Dubna, 1991

Рукопись поступила в издательский отдел  
10 января 1993 года.