

A-465

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

6 - 11067

АЛЕКСАНДРОВ
Валерий Сергеевич

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ НЕЧЕТНЫХ НУКЛИДОВ
(^{149}Eu , ^{149}Sm , ^{153}Gd)
ПЕРЕХОДНОЙ ОБЛАСТИ ДЕФОРМАЦИИ
(МЕТОДИКА ПРЕЦИЗИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ЭНЕРГИЙ
И ИНТЕНСИВНОСТЕЙ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ
РАДИОАКТИВНЫХ НУКЛИДОВ)

Специальность 01.04.16 - физика атомного ядра
и космических лучей

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Дубна 1977

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем Объединенного института ядерных исследований.

Научные руководители:
кандидат физико-математических наук
кандидат физико-математических наук

В.В. Кузнецов,
С.А. Шестопалова.

Официальные оппоненты:
доктор физико-математических наук
кандидат физико-математических наук

Д.П. Попов,
М.А. Михайлова.

Ведущее научно-исследовательское учреждение: Институт ядерных исследований АН УССР, Киев.

Автореферат разослан " " 1977 года.
Защита диссертации состоится " " 1977 года
в часов на заседании Специализированного совета Д-047.01.03
при Лаборатории ядерных проблем Объединенного института ядерных исследований, г. Дубна, Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Ученый секретарь Специализированного совета
кандидат физико-математических наук

Д.А. Батусов

Для описания свойств ядер переходной области, находящихся между сферическими и деформированными ядрами, до сих пор нет удовлетворительной теоретической модели. Поэтому получение возможно полного и точного экспериментального материала о конкретных ядрах этой области представляет несомненный интерес. Целью настоящей работы было исследование распадных свойств радиоактивных "цепочек" нуклидов переходной области $^{149}\text{Gd} - ^{149}\text{Eu} - ^{149}\text{Sm}$ и $^{153}\text{Tb} - ^{153}\text{Gd}$. При этом, если нуклиды ^{149}Eu и ^{149}Sm в основном состоянии имеют сферическую форму, то нуклид ^{153}Gd в основном состоянии имеет уже заметную деформацию. Поэтому было интересно проверить применимость расчетов по теории сверхтекучей модели, проведенных для деформированных ядер с $A \geq 155$ для нуклида ^{153}Gd .

Начиная с 60-х годов, наибольший объем экспериментальной информации о конкретных ядрах получают благодаря применению спектрометров с полупроводниковыми - $\text{Ge}(\text{Li})$, $\text{Si}(\text{Li})$ - детекторами (ППД). В настоящее время техника полупроводниковой спектрометрии характеризуется "насыщением" в улучшении характеристик ППД и широким применением электронно-вычислительных машин для обработки поступающей информации. Энергетическое разрешение детекторов приблизилось к теоретическим пределам, увеличение же эффективности регистрации излучения детекторов ограничивается тем фактом, что при превышении некоторого оптимального чувствительного их объема ухудшается энергетическое разрешение. Применение ЭВМ ускорило процесс обработки данных, облегчило труд экспериментаторов, повысило точность получаемых результатов обработки. Вследствие данного положения дел в полупроводниковой спектрометрии необходимо акцентировать внимание на развитии и совершенствовании методики измерения спектров и обработки результатов измерений, что и должно обеспечить получение экспериментального материала о конкретных ядрах, обладающего большей точностью, достоверностью и пол-

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

ной. Поэтому первоочередной задачей настоящей работы было отработать методику точных измерений энергий и интенсивностей гамма-излучения радиоактивных нуклидов с помощью спектрометров с полупроводниковыми детекторами и по точности измерений достичь работ мирового уровня, выполненных в этой области (см., напр., ^{13/1}).

В первой главе диссертации рассмотрены вопросы методики точных измерений энергий и интенсивностей гамма-излучения.

Нами была исследована возможность проведения таких измерений на имеющейся в Отделе ядерной спектроскопии и радиохимии Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ аппаратуре. Затем были внесены необходимые изменения в спектрометрические блоки с целью создания комплекса, обеспечивающего современные прецизионные измерения и их оптимальную организацию. Для улучшения стабильности работы всего спектрометрического тракта в целом были созданы новые блоки питания и модернизирован генератор эталонных импульсов, входящий в систему стабилизации спектрометра. С целью улучшения линейности спектрометра на порядок уменьшено отклонение от линейной зависимости энергетической шкалы (нелинейность) одного из спектрометров - для этого был модернизирован линейный усилитель. Улучшение формы аппаратурного пика было достигнуто подбором детекторов с оптимальным рабочим напряжением и компенсацией "поляса нулем". Для улучшения загрузочных характеристик спектрометра применялось биполярное формирование. В главе кратко рассмотрены особенности модернизированных элементов спектрометра.

Для регистрации информации использовались многоканальные анализаторы АИ-4096, АИ-8192 и "TRIDAC-C". Из них система "TRIDAC-C" в большей степени удобна для прецизионных исследований спектров: быстрое амплитудно-цифровые преобразователи (АЦП); высокая линейность АЦП, хорошая стабильность работы во времени, большая емкость памяти. Но именно этот анализатор не имел связи с ЭВМ с хорошим математическим обеспечением, необходимым для обработки спектров по сложным программам. Связь "TRIDAC-C" с ЭВМ "Минск-2" нами была осуществлена с использованием магнитного фона РГ-23. Информация с анализатора записывается на магнитную ленту и при обратном считывании ее в память анализатора возможна параллельная передача в ЭВМ "Минск-2". Благодаря этой связи стали возможны не только дальнейшее выполнение данной работы, но и последующие исследования спектров излучения десятков радио-

активных нуклидов с использованием отработанной методики прецизионных измерений энергий и интенсивностей, выполненные в ОИЯИ и РХ.

В главе описаны особенности готовых программ обработки спектров для ЭВМ "Multi-8" и "Минск-2", их возможности, случаи применения. Проведено сравнение результатов обработки спектров по этим программам. Исследована реальность погрешности определения положений пиков, получаемых при обработке спектров по программе "Каток".

К методическим вопросам спектрометрии гамма-излучения, кроме обработки получаемых спектров, относятся: вопросы выбора оптимальных условий измерений - условий, вносящих минимальные искажения в получаемую информацию; система используемых реперов и способы градуировок. Для правильного выбора условий измерений необходимо в первую очередь знать все эффекты, искажающие аппаратурную форму спектра. Подробно исследованы эффекты, учет которых оказывается существенным при прецизионных измерениях. А именно, случайное и истинное суммирование импульсов в кристалле, влияние геометрических условий измерений на величину относительного сдвига пиков в спектре излучения. Даны примеры расчетов числа случайных и истинных совпадений и указаны способы выявления пиков суммы случайных и истинных совпадений в гамма-спектрах.

Эффект геометрических условий измерений существен при энергетических градуировках, когда реперные и градуируемые источники излучения приходится помещать в различные точки от поверхности детектора. Проведено исследование этого эффекта для наших рабочих условий измерения - на коаксиальном детекторе с двумя открытыми концами, с чувствительным объемом 37 см^3 и для используемых обычно расстояний детектор-источник. Для излучения с энергией 1173 кэВ (^{60}Co) получено значение энергетического сдвига $(4 \pm 8) \text{ эВ}$ при изменении расстояния по фронту от поверхности детектора от 6 до 30 см. По результату сделан вывод о том, что в наших условиях, если эффект геометрических условий измерения и есть, то его величиной в этой энергетической области можно пренебречь. Даны рекомендации проведения такого типа исследований для каждого детектора, используемого при прецизионных измерениях энергий излучения.

Приведена система реперов для энергетических градуировок и градуировок по интенсивностям гамма-излучения.

Определены нелинейности для всех используемых спектрометрических систем; экспериментально исследовано изменение величины

нелинейности в зависимости от постоянной времени формирующих цепей и коэффициента усиления линейного усилителя.

Энергии гамма-излучения мы измеряли по методике с предварительным тщательным исследованием нелинейности спектрометра с использованием реперных источников. В рабочих измерениях, учитывая сложный характер изучаемых спектров, для подсветки мы выбрали только 6 "реперных линий". По их скорректированным на отклонения от линейности положениям пиков по методу наименьших квадратов находились коэффициенты линейной зависимости энергии излучения от номера канала. Искомые энергии излучения находились по этим коэффициентам и по положениям пиков, скорректированных на отклонение от линейности. Приведены формулы расчета погрешности энергии для одиночного измерения и для обработки результатов многократных измерений.

При определении эффективности регистрации излучения использовались источники с известной абсолютной активностью (аттестация с погрешностью 1-3% проводилась во ВНИИМ им. Д.И.Менделеева) и источники с хорошо известными относительными интенсивностями. Приведены формулы обработки для одиночных и многократных измерений.

Приведены измеренные нами энергии и интенсивности сильных переходов при распаде ^{152}Eu , ^{169}Yb и ^{226}Ra , которые удобно использовать в качестве стандартов (табл. I).

В результате проделанной работы определение энергий одиночных и интенсивных линий производится с погрешностью 25-30 эВ на 1 МэВ, а их интенсивностей - с погрешностью 3-4%. Это находится на уровне лучших мировых достижений в аналогичных измерениях. Подтверждением сказанного могут служить результаты сравнения наших данных (табл. I) с данными недавно появившихся за рубежом работ по прецизионным измерениям энергий и интенсивностей переходов тех же нуклидов^{4,5/}. В 23 случаях только одна разность значений энергий выходит за пределы двух среднеквадратических погрешностей.

Во второй главе диссертации изложены результаты исследования радиоактивного распада ^{149}Gd - ^{149}Eu - ^{149}Sm .

Для регистрации гамма-излучения использовались $\text{Ge}(\text{Li})$ - детекторы с объемами I, 3, II и 37 см^3 ^{16/} и $\text{Si}(\text{Li})$ - детектор размером 30 $\text{мм}^2 \times 4$ мм. Разрешение $\text{Ge}(\text{Li})$ - детекторов по энергии составляло 600 эВ при $E_\gamma = 26$ кэВ для детектора I, 3 см^3 ; 1,9 кэВ при

Табл. I. 4. Энергии и относительные интенсивности ^{56}Co , ^{169}Yb , ^{152}Eu , ^{226}Ra , измеренные в настоящей работе.

Нуклид	E_γ	I_γ	Нуклид	E_γ	I_γ
^{56}Co	846,749(20)	—	^{226}Ra	867,385(23)	15,47(30)
	977,357(30)	—		964,030(25)	53,5(12)
	1037,837(28)	—		1085,84(30)	37,3(8)
	1238,280(30)	—		1089,76(11)	5,97(20)
	1360,19(4)	—		1112,064(27)	50,0(11)
				1407,99(4)	77,8(17)
^{169}Yb	63,1	112,7(34)	186,196(12)	8,87(30)	
	93,6	6,9(3)	241,965(11)	16,0(5)	
	109,8	45,6(14)	295,194(13)	40,6(12)	
	118,2	4,93(19)	351,907(13)	79,2(16)	
	130,5	31,1(10)	609,284(19)	100,0(4)	
	177,180(9)	61,7(12)	768,353(21)	10,24(30)	
	197,920(10)	100,0(3)	934,08(4)	6,85(20)	
	261,049(28)	4,95(10)	1120,248(27)	32,7(9)	
	307,722(15)	29,2(6)	1238,04(4)	12,8(4)	
			1377,69(4)	8,5(4)	
			1385,30(4)	1,43(12)	
^{152}Eu	121,792(9)	106,6(33)	1729,66(5)	6,62(20)	
	244,688(12)	27,9(8)	1764,56(5)	34,4(7)	
	295,39(4)	1,64(7)	2118,43(7)	2,60(10)	
	344,272(12)	100,0(4)	2204,00(6)	10,49(30)	
	367,776(15)	3,26(13)	2447,62(8)	3,33(10)	
	411,131(15)	7,94(17)			
	443,958(26)	11,26(23)			
	778,898(22)	42,0(10)			

$E_T = 1,33$ МэВ для детектора 11 см^3 и $2,1$ кэВ при $E_T = 1,33$ МэВ для детектора 37 см^3 . Разрешение Si(Li) -детектора составляло 440 эВ при $E_T = 14$ кэВ.

Изучение спектров электронов внутренней конверсии (ЭВК) проводилось с помощью спектрометров с Si(Li) -детекторами, имеющими разрешение $1,1-1,6$ кэВ при $E_e = 150$ кэВ^{7/7}, магнитного спектрометра с Si(Li) -детектором с разрешением $2,2$ кэВ при $E_e = 150$ кэВ, магнитного β -спектрометра $\pi\sqrt{2}$ ИЯИ АН УССР с разрешением $0,03-0,06\%$.

Распад $^{149}\text{Gd} \rightarrow ^{149}\text{Eu}$. При исследовании излучения ^{149}Gd измерены спектры гамма-излучения и ЭВК. Впервые коэффициенты конверсии (α_K) измерены в сравнении с абсолютными коэффициентами конверсии переходов, возникающих при распаде ^{139}Ce и ^{137}Cs , что позволило уточнить мультипольности переходов. Нормировка интенсивностей ЭВК осуществлена с помощью α_K $^{149}\text{Gd} = (0,475 \pm 0,013)$. Величина α_K ^{149}Gd получена как средневзвешенное двух результатов, измеренных двумя различными способами. Мы наблюдали 50 переходов, из них 12 переходов - впервые. Для 32 переходов получены новые данные - либо из гамма-спектра, либо из спектра ЭВК. В предлагаемой более полной, чем в предшествующих работах, схеме распада $^{149}\text{Gd} \rightarrow ^{149}\text{Eu}$ размещены все наблюдаемые переходы. Подтверждено существование уровней $1012,66$ кэВ и $1231,04$ кэВ, предположительно введенных в предшествующих работах. Уточнены значения энергий возбужденных состояний ^{149}Eu и значения спинов ряда уровней.

Проведено сравнение возбужденных состояний ^{149}Eu с возбужденными состояниями соседних нуклидов $^{145,147,151}\text{Eu}$. Для ряда состояний ^{149}Eu найдены аналоги в соседних нуклидах. В нуклиде ^{149}Eu вторым возбужденным состоянием является состояние $459,87$ кэВ, $5/2^+$, $7/2^+$. Это состояние практически не заселяется при электронном захвате ($\log ft \leq 9,2$) при распаде ^{149}Gd , и его заселение происходит главным образом за счет разрядки высоколежащих уровней. В отличие от ^{149}Eu в нуклидах $^{145,147,151}\text{Eu}$ вторым возбужденным состоянием является состояние со спином $11/2^-$. Указано, что возможным аналогичным состоянием в ^{147}Eu является состояние $778,2$ кэВ, $5/2^+$, $7/2^+$, лежащее выше уровня со спином $11/2^-$ и имеющее подобный характер заселения и способа разрядки. В нуклиде ^{145}Eu это состояние не наблюдается, ввиду малой энергии распада.

Другие более высоколежащие состояния с положительной четностью, характеризующиеся высокими значениями $\log ft$, заселяются при электронном захвате. Исключение составляет состояние

$938,63$ кэВ, $7/2^+$ - $\log ft = 6,6$, которое, по-видимому, можно сопоставить с состоянием $1122,89$ кэВ, $5/2^+$, $7/2^+$ в схеме уровней ^{147}Eu - $\log ft = 6,7$. Все состояния с отрицательной четностью, кроме состояния $496,41$ кэВ, $11/2^-$, заселяются непосредственно при электронном захвате.

Отмечено, что характер β -распада на возбужденные уровни ^{149}Eu указывает и на возможное появление в их волновых функциях компонент деформированных состояний (например, ослабление разрешенного β -перехода на состояние $1012,66$ кэВ, $5/2^-$, $7/2^-$, $9/2^-$ - значение $\log ft = 8,1$) и на появление компонент состояний с многочастичными конфигурациями (например, состояния $748,65$ кэВ, $7/2^-$ и $794,98$ кэВ, $9/2^-$).

Распад $^{149}\text{Eu} \rightarrow ^{149}\text{Sm}$. При исследовании излучения ^{149}Eu измерены спектры гамма-излучения и ЭВК. Впервые коэффициенты конверсии переходов найдены в сравнении с α_K перехода ^{149}Gd при распаде ^{149}Gd , определенного нами в сравнении с абсолютными α_K , в результате чего уточнены мультипольности переходов. Коэффициент связи шкал интенсивностей гамма-излучения и ЭВК получен как средневзвешенное значение по α_K $254,6 = 0,089 \pm 0,006$; α_K $277,1 = 0,079 \pm 0,005$ и α_K $327,5 = 0,050 \pm 0,003$. В схеме распада ^{149}Eu уточнены значения энергий возбужденных состояний ^{149}Sm . Получены более достоверные значения вероятностей электронного захвата и соответствующие значения $\log ft$. Однозначно определены квантовые характеристики всех возбужденных состояний.

Проведено сравнение возбужденных состояний ^{149}Sm с возбужденными состояниями нуклидов $^{145,147,151}\text{Sm}$. Характерно уменьшение значения $\log ft$ β -переходов на основные состояния с увеличением числа нейтронов, начиная со сферического нуклида ^{145}Sm : $^{145}\text{Sm} - \log ft = 8,7$; $^{147}\text{Sm} - \log ft = 8,4$; $^{149}\text{Sm} - \log ft = 7,8$. Причем характер β -распада на основное и первое возбужденное ($5/2^-$) состояния ^{149}Sm ($\log ft = 7,8$ и $7,9$ соответственно) подобен характеру β -распада на основное ($5/2^-$) состояние деформированного ядра ^{151}Sm ($\log ft = 7,9$). Это позволяет говорить о появлении некоторой равновесной деформации для нуклида ^{149}Sm .

Высказано предположение, что заторможенные β -переходы на возбужденные состояния ^{149}Sm указывают либо на появление заметной деформации, либо на многочастичные конфигурации с состоянием, описываемым орбитой h $9/2$, на которое β -переход запрещен по ℓ .

В третьей главе диссертации изложены результаты исследования радиоактивного распада $^{153}\text{Tb} \rightarrow ^{153}\text{Gd}$.

Спектры гамма-излучения, возникающего при распаде ^{153}Tb , исследовались на спектрометрах с $\text{Ge}(\text{Li})$ -детекторами с объемами $0,5 \text{ см}^3$, $1,0 \text{ см}^3$, $2,4 \text{ см}^3$, $8,2 \text{ см}^3$ и 37 см^3 с разрешением $0,7$ - $0,9$ кэВ при $E_{\gamma} = 122$ кэВ для детекторов малого объема и $2,3$ - $2,5$ кэВ при $E_{\gamma} = 1,33$ МэВ для детекторов среднего и большого объема.

При построении схемы возбужденных уровней использовались результаты измерений γ - γ -совпадений на спектрометре, созданном на базе ЭВМ "Минск-2", и результаты измерения гамма-излучения с помощью $\text{Ge}(\text{Li})$ -детектора с отверстием.

Спектры ЭВК исследовались с помощью бета-спектрографов (разрешение $\sim 0,05$), бета-спектрометра с тороидальным магнитным полем (разрешение $\sim 0,4\%$ при светосиле $\sim 0,5\%$) в области энергий до 250 кэВ и магнитного спектрометра с $\text{Si}(\text{Li})$ -детектором (разрешение $2,2$ кэВ при $E_e \sim 150$ кэВ) в области энергий выше 150 кэВ. Спектр позитронов исследовался на бета-спектрометре с тороидальным магнитным полем.

В результате наших исследований обнаружено ~ 140 новых переходов (для представления о плотности значений энергий переходов можно указать, что всего наблюдалось 320 переходов в диапазоне энергий до 1400 кэВ). Причем в высокоэнергетической области > 600 кэВ идентифицировано в два раза больше переходов, чем в двух последних работах по исследованию распада ^{153}Tb . Информация об ЭВК высокоэнергетической области получена практически впервые, что позволило определить мультипольности для большинства переходов.

Впервые исследован спектр позитронов, возникающих при распаде ^{153}Tb , и определена энергия распада $^{153}\text{Tb} \rightarrow ^{153}\text{Gd}$. Количество позитронов составляет $(0,040 \pm 0,015)\%$ на распад ^{153}Tb . Спектр позитронов содержит два компонента с граничными энергиями (520 ± 30) кэВ и (350 ± 20) кэВ с соотношением интенсивностей соответственно $(0,013 \pm 0,006)\%$ и $(0,027 \pm 0,011)\%$ на распад ^{153}Tb . Значение энергии распада (1570 ± 20) кэВ получено в предположении, что позитроны с $E_{\text{Гр}} = (520 \pm 30)$ кэВ заселяют состояния 0 и $41,56$ кэВ, а с $E_{\text{Гр}} = (350 \pm 20)$ кэВ - состояние $212,04$ кэВ.

Схема возбужденных уровней ^{153}Gd построена на ЭВМ "М-22" с использованием программы поиска энергетических совпадений на базе опорных уровней. В качестве опорных уровней нами были при-

няты II уровнем, уверенно установленные в предшествующих работах на основании γ - γ и e - γ -совпадений и подтвержденные результатами наших исследований γ - γ -совпадений. В предлагаемой нами схеме распада (рис. 1А, 1Б) размещены 78% от числа всех наблюдаемых переходов, суммарная интенсивность которых составляет $\sim 96\%$. По сравнению со схемой уровней, опубликованной в работе^{/8/}, нами предложены 10 новых уровней с энергиями $420,63$; $541,35$; $593,85$; $615,65$; $636,00$; $731,6$; $925,5$; $1240,65$; $1313,7$ и $1392,0$ кэВ. На основании данных о мультипольностях переходов, результатов измерения γ - γ -угловых корреляций, полученных сотрудниками ОЯС и РК^{/9/}, предложены спины и четности для большинства возбужденных состояний ^{153}Gd .

В обсуждении экспериментальных результатов представлена ротационная структура состояний с отрицательной и положительной четностью. Природа возбужденных состояний ^{153}Gd рассматривается при сравнении с состояниями нуклидов $^{155}\text{Gd}_{91}$, $^{151}\text{Sm}_{89}$ и $^{155}\text{Dy}_{89}$. Заторможенный, однократно запрещенный β -распад на уровне ротационной полосы основного состояния возможно, указывает на близкую к сферической, по крайней мере в основном состоянии, форму нуклида ^{153}Tb . На это же указывает характер разрешенного β -распада на состояние ^{153}Gd $212,04$ кэВ, $3/2^+$, $3/2$ [402], имеющего по сравнению с β -распадом на аналогичное состояние ^{155}Dy более высокое значение $\log ft = 6,8$.

Проведено сравнение экспериментально полученных энергий возбужденных состояний с отрицательной четностью с теоретическими расчетами, проведенными по теории сверхтекучей модели ядра с использованием аксиально-симметричного потенциала Саксона-Вудса в качестве потенциала среднего поля^{/1,2/}. В расчетах учитывалось кориолисово взаимодействие, гексадекаполюсная деформация, применялось феноменологическое описание ротационных полос. Приведены также результаты теоретического расчета для этого же нуклида, выполненные Туурнала^{/10/}. Результаты обоих теоретических расчетов хорошо согласуются. Из сравнения результатов эксперимента и теоретических расчетов сделан вывод о хорошей воспроизводимости расчетами энергий нижних возбужденных состояний (до 600 кэВ; максимальное отклонение от экспериментального значения составляет 60 кэВ). Наблюдается хорошее согласие расчетов с экспериментом при идентификации возбужденных состояний ротационных полос $3/2^-$ [532] и $1/2^-$ [530].

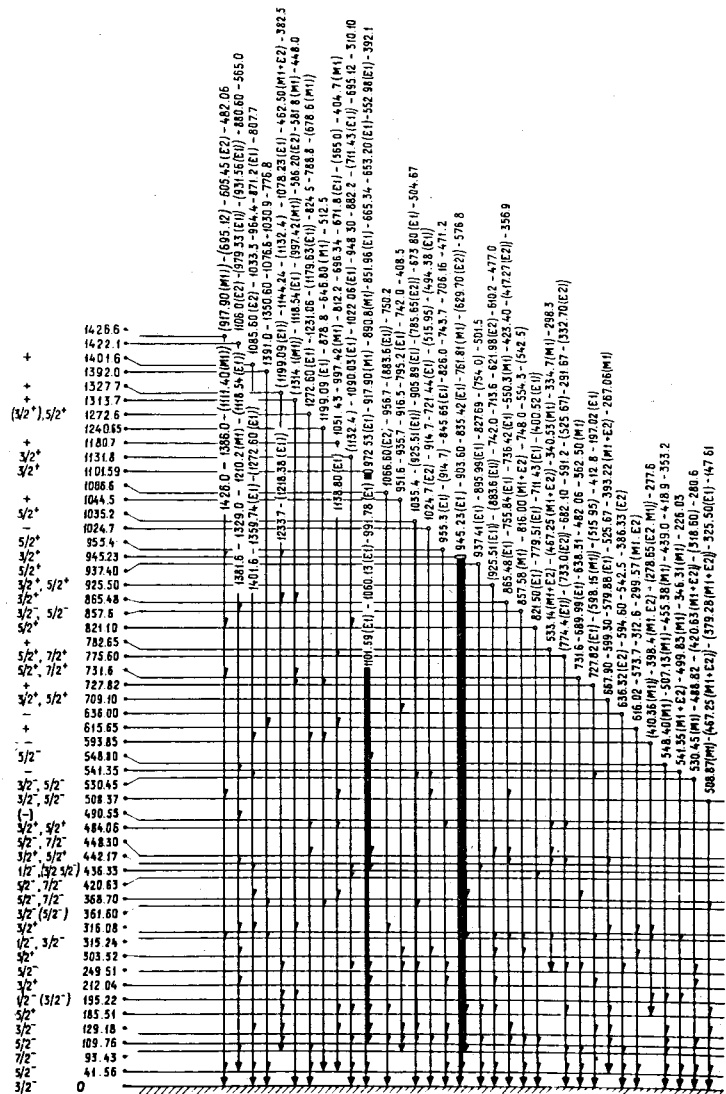


Рис. IА. Схема распада $^{153}\text{Tb} \rightarrow ^{153}\text{Gd}$.

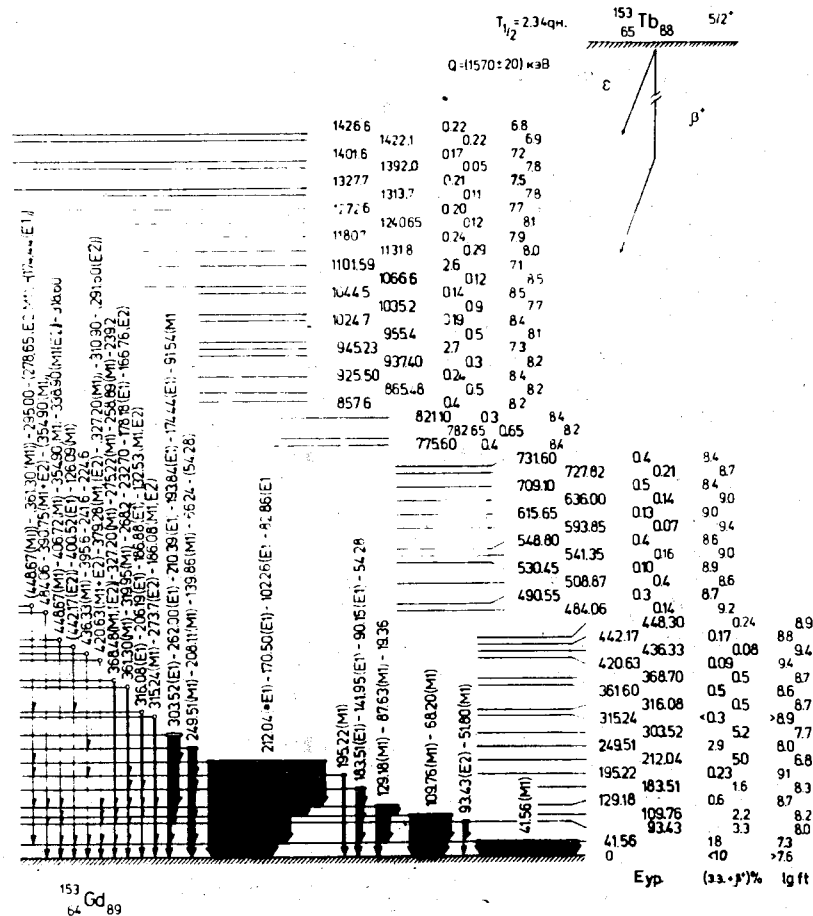


Рис. IБ. Схема распада $^{153}\text{Tb} \rightarrow ^{153}\text{Gd}$.

В заключении диссертации дана краткая сводка основных результатов работы, которые подробно отражены в соответствующих разделах автореферата.

Основные результаты исследований были представлены на XXIV, XXV и XXVI всесоюзных совещаниях по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра и опубликованы в следующих работах:

1. В.С.Александров, Ц.Вылов, Т.М.Муминов, Б.П.Осипенко, С.И.Орманджиев. ОИЯИ, I3-7306, Дубна, 1973.
2. В.С.Александров, Ц.Вылов, Т.М.Муминов, Б.П.Осипенко. ОИЯИ, P6-7308, Дубна, 1973.
3. В.С.Александров, Ц.Вылов, З.Зайдлер, М.И.Фоминих, Т.М.Муминов. ОИЯИ, II-7319, Дубна, 1973.
4. В.С.Александров, Ц.Вылов, В.И.Гудов. Программа и тезисы докладов XXIV совещ. по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. "Наука", Л., 1974, с.484.
5. В.С.Александров, Ц.Вылов, До Ким Тынг. Программа и тезисы докладов XXIV совещ. по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. "Наука", Л., 1974, с.104.
6. В.С.Александров, Ц.Вылов, К.Я.Громов, В.В.Кузнецов, А.Ш.Хамидов. Программа и тезисы докладов XXV совещ. по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. "Наука", Л., 1975, с.113.
7. В.С.Александров, Ц.Вылов, Е.И.Громова, К.Я.Громов, Г.Исхаков, В.В.Кузнецов, Н.А.Лебедев, М.Потемпа, М.И.Фоминих, А.Ш.Хамидов, И.Холбаев. ОИЯИ, P6-8316, Дубна, 1974. Изв. АН СССР, сер.физ., 1975, XXXIX, №3, с.506.
8. В.С.Александров, Ц.Вылов, Е.И.Громова, А.А.Ключников, А.Ф.Новгородов, А.И.Феоктистов. ОИЯИ, P6-8384, Дубна, 1974; Изв. АН СССР, сер.физ., 1975, XXXIX, №3, с.468.
9. Ц.Вылов, Л.А.Вылова, И.Н.Егошин, А.Ф.Новгородов, С.Орманджиев, Б.П.Осипенко, Я.Дрковски, М.И.Фоминих, В.С.Александров, В.М.Горожанкин, А.И.Иванов, Ш.Оманов. ОИЯИ, P6-9072, Дубна, 1975.
10. В.С.Александров, Н.Б.Бадалов, Ц.Вылов, Н.А.Лебедев, Ш.Оманов, У.С.Садижбаев. Программа и тезисы докладов XXVI совещ. по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. "Наука", Л., 1977, с.72.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ф.А.Гареев, С.П.Иванова, В.Г.Соловьев, С.И.Федотов. ЭЧАЯ, 1973, 4, 2, с.357.
2. М.И.Базнат, Н.И.Пятов, М.И.Черней. ЭЧАЯ, 1973, 4, 4, с.941.
3. R.L.Heath. "Radioactivity in Nuclear Spectroscopy". Ed. I.N.Hamilton and I.C.Mahthuruthil, v.1, p.23, Gordon and Breach Science Publishers, New York, London, Paris, 1972.
4. V.Zobel, I.Eberth, U.Eberth, E.Eube. Nucl.Instr. and Meth., 1977, 141, 2, p.329.
5. G.L.Borchert. Annual Report, KFA-IKP 10/76, 1975, p.43.
6. Ц.Вылов, И.Н.Егошин, М.Г.Маринов, Т.М.Муминов, Б.П.Осипенко, В.Г.Сандуковский, Д.Срнка, Я.Дрковски. ОИЯИ, P13-6759, Дубна, 1972.
7. Е.Береги, Ц.Вылов, И.Крацикова, Ли Чен Сон, Б.П.Осипенко, Л.А.Пермякова, В.Г.Тишин. ОИЯИ, P13-6830, Дубна, 1972.
8. T.Tuurnala, A.A.Siivola, P.Fartii, J.Liljovirta. Z.Physik, 1974, 266, p.103.
9. Б.А.Аликов, М.Будзынски, Т.Бэдикэ, Я.Ваврышук, В.Жук, Р.Ион-Михай, В.В.Кузнецов, Г.И.Лизурей, В.А.Морозов, Т.М.Муминов, М.И.Фоминих, И.Холбаев. Acta Phys.Pol., 1976, B7, p.59.
10. T.Tuurnala. Z.Physik., 1974, 268, p.371-378.

Рукопись поступила в издательский отдел
9 ноября 1977 года.