

X-524

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 539.172.4

3-85-879

ХИТРОВ
Валерий Андреевич

ИЗУЧЕНИЕ ДВУХКВАНТОВЫХ γ -КАСКАДОВ
ПРИ РАДИАЦИОННОМ ЗАХВАТЕ
ТЕПЛОВЫХ НЕЙТРОНОВ ЯДРАМИ ^{143}Nd , ^{164}Dy И ^{174}Yb

Специальность 01.04.16 - физика атомного ядра
и элементарных частиц

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Дубна 1985

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики
Объединенного института ядерных исследований, г. Дубна.

Научный руководитель -
кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник

Ю.С. Лзвичкий

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук,
старший научный сотрудник

Г.В. Мурадян

кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник

В.В. Каманин

Будущее предприятие: Институт физики АН ЛатвССР, Рига.

Защита диссертации состоится "_____" _____ 198__ года
в "_____" часов на заседании специализированного совета
Д.047.01.05 при Лаборатории нейтронной физики и Лаборатории
ядерных реакций Объединенного института ядерных исследований
(г. Дубна, Московская область).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Автореферат разослан "_____" _____ 198__ года

Ученый секретарь
специализированного совета

Ю.В. Таран

Общая характеристика работы

Актуальность темы. Изучение жестких γ -лучей при радиационном захвате нейтронов в последние годы ведется очень широко. К настоящему времени достигнуто общее понимание радиационных процессов с участием прямых переходов между захватными состояниями, имеющими сложную структуру, и низколежащими состояниями с простой структурой. В то же время остаются почти неизученными процессы радиационного распада посредством каскадных γ -переходов, а их вклад обычно значителен. Предполагалось, что γ -каскады подчиняются статистическим закономерностям, но в последние годы получены указания на то, что с помощью статистического подхода не всегда удастся адекватно описать экспериментальные данные. Однако эти указания основывались на анализе разрозненных и немногочисленных данных о каскадных γ -переходах, полученных, как правило, косвенным путем. Для развития нашего понимания механизма каскадного γ -распада компаунд-ядер необходимо прямое экспериментальное изучение каскадов в реакции (n, γ) .

Исследования γ -каскадов, разряжающих компаунд-состояния при энергии связи нейтрона, представляют интерес и с точки зрения получения новой информации о схемах уровней ядер, особенно в переходной области промежуточных возбуждений - области предкомпаундных состояний, очень плохо изученной до настоящего времени. Эта область интересна для исследований, поскольку здесь можно изучать закономерности усложнения структуры и увеличения плотности состояний по мере роста их энергии возбуждения. В этой области могут проявляться различные промежуточные структуры, обусловленные фрагментацией простых состояний по многим ядерным уровням.

Цель работы: экспериментальное исследование двухквантовых γ -каскадов, возникающих в реакции (n, γ) на тепловых нейтронах. При этом решались следующие задачи:

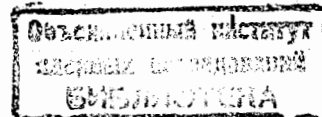
1. Измерить спектры каскадных γ -квантов радиационного захвата нейтронов.

2. Получить значения энергий и абсолютных интенсивностей γ -квантов каскадов, разрешенных использованной в эксперименте аппаратурой.

3. Уточнить схемы уровней исследуемых ядер и получить новую информацию о состояниях, расположенных в области промежуточных энергий возбуждения.

4. Получить сведения о механизме γ -распада исследуемых компаунд-ядер.

Задача исследования каскадов γ -квантов решалась с помощью ме-



толки выделения двухквантовых каскадов с заданной суммой энергий переходов (метод суммирования амплитуд совпадающих импульсов), в которой фиксируется конечный уровень каскада. (В дальнейшем реакция радиационного захвата нейтронов с регистрацией двухквантового каскада будет обозначаться как $(n, 2\gamma)$). Для исследования реакции $(n, 2\gamma)$ был создан γ -спектрометр, включающий измерительную часть на основе двух $\text{Ge}(\text{Li})$ -детекторов и электронную часть для отбора совпадений и накопления многомерной информации. Была усовершенствована методика обработки многомерной информации.

Для получения информации о механизме γ -распада проводился анализ корреляций интенсивностей двухквантовых каскадов и первичных γ -переходов с эффективными сечениями возбуждения тех же конечных уровней в реакциях (d, p) и (d, t) .

Научная новизна и практическая ценность работ. В данной работе проведено исследование реакции $(n, 2\gamma)$ на тепловых нейтронах на ядрах ^{143}Nd , ^{164}Dy и ^{174}Yb . Впервые измерены спектры двухквантовых каскадов, заселяющих состояния ядер-продуктов в широком диапазоне энергии возбуждения - от нуля до нескольких МэВ. Определены значения энергий и абсолютных выходов аппаратурно разрешённых каскадных γ -квантов. На основе этих данных дополнены схемы уровней ^{144}Nd , ^{165}Dy и ^{175}Yb в области промежуточных энергий возбуждения. Анализ корреляций между интенсивностями каскадов и эффективными сечениями реакций (d, p) и (d, t) показал, что в процессе каскадного γ -распада компаунд-ядер ^{165}Dy и ^{175}Yb статистические закономерности нарушаются - ширины γ -переходов зависят от одноквазичастичного характера конечных состояний.

Полученная экспериментальная информация о каскадных γ -квантах и о состояниях, лежащих в области предкомпаундных возбуждений, может способствовать развитию моделей механизма захвата нейтронов и моделей ядра и может быть использована в расчётах конструкций ядерных реакторов.

Апробация работ. Материалы, положенные в основу диссертации, докладывались на 6 Всесоюзной конференции по нейтронной физике (Киев, 1983), на 34 Совещании по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра (Алма-Ата, 1984), на Сессии ОЯФ АН СССР по ядерной физике (Москва, 1984) и на V Международном симпозиуме по спектроскопии захватных γ -лучей и связанным вопросам (Ноксвилл, 1984).

Объём работ. Диссертация состоит из введения, трёх глав и заключения. Объём работы - 125 страниц машинописного текста, 18 таблиц и 31 рисунок. Список литературы включает 145 наименований.

На защиту выносятся следующие основные результаты:

1. Создана установка для измерения спектров двухквантовых каскадов из реакции (n, γ) методом суммирования амплитуд совпадающих импульсов с двух $\text{Ge}(\text{Li})$ -детекторов; усовершенствована методика обработки многомерной информации.
2. Измерены спектры двухквантовых каскадов при радиационном захвате тепловых нейтронов ядрами ^{143}Nd , ^{164}Dy и ^{174}Yb .
3. Определены величины абсолютных интенсивностей двухквантовых каскадов, разрешённых в эксперименте.
4. Получена новая информация о схемах уровней ^{144}Nd , ^{165}Dy и ^{175}Yb при энергиях возбуждения более 2,5 + 3,5 МэВ.
5. Проведен анализ корреляций между приведёнными интенсивностями каскадов и парциальными сечениями реакций (d, p) или (d, t) .
 - а). В случае ^{144}Nd не обнаружены корреляции между вероятностями процессов $(n, 2\gamma)$ и (d, p) . Этот результат согласуется с предсказаниями статистической теории и полумикроскопической квазичастично-фононной модели ядра, развитой В.Г.Соловьёвым и сотрудниками в ОЯИ.
 - б). В случае ^{165}Dy найдена статистически достоверная корреляция интенсивностей каскадов с сечениями реакции (d, p) , в случае ^{175}Yb - со спектроскопическими факторами из реакции (d, t) . Эти результаты находятся в качественном согласии с моделью захвата нейтрона, развитой Лейном и Линном, а также с полумикроскопической моделью ядра.
6. Показано, что отклонение от статистических закономерностей в поведении двухквантовых каскадов, заселяющих состояния ^{165}Dy и ^{175}Yb с энергией возбуждения до 2,5 МэВ, обусловлено существенным вкладом одноквазичастичных компонент в волновые функции этих состояний. Полученные результаты являются экспериментальным указанием на то, что структура возбуждённых состояний может существенным образом влиять на механизм каскадного γ -распада тяжёлых деформированных компаунд-ядер в районе нейтронной оболочки 4S.

Содержание работы

Во введении показана актуальность работы, сформулирована её цель, обсуждается её научное и прикладное значение, кратко изложено содержание диссертации и приведены основные положения, вынесенные на защиту.

В первой главе изложены основные результаты теории захвата нейтронов - теории Лейна и Линна. При этом особое внимание уделено ре-

зультатам, дающим наглядную физическую картину происхождения корреляций между приведенными ширинами первичных γ -переходов и нейтронными спектроскопическими факторами S соответствующих конечных состояний. Эти результаты сравниваются с имеющимися в литературе экспериментальными данными. В этой главе получено также выражение для коэффициента корреляции между интенсивностями двухквантовых каскадов и факторами S промежуточных и конечных уровней каскадов.

Лейн и Линн, рассмотрев радиационный захват нейтронов на основе R -матричной теории, показали, что кроме статистического механизма имеют место и другие, более простые механизмы, не приводящие к образованию компаунд-ядра и затрагивающие очень малое число частиц ядра-мишени. В теории Лейна и Линна амплитуда процесса захвата представляется в виде трёх компонент: внутренняя резонансная часть, связанная с составным ядром, канальная резонансная часть и захват "твёрдой сферой". Внутренняя резонансная часть проявляет статистический характер, т.е. не зависит от структуры ядра. Сечение канального резонансного захвата и захвата на твёрдой сфере пропорционально приведенной нейтронной ширине θ_f^2 конечного состояния (величина θ_f^2 совпадает со спектроскопическим фактором S_f для $\nu_n = 1$, измеряемым в реакции (d, p)).

Таким образом, в теории Лейна-Линна нестатистические эффекты связаны с нейтронными одночастичными компонентами волновой функции исследуемых состояний. В модели входных состояний и в модели прямого захвата рассматриваются другие "простые" компоненты волновых функций - входные состояния. Согласно этим моделям, падающий нейтрон возбуждает входное состояние типа 2 частицы - 1 дырка, которое затем распадается путём рекомбинации одной из частиц и дырки. Вероятность этого распада также пропорциональна величине θ_f^2 . С учётом этого механизма захвата полную амплитуду радиационного захвата можно представить в следующем виде:

$$\Gamma_{\lambda\gamma f}^{1/2} = C_1 \Gamma_{\lambda\gamma f}^{1/2}(\text{одноч.}) + C_2 \Gamma_{\lambda\gamma f}^{1/2}(\text{вх. сост.}) + C_3 \Gamma_{\lambda\gamma f}^{1/2}(\text{сост. яд.}) \quad (1)$$

где C_1 , C_2 и C_3 - некоторые константы. Первая компонента обусловлена вкладом одночастичных переходов, вторая - вкладом входных состояний, а третья компонента - это вклад, связанный с составным ядром. Таким образом, если любая из первых двух компонент в (1) имеет существенное значение в захвате, то следует ожидать корреляции вида

$$R_{\gamma\gamma} = \text{corr}(\Gamma_{\lambda\gamma f} E_{\gamma}^{-\alpha}; (2J_f + 1) S_f) \quad (2)$$

где $\Gamma_{\lambda\gamma f}$ - интенсивность первичного γ -перехода с энергией E_{γ} .

Сильная корреляция между приведенными интенсивностями первичных $E1$ -переходов от захвата тепловых нейтронов и факторами S_f из реакции (d, p) найдена для ряда ядер, лежащих вблизи замкнутой нейтронной оболочки $N = 82$: ^{128}Te , ^{130}Te , ^{136}Xe , ^{138}Ba , ^{140}Ce , ^{142}Ce , ^{144}Sm . Следовательно, у этих ядер в сечении преобладает захват на твёрдой сфере или канальный резонансный захват. Для более тяжёлых ядер статистически достоверных корреляций между реакцией (n, γ) на тепловых нейтронах и реакцией (d, p) обнаружено не было.

Корреляция между (d, p) -сечениями и интенсивностями первичных γ -переходов из реакции (n, γ) на резонансных нейтронах исследовалась для многих ядер из области $A = 135-190$: ^{139}La , ^{141}Pr , ^{165}Ho , ^{169}Tm , ^{181}Ta , ^{182}W , ^{186}W , ^{167}Er , ^{173}Yb и 164 , 166 , 168 , ^{170}Er . Однако достоверная корреляция обнаружена только в трёх последних случаях. Причём в случае чётных изотопов эрбия нестатистический эффект объясняется существенной ролью в реакции (n, γ) на резонансных нейтронах сразу двух механизмов захвата - валентного и входного состояний, а в случае ^{167}Er и ^{173}Yb - ролью механизма входных состояний.

Далее рассмотрены качественные соображения, не выходящие за рамки теории захвата Лейна-Линна, на основании которых получено выражение для коэффициента корреляции между реакцией $(n, 2\gamma)$ и процессом однонуклонной передачи типа (d, p) :

$$R_{\gamma\gamma} = \text{corr}(\Gamma_{\lambda\gamma f} \Gamma_{\lambda j} / E_1^{\alpha} E_2^{\beta}; (2J_j + 1) S_j (2J_f + 1) S_f) \quad (3)$$

Здесь: $\Gamma_{\lambda j f}$ - интенсивность каскада; E_1 и E_2 - энергии первичного и вторичного γ -квантов каскада соответственно; $\Gamma_{\lambda j}$ - полная радиационная ширина промежуточного уровня каскада; индексы j и f относятся к промежуточному и конечному уровням каскада, соответственно.

Во второй главе описана методика экспериментального исследования реакции $(n, 2\gamma)$ с помощью γ -спектрометра, реализующего метод суммирования амплитуд совпадающих импульсов с двух Ge(Li) -детекторов, и рассмотрены некоторые особенности обработки многомерной информации.

Принцип действия спектрометра основан на том, что ядра, находящиеся в определённом возбуждённом состоянии, при переходе на фиксированное низколежащее состояние излучают одинаковую энергию независимо от пути разрядки. При полном поглощении γ -квантов каскада в двух детекторах на их выходах возникают импульсы, пропорциональные энергии этих квантов. Сложение этих импульсов даёт результирующий импульс, амплитуда которого пропорциональна полной энергии каскада и не зависит от энергий составляющих каскад квантов. Этому импульсу в спектре сумм амплитуд импульсов соответствует пик полного поглощения. При наличии двухквантовых γ -переходов с разной суммарной энергией

(т.е. на разные конечные состояния) спектр суммарных импульсов представляет собой некоторое число пиков полного поглощения и сплошную подложку, обусловленную актами регистрации γ -квантов с неполным поглощением их энергии. В методе суммирования амплитуд совпадающих импульсов наиболее информативны так называемые дифференциальные спектры (ДС), накопленные из импульсов одного детектора, которые в сумме с совпадающими импульсами другого детектора дают пик полного поглощения в спектре суммарных импульсов. ДС для фиксированного каскада представляет собой два пика, соответствующих полному поглощению каждого из квантов. Эти пики расположены симметрично относительно центра ДС и имеют равные площади. Если имеется несколько двухквантовых переходов на заданный уровень, то ДС состоит из соответствующего числа пар пиков. Отношение их площадей равно отношению интенсивностей каскадов (с учётом эффективности детекторов).

Для измерения спектров двухквантовых каскадов создан γ -спектрометр с двумя $Ge(Li)$ -детекторами, имеющими следующие характеристики: а) разрешение по $^{60}Co \sim 3,5$ кэВ; б) разрешающее время по γ -квантам $^{60}Co \sim 15$ нс; в) эффективность регистрации в суммарном пике этого же источника (γ -линии $I173$ и $I332$ кэВ) в принятой геометрии $\sim 2 \cdot 10^{-5}$ импульса/распад. Геометрия спектрометра приведена на рис.1.

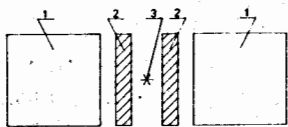


Рис.1. 1) детекторы;
2) фильтры из Pb;
3) источник или образец.

Электронную часть спектрометра по функциональному назначению можно условно разделить на две части:

- 1). Экспериментальная аналоговая установка - детектирование γ -квантов, отбор совпадений и выработка управляющих сигналов. Блок-схема аналоговой части спектрометра приведена на рис. 2.
- 2). Контрольно-накопительная часть - регистрация совпадений и накопление информации.

Блок-схема контрольно-накопительной части спектрометра приведена на рис. 3. Измерения проводились на нейтронных пучках реактора ИБР-30. В качестве мишеней использовались образцы в виде окисей, обогащенные по содержанию изотопов ^{164}Dy , ^{143}Nd и ^{174}Yb . Информация о каждом акте совпадений - коды амплитуд импульсов с двух детекторов А1 и А2 и код времени регистрации совпадения относительно стартового импульса реактора (код В) накапливались на магнитной ленте. После окончания цикла измерений накопленная информация обрабатывалась на ЭВМ РДР-11/70. На первом этапе обработки получались спектры суммарных амплитуд А1 + А2 импульсов γ -лучей, обусловленных захватом тепловых

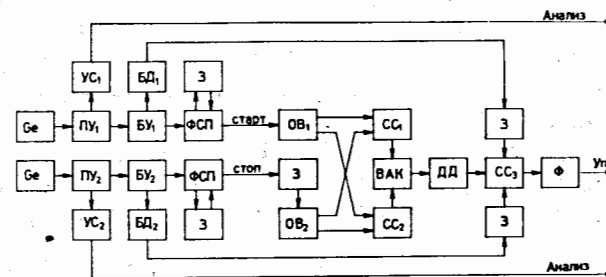


Рис. 2. Ge-детекторы, ПУ - зарядочувствительный предусилитель, УС - спектрометрический усилитель, БУ - быстрый усилитель, ФСП - формирователь со следящим порогом, БД - быстрый дискриминатор, З - задержка, ОВ - одновибратор, СС - схема совпадений, ВАК - время-амплитудный конвертер, ДД - дифференциальный дискриминатор, Ф - формирователь.

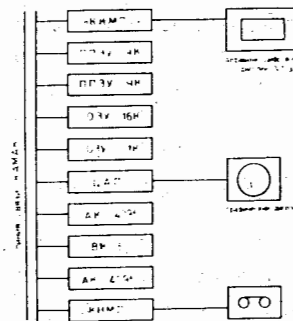


Рис. 3. АК-4096 - амплитудный, ВК - временной кодировщик; КСМ - контроллер крейта с микропроцессором; ПЗУ - перепрограммируемое постоянное запоминающее устройство; ОЗУ - оперативное запоминающее устройство; КНМ - контроллер накопителя на магнитной ленте.

нейтронов (отбор по кодам В). При последующей обработке из кодов отдельных детекторов А1 и А2 получались ДС, соответствующие пикам в спектре суммарных импульсов (отбор по сумме кодов А1+А2). Эти ДС после учёта энергетической зависимости эффективности детекторов анализировались для получения информации об интенсивностях каскадов и энергиях γ -квантов, составляющих каскады.

В этой главе рассмотрены также различные факторы, влияющие на форму ДС и, в конечном итоге, на эффективность регистрации каскадов. Показано, что влияние таких факторов, как различие коэффициентов усиления двух

спектрометрических трактов, их нелинейность и временная нестабильность в достаточной степени компенсируются с помощью описанной в работе процедуры коррекции кодов, проводимой при первичной обработке данных. Показано также, что в принятой геометрии влияние таких эффектов, как: угловые корреляции γ -квантов в каскаде; "перекачка" γ -квантов с детектора на детектор; фон случайных совпадений и регистрация каскадов из трёх и большего числа γ -квантов мало, и не требует введения дополнительных поправок при определении интенсивностей каскадов.

Однако в ДС помимо линий от двухквантовых каскадов с некоторой суммарной энергией может иметься существенный вклад от регистрации каскадов с большей энергией. В данной главе изложен метод учёта влияния этого эффекта.

В этой главе описан также метод улучшения разрешения в ДС при обработке на ЭВМ кодов совпадающих импульсов без потери эффективности регистрации каскадов. Метод основан на том, что положение P_{Σ} пика в спектре суммарных импульсов может быть определено с погрешностью много меньшей, чем ширина пиков в ДС. Отклонение Δ суммы пары совпадающих кодов A_1 и A_2 , попадающих в соответствующий пик в спектре суммарных импульсов, от значения P_{Σ} может быть разложено некоторым образом на два слагаемых. Эти слагаемые вычитаются из значений A_1 и A_2 , и из "исправленных" кодов строится новый ДС. Анализ показал, что в исправленном ДС разрешение улучшается для всех переходов. Проверка на примере ДС, измеренного в реакции $^{35}\text{Cl}(n, 2\gamma)$, показала: в исправленном с помощью предложенного метода ДС разрешение улучшается в 1,2 + 2,6 раза без изменения площадей пиков, т.е. без уменьшения эффективности регистрации каскадов.

Далее в этой главе изложен метод построения схемы уровней ядер на основе полученных ДС. В этом методе очередность вылета квантов в каскаде определяется следующим образом. Все каскады начинаются с одного состояния V_n , образующегося при захвате нейтрона. Поэтому, если в двухквантовых γ -переходах на разные конечные состояния имеются переходы с одинаковой энергией E_1 , то можно предположить, что эти переходы — первичные, и что они идут через одно и то же промежуточное состояние с энергией $V_n - E_1$. Соответствующие вторичные переходы будут отличаться по энергии на величину, равную разности энергий конечных состояний. Т.о. задача выделения первичных переходов сводится к установлению того, какие из пиков в разных ДС соответствуют одному и тому же γ -переходу. Так как положение пиков в ДС определяется с конечной погрешностью, то поставленная задача решалась методом максимального правдоподобия.

Корректность разработанной методики обработки экспериментальной информации была проверена на примере реакции $^{35}\text{Cl}(n, 2\gamma)$. На основании полученных результатов сделан вывод о том, что описанная методика может быть использована для изучения двухквантовых каскадов в реакции $(n, 2\gamma)$.

В третьей главе представлены экспериментальные результаты исследования двухквантовых каскадов, возникающих при захвате тепловых нейтронов ядрами ^{143}Nd , ^{164}Dy и ^{174}Yb . Приводятся схемы возбуждённых состояний ^{144}Nd , ^{165}Dy и ^{175}Yb , полученные на основе анализа экспериментальных данных, а также приводятся результаты корреляционного анализа. Кроме того, проводится обсуждение полученных результатов и их сравнение с данными других работ.

На рис. 4 в качестве примера приведен спектр сумм амплитуд совпадающих импульсов, измеренный в реакции $^{174}\text{Yb}(n, 2\gamma)^{175}\text{Yb}$. Цифры над пиками — суммарные энергии каскадов (кэВ). На рис. 5 представлен дифференциальный спектр, соответствующий пику полного поглощения с энергией 5266 кэВ спектра сумм амплитуд для ^{175}Yb . Так как искажающее влияние различных факторов на полученные ДС мало, то эти спектры после учёта эффективности детекторов без дополнительных

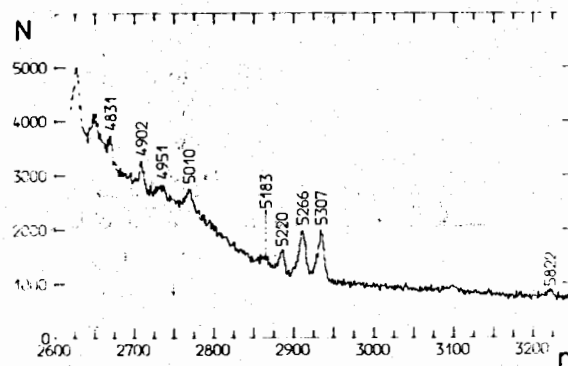


Рис. 4.

поправок использовались для определения интенсивностей и энергий каскадных γ -переходов, разрешённых по энергии.

Результаты анализа ДС представлены в табл. I. В колонках: ΣE_{γ} — суммарная энергия двухквантового каскада; E_f и J^{π} — энергия, спин и чётность конечного уровня каскада; N_k — число выделенных в эксперименте каскадов с данной суммарной энергией и $\Sigma I_{\gamma\gamma}$ — их суммарная абсолютная интенсивность (% на захват).

Анализ полученных данных об энергиях каскадных γ -переходов, выполненный по описанной выше методике, позволил дополнить схемы уровней исследуемых ядер в области промежуточных энергий возбуждения, где другими методами это не удавалось сделать.

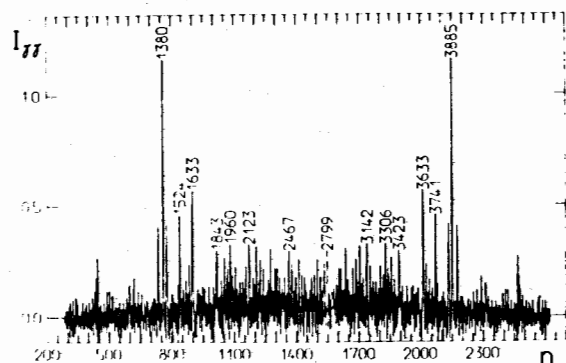


Рис. 5.

В ядре ^{165}Dy выделено 180 каскадов, 113 из них размещено в схеме распада. При этом получены значения энергий 43 уровней в интервале энергии возбуждения $1,1+4,0$ МэВ, причём при энергиях возбуждения $E_f > 3025$ кэВ (т.е. выше последнего известного уровня) найдено 14 новых уровней.

Таблица 1.

Составн. ядро	ΣE_f , кэВ	E_f , кэВ	J^π	N_k	$\Sigma I_{\pi\pi}$
^{144}Nd	7819	0,0	0^+	2	$0,82 \pm 0,28$
	7120	696,5	2^+	18	$19,39 \pm 2,06$
	6504	1314,5	4^+	10	$3,99 \pm 0,91$
	6306	1510,5	3^-	5	$1,89 \pm 0,56$
	6257	1560,8	2^+	4	(0,82)
			ВСЕГО:	39	$26,90 \pm 2,48$
^{165}Dy	5607	108,2	$1/2^-$	37	$5,99 \pm 1,10$
	5556	158,6	$3/2^-$	39	$7,34 \pm 1,64$
	5534	180,9+184,3	$5/2^-, 5/2^-$	33	$5,97 \pm 1,50$
	5176	533,5+538,6	$5/2^-, 3/2^+$	24	$4,53 \pm 1,58$
	5142	570,3+573,6	$1/2^-, 3/2^-$	47	$9,27 \pm 3,56$
			ВСЕГО:	180	$33,10 \pm 4,62$
^{175}Yb	5822	0,0	$7/2^-$	4	$1,50 \pm 0,28$
	5308	514,9	$1/2^-$	37	$10,61 \pm 2,55$
	5266	556,1	$3/2^-$	43	$12,93 \pm 2,93$
	5220	602,8	$5/2^-$	18	$4,21 \pm 2,02$
	5183	639,2	$5/2^-$	10	$1,10 \pm 0,78$
	5010	811,4	$3/2^-$	13	$8,47 \pm 4,34$
	4951	871,7	$5/2^-$	8	$1,34 \pm 0,85$
	4903	920,0	$1/2^-$	13	$2,84 \pm 1,79$
4831	992,3	$3/2^-$	9	$2,45 \pm 1,01$	
			ВСЕГО:	155	$45,45 \pm 6,61$

В ядре ^{175}Yb выделено 155 каскадов. Полученная схема уровней включает 105 каскадов. Выше последнего известного из реакций (n, γ) , (d, p) и (d, t) уровня ($E_f = 2737$ кэВ) обнаружено 13 новых уровней и ещё 16 даются как предположительные (первичному кванту приписываем большую энергию).

В ядре ^{144}Nd исследовано 39 каскадов. В схеме распада размещено 20 каскадов, возбуждающих 12 уровней вплоть до энергии 5725 кэВ. Выше энергии возбуждения 3,5 МэВ найдено 7 новых уровней, из которых 4 определяются как предположительные.

Энергии уровней, лежащих выше известных из реакций (n, γ) , (d, p) и (d, t) схем уровней, для всех трёх ядер приведены в табл. 2.

Таблица 2.

^{144}Nd	^{165}Dy	^{175}Yb	^{175}Yb	^{175}Yb
3563,7	3051,2	3454,8	2770,3	3266,7
(3750,1)	3123,7	3474,0	2861,3	3327,2
(3915,8)	3193,4	3539,7	2777,5	3414,9
(3931,7)	3256,3	3586,7	2903,0	3440,3
(4006,4)	3379,0	3650,7	3022,6	3545,1
5389,9	3421,5	3848,4	3159,9	3578,1
5723,5	3443,1	3978,2	3198,8	

Результаты анализа корреляций интенсивностей каскадов и первичных γ -переходов с парциальными сечениями реакций (d, p) (ядра ^{144}Nd и ^{165}Dy) и (d, t) (ядро ^{175}Yb) представлены в табл. 3.

Таблица 3.

Составн. ядро	№	Число промежуточных уровней	Число каскадов	R_3	$P(R < R_3), \%$
^{144}Nd	1	5	10	0,28	81,50
	2*)	6	-	0,39	78,10
^{165}Dy	1	18	90	0,29	98,99
	2	11	55	0,53	99,28
^{175}Yb	1	7	56	0,30	99,90
	2	7	42	0,46	99,90
^{175}Yb	3	6	36	0,41	99,90
	4*)	7	-	0,38	80,40

*) Расчёт по (2) для интенсивностей первичных γ -переходов.

В таблице даны: число промежуточных уровней, через которые идут включенные в анализ каскады, число таких каскадов, коэффициенты R_3 и величины $P(R < R_3)$ - статистические достоверности наблюдения данного значения R_3 . В случае каскадов расчёт R_3 проводился по выражению (3), причём, поскольку экспериментальных данных о Γ_{ij} для всех трёх исследуемых ядер нет, то в расчётах использовались значения Γ_{ij} , вычисленные на основе статистической теории. В случае одних первичных переходов анализ проводился по формуле (2), в этом случае использовались прямые γ -переходы на уровни, промежуточные или конечные для включенных в анализ каскадов.

Из табл. 3 видно, что для ^{144}Nd статистически значимая корреляция не найдена, что согласуется с предсказаниями статистической теории. Следует отметить, что для ^{144}Nd приведены максимальные коэффициенты R_3 , соответствующие значениям $\alpha = 5 + 7$ и $\beta = 1,5 + 3,5$. При других значениях α и β величина корреляции уменьшается. Отсутствие корреляции в данном ядре закономерно, поскольку, согласно сверхтекучей модели ядра, исследуемые нижние состояния ^{144}Nd имеют коллективную природу.

Для ядер ^{165}Dy и ^{175}Yb в случае каскадов найдены статистически достоверные корреляции, что находится в качественном согласии с предсказаниями теории захвата Лейна и Линна и полумикроскопической модели ядра. В табл. 3 приведены коэффициенты R_3 для значений $\alpha = 3 + 5$ и $\beta = 3 + 5$. В работе показано, что величина R_3 относительно слабо зависит от α и несколько сильнее от β , однако в диапазоне значений $\beta = 3 + 5$ изменения R_3 малы. Обнаружение корреляций в ^{165}Dy и ^{175}Yb указывает на то, что в тяжёлых чётно-нечётных деформированных ядрах одноквазичастичные компоненты волновых функций могут играть существенную роль в образовании каскадов γ -квантов.

В заключении кратко перечислены основные результаты проделанной работы.

Работы, положенные в основу диссертации

- I. Богдзель А.А., Васильева Э.В., Елизаров О.И., Букон Г.П., Осипенко Б.П., Попов В.П., Сухой А.М., Тишин В.Г., Хитров В.А., Хрыкин А.С., Ярковски Я., Язвицкий Ю.С. -Метод суммирования амплитуд совпадающих импульсов с Ge(Li)-детекторов для изучения каскадов гамма-переходов в реакции (n, γ) . -Дубна, 1982-ИИс. (Препринт/Объед. ин-т ядер. исслед.: PI5-82-706).
2. Сухой А.М., Хитров В.А. -Метод улучшения амплитудного разрешения спектров каскадов гамма-переходов при обработке кодов совпа-

дений на электронной вычислительной машине. -ИТЭ, 1984, №5, с.27-30.

3. Попов В.П., Сухой А.М., Хитров В.А., Язвицкий Ю.С. -Исследование γ -распада ядер ^{165}Dy с помощью реакции $(n, 2\gamma)$. -Изв. АН СССР, сер.физ., 1984, т.48, №5, с.891-900.
4. Попов В.П., Сухой А.М., Хитров В.А., Язвицкий Ю.С. - О корреляции между интенсивностями двухквантовых каскадов в реакции $^{164}\text{Dy}(n, 2\gamma)^{165}\text{Dy}$ и эффективными сечениями реакции $^{164}\text{Dy}(d, p)^{165}\text{Dy}$. -Ядерная физика, 1984, т.39, №6, с.1329-1335.
5. Васильева Э.В., Попов В.П., Сухой А.М., Хитров В.А., Язвицкий Ю.С. -Схема уровней ^{175}Yb , возбуждаемых в реакции $^{174}\text{Yb}(n, 2\gamma)$. -Изв. АН СССР, сер.физ., 1984, т.48, №10, с.1907-1913.
6. Попов В.П., Сухой А.М., Хитров В.А., Язвицкий Ю.С. -Схема уровней ^{144}Nd из реакции $(n, 2\gamma)$. -Изв. АН СССР, сер.физ., 1984, т.48, №9, с.1830-1832.
7. Попов В.П., Сухой А.М., Хитров В.А., Язвицкий Ю.С. -О корреляции между парциальными сечениями в реакциях $^{174}\text{Yb}(n, 2\gamma)^{175}\text{Yb}$ и $^{176}\text{Yb}(d, t)^{175}\text{Yb}$. -Дубна, 1985 - Юс. (Препринт/Объед. ин-т ядер. исслед.: P3-85-74).
8. Попов В.П., Сухой А.М., Хитров В.А., Язвицкий Ю.С. -Метод суммирования амплитуд совпадающих импульсов с двух Ge(Li)-детекторов для исследования реакции $(n, 2\gamma)$. -В кн.: Нейтронная физика. -М.: ЦНИИатоминформ, 1984, т.4, с.341-345.
9. Попов В.П., Сухой А.М., Хитров В.А., Язвицкий Ю.С. -Исследование гамма-распада ^{165}Dy с помощью реакции $(n, 2\gamma)$. -В кн.: Тезисы докладов на 34 Совещании по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. -И.: "Наука", 1984, с.133.
10. Попов В.П., Сухой А.М., Хитров В.А., Язвицкий Ю.С. -Обнаружение корреляций интенсивностей каскадных гамма-переходов в реакции $(n, 2\gamma)$ с эффективными сечениями (d, p) и (d, t) процессов. -В кн.: Тезисы докладов на 34 Совещании по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. -И.: "Наука", 1984, с.134.
11. Васильева Э.В., Попов В.П., Сухой А.М., Хитров В.А., Язвицкий Ю.С. -Схема уровней ^{175}Yb из реакции $^{174}\text{Yb}(n, 2\gamma)$. -В кн.: Тезисы докладов на 34 Совещании по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. -И.: "Наука", 1984, с.142.
12. Khitrov V.A., Popov Yu.P., Sukhovich A.M., Yazvitsky Yu.S. - ^{144}Nd , ^{165}Dy and ^{175}Yb Level Schemes from the $(n, 2\gamma)$ Reaction - In : Capture Gamma-Ray Spectroscopy and Related Topics - 1984 (ed. by S. Raman) - New York, American Institutes of Physics, 1985, p.396-398.

Рукопись поступила в издательский отдел
9 декабря 1985 года.