

C - 162

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

6 - 12372

САЛИХБАЕВ
Умар Сагитович

ВЕРОЯТНОСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ
ПЕРЕХОДОВ В НЕЧЕТНО-НЕЙТРОННЫХ ИЗОТОПАХ
ДИСПРОЗИЯ С $A = 155, 157, 159, 161$
И ЭРБИЯ С $A = 157, 159, 161$

Специальность 01.04.16 - физика атомного ядра
и элементарных частиц

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Дубна 1979

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем Объединенного института ядерных исследований.

Научный руководитель

кандидат физико-математических наук
старший научный сотрудник

Т. М. Муминов.

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук
кандидат физико-математических наук

Н. И. Пятов,
А. А. Сорокин.

Ведущее предприятие - Институт физики АН Латв. ССР.

Защита состоится "____" _____ 1979 года

в "____" часов на заседании специализированного Ученого совета Д-047.01.03 при Лаборатории ядерных проблем Объединенного института ядерных исследований, г. Дубна, Московской области, Лаборатория ядерных проблем ОИЯИ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Автореферат разослан "____" _____ 1979 года.

Ученый секретарь специализированного
совета

кандидат физико-математических наук

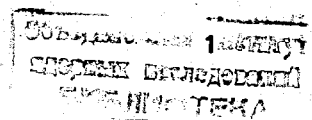
Ю. А. Батусов

Актуальность проблемы. Настоящая работа, являющаяся частью исследований свойств возбужденных состояний нейтронodefицитных изотопов редкоземельных элементов, проводимых в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ, посвящена исследованию вероятностей электромагнитных переходов в некоторых нечетно-нейтронных изотопах диспрозия и эрбия. Эти изотопы расположены в начале области деформированных ядер редкоземельных элементов, и изучение структуры их возбужденных состояний позволяет получить сведения, необходимые для понимания изменения свойств ядер при переходе от нуклидов со слабой деформацией к сильнодеформированным нуклидам. Наиболее ценную информацию о свойствах ядер можно получить при исследованиях вероятностей электромагнитных переходов. Экспериментальные вероятности гамма-переходов определяются главным образом из измерений времен жизни ядерных уровней, и поэтому совершенствованию установок для измерений времен жизни возбужденных состояний ядер придается большое внимание.

Цель работы. Диссертация посвящена исследованию вероятностей электромагнитных переходов в нечетно-нейтронных изотопах диспрозия с $A = 155 + 161$ и эрбия с $A = 157 + 161$. Основные экспериментальные результаты получены во временных измерениях методами задержанных $e\gamma$ - и $\beta\beta$ -совпадений. В тех случаях, когда сведения о схемах распада исследуемых изотопов, спинах и четностях уровней, интенсивностях и мультипольном составе гамма-переходов были недостаточны для определения вероятностей электромагнитных переходов, предпринимались исследования спектров гамма-лучей, электронов внутренней конверсии, $e\gamma$ - и $\beta\beta$ -совпадений.

Научная новизна и практическая ценность работы. Создан комплекс установок для измерения времен жизни возбужденных состояний ядер. Установки могут успешно использоваться для определения периодов полураспада ядерных уровней в диапазоне от 10^{-10} до 10^{-6} с при радиоактивном распаде короткоживущих ядер. Сконструирован управляемый стабилизатор тока для питания магнитно-линзового бета-спектрометра.

В исследованных изотопах диспрозия и эрбия впервые измерены времена жизни 8 возбужденных состояний, а для 10 получены верхние границы их периодов полураспада. Существенно дополнены



схемы распада $^{155}\text{Ho} \rightarrow ^{155}\text{Dy}$ и $^{157}\text{Ho} \rightarrow ^{157}\text{Dy}$. Результаты проведенных исследований существенно дополняют систематику вероятностей электромагнитных переходов в нечетно-нейтронных ядрах и представляют интерес для развития теории "переходных" ядер, а также могут использоваться в дальнейших экспериментальных исследованиях.

Апробация работы и публикации по теме диссертации. Основные результаты представлялись и докладывались на XIV и XV совещаниях по ядерной спектроскопии и теории ядра в г.Дубне (1975, 1978 гг.), на XXII и XXIII совещаниях по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра в Ташкенте (1977 г.) и Алма-Ате (1978 г.), а также обсуждались на семинарах Научно-экспериментального отдела ядерной спектроскопии и радиохимии ЛЯП ОИЯИ. Главные положения диссертации отражены в 9 опубликованных работах.

Защищаемые положения.

1. Применимость созданного комплекса временных спектрометров для измерений времен жизни возбужденных состояний ядер.
2. Экспериментальные результаты исследований нечетно-нейтронных изотопов диспрозия ($A = 155, 157, 159, 161$) и эрбия ($A = 157, 159, 161$).
3. Анализ экспериментальных вероятностей электромагнитных переходов в рассматриваемых ядрах.

Объем и структура работ. Диссертация состоит из введения, трех глав и заключения, изложенных на 88 страницах машинописного текста. Для иллюстрации материала диссертации использованы 37 рисунков (на 30 страницах) и 10 таблиц (на 12 страницах). Список использованной литературы включает 127 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе описывается созданный нами комплекс установок для измерений времен жизни возбужденных состояний ядер, методы обработки экспериментальных данных, методы получения радиоактивных источников, а также кратко рассмотрены вопросы измерения спектров гамма-лучей, электронов внутренней конверсии, $e\gamma$ - и $\gamma\gamma$ -совпадений.

Исследования проводились при радиоактивном распаде изото-

пов ^{155}Ho ($T_{1/2} = 48$ мин.), ^{157}Ho ($T_{1/2} = 12,6$ мин.), ^{159}Ho ($T_{1/2} = 33$ мин.), ^{161}Ho ($T_{1/2} = 2,5$ часа), ^{157}Tm ($T_{1/2} = 200$ сек), ^{159}Tm ($T_{1/2} = 9$ мин.) и ^{161}Tm ($T_{1/2} = 37$ мин.), которые получались в реакциях глубокого расщепления тантала протонами с энергией 660 МэВ на синхротроне ОИЯИ.

Для получения $^{155,159,161}\text{Ho}$ и ^{161}Tm из облученных мишеней хроматографическим методом выделялись элементы гольмия и тулия, которые затем разделялись по изотопам на электромагнитном масс-сепараторе. Для изучения распада ^{157}Ho , ^{157}Tm и ^{159}Tm использовались источники, полученные непосредственным масс-сепарированием продуктов реакций, образовавшихся в мишени, по изобарам.

Принцип работы временных спектрометров основан на методе задержанных совпадений, который в настоящее время является одним из основных методов получения информации о временах жизни возбужденных состояний ядер. В зависимости от характера задачи в установках использовались магнитно-линзовый бета-спектрометр типа Герхольма, сцинтилляционные и полупроводниковые детекторы. В установках использовались блоки быстрой и спектрометрической электроники, разработанные в ЛЯП ОИЯИ. При создании установок особое внимание уделялось возможности измерений времен жизни низкоэнергетических уровней.

На рис.1 приведена блок-схема установки, созданной на базе магнитно-линзового бета-спектрометра и спектрометра со сцинтилляционным детектором. Сочетание этих двух спектрометров позволяет четко выделить конверсионные электроны одного из переходов, заселяющего или разряжающего исследуемый уровень, и при этом обеспечивается достаточно хорошее временное разрешение. Это в значительной степени обусловлено высокими характеристиками бета-спектрометра: $\Delta N_p / N_p \approx 1 + 4\%$, светосила $T \approx 1 + 5\%$, траекторный разброс электронов $\Delta t \leq | \pm 1 \text{ см} |$ (для источника $\phi = 2$ мм).

В нашем варианте магнитно-линзового бета-спектрометра значительно упрощена система ввода источника, что позволило проводить измерения с короткоживущими изотопами. Предусмотрено сочетание бета-спектрометра со сцинтилляционным детектором, благодаря чему появилась возможность проводить измерения спектров как $e\gamma$ -задержанных совпадений, так и $e\bar{e}$ -совпадений.

На рис.2 приведены значения временного разрешения установок $2\tau_0$ и сдвиги центров тяжести T временных распределений

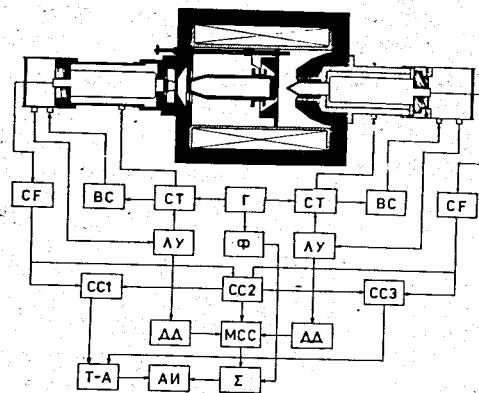


Рис.1 Блок-схема установки e^+e^- -задержанных совпадений. CF - формователи, BC - высоковольтные выпрямители, СТ - блок управления усилением ФЭУ, Г - генератор наносекундных импульсов для питания светодиодов, СС1, СС2, СС3 - схемы совпадений, ЛУ - линейный усилитель, ДД - дифференциальный дискриминатор, МСС - медленная схема совпадений, Ф - формователь микросекундных импульсов, Σ - сумматор, Т-А - время-амплитудный преобразователь, АИ - многоканальный анализатор.

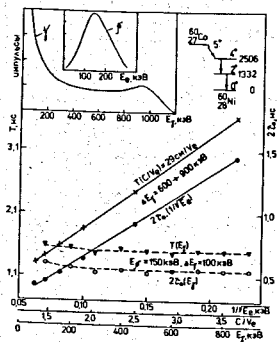


Рис.2 Временные характеристики установки e^+e^- -задержанных совпадений.

мгновенных e^+e^- -совпадений в зависимости от энергий совпадающих электронов и комптоновского распределения гамма-излучения ^{60}Co . Эти зависимости свидетельствуют о высоких временных характеристиках установки.

В настоящее время использование установок с сочетанием двух сцинтилляционных детекторов ограничено из-за их плохого энергетического разрешения. Однако, в некоторых относительно простых случаях высокое временное разрешение и большая эффективность регистрации совпадений позволяют успешно использовать их для временных исследований при радиоактивном распаде короткоживущих ядер. В установках, в которых использовались два сцинтилляционных детектора, применялись пластические сцинтилляторы NE10A и NE111 различных размеров, кристаллы $\text{NaJ}(\text{Tl})$ размерами $\varnothing 40 \times 40$ мм в сочетании с фотоумножителями XP1020 и XP1021. Для повышения эффективности регистрации совпадений низкоэнергетических излучений короткоживущих изотопов со слабой активностью нами использовались пленочные сцинтилляторы.

На рис.3 и 4 для иллюстрации работы этих установок приведены некоторые временные распределения e^+e^- -совпадений, характери-

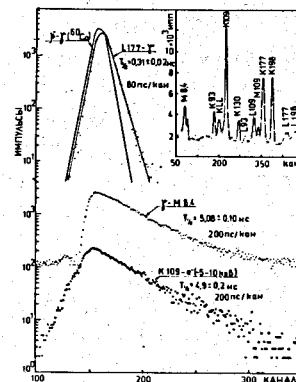


Рис.3 Временные распределения e^+e^- -задержанных совпадений, измеренные при распаде ^{169}Yb , на установке с магнитно-линзовым бета-спектрометром и сцинтилляционным детектором.

зующие времена жизни уровней ^{169}Tm с энергиями 316,1 и 8,4 кэВ. В тех случаях, когда для измерений времен жизни в области $T_{1/2} > 10$ нс требуется высокое энергетическое разрешение, нами использовались полупроводниковые $\text{Ge}(\text{Li})$ - или $\text{Si}(\text{Li})$ -детек-

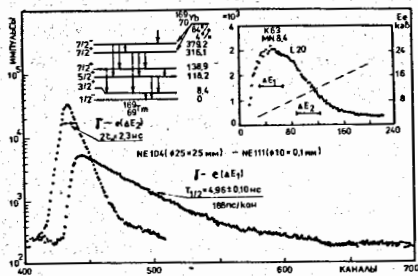


Рис.4 Кривая распада уровня 8,4 кэВ в ^{169}Tm , измеренная на установке с двумя сцинтилляционными детекторами. Амплитудное распределение низкоэнергетических излучений ^{169}Yb (с учетом шумов фотоумножителя).

торы в сочетании со сцинтилляционными. Здесь временное разрешение определяется характеристиками полупроводникового детектора: $\text{Ge}(\text{Li})$ ($E_{\gamma} = 50 + 1330$ кэВ) - $\text{NaJ}(\text{Tl})$ ($E_{\gamma} = 30 - 1330$ кэВ), $2\tau_0 = 5$ нс; $\text{Si}(\text{Li})$ ($E_{\gamma} = 7$ кэВ) - $\text{NE104 } \varnothing 25 \times 25$ мм ($E_{\gamma} = 10 + 120$ кэВ), $2\tau_0 = 14$ нс. Максимальную эффективность регистрации совпадений ядерных излучений обеспечивает использование в установке одного детектора. Это особенно важно при исследовании слабых каскадных излучений при радиоактивном распаде короткоживущих изотопов. Минимальное измеряемое время жизни в этом случае будет определяться временными характеристиками детектора. Для сцинтилляционного детектора оно определяется временем высвечивания сцинтиллятора. На рис.5 приведено временное распределение совпадений двух участков спектра гамма-лучей ^{169}Yb , регистрируемого сцинтилляционным детектором с кристаллом $\text{NaJ}(\text{Tl})$, характеризующее суммарное время жизни уровней ^{169}Tm с энергиями 316 кэВ ($T_{1/2} = 665 \pm 5$ нс) и 379 кэВ ($T_{1/2} = 54,1 \pm 0,5$ нс):

$$\sum T_{1/2} = 720 \pm 15 \text{ нс.}$$

Помимо временных спектрометров в работе использовались также спектрометр гамма-лучей с $\text{Ge}(\text{Li})$ -детектором, магнитные бета-спектрографы, установка e^+e^- -совпадений на базе тороидально-го бета-спектрометра СТ2 и $\text{Ge}(\text{Li})$ -детектора и установка для

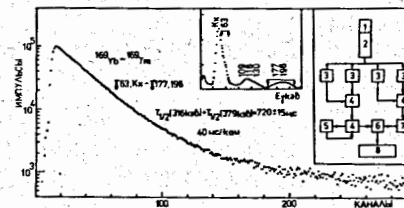


Рис.5 Блок-схема временного однокристалльного сцинтилляционного спектрометра. 1 - кристалл $\text{NaJ}(\text{Tl})$, 2 - фотоумножитель, 3 - интегральный дискриминатор, 4 - схема антисовпадений, 5 - одновибратор, 6 - конвертор, 7 - задержка, 8 - анализатор импульсов. Временное распределение совпадений гамма-лучей, измеренное при распаде ^{169}Yb , с использованием однокристалльного спектрометра.

многомерного анализа с использованием $\text{Ge}(\text{Li})$ -детектора, работающая на линии с ЭВМ HP 2116C.

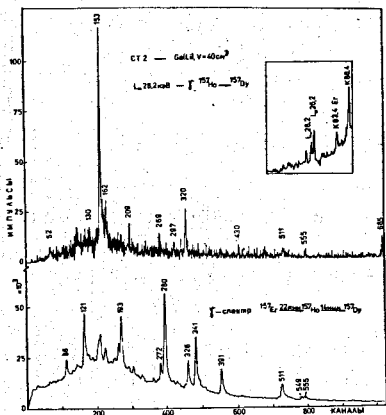
Временные спектры обрабатывались на ЭВМ СДС-6500 по программам, созданным в ЛЯП ОИЯИ.

Во второй главе представлены результаты экспериментальных исследований свойств возбужденных состояний нечетно-нейтронных изотопов диспрозия ($A = 155, 157, 159, 161$) и эрбия ($A = 157, 159, 161$). В качестве аргументов, подтверждающих достоверность полученных экспериментальных данных, могут служить: высокие временные и энергетические характеристики установок, повторяемость результатов в различных постановках измерений, а также согласие с ранее известными данными и подтверждение наших результатов в более поздних работах других авторов.

Исследование распада $^{155}\text{Ho} \rightarrow ^{155}\text{Dy}$ позволило обнаружить более 20 новых гамма-переходов, уточнить интенсивности и мультипольности гамма-переходов в диапазоне $30 + 570$ кэВ, выявить ряд гамма-переходов, связанных с распадом, ранее не известных, изомерных состояний ^{155}Dy с $T_{1/2} = 85 \pm 10$ нс ($E_{\text{ур}} = 132,2$ кэВ) и $T_{1/2} = 50 \pm 10$ нс ($E_{\text{ур}} > 247$ кэВ), измерить или оценить времена жизни уровней с энергиями 39,4 ($T_{1/2} = 3,4 \pm 0,1$ нс), 136,3

($T_{I/2} \approx 0,4$ нс), 202,3 ($T_{I/2} \approx 0,4$ нс), 224,4 ($T_{I/2} \approx 5$ нс) и 247,8 кэВ ($T_{I/2} \approx 1$ нс).

Анализ спектров конверсионных электронов ^{157}Ho позволил обнаружить ряд новых гамма-переходов в ^{157}Dy и определить их мультипольности: 14,2 кэВ (E1), 23,3 кэВ, 26,1 кэВ (E2), 37,4 кэВ (E1), 51,5 кэВ (E2). Мультипольность перехода 61,1 кэВ определена как $M1 \pm 4,6\%$ E2. С целью выяснения вопроса о размещении перехода 26 кэВ в схеме уровней ^{157}Dy были проведены измерения совпадений между L_{III} электронами этого перехода и гамма-лучами. Спектр еf-совпадений, одиночный спектр гамма-лучей и фрагмент спектра электронов внутренней конверсии приведены на рис.6.



Анализ этих спектров позволил однозначно отнести переход 26 кэВ к распаду ^{157}Ho . Измерены времена жизни уровней ^{157}Dy с энергиями 61,1 ($T_{I/2} = 0,30 \pm 0,05$ нс), 147,7 ($T_{I/2} \approx 0,3$ нс), 188,0 ($T_{I/2} = 1,1 \pm 0,1$ нс) и 341,1

Рис.6 Спектр совпадений гамма-лучей ^{157}Ho с электронами L_{III} 26 кэВ.

кэВ ($T_{I/2} \approx 0,3$ нс).

При распаде ^{159}Ho были измерены времена жизни возбужденных состояний ^{159}Dy с энергиями 56,6 ($T_{I/2} = 0,21 \pm 0,04$ нс), 177,6 ($T_{I/2} = 9,2 \pm 0,1$ нс), 209,0 ($T_{I/2} = 1,35 \pm 0,07$ нс) и 309,6 кэВ ($T_{I/2} \approx 0,2$ нс).

При распаде $^{161}\text{Ho} \rightarrow ^{161}\text{Dy}$ измерены времена жизни возбужденных состояний с энергиями 25,6 ($T_{I/2} = 28,6 \pm 0,3$ нс), 43,8 ($T_{I/2} = 1,0 \pm 0,2$ нс), 103,0 ($T_{I/2} = 0,64 \pm 0,03$ нс) и 201,2 кэВ ($T_{I/2} \approx 0,3$ нс).

При распаде $^{157}\text{Tm} \rightarrow ^{157}\text{Er}$ измерено время жизни первого возбужденного уровня с энергией 10,3 кэВ - $T_{I/2} = 7 \pm 1$ нс.

При распаде $^{159}\text{Tm} \rightarrow ^{159}\text{Er}$ измерены времена жизни уровней 59,5 кэВ ($T_{I/2} \approx 0,2$ нс) и 182,6 кэВ ($T_{I/2} = 340 \pm 20$ нс).

На рис.7 приведены: участок спектра конверсионных электронов, некоторые временные распределения совпадений, измеренные на-

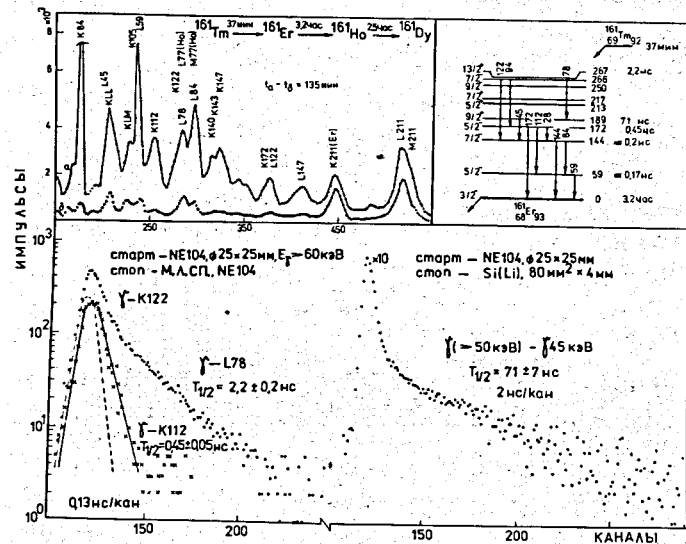


Рис.7 Участок спектра конверсионных электронов ^{161}Tm . Некоторые временные распределения, измеренные при распаде $^{161}\text{Tm} \rightarrow ^{161}\text{Er}$.

ми при распаде ^{161}Tm , и фрагмент схемы распада $^{161}\text{Tm} \rightarrow ^{161}\text{Er}$. Анализ временных распределений позволил определить периоды полураспада уровней ^{161}Er с энергиями 59,3 ($T_{I/2} \approx 0,17$ нс), 143,9 ($T_{I/2} \approx 0,2$ нс), 172,0 ($T_{I/2} = 0,45 \pm 0,05$ нс), 189,4 ($T_{I/2} = 74 \pm 3$ нс), 266,4 ($T_{I/2} \approx 0,3$ нс) и 267,5 кэВ ($T_{I/2} = 2,2 \pm 0,2$ нс).

Времена жизни уровней 132,2 кэВ в ^{155}Dy , 61,1 кэВ в ^{157}Dy , 56,6 и 209,0 кэВ в ^{159}Dy , 103,0 кэВ в ^{161}Dy , 10,3 кэВ в ^{157}Er , 172,0 и 267,5 кэВ в ^{161}Er определены впервые.

Третья глава диссертации посвящена обсуждению полученных экспериментальных результатов.

Схема распада $^{155}\text{Ho} \rightarrow ^{155}\text{Dy}$. Результаты анализа спектров $\beta\beta$ -совпадений, гамма-лучей и ЭКК позволили существенно дополнить схему распада ^{155}Ho - рис.8. Уровни и переходы, введенные

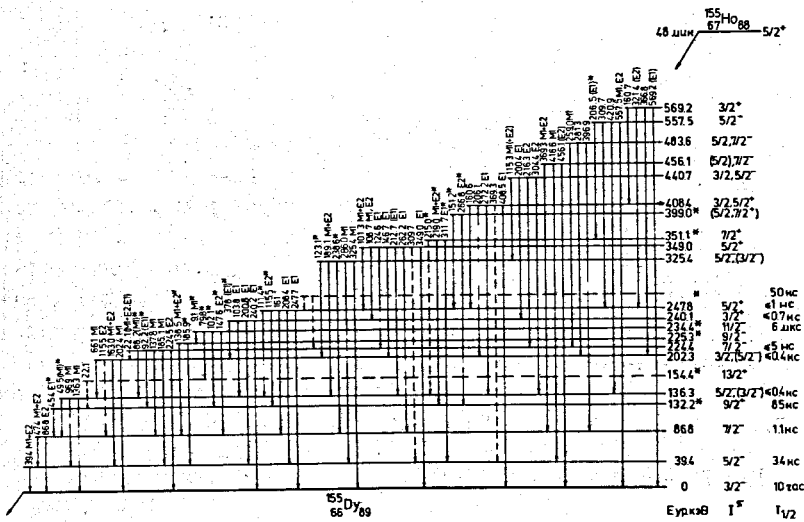


Рис.8 Фрагмент схемы распада $^{155}\text{Ho} \rightarrow ^{155}\text{Dy}$.

нами в схему, отмечены знаком (*). Сделан вывод, что уровни 224,4 и 247,8 кэВ связаны с распадом неидентифицированного изомера с $T_{1/2} = 50 \pm 10$ нс, возможно разряжающегося переходом 29 кэВ.

Схема распада $^{157}\text{Ho} \rightarrow ^{157}\text{Dy}$. На рис.9 приведен предлагаемый нами фрагмент схемы распада $^{157}\text{Ho} \rightarrow ^{157}\text{Dy}$. Анализ спектров электронов внутренней конверсии и $e\beta$ -совпадений позволил ввести в схему два новых состояния с энергиями 161,9 (I^π = 9/2⁺) и 199,3 кэВ (I^π = 11/2⁻), в схеме размещено несколько гамма-переходов: 14,2; 23,3; 26,1; 37,4; 51,5 кэВ.

Из полученных значений периодов полураспада возбужденных состояний исследуемых

изотопов диспрозия и эрбия рассчитаны приведенные вероятности гамма-переходов, разряжающих эти состояния. Экспериментальные значения вероятностей переходов сравнивались с одночастичными оценками по Вайскопфу и по Нильссону, а также, для случая изотопов диспрозия, с расчетами вероятностей переходов по неадиабатической вращательной модели с учетом кориолисова взаимодействия.

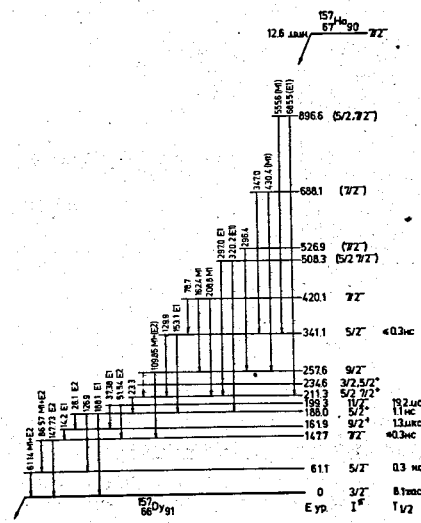


Рис.9 Фрагмент схемы распада $^{157}\text{Ho} \rightarrow ^{157}\text{Dy}$.

MI и E2-компоненты внутривращательных переходов в рассматриваемых ядрах диспрозия и эрбия имеют типичные для подобных переходов значения факторов торможения: $F_W(MI) \sim 10^1 + 10^2$; $F_W(E2) \sim 10^{-2} + 10^{-3}$ и $F_N(MI) \sim 1 - 10$. Очень хорошее согласие (в пределах одного порядка) с экспериментом наблюдается для вероятностей внутривращательных переходов, рассчитанных по неадиабатической модели.

Вероятности MI- и E2-компонентов внутривращательных переходов в $^{155}, ^{157}, ^{159}, ^{161}\text{Dy}$ и $^{159}, ^{161}\text{Er}$ позволили оценить значения квадрупольных моментов (Q_0), параметров деформации (ϵ), разности гиромагнитных отношений ($|g_K - g_R|$) и магнитных моментов (M_0) для соответствующих полос (табл.1 и 2).

Значения Q_0 и ϵ , приведенные в таблице 1, совпадают

Таблица 1

E_{γ} кэВ	$I^i \rightarrow I^f$ $K [N\pi_Z\Lambda]$	GL	Q_0 (барн)	ϵ	$ g_K - g_R $
$I^{55}Dy$					
39,4	$5/2 \rightarrow 3/2$ $3/2^- [52I]$	MI E2	4,3(5)	0,18(3)	0,31(2)
42,4	$7/2 \rightarrow 5/2$ $3/2^- [52I]$	MI E2	4,7(9)	0,20(3)	0,51(8)
86,8	$7/2 \rightarrow 3/2$ $3/2^- [52I]$	E2	5,2(8)	0,22(3)	
$I^{57}Dy$					
61,1	$5/2 \rightarrow 3/2$ $3/2^- [52I]$	MI E2	5,2(7)	0,22(3)	0,50(4)
$I^{59}Dy$					
56,6	$5/2 \rightarrow 3/2$ $3/2^- [52I]$	MI E2	5,8(8)	0,23(3)	0,70(7)
31,4	$7/2 \rightarrow 5/2$ $5/2^+ [642]$	MI E2	6,7(11)	0,26(4)	0,31(4)
$I^{61}Dy$					
43,8	$7/2 \rightarrow 5/2$ $5/2^+ [642]$	MI E2	6,8(10)	0,27(4)	0,41(5)
77,4	$7/2 \rightarrow 5/2$ $5/2^- [523]$	MI E2	6,7(10)	0,26(3)	
$I^{61}Er$					
78,1	$I_{3/2} \rightarrow 9/2$ $5/2^+ [642]$	E2	6,8(3)	0,26(2)	

Таблица 2

$E_{ур}$, кэВ $K [N\pi_Z\Lambda]$	$M_{\text{эксп.}}$ (я.м.) наст. раб.	$M_{\text{эксп.}}$ (я.м.)	$M_{\text{нильс.}}$ (я.м.)	$M_{\text{неад.}}$ (я.м.)
$I^{59}Dy$				
0	-0,15(9)	-	-0,06	-
$3/2^- [52I]$				
177,6	-0,25(6)	-	-0,24	-
$5/2^+ [642]$				
$I^{61}Dy$				
0	-0,43(5)	-0,47(13)	-0,24	-0,48
$5/2^+ [642]$				
25,6				
$5/2^- [523]$	0,47(10)	0,583(18)	0,54	0,70

в пределах экспериментальных ошибок с квадрупольными моментами и параметрами деформации соседних четно-четных ядер.

В случае $I^{55}Dy$ существуют некоторые разногласия в приписании нильссоновских характеристик основному состоянию. Ранее этому состоянию приписывались квантовые характеристики $3/2^- [52I]$, однако в одной из последних работ, посвященных анализу свойств возбужденных состояний нечетных ядер диспрозия, Хьорт и Кларра предложили основному состоянию $I^{55}Dy$ приписать характеристики $3/2^- [523]$. Сопоставление этой полосы с полосой основного состояния в изотоне $I^{53}Gd$ (0 кэВ - $3/2 3/2^- [52I]$, 41 кэВ - $5/2 3/2^- [52I]$, 87 кэВ - $7/2 7/2^- [52I]$) свидетельствует в пользу приписания ей характеристик $3/2^- [52I]$. Значения вероятностей E2-составляющих переходов 39, 47 и 87 кэВ в $I^{55}Dy$, полученные из результатов наших экспериментов, соответствуют ротационной природе уровней 39 и 87 кэВ. Определенные в адиабатическом приближении из этих величин $B(E2)$ значения внутреннего квадрупольного момента и параметра деформации (табл.1) согласуются в пределах экспе-

риментальных ошибок между собой. Позднее, при расчетах структуры уровней в изотопах Dy, проведенных в рамках неадиабатической модели с учетом взаимодействия Кориолиса, было однозначно показано, что основной вклад в волновую функцию основного состояния ^{155}Dy дает компонент $3/2^-$ [521].

Вероятность E2-перехода 26 кэВ, связывающего уровни 188 кэВ ($I^\pi = 5/2^+$) и 162 кэВ ($I^\pi = 9/2^+$) в ^{157}Dy , характерна для внутривращательных переходов. Это позволяет заключить, что уровни $5/2^+$ и $9/2^+$ аномальной ротационной полосы положительной четности имеют один и тот же лидирующий компонент. Такой же вывод о структуре уровней $5/2^+$ и $9/2^+$ в ядре ^{155}Dy можно сделать из оценки нижнего предела вероятности перехода 115,5 кэВ, связывающего эти состояния. Эти заключения также находятся в согласии с проведенными недавно расчетами структуры полос положительной четности в изотопах диспрозия.

Из значений разностей гиромагнитных отношений $|g_K - g_R|$, вытекающих из вероятностей MI-компонент внутривращательных переходов в ^{159}Dy и ^{161}Dy , определены значения магнитных моментов состояний $3/2^-$ [521] ($\mu = -0,15 \pm 0,09$ я.м.) и $5/2^-$ [642] ($\mu = -0,25 \pm 0,06$ я.м.) в ^{159}Dy , $5/2^-$ [523] ($\mu = 0,47 \pm 0,10$ я.м.) и $5/2^+$ [642] ($\mu = -0,43 \pm 0,05$ я.м.) в ^{161}Dy . В таблице 2 проводится сравнение определенных нами величин магнитных моментов рассматриваемых состояний с известными экспериментальными значениями и рассчитанными по модели Нильссона и неадиабатической модели. Из приведенных вероятностей переходов 59,3 в ^{159}Er и 59,5 кэВ в ^{161}Er были оценены величины магнитных моментов для состояний $3/2^-$ [521] в этих ядрах. Значения этих величин для ^{159}Er и ^{161}Er равны соответственно $\mu \approx -0,12$ я.м. и $\mu \approx -0,21$ я.м.

Вероятности MI- и E2-составляющих переходов 66, 163 и 202 кэВ, разряжающих уровень с энергией 202 кэВ в ^{155}Dy , не противоречат рассмотрению их как одночастичных переходов, за исключением E2-компонента перехода 66 кэВ. Этот переход в схеме уровней ^{155}Dy связывает состояния 202 кэВ и 136 кэВ, которым приписываются нильссоновские характеристики $3/2^-$ [532] и $5/2^-$ [523], соответственно. Значение $B(E2) \approx 0,6 e^{2,02}$ для перехода 66 кэВ указывает на его сильное ускорение, характерное для переходов между сильно коллективизированными состояниями. В соответствии

с этим можно предположить, что конфигурация уровня 136 кэВ определяется сильным кориолисовым взаимодействием нильссоновских орбиталей $5/2^-$ [523] и $3/2^-$ [532]. Позднее, в расчетах, проведенных по неадиабатической модели, было показано, что структура уровня 136 кэВ в основном определяется компонентом $3/2^-$ [532], а в уровень 202 кэВ дают основной вклад компоненты $5/2^-$ [523] и $5/2^-$ [532].

При рассмотрении вероятностей переходов между вращательными полосами наблюдается различие в свойствах гамма-переходов между полосами с $\Delta K = 0$ и $\Delta K = 1$: В случае переходов с $\Delta K = 0$ удовлетворительно выполняются правила Алаги, а для переходов с $\Delta K = 1$ эти правила сильно нарушаются. Различие в свойствах E1-переходов с $\Delta K = 0$ и $\Delta K = 1$ можно объяснить различным влиянием вибрационных примесей в начальные и конечные состояния этих переходов.

При изучении ядерных реакций в ряде нечетно-нейтронных ядер с $N = 89 + 97$ было обнаружено возбуждение изомерных состояний $11/2^-$ [505] и в ядрах с $N = 89 + 93$ - аномальных ротационных полос, образованных сильным конфигурационным смешиванием состояний подоболочек $i 13/2^-$, с головными уровнями $9/2^+$. Возбуждение этих состояний при радиоактивном распаде ^{155}Ho и ^{157}Ho было установлено в наших исследованиях. На рис. 10 приведены все известные значения вероятностей $B(E1)$ электрических переходов,

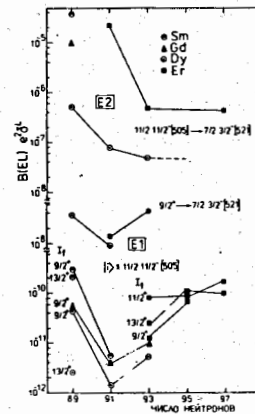


Рис. 10 Вероятности электромагнитных переходов, разряжающих состояния $9/2^+$ и $11/2^-$ [505] в нечетно-нейтронных изотопах самария, гадолиния, диспрозия и эрбия.

разряжающих состояния $11/2^-$ и $9/2^+$ в нечетно-нейтронных ядрах. Обращает на себя внимание поведение вероятностей E1-переходов в зависимости от изменения числа нейтронов N и протонов Z . Для значений $B(E1)$ при $N = 91$ наблюдается

отчетливый минимум. Увеличение $B(EI)$ при переходе от ядер с

$N = 9I$ к ядрам с $N = 89$ можно объяснить резким усилением конфигурационного смешивания, сопровождающим ослабление деформированности ядер в переходной области. Возрастание же значений $B(EI)$ при переходе от $N = 9I$ к $N = 93, 95, 97$, очевидно, связано с увеличением вклада в волновые функции рассматриваемых состояний конфигураций с высокими значениями K — проекции спина на ось симметрии ядра, что приводит к увеличению в матричных элементах переходов примесей "разрешенных" переходов.

В заключении кратко перечислены основные результаты, которые сводятся к следующему:

1. Создан комплекс установок для измерений времен жизни возбужденных состояний ядер методами $e\gamma$ - и $\gamma\gamma$ -задержанных совпадений. Применение в установках различных спектрометров, современных блоков электроники позволили эффективно проводить измерения в диапазоне $10^{-10} + 10^{-6}$ с в совпадениях с низкоэнергетическими излучениями ($E \approx 5$ кэВ) при радиоактивном распаде короткоживущих изотопов ($T_{1/2} \approx 3$ мин.).

Для питания магнитно-линзового бета-спектрометра и автоматизации процесса регистрации спектров конверсионных электронов разработан и сконструирован управляемый стабилизатор тока.

2. Измерение спектров гамма-лучей, электронов внутренней конверсии, $\gamma\gamma$ -совпадений позволили существенно дополнить схему распада $^{155}\text{Ho} \rightarrow ^{155}\text{Dy}$.

На основе анализа спектров конверсионных электронов и $e\gamma$ -совпадений уточнена схема распада $^{157}\text{Ho} \rightarrow ^{157}\text{Dy}$.

3. В исследуемых изотопах диспрозия с $A = 155, 157, 159, 161$ и эрбия с $A = 157, 159, 161$ измерены впервые времена жизни 8 возбужденных состояний, для 10 получены верхние границы значений их периодов полураспада, а для 9 состояний уточнены времена жизни.

4. Проведен анализ приведенных вероятностей электромагнитных переходов, разряжающих нижние возбужденные состояния в нечетно-нейтронных ядрах $^{155,157,159,161}\text{Dy}$ и $^{157,159,161}\text{Er}$. Результаты анализа позволили определить квадрупольные моменты и параметры деформации исследуемых ядер. Определены магнитные моменты состояний $3/2^- 3/2^- [521]$ и $5/2^- 5/2^+ [642]$ в ^{159}Dy , $5/2^- 5/2^- [523]$ и $5/2^- 5/2^+ [642]$ в ^{161}Dy , для магнитных моментов состоя-

ний $3/2^- 3/2^- [521]$ в $^{159,161}\text{Dy}$ получены значения верхних пределов. Показано, что вероятности $E1$ - и $E2$ -переходов, разряжающих состояния $11/2^-$ и $9/2^+$ в ядрах с $N = 89$ и $9I$, возрастают с уменьшением N и Z . Это объясняется тем, что с уменьшением деформации в ядрах происходит усиление кориолисова взаимодействия, приводящего к ускорению гамма-переходов. Увеличение значений $B(EI)$ с ростом числа нейтронов в области $N > 9I$ объяснено увеличением вклада в волновые функции состояний $11/2^- [505]$ и $9/2^+$ конфигураций с высокими значениями K .

Экспериментальные значения вероятностей переходов сравниваются с одночастичными оценками по Вайскопфу и по Нильссону, а также, для случаев изотопов диспрозия, с расчетами вероятностей переходов по неадиабатической вращательной модели с учетом кориолисова взаимодействия.

Основные результаты, изложенные в диссертации, опубликованы в следующих работах:

1. Я. Ваврышук, Р. Ион-Михай, В. Г. Калинин, Б. А. Аликов, Н. З. Марупов, Т. М. Муминов, У. С. Салихбаев, Р. Р. Усманов. "Вероятности электромагнитных переходов в $^{159,161}\text{Dy}$ ". ОИЯИ, Д6-8846, Дубна, 1975, стр. 123.
2. Б. А. Аликов, Т. М. Муминов, У. С. Салихбаев, В. И. Стегайлов, Р. Р. Усманов. "Установка $e\gamma$ -задержанных совпадений для измерений времен жизни возбужденных состояний ядер". Тезисы докл. XXII совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра, Ташкент, 1977, стр. 511.
3. Б. А. Аликов, Т. М. Муминов, С. И. Орманджиев, У. С. Салихбаев, Р. Р. Усманов. "Управляемый стабилизатор для питания магнитно-линзовых бета-спектрометров". ОИЯИ, 13-9844, Дубна, 1976. ПТЭ, № 3, 1977, стр. 170.
4. Б. А. Аликов, Я. Ваврышук, Г. И. Лизурей, К. М. Муминов, Т. М. Муминов, У. С. Салихбаев, Р. Р. Усманов. "Комплекс установок для измерений времен жизни возбужденных состояний ядер в диапазоне $10^{-10} - 10^{-6}$ сек". ОИЯИ, П13-10911, Дубна, 1977. Nukleonika v. 23 (1978) 833.
5. Б. А. Аликов, В. Андрейчев, К. Я. Громов, Т. А. Исламов, А. Караходжаев, Н. З. Марупов, К. М. Муминов, Т. М. Муминов, Ш. Оманов, У. С. Салихбаев, Р. Р. Усманов. "Исследование распада $^{155}\text{Ho} \rightarrow ^{155}\text{Dy}$ ". ОИЯИ, Р6-11768, Дубна, 1978. Изв. АН СССР, сер. физ., т. 43, № 5, 1979, стр. 904-917.

6. Б.А.Аликов, В.Андрейчев, К.Т.Желев, Т.А.Исламов, В.Г.Калинников, А.Караходжаев, Г.А.Кононенко, В.В.Кузнецов, Г.И.Лизурей, Н.З.Марупов, Т.М.Муминов, У.С.Салихбаев, В.И.Стегайлов, Р.Р.Усманов, Е.Г.Цой. "О распаде ^{157}Ho \rightarrow ^{157}Dy ". ОИЯИ, Р6-11687, Дубна, 1978.
7. Б.А.Аликов, В.Андрейчев, А.Войцеховска, В.Г.Калинников, В.В.Кузнецов, Г.И.Лизурей, Н.З.Марупов, К.М.Муминов, Т.М.Муминов, У.С.Салихбаев, В.И.Стегайлов, Р.Р.Усманов. "Времена жизни возбужденных состояний ^{157}Ho и ^{157}Er ". ОИЯИ, Р6-11655, Дубна, 1978.
8. Б.А.Аликов, Я.Ваврыщук, Р.Ион-Михай, Н.З.Марупов, Т.М.Муминов, У.С.Салихбаев. "Времена жизни нижних возбужденных состояний ^{159}Dy и ^{161}Dy ". ОИЯИ, Р6-11642, Дубна, 1978.
9. Б.А.Аликов, В.Андрейчев, В.В.Кузнецов, Г.И.Лизурей, Н.З.Марупов, К.М.Муминов, Т.М.Муминов, У.С.Салихбаев, Р.Р.Усманов, Е.Г.Цой. "Измерение времен жизни возбужденных состояний ^{159}Er и ^{161}Er ". ОИЯИ, Р6-12220, Дубна, 1979.

Рукопись поступила в издательский отдел
9 апреля 1979 года.