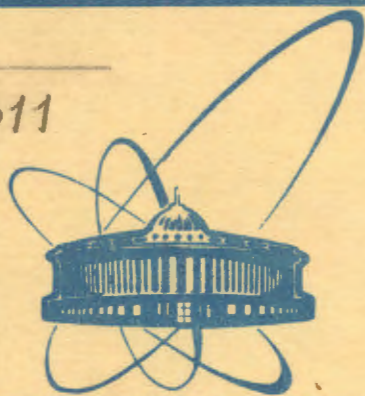


Б-311



ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

3883 / 2-79

1/10-79

P6 - 12427

С.Бацев, Н.А.Бонч-Осмоловская, А.Будзьяк,
В.В.Кузнецов, Р.Р.Усманов

ИССЛЕДОВАНИЕ e - γ -СОВПАДЕНИЙ
ПРИ РАСПАДЕ ^{169}Lu

1979

P6 - 12427

С.Бацев, Н.А.Бонч-Осмоловская, А.Будзяк,
В.В.Кузнецов, Р.Р.Усманов

ИССЛЕДОВАНИЕ $e-\gamma$ -СОВПАДЕНИЙ
ПРИ РАСПАДЕ ^{169}Lu

Направлено в "Известия АН СССР. сер. физ."

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

Бацев С. и др.

P6 - 12427

Исследование $e-\gamma$ -совпадений при распаде ^{169}Lu

На основе измерений $e-\gamma$ -совпадений проанализирована схема распада ^{169}Lu , известная из литературы, и построена ее новая часть.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований, Дубна 1979

Batsev S. et al.

P6 - 12427

Investigation of $e-\gamma$ -Coincidences at the ^{169}Lu Decay

The ^{169}Lu decay scheme, published earlier, has been analysed on the basis of $e-\gamma$ -coincidence measurements. The scheme new section is constructed.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1979

Схема распада ^{169}Lu весьма сложна, она содержит не менее 50 возбужденных состояний^{/1,2/}. В течение многих лет предлагались различные варианты уровней ^{169}Yb с энергией выше 1 МэВ^{/3,4 и др./}. Однако измерения $\gamma\gamma$ -совпадений^{/1,5/} подтвердили только несколько из ранее предлагаемых уровней и позволили обнаружить 15 новых состояний. Тем не менее, и этих данных оказалось недостаточно, так как в $\gamma\gamma$ -совпадениях не проявились совпадения с мягкими γ -лучами, ответственными за разрядку нижних ротационных полос ^{169}Yb . Для восполнения этого пробела мы предприняли измерения спектров $e-\gamma$ -совпадений, результатам которых посвящена настоящая работа.

УСЛОВИЯ ОПЫТА

Источники ^{169}Lu получались при облучении танталовой мишени протонами с $E_p = 660 \text{ МэВ}$ на синхротроне ОИЯИ. Фракция лютеция выделялась из мишени хроматографическим методом и затем разделялась по изотопам на масс-сепараторе. Измерения спектров $e-\gamma$ -совпадений проводились на установке^{/6/}, собранной на базе светосильного безжелезного β -спектрометра с тороидальным магнитным полем, и Ge(Li)-детектора объемом $40 \text{ см}^3/R = 3,5 \text{ кэВ}$ при $E_\gamma = 1,332 \text{ МэВ}$. Временное разрешение быстрой схемы совпадений равнялось 50 нс. Исследуемые спектры накапливались в памяти 4096-канального анализатора ICA-70 с последующей передачей информации на ЭВМ "Минск-2". Обработка спектров γ -лучей и $e-\gamma$ -совпадений проводилась по программе "Каток"^{/7/}.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты обработки спектров $e\gamma$ -совпадений ^{169}Lu представлены в табл. 1, где данные сгруппированы по совпадениям с конверсионными линиями переходов, разряжающих определенные уровни ротационных полос: L62, L75, K156, K165 соответственно уровни $3/2^-$, $5/2^-$, $7/2^-$, $9/2^-$ полосы $1/2^-/521/$; L, M70, K90, уровни $9/2^+$ и $11/2^+$ полосы $7/2^+/633/$; K91, K87, K110 соответственно уровни $5/2^-$, $7/2^-$, $9/2^-$ полосы $5/2^-/512/$. Цифры в скобках отражают количественную оценку совпадений, равную отношению площади пика в совпадениях к площади γ -перехода. При этом практически во всех случаях случайные совпадения были примерно на два порядка слабее истинных.

Анализ экспериментальных результатов /табл. 1/ показал, что:

1. Подтверждаются все уровни, проявляющиеся в $\gamma\gamma$ -совпадениях^{1/}. Разрядка некоторых из них дополняется на основании табл. 1: с уровня 1689 кэВ направлен γ -переход 1425 кэВ на уровень 264 кэВ (γ_{1425} -K165); с уровня $9/2^-$ 1554 кэВ на уровень $9/2^+$ 70 кэВ направлен γ -переход 1484 кэВ, мультипольность его возможна $E1^{2/}$; с уровня 1781 кэВ на уровень 264 кэВ направлен γ -переход 1517 кэВ (γ_{1517} -K165). Данный переход, таким образом, сложен и имеет двойное размещение, в обоих случаях подтверждаемый совпадениями: 1708 - 191 кэВ / $\gamma\gamma$, $e\gamma$ / и 1781 - 264 кэВ / $e\gamma$ /. С уровня 1781 кэВ на уровень 70 кэВ также направлен γ -переход 1710 кэВ (γ_{1710} -L, M70). Размещение ряда γ -переходов, разряжающих уровни, известных из анализа спектров $\gamma\gamma$ -совпадений, подтвердилось теперь в $e\gamma$ -совпадениях /табл. 2/.

2. Из известных ранее уровней ^{169}Yb , не проявившихся в спектрах $\gamma\gamma$ -совпадений^{1/}, подтвердились $e\gamma$ -совпадениями: уровни $3/2^-$ 659 кэВ (γ_{560} -L75, L62; γ_{572} -L62) и $5/2^-$ 722 кэВ (γ_{622} -L62; γ_{635} -L62) полосы $3/2^-/521/$; уровни $7/2^+$ 647 кэВ (γ_{576} -L, M70) и $9/2^+$ 707 кэВ (γ_{545} -K90; L, M70; γ_{636} -L, M70) полосы $5/2^+/642/$, а также состояние 1973 кэВ (γ_{895} -K90; γ_{1584} -K110).

Таблица 1

Результаты $e\gamma$ -совпадений ^{169}Lu

Конв. линия кэВ	$E\gamma$ кэВ
L-62	I44(2.3 \pm 1.2), I56(4.4 \pm 1.8), I65(3.9 \pm 1.9), 243+244(0.66 \pm 0.27), 248(0.7 \pm 0.4), 258(0.30 \pm 0.07), 291(0.27 \pm 0.07), 369(0.27 \pm 0.03), 378(0.24 \pm 0.02), 404(1.4 \pm 0.5), 456(0.25 \pm 0.04), 470(0.6 \pm 0.3), 482(2.3 \pm 0.7), 505(1.7 \pm 1.0), 543(1.4 \pm 1.0), 548(0.99 \pm 0.14), 560(0.8 \pm 0.4), 562(0.5 \pm 0.3), 572(1.1 \pm 0.3), 622(0.84 \pm 0.21), 635(1.3 \pm 0.4), 655(0.6 \pm 0.3), 676(0.6 \pm 0.4), 707(0.82 \pm 0.21), (879(0.2 \pm 0.1)), I060(0.33 \pm 0.04), I068(2.9 \pm 1.5), I073(0.39 \pm 0.09), II33(1.5 \pm 0.5), II62(1.2 \pm 0.3), II71(0.31 \pm 0.05), II80(0.9 \pm 0.5), II84(0.33 \pm 0.05), II99(0.86 \pm 0.19), I206(1.02 \pm 0.13), I219(1.20 \pm 0.22), I258+I260(0.3 \pm 0.1), I276(1.0 \pm 0.7), I290(0.83 \pm 0.06), I326(0.5 \pm 0.3), I338(0.27 \pm 0.03), I350(0.5 \pm 0.3), I379(0.11 \pm 0.02), I392(0.15 \pm 0.05), I412(0.9 \pm 0.4), I425(1.1 \pm 0.6), I437(0.21 \pm 0.07), I466(0.20 \pm 0.02), (I497(0.2 \pm 0.1)), I517(0.25 \pm 0.06), I524(0.17 \pm 0.04), (I575(1.5 \pm 0.8), I590(0.25 \pm 0.04), I607(1.3 \pm 0.4), I682(0.95 \pm 0.13), I707(1.3 \pm 0.7).
L-75	I44(3.6 \pm 1.8), I65(4.4 \pm 0.5), 243(3.0 \pm 1.0), 248(1.8 \pm 0.9), 291(0.9 \pm 0.3), 369(0.66 \pm 0.11), 378(0.58 \pm 0.06), 404(1.0 \pm 0.4), 456(0.7 \pm 0.1), 470(2.0 \pm 0.3), 484(2.3 \pm 0.7), 505(0.9 \pm 0.4), 543(4.7 \pm 2.5), 548(3.9 \pm 1.2), 560(1.5 \pm 0.8), 562(0.7 \pm 0.4), 622(3.0 \pm 0.8), (642(5 \pm 3)), 655(5 \pm 3), 707(3.1 \pm 0.9), I017(2.3 \pm 0.7), I060(0.61 \pm 0.08), I068(4.3 \pm 2.2), I073(1.1 \pm 0.3), (II33(1.5 \pm 0.7)), II62(4.3 \pm 2.1), II71(0.50 \pm 0.16), II80(4.7 \pm 2.2), II84(1.29 \pm 0.12), II99(5 \pm 3), I206(1.4 \pm 0.4), I219(2.1 \pm 0.6), I244(2.9 \pm 1.5), I258+I260(0.8 \pm 0.4), I272(0.7 \pm 0.2), I276(5 \pm 3), I290(4.0 \pm 0.4), I301(5 \pm 3), I326(1.3 \pm 0.2), I338(0.80 \pm 0.08), I350(3.2 \pm 1.1), I392(0.61 \pm 0.09), I425(6 \pm 3), I437(0.69 \pm 0.16), I466(0.53 \pm 0.04), I517(1.00 \pm 0.16), I524(0.56 \pm 0.17), I590(0.88 \pm 0.14), I682(3 \pm 1), I707(0.6 \pm 0.3), I763(0.6 \pm 0.2).

Продолжение таблицы 1

K-I56	243(2.8±1.5), 404(4.6±1.5), 505(7±4), 562(2.4±0.5), 655 (1.6±0.9), 667(4.2±2.5), 676(6±3), I099(7±5), II33(4.9±1.1), II62(3.3±1.1), II80(1.1±0.4), II84(0.30±0.05), I206(4.5±0.5), I2I9(4.6±0.7), I290(1.0±0.1), I296(5.2±2.7), I3II(3.9±1.5), I4I2(3.8±1.5).
K-I65	222(1.9±1.1), 248(1.3±0.6), 383(1.9±0.9), 484(0.9±0.3), 543(1.4±0.7), 655(1.2±0.4), 903(1.8±1.0), II42(2.1±1.1), (II56(1.4±0.8)), II62(0.8±0.2), II80(0.9±0.2), II84(0.18±0.02), II99(1.0±0.1), I276(2.5±1.3), I290(1.1±0.1), I30I(1.3±0.6), I392(0.06±0.01), I425(1.6±0.8), I5I7(0.10±0.02).
L, M-70	207(6 ±3), 227(6±3), 545(2.9±0.6), 562(2.0±0.5), 576(2.5±0.3) 6I7(2.7±0.8), 636(3.3±1.6), 670(1.4±0.5), 690(3.0±0.6), 725(3.4±1.0), 76I(2.1±0.6), 767(3.6±1.0), 802(0.9±0.5), 8I5(1.9±0.8), 889(2.7±0.2), 9I6(2.9±0.3), 999(3.8±0.6), I007(2.8±0.2), I060(0.5±0.2), I073(0.6±0.2), II06(3.7±1.1), II84(0.36±0.06), I2I2(2.7±0.5), I272(2.5±0.5), I379(1.7±0.1), I392(0.79±0.11), I484(2.3±0.7), I6I8(2.7±0.2), I636(3.2±0.6), I645(3.2±1.1), I7I0(0.4±0.2), I959(2.3±0.4).
K-90	227(2.3±0.6), 545(1.7±0.2), 562(1.0±0.1), (587(1.8±0.9)), 6I7(1.2±0.3), 659(1.2±0.5), 670(1.6±0.5), (703(0.6±0.3)), 725(3.2±0.5), 767(3.7±0.9), (895(0.5±0.3)), 908(3.0±1.5) 9I6(3.0±0.2), I025(2.7±1.5), I043(0.8±0.4), (I726(4.4±2.4)).
K-9I	I98(1.1±0.4), 244(1.3±0.4), 258(1.3±0.3), 29I(1.7±0.3), 359(1.1±0.4), 369(1.9±0.2), 378(1.7±0.1), 456(1.8±0.2), 470(0.9±0.2), 5II(0.27±0.10), 879(1.1±0.3), I060(1.60±0.15), I065(1.3±0.9), I073(1.2±0.3), II5I(1.5±0.7), II65(1.9±0.8), II7I(2.3±0.4), II84(1.7±0.1), I258+I260(2.0±0.6), I272(1.5±0.4), I326(1.8±0.3), I338(1.50±0.15), I379(0.70±0.07), I392(1.40±0.14), I429(1.1±0.4), I437(1.1±0.2), I466(1.60±0.12).

Продолжение таблицы 1

	I497(2.4±0.5), I502(0.9±0.3), I5I7(1.6±0.3), I524(1.5±0.4), I590(1.3±0.2), I763(1.7±0.5).
K-87	I9I(1.07±0.07), 244(1.0±0.4), 258(1.0±0.2), 29I(1.8±0.2), 359(1.2±0.3), 369(1.6±0.1), 470(0.7±0.1), IOI7(1.4±0.4), IO60(1.1±0.1), IO65(1.2±0.6), IO73(1.0±0.1), II5I(0.8±0.4), II65(0.9±0.4), II7I(1.8±0.3), II84(1.5±0.1), I260(1.6±0.8), (I267(2.2±1.1)), I326(1.07±0.14), I379(0.60±0.14), I392(1.0±0.1), I429(1.4±0.4), I437(1.2±0.2), I502(1.1±0.4), (I630(2.7±1.4), I676(1.5±0.8)).
K-IIO	I9I(0.80±0.04), 207(1.2±0.2), 258(1.8±0.3), 278(1.0±0.3), 359(1.9±0.5), IOI7(1.8±0.5), IO60(2.2±0.1), IO73(2.30±0.15), II5I(1.4±0.6), II65(2.0±0.8), I260(0.6±0.3), I267(5.0±2.5), (I3I8(3.1±1.5)), I326(2.6±0.4), I392(2.1±0.2), I584(1.6±0.8).

3. Данные табл. 1 указывают на существование большого числа новых состояний ¹⁶⁹Yb. В табл. 3 мы приводим список этих уровней с указанием способов их разрядки и γ -совпадений, на основе которых они введены.

Следует отметить, что некоторые слабые в спектрах γ -лучей пики более четко проявляются в спектрах совпадений, особенно в том случае, если они образуют прямой каскад. Так, например, слабый переход 248 кэВ убедительно проявился в совпадениях с K165 /рис. 1а/, что дало нам основание ввести при распаде ¹⁶⁹Lu известный из ядерных реакций ротационный уровень 512 кэВ $13/2^-$, $1/2^-/521/^{1/2}$.

Новый уровень 886 кэВ $9/2^+$ подкрепляется γ -переходом 562 кэВ сверху $7/2^-1449 - 9/2^+886$ кэВ/, проявляющимся в спектрах $\gamma\gamma$ и γ -совпадений ($\gamma 562 - K90$; $\gamma 562 - \gamma 725$; $\gamma 562 - \gamma 815^{1/4}$). Данный переход сложен. Второе его расположение $7/2^-806 - 7/2^-243$ кэВ также подтверждается $\gamma\gamma$ и γ -совпадениями. Мультипольность сложного перехода $-E2^{5/}$. По нашим оценкам, мультипольность одного из переходов возможна E1, а второго - M1. Состояние 886 кэВ, по-видимому, является ротационным полюсом $3/2^+/651/^{1/1}$. Разрядка его, как и остальных уровней

Таблица 2

Подтверждение $e\gamma$ -совпадениями размещения ряда переходов в известных уровнях ^{169}Yb /1/

E_{γ} кэВ	E ур нач	E ур кон, кэВ	$e\gamma$ -совп.
222	487	264	K I65
505	748	243	K I56, L75, L62
548	648	99	L75, L62
670	832	161	K 90; L, M 70
675	919	243	K I56, L62
707	806	99	L75, L62
908	I070	I61	K 90
916	I078	I61	K 90; L, M 70
999	I070	70	L, M 70
I165	I554	389	K 91, K I10, K 87
I212	I283	70	L, M 70
I272	I463	I91	K 91
I311	I554	243	K I56
I350	I449	99	L75, L62
I379	I449	70	L, M 70
I502	I781	278	K 87, K 91
I630	I908	278	K 87
I636	I707	70	L, M 70
I645	I716	70	L, M 70
I676	I954	278	(K 87)
I682	I781	99	L75, L62

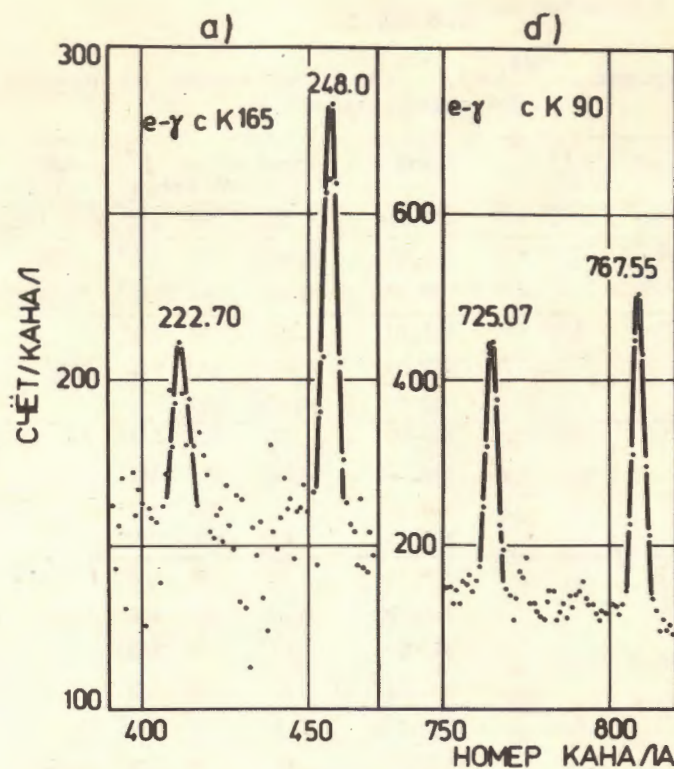


Рис. 1. /а/ Фрагмент спектра $e\gamma$ -совпадений с K165 . /б/ Фрагмент спектра $e\gamma$ -совпадений с K90.

данной полосы, идет только на уровни полосы основного состояния. Параметр инерции, получаемый в данном случае $A_{1,4} = 7,94$ кэВ, близок к значению $A_{1,2} = 8,35$ кэВ для данной полосы /1/.

Мы наблюдали интенсивные совпадения $\gamma_{767} - K90$ /рис. 1б/, что дало нам повод полагать, что это прямой каскад на уровень 161 кэВ $11/2^+$, таким образом, должен существовать уровень 929 кэВ. С него направлено еще несколько γ -переходов /табл. 3/, причем γ_{659} кэВ также проявляется в совпадениях с K90. В спектрах конверсии этот переход не наблюдался /2/, что при заметной интенсивности его $I_{\gamma} = 0,81$ /5/ может свидетельствовать в пользу мультипольности $E1$. Сверху

Таблица 3

Новые уровни ^{169}Lu - ^{189}Yb , следующие из результатов $e\gamma$ -совпадений

E(ΔE) ур. кэВ	I^{π}	БукваВ	Мульти.	Еур. кон. кэВ	I^{π} кон.	$e\gamma$
512,022(30)	$I3/2^-$	247,766 а	E2	264	$9/2^-$	KI65, L75, L62
886,79(5)	$9/2^+$	815,95	E2+MI	70	$9/2^+$	L, M70
		725,07	E2+MI	161	$11/2^+$	K90, L, M70
911,44(8)	$5/2^-$	824,70	MI	86	$3/2^-$	
		667,59		243	$7/2^-$	KI56
		632,79	MI, E2	278	$7/2^-$	
929,07(II)	$11/2^-$	767,55	EI	161	$11/2^+$	K90, L, M70
		659,10	(EI)	269	$13/2^+$	K90
		539,37		389	$9/2^-$	
		406,03	MI	523	$11/2^-$	
1167,77(9)	$7/2^-(9/2^-)$	1068,54	E2	99	$5/2^-$	L75, L62
		903,42	E2, MI	264	$9/2^-$	KI65
		247,2	MI	919	$9/2^-$	
		520,02	E2	648	$7/2^-$	
1176,99(9)	$9/2^+$	1177,7 а	E2, MI	0	$7/2^+$	
		1106,11	MI	70	$9/2^+$	L, M70
		1015,4 а		161	$11/2^+$	
		529,7	E2, MI	647	$7/2^+$	
1343,67(6)	$7/2^-$	1343,56		0	$7/2^+$	
		1272,46 б	EI	70	$9/2^+$	L, M70
		1244,24	MI	99	$5/2^-$	L75
		1099,89	E2	243	$7/2^-$	KI56
		1065,09	MI	278	$7/2^-$	K87, K91
		432,27	E2, E2+MI	911	$5/2^-$	
		272,66	EI	1070	$7/2^+$	
1406,33(6)	$7/2^-(9/2^-)$	1307,20 б	E2	99	$5/2^-$	
		1162,49 б	MI	243	$7/2^-$	KI56, L75, L62
		1141,96	MI	264	$9/2^-$	KI65
		1215,28	E2	191	$5/2^-$	

Продолжение таблицы 3

		657,86	MI, E2	749	$9/2^-$	
		1406,23	EI	0	$7/2^+$	
1420,29(13)	$7/2^-$	1321,53 б		99	$5/2^-$	
		1176,48 а	E0+E2	243	$7/2^-$	
		1156,03		264	$9/2^-$	(KI65)
1426,82(8)	$7/2^-, 9/2^-$	1162,49 б	MI	264	$9/2^-$	KI65, L75, L62
		939,7	E2	487	$11/2^-$	
		1148,0 а	MI+E2	278	$7/2^-$	
		1037,49 а	E2	389	$9/2^-$	
		857,15 а	MI, E2	569	$5/2^-$	
		466,1 а	E2	960	$7/2^-$	
1444,74(6)	$9/2^-(7/2^-)$	1201,0 а		243	$7/2^-$	
		1180,45	MI	264	$9/2^-$	KI65, KI56, L75
		796,93	E2	648	$7/2^-$	
1656,27(II)	$7/2^-, 9/2^-, 5/2^-$	1556,68		99	$5/2^-$	
		1412,39	MI	243	$7/2^-$	KI56, L62
		1392,27 б	E2	264	$9/2^-$	KI65
		1266,68 а	E2	389	$9/2^-$	KI10
		934,5	E2	722	$5/2^-$	
1694,43(7)	$5/2^+$	1607,51	EI	86	$3/2^-$	L62
		1595,2 а	EI	99	$5/2^-$	
		1694,38	MI	0	$7/2^+$	
1887,97(7)	$7/2^+, 9/2^+$	1817,12	MI	70	$9/2^+$	
		1726,30		161	$11/2^+$	K90
		1055,8	(E2, MI)	832	$7/2^+$	
		1127,1 а		761	$5/2^+$	
		817,6 а	E2+(MI)	1070	$7/2^+$	
1972,30(10)	$9/2^-(11/2^-)$	1707,94	MI, E2	264	$9/2^-$	L75, L62
		1043,20	MI	929	$11/2^-$	K90

Продолжение таблицы 3

	I902.I a	не M2	70	9/2 ⁺	
	I810.64		161	11/2 ⁺	
	I223.07 б		749	9/2 ⁻	
2030.00(7)	7/2 ⁻	2030.00	ЕI	0	7/2 ⁺
	I959.24		ЕI	70	9/2 ⁺ L, M70
	I838.30			191	5/2 ⁻
	I751.2			278	7/2 ⁻
	I223.07 б			807	7/2 ⁻
	II09.99	MI		919	9/2 ⁻
	862.4 а			II67	7/2 ⁻ (9/2 ⁻)

Примечание: "а" - Е_γ соответствует данным работы [2]
 "б" - γ переход размещен в схеме ¹⁶⁹Yb в двух местах

уровень 929 кэВ заселяется γ-переходами 1043 кэВ /1972 - 929 кэВ/ и 1025 кэВ (Е2) /7/2⁻ - 1954 - 929 кэВ/, также проявляющимися в совпадениях с К90. При таком расположении γ 659 кэВ и γ1025 кэВ спин уровня 929 кэВ должен быть однозначно 11/2⁻. Оценка вероятности β-перехода на него дала величину log ft = 8,9, что соответствует значениям log ft = 8,5 ± 0,5 для уникальных β-переходов. В расчетах одночастичных нейтронных состояний на основе потенциала Саксона-Вудса с учетом квадрупольных и гексадекапольных деформаций ^{18/} в области А = 165 - 173 состояние 11/2⁻/505/ следует непосредственно за состояниями 3/2⁻/521/ и 3/2⁺/651/. В ¹⁶⁹Yb эти уровни соответственно имеют энергию 659 и 720 кэВ. Весьма вероятно, что уровень 929 кэВ является состоянием 11/2⁻/505/.

С нового уровня 1343 кэВ /табл. 3/ направлен γ-переход 1272 кэВ. Данный переход сложен. Второе его расположение: 7/2⁻, 9/2⁻ 1463 - 5/2⁻ 191 кэВ также подтверждается совпадениями γγ^{1/} и еγ /табл. 2/. Мультипольность этого сложного перехода Е2^{5/}. Оценки показали, что в случае первого распо-

ложения возможна мультипольность Е1 γ 1272 кэВ, а при втором - М1(Е2). Отсюда следует вывод, что спин уровня 1463 кэВ более вероятен 7/2⁻, а не 9/2⁻.

4. Данные по еγ-совпадениям не подтверждают ряд уровней, введенных ранее по энергетическому балансу. Так, например, наблюдаются противоречия для уровня 1065 кэВ 9/2⁺/1-4/, которому была приписана структура 9/2⁺/624/. Действительно, прямой переход с него γ 1065 кэВ четко проявляется в совпадениях с К87, К91, и, таким образом, должен быть направлен на уровень 278 кэВ. Это расположение осуществляется в новом каскаде 1343 - 278 кэВ /табл. 3/. Гамма-переход 903 кэВ /1065 - 161 кэВ/ не дает совпадений с К90, но заметен в совпадениях с К165. Это означает, что он, как весьма слабый, должен идти прямо на уровень 264 кэВ. Он размещен нами между уровнями 1167 - 264 кэВ /табл. 3/. Третий γ-переход 993 кэВ, разряжающий уровень 1065 кэВ на полосу основного состояния, расположен еще с 1954 - 960 кэВ с хорошим энергетическим балансом, причем уровень 1954 кэВ подтверждается γγ и еγ-совпадениями. Таким образом, все перечисленное выше делает уровень 1065 кэВ слабоаргументированным. С другой стороны, состояние 9/2⁺/624/ должно возбуждаться при распаде ¹⁸⁹Lu. Возможно, им является уровень 1176 кэВ, проявляющийся в еγ-совпадениях /табл. 3/. Значение log ft = 8,8 для β-перехода на него не противоречит значениям вероятностей для N-запрещенных β-переходов.

В работе ^{1/} мы ввели уровни 1199, 1466, 1732, 2138 кэВ, которые имеют не менее четырех связей с опорными уровнями, и энергии которых близки к энергиям состояний, возбуждающихся в тех или иных ядерных реакциях. Данные по еγ-совпадениям не подтверждают этих уровней. Действительно, наблюдаются противоречия для размещения γ 1099 кэВ 1999 - 99 кэВ, т.к. имеются совпадения γ 1099 - К156, и для γ 934 кэВ /1199 - 264 кэВ/, которые не проявляются в совпадениях с К165. Гамма-переход 1223 кэВ заметной интенсивности не обнаружен в совпадениях с К156 /1466 - 243 кэВ/; γ 659 кэВ /1466 - 806 кэВ/ дает совпадения с К90 и не может быть здесь расположен; γ 1367 кэВ /1466 - 99 кэВ/ не проявляется в совпаде-

ниях с L75. С уровня 1732 кэВ был направлен γ -переход 1343 кэВ /1732 - 389 кэВ/, но он не дает совпадений с K110; γ 1142 кэВ /1732 - 590 кэВ/ проявляется в совпадениях с K165 и не может быть здесь расположен; γ 667 кэВ также дает совпадения с K165 и не может идти с 1732 - 1065 кэВ. Все перечисленные выше γ -переходы, кроме γ 1367 кэВ, расположены нами в других местах схемы согласно данным $e\gamma$ -совпадений /табл. 3/. Что касается уровня 2138 кэВ, то гамма-переход 939 кэВ, расположенный между 2138 - 1199 кэВ, следует исключить. В результате с него остаются направленными 4 очень слабых перехода, и надежность уровня 2138 кэВ невелика.

Маловероятным оказался и уровень 2100 кэВ^{1,2/}. Интенсивный γ -переход 2030 кэВ, направленный с 2100 - 70 кэВ, не проявился в совпадениях с L, M70 /и в других совпадениях тоже/. Он направлен нами на основное состояние с нового уровня 2030 кэВ /табл. 3/. Данные по $e\gamma$ -совпадениям противоречат также размещению с него переходов 484, 1106 и 1141 кэВ. Таким образом, с него остаются направленными 4 слабых перехода, и надежность уровня 2100 кэВ весьма мала. Мы его исключаем, как и уровни 1065, 1199, 1466, 1732, 2138 кэВ.

5. Таким образом, при анализе табл. 1 нам удалось объяснить практически все наблюдаемые $e\gamma$ -совпадения. Исключение составляют совпадения γ 1133 - K156,62. По их интенсивности, γ -переход 1133 кэВ может идти прямо на уровень 243 кэВ, но получающееся при этом состояние 1377 кэВ не подкрепляется никакими другими γ -переходами. Попытки объяснить эти совпадения через какой-нибудь интенсивный каскад также не дали успеха.

ВЫВОДЫ

В схеме распада ¹⁶⁹Lu, предлагаемой нами /табл. 4/, не остается возбужденных состояний ¹⁶⁹Yb, не подтверждаемых $\gamma\gamma$ и $e\gamma$ -совпадениями /исключение составляют лишь головной уровень полосы 3/2⁺/651/ 720 кэВ, хорошо известный из реакций (n, γ)^{2/}/. Конечно, остался еще ряд неразмещенных слабых переходов /в рамках нашей схемы распада с суммарной интенсивностью не более 3,3% на распад ¹⁶⁹Lu /, которые

Таблица 4

Схема уровней ¹⁶⁹Yb, возбуждающихся при распаде ¹⁶⁹Lu.

K ⁺ [$\pi_n \Lambda$]	I ^π	E(ΔE)ур. кэВ	ε %	log ft	подтв. совп.
7/2 ⁺ [633]	7/2 ⁺	0			
	9/2 ⁺	70.880(6)	~0		YY, eγ
	II/2 ⁺	161.647(7)	~0		YY, eγ
I/2 ⁻ [52I]	I3/2 ⁺	269.651(27)	~0		(eγ)
	I/2 ⁻	24.20(2)	~0		(eγ)
	3/2 ⁻	86.930(24)	~0		eγ
	5/2 ⁻	99.236(21)	~0		eγ
	7/2 ⁻	243.821(17)	~0		YY, eγ
	9/2 ⁻	264.256(23)	~0		YY, eγ
	II/2 ⁻	487.028(22)	~0		YY, eγ
5/2 ⁻ [5I2]	I3/2 ⁻	512.022(30)	~0		eγ
	5/2 ⁻	191.216(6)	2.2	8.5	YY, eγ
	7/2 ⁻	278.594(9)	1.3	8.7	YY, eγ
	9/2 ⁻	389.526(II)	<1.0	>8.7	YY, eγ
5/2 ⁻ [523]	II/2 ⁻	523.070(16)	0.17	9.4	YY, eγ
	5/2 ⁻	569.836(16)	1.1	8.6	YY, eγ
	7/2 ⁻	647.848(16)	1.8	8.4	YY, eγ
5/2 ⁺ [642]	9/2 ⁻	748.98(4)	0.59	8.8	YY, eγ
	5/2 ⁺	590.70(9)	0.48	9.0	YY
	7/2 ⁺	647.31(4)	0.47	8.9	eγ
3/2 ⁻ [52I] + I/2 ⁻ [52I] α_{22}	9/2 ⁺	707.08(6)	0.56	8.8	eγ
	3/2 ⁻	659.53(13)	<0.3	>9.1	eγ
	5/2 ⁻	722.20(6)	0.10	9.6	eγ
I/2 ⁻ [52I] α_{22}	7/2 ⁻	806.97(13)	0.44	8.9	YY, eγ
	9/2 ⁻	919.82(10)	~0.1	9.5	YY, eγ

25 ур келі

Продолжение таблицы 4

	3/2 ⁺	720.00(8)	<0.18	>9.3	
✓	3/2 ⁺ [65I] +	5/2 ⁺	761.75(3)	0.25	9.2
✓	7/2⁺[633] Q ₂₂	7/2 ⁺	832.038(28)	0.18	9.2
		9/2 ⁺	886.79(5)	0.32	9.0
✓	I/2 ⁻ [510] + 5/2⁻	5/2 ⁻	911.44(8)	0.11	9.4
✓	II/2 ⁻ [505]	II/2 ⁻	929.07(II)	0.33	8.9
✓	7/2 ⁻ [514]	7/2 ⁻	960.628(18)	24	7.0
		9/2 ⁻	1078.333(29)	3.0	7.8
✓	7/2 ⁺ [633] Q ₂₀	7/2 ⁺	1070.82(4)	0.75	8.4
		7/2 ⁻ (9/2 ⁻)	1167.77(9)	0.35	8.7
✓	(9/2 ⁺ [624])	9/2 ⁺	1176.99(9)	0.27	8.8
		7/2 ⁻	1283.30(5)	2.1	7.9
		7/2 ⁻	1343.67(6)	1.1	8.2
		7/2⁻ (9/2 ⁻)	1406.33(6)	0.50	8.4
✓	I/2 ⁻ [52I] Q ₂₀	7/2 ⁻	1420.29(13)	0.14	9.0
		7/2 ⁻ , 9/2 ⁻	1426.82(8)	0.42	8.4
		9/2 ⁻ (7/2 ⁻)	1444.74(6)	0.32	8.6
✓	(7/2 ⁻ [503])	7/2 ⁻	1449.78(3)	14	6.9
		9/2 ⁻	1554.89(5)	1.5	7.7
✓		7/2⁻(9/2⁻)	1463.40(4)	4.8	7.3
✓		9/2 ⁻	1540.69(4)	0.72	8.1
		7/2 ⁻	1565.62(8)	0.35	8.4
		7/2⁻, 9/2⁻, 5/2⁻	1656.27(II)	0.38	8.2
		5/2 ⁺	1658.07(4)	4.3	7.1
		7/2 ⁺	1715.99(4)	1.6	7.5
		7/2⁻, 9/2⁻	1689.29(6)	1.6	7.5
		5/2 ⁺	1694.43(5)	0.11	8.7
		7/2 ⁺ , 9/2 ⁺	1707.79(10)	0.38	8.1
		7/2 ⁻ (9/2 ⁻ , 5/2 ⁻)	1708.47(9)	0.67	7.9

29 уровней

Продолжение таблицы 4

7/2 ⁻	1781.72(6)	3.4	7.1	γγ, eγ
7/2 ⁺ , 9/2 ⁺	1887.97(7)	0.39	7.8	eγ
5/2 ⁺ 7/2⁺	1908.63(8)	2.0	7.1	γγ, eγ
7/2 ⁻	1954.63(22)	0.62	7.5	γγ, eγ
II 9/2 ⁻	1972.30(10)	0.43	7.6	eγ
7/2 ⁻ 9/2⁻	1973.98(20)	0.83	7.4	eγ
7/2 ⁻	2030.00(7)	1.1	7.1	eγ

всего 60 уровней

должны разряжать слабовозбужденные уровни ¹⁶⁹Yb, однако при большом количестве нижних уровней ¹⁶⁹Yb надежность введения их невелика.

Для уточненной и дополненной нами схемы распада ¹⁶⁹Lu был пересчитан по сравнению с ^{1/1} баланс интенсивностей. В табл. 4 приведены вероятности заселения уровней ¹⁶⁹Yb в процентах на распад ¹⁶⁹Lu и соответствующие значения вероятностей β-переходов на них.

В целом, в схеме распада ¹⁶⁹Lu/табл. 4/ содержится 60 уровней, из них 31 состояние новое, 15 из которых обнаружены нами по γγ-совпадениям ^{1/1} и 16 - по eγ-совпадениям в настоящей работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бонч-Осмоловская Н.А. и др. Изв. АН СССР, сер. физ., 1978, 42, №11, с.2271.
2. Балалаев В.А., Джелепов Б.С., Тер-Нерсисянц В.Е. Изобарные ядра с массовым числом A = 169. "Наука", Л., 1978.
3. Бонч-Осмоловская Н.А. и др. Изв. АН СССР, сер. физ., 1973, 37, №5, с.972.
4. Джелепов Б.С. и др. Изв. АН СССР, сер. физ., 1972, 36, №1, с.56.
5. Бацев С. и др. Изв. АН СССР, сер. физ., 1978, 42, №11, с.2262.

6. Кузнецов В.В. и др. Тезисы докладов XXVIII совещания по ядерной спектроскопии и структуре ядра. Алма-Ата, 1978, с.508.
7. Гаджоков В. ПТЭ, 1970, 5, с.82.
8. Гареев Ф.А. и др. ЭЧАЯ, 1973, 4, вып. 2, с.357.

Рукопись поступила в издательский отдел
27 апреля 1979 года.