

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 539.143 : 539.163

X-724

6-85-300

ХОЛМАТОВ

Акмалжон Хабибиллаевич

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ОСНОВНЫХ
И ВОЗБУЖДЕННЫХ СОСТОЯНИЙ ЯДЕР ЛАНТАНА
С $A = 132, 133, 134$ И ЭРБИЯ С $A = 164$

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 ядерных проблем
Объединенного института ядерных исследований.

Научные руководители:

доктор физико-математических наук,
профессор

К.Я.Громов

кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник

Т.А.Исламов

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук,
старший научный сотрудник

Н.И.Пятов

кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник

А.А.Сорокин

Ведущее предприятие - физический факультет Ленинградского
государственного университета им. А.А.Жданова.

Защита состоится " ____ " _____ 1985 г.

в _____ часов на заседании специализированного Совета
Д-047.01.03 при Лаборатории ядерных проблем Объединенного инсти-
тута ядерных исследований, г.Дубна, Московской области.

Автореферат разослан " ____ " _____ 1985 г.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Ученый секретарь специализированного Совета
доктор физико-математических наук

Ю.А.Батусов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Настоящая работа является частью исследований по изучению свойств основных и возбужденных состояний нейтронодефицитных изотопов редкоземельных элементов, проводимых в научно-экспериментальном отделе ядерной спектроскопии и радиохимии Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ, с использованием имеющихся в отделе бета-спектрографов с постоянным однородным магнитным полем, комплекса электронной аппаратуры и спектрометров с полупроводниковыми детекторами.

Актуальность темы исследования. Экспериментальное и теоретическое исследование свойств основных и возбужденных состояний ядер является одной из важнейших задач ядерной физики. Получение новых экспериментальных данных и последующее сопоставление их с результатами модельных расчетов ведет не только к уточнению существующих модельных представлений, но и является шагом к достижению завершенной теории атомного ядра.

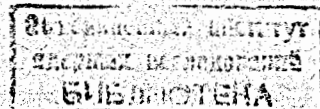
Изотопы лантана с $A = 132, 133$ и 134 расположены в переходной области ядер. Изучение структуры их основных и возбужденных состояний позволяет получить сведения, необходимые для понимания свойств ядер при переходе от сферических нуклидов к нуклидам деформированным.

При исследовании свойств распада ^{164}Tm продемонстрирована усовершенствованная методика получения и обработки бета-спектрограмм для обнаружения новых ЕО-переходов, разряжающих сравнительно высоколежащие возбужденные 0^+ -уровни ^{164}Er .

Цель работы. Выполнение методических исследований для получения при помощи бета-спектрографов надежных и достоверных данных об энергии и интенсивностях электронов внутренней конверсии (ЭК) при распаде радионуклидов.

Проведение исследований с целью нахождения рабочих условий для автордиографического усиления изображений слабых линий ЭК на фото-пластинках с помощью радиоактивной серы-35.

Экспериментальное исследование распада изотопов $^{132-134}\text{Ce}$ и ^{164}Tm на основе выполненных методических разработок для получения новой информации о структуре состояний дочерних ядер $^{132-134}\text{La}$ и ^{164}Er . Анализ особенностей схем распада указанных ядер и свойств их возбужденных состояний.



Научная новизна. Расширен в два раза диапазон используемых плотностей почернения (Д); экспериментально найдено значение параметра $C = 6,2(2)$, определяющего нелинейность зависимости Д от числа электронов (экспозиции); построена спектральная чувствительность фотоэмульсии типа Р-50 с использованием новых реперных линий ЭК (от 3 до 1100 кэВ; для электронов < 35 кэВ такая зависимость получена впервые); получена простая эмпирическая формула $E_e \approx 13,62 \cdot d^{0,63}$, связывающая значение энергии электронов (E_e в кэВ) при максимуме спектральной чувствительности фотоэмульсии с толщиной (d в мкм) эмульсионного слоя; проанализированы источники ошибок, возникающих при определении относительных интенсивностей ЭК на бета-спектрографе.

Усовершенствован метод усиления изображений линий конверсионных электронов (КЭ) на фотопластинках с целью выявления и получения количественной информации о слабых по интенсивности ЭК γ -переходах.

В спектрах изученных нуклидов $^{132-134}\text{Ce}$ идентифицировано 52 новых γ -переходов; впервые определены мультипольности для 90 γ -переходов, причем для 13 γ -переходов по L-структуре определены σ^2 -коэффициенты смешивания мультипольностей; схема уровней ^{132}La дополнена двумя возбужденными состояниями; определены и уточнены квантовые характеристики более 20 уровней $^{132-134}\text{La}$; в нечетно-нечетных ядрах $^{132,134}\text{La}$ идентифицировано 17 состояний с $J^\pi = I^+$; проведен анализ вероятностей радиационных переходов, разряжающих низколежащие возбужденные состояния ^{133}La ; построена бета-силовая функция распада ^{133}Ce .

Проведены прецизионные исследования спектров ЭК, γ -лучей и γ - γ -совпадений при распаде ^{164}Tm . Идентифицировано 50 новых γ -переходов. Впервые определены мультипольности 50 γ -переходов. Наблюдено 6 новых ЕО-переходов и 15 переходов с мультипольностью $M1+E2+EO$; впервые наблюдаются ЕО-переходы между возбужденными состояниями 0^+ в ядре ^{164}Er ; предложена схема распада $^{164}\text{Tm} \rightarrow ^{164}\text{Er}$ (37 возбужденных состояний, из них 4 новых) и определены квантовые характеристики уровней. Однозначно идентифицированы четыре 0^+ -возбужденных состояния ^{164}Er , предположено существование еще трех возбужденных 0^+ -уровней. Наблюдены уровни вращательных полос для всех возбужденных 0^+ -состояний. По рассчитанным параметрам Расмуссена $X = B(E0)/B(E2)$ проведен анализ структуры 0^+ -состояний ^{164}Er и показано, что эти состояния имеют различную природу.

Практическая ценность настоящей диссертационной работы состоит в том, что расширена (в два раза) область экспериментального определения относительных интенсивностей линий КЭ по плотности почернения фотоэмульсий на бета-спектрографах. Усовершенствованный метод усиления пригоден как для усиления плотности почернений линий КЭ, так и для фотографических изображений.

Полученные новые экспериментальные результаты найдут применение в теоретической ядерной физике при анализе структуры сложных ядер, для проверки и развития ядерных моделей и определения области их применимости.

Достоверность приводимых в диссертации экспериментальных данных обоснована корректной постановкой экспериментов, высокими характеристиками и надежностью использованных установок, подтверждением количественных результатов в различных постановках экспериментов, а также согласием с ранее известными результатами.

На защиту выносятся следующие положения и результаты:

1. Результаты методических исследований по расширению диапазона плотностей почернений и по улучшению точности определения относительных интенсивностей линий КЭ на бета-спектрографе.

2. Результаты исследований по определению рабочих условий для автордиографического метода усиления изображений слабых линий КЭ с помощью серн-35.

3. Экспериментальные данные об энергиях и интенсивностях гамма-квантов и ЭК, мультипольностях γ -переходов при распаде $^{132-134}\text{Ce}$ и ^{164}Tm .

4. Схемы распада $^{132-134}\text{Ce}$ и ^{164}Tm . Выводы о квантовых характеристиках возбужденных состояний $^{132-134}\text{La}$ и ^{164}Er .

5. Результаты анализа и интерпретации свойств возбужденных состояний ядер $^{132-134}\text{La}$ и ^{164}Er .

Апробация работы. Основные результаты исследований обсуждались на семинарах по физике атомного ядра ЛЯП ОИЯИ и докладывались на XXX, XXXII-XXXV совещаниях по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра (Ленинград (1980 г., 1985 г.), Москва (1983 г.), Алма-Ата (1984 г.)).

Публикации. Основные результаты исследований представлены в II работах, опубликованных в виде статей в журналах Изв. АН СССР, Изв. АН УзССР, в виде препринтов ОИЯИ, а также в тезисах докладов.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения; изложена на 173 страницах машинописного текста, включая 25 таблиц на 47 страницах, 35 рисунков и список литературы из 140 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цель работы, научная новизна и основные положения диссертации, приводится краткое содержание отдельных глав.

В первой главе описаны установки, использованные в экспериментальных исследованиях, способы приготовления радиоактивных источников и результаты выполненных методических работ по обработке бета-спектрограмм.

Основные экспериментальные результаты были получены с помощью комплекса бета-спектрографов с постоянным однородным магнитным полем. Для проведения исследований спектров ЭК радионуклидов в научно-экспериментальном отделе ядерной спектроскопии ЛЯП ОИЯИ используются четыре бета-спектрографа: СП-1 ($H = 60$ Гс), СП-2 (37 Гс), СП-4 (H изменялась в зависимости от поставленной задачи) и СП-5 (220 Гс). Для изучения спектров γ -лучей и γ - γ -совпадений применялись спектрометры с Ge (Li)-детекторами.

Проведен анализ точности результатов измерений относительных интенсивностей линий КЭ для нескольких нейтронодефицитных изотопов, спектры КЭ которых измерялись как на бета-спектрографах, так и при помощи различных приборов ядерной спектроскопии. Следует отметить, что, хотя точность таких измерений, в целом, невелика (4±20%), проведенный анализ показывает, что такие характеристики бета-спектрографа как высокая разрешающая способность ($\Delta H/H \leq 0,05\%$), возможность регистрировать электроны в широком энергетическом диапазоне (3+3000 кэВ) и др. позволяют получить с помощью этих приборов весьма ценную информацию об относительных интенсивностях ЭК.

Экспериментально исследована нелинейная зависимость плотности почернения (D) от числа электронов, упавших на фотопластинку:

$D = C \lg(1 + \epsilon N t)$, где $\epsilon N t = Q$ - электронная плотность; ϵ - спектральная чувствительность эмульсии; N - число электронов, упавших на фотослой за единицу времени; t - время экспозиции; D - плотность почернения. Задача состоит в нахождении параметра C , определяющего нелинейность зависимости D от t . Зависимость исследована двумя способами. В первом случае фотопластинки типа Р-50 экспонировались электронами от источника ^{169}Yb методом прямого облучения. Зависимость $D = D(t)$ для одной пластинки показана на рис.1. Во втором случае зависимость строилась с использованием D в максимумах ряда линий КЭ ^{169}Yb при разных экспозициях фотопластинок на бета-спектрографе.

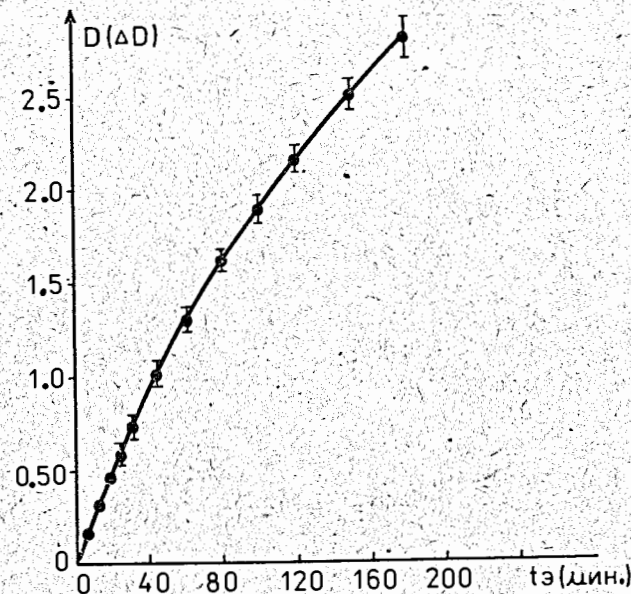


Рис.1. Зависимость плотности почернения (D) от времени ($t_{\text{э}}$) экспозиции фотопластинки.

Величина параметра C , средневзвешенная из всех полученных значений, оказалась равной 6,2(2). Экспериментально найденное значение C позволяет определить относительные интенсивности ЭК в диапазоне $D = 0,05 \pm 2,7$.

Построена зависимость чувствительности фотоэмульсии типа Р-50 от энергии электронов (рис.2). При этом использованы одиночные хорошо разрешенные линии КЭ изотопов ^{169}Yb , ^{135}Ce , ^{163}Tm и ^{172}Lu . Получена эмпирическая формула, связывающая значение энергии электронов при максимуме спектральной чувствительности фотоэмульсии от толщины эмульсионного слоя: $E_e = 13,62 \cdot d^{0,63}$, где E_e - значение начальной энергии электронов (в кэВ), при которой фотоэмульсия с толщиной d (мм) имеет максимальную чувствительность. Для случая ($d = 70$ мм), рассмотренного в диссертации, эмпирическая формула дает $E_e = 198$ кэВ, что совпадает с положением пика экспериментально построенной спектральной чувствительности (рис.2).

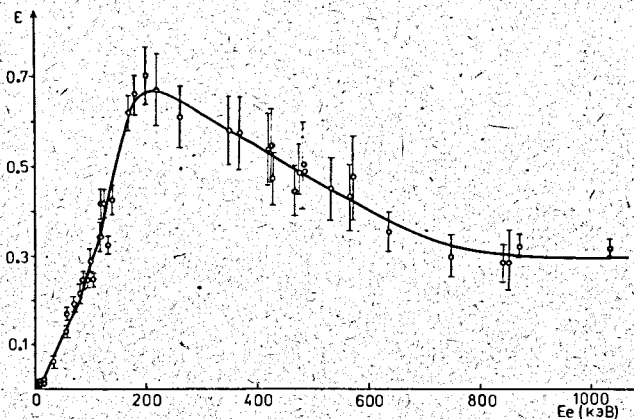


Рис.2. Зависимость спектральной чувствительности (ϵ) фотоэмульсий типа Р-50 от энергии электронов.

Продолжены исследования и определены оптимальные рабочие условия для автордиографического метода усиления * фотоизображений с помощью серы-35: удельная активность серы-35 в активирующем растворе - 0,1-0,3 мКи/мл; концентрация Na_2S - 0,1-0,2%; продолжительность обработки фотопластинок в активирующем растворе - 15-20 мин.; экспозиция при автордиографии - от 20 мин. до 2 час.

С целью выявления слабых по интенсивности линий ЭК γ -переходов и оценки их интенсивности усовершенствованная методика применена для всех изотопов, спектры ЭК которых изучались в настоящей работе. Для примера на рис.3 показан участок спектра ЭК изотопов церия. Обычно в усиленных спектрах (рис.3б) удается наблюдать линии (как правило, малоизученные или новые), которые не видны в первоначальном спектре (рис.3а).

Во второй главе изложены результаты экспериментальных исследований основных и возбужденных состояний $^{132,134}La$ при распаде соответствующих изотопов церия.

Исследование спектров γ -лучей и ЭК ^{132}Ce в диапазоне энергий от 10 до 850 кэВ позволило наблюдать 56 γ -переходов, из них 36 новых. Для 36 γ -переходов были определены мультипольности, из них для 27 - впервые. Из отношений интенсивностей L_1 -, L_2 - и L_3 -линий ЭК определены и уточнены смеси мультипольностей для следующих γ -переходов:

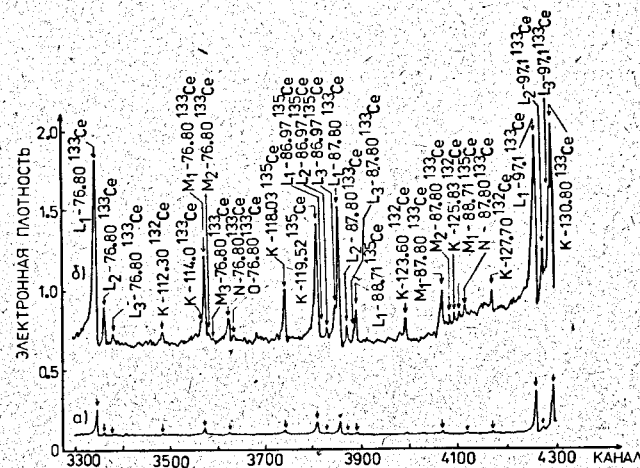


Рис.3. Участок спектра ЭК цериевой фракции. а) до усиления; б) после усиления.

26,65 кэВ - $M1+0,06(2)\% E2$; 34,71 кэВ - $M1+0,08(3)\% E2$; 61,49 кэВ - $M1+16(7)\% E2$; 62,27 кэВ - $M1+0,21(6)\% E2$.

Предложена схема распада ^{132}Ce , включающая 13 возбужденных состояний ^{132}La (рис.4). Введены новые уровни ^{132}La с энергиями 279,1 и 820,0 кэВ. Полученные сведения о мультипольностях γ -переходов при распаде ^{132}Ce и экспериментальные данные о вероятностях β -переходов ($lgft$) на уровни ^{132}La позволяют приписать уровням 155,4 и 216,8 кэВ квантовые характеристики $J^\pi = 2^+$. Эти же аргументы позволяют предложить характеристики $J^\pi = 1^+$ для всех остальных уровней ^{132}La . Из анализа приведенной вероятности γ -перехода с энергией 26,7 кэВ можно предполагать, что уровень 182,1 кэВ относится к мультиплету конфигурации $[p(d_{5/2}), n(d_{3/2})]_{1+}$. Тогда уровень 155,4 кэВ может иметь конфигурацию $[p(g_{7/2}), n(d_{3/2})]_{2+}$.

Исследование спектров ЭК изотопов церия в диапазоне энергий от 10 до 500 кэВ позволило обнаружить и определить относительные интенсивности линий ЭК 28 γ -переходов, связанных с распадом ^{134}Ce . Определены мультипольности для 26 γ -переходов, из них для 23 - впервые. Из отношений интенсивностей L -линий ЭК определен мультипольный состав γ -переходов: 22,7 кэВ - $M1+1,5(3)\% E2$; 31,9 кэВ - $M1+2,8(6)\% E2$; 39,1 кэВ - $M1+1,9(5)\% E2$; 130,4 кэВ - $M1+0,18(9)\% E2$; 162,3 кэВ - $M1+36(14)\% E2$.

* К.Я.Громов и др. Препринт ОИЯИ, Р-2276, Дубна, 1965.

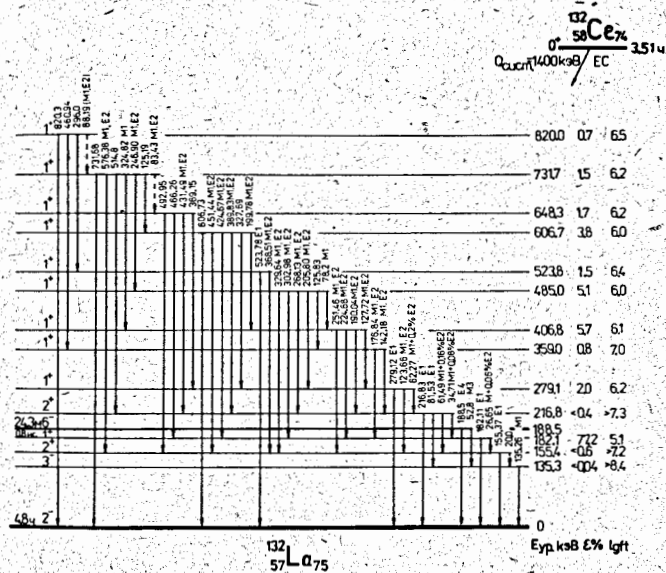


Рис.4. Схема распада $^{132}\text{Ce} \rightarrow ^{132}\text{La}$.

Предложена схема распада ^{134}Ce , включающая 10 возбужденных состояний ^{134}La (рис.5). Полученные сведения о мультипольностях γ -переходов при распаде ^{134}Ce позволяют заключить, что все возбужденные уровни ^{134}La имеют положительную четность. Эти же данные позволяют ограничить выбор спинов для них значениями 1 и 2. Более определенные выводы о спинах (см. рис.5) возникают, если привлечь к рассмотрению экспериментальные данные о вероятностях β -переходов ($\text{lg}f$) на уровни ^{134}La .

Таким образом, среди возбужденных уровней нечетно-нечетных ядер $^{132}, ^{134}\text{La}$ идентифицирован ряд состояний с $J^{\pi} = I^+$. Некоторые из этих состояний могут быть интерпретированы как двухквартичные, а появление остальных I^+ состояний может быть генерировано изовекторными спиновыми силами типа $\propto \sigma_1 \sigma_2 \tau_1 \tau_2$ с включением небольшой деформации для ядер этой области *.

* Д.И.Саламов. В кн.: Программа и тезисы докладов XXV совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра, "Наука", Л., 1975, с.198.

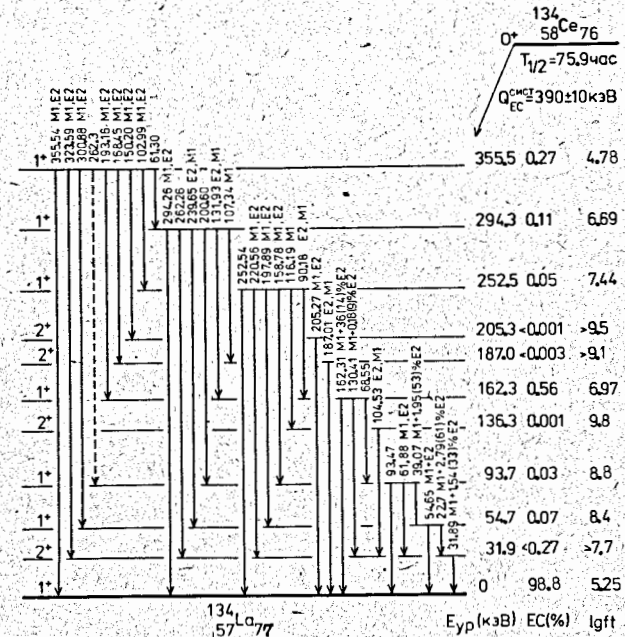


Рис.5. Схема распада $^{134}\text{Ce} \rightarrow ^{134}\text{La}$.

В третьей главе изложены результаты экспериментальных исследований спектров ЭВК при распаде изомеров ^{133}Ce с $T_{1/2} = 4,9$ час. и $T_{1/2} = 97$ мин.

Исследование спектра ЭВК периевой фракции в диапазоне 20-650 кэВ позволило определить относительные интенсивности линий КЭ 70 γ -переходов (из них I6 - новых) 5-часового ^{133}Ce и 5 γ -переходов 97-минутного ^{133}Ce . По L-структуре ЭВК определены отношения смешивания мультипольностей (σ^2) следующих γ -переходов: 42,7 кэВ - $M1+2,5(6)\% E2$; 76,9 кэВ - $M1+0,3(1)\% E2$; 87,9 кэВ - $M1+0,26(14)\% E2$; 97,3 кэВ - $M1+2,4(5)\% E2$; 130,8 кэВ - $M1+(5,4+0,9)\% E2$ (см. рис.6). Выводы о мультипольности для 40 γ -переходов сделаны впервые.

К настоящему времени к распаду 5-часового ^{133}Ce отнесены около 300 γ -переходов и они размещены между 64 возбужденными уровнями ^{133}La . Фрагмент схемы распада 5-часового ^{133}Ce показан на рис.7, где также приведена схема распада 97-минутного ^{133}Ce .

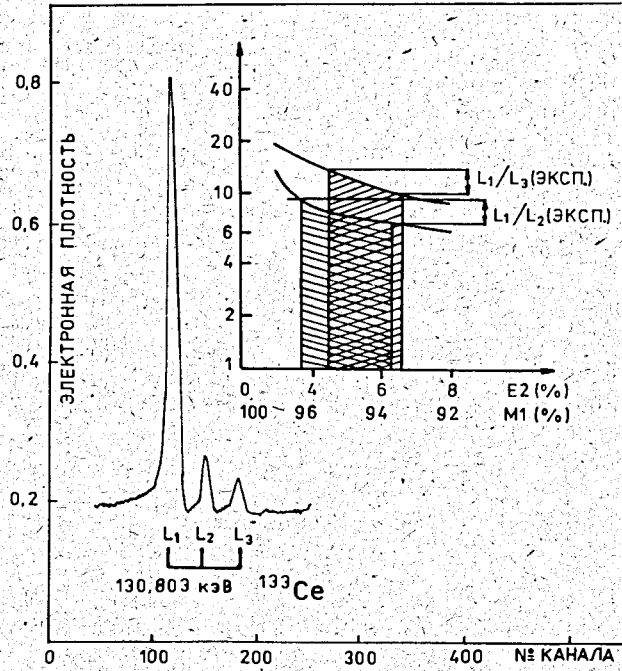


Рис. 6. К определению мультипольности γ -перехода 130,803 кэВ при распаде 5-часового ^{133}Ce .

Определенные сведения о структуре уровней ^{133}La можно получить, изучая вероятности γ -переходов, разряжающих эти состояния. Такой анализ вероятностей γ -переходов ^{133}Ce , разряжающих низколежащие возбужденные состояния ^{133}La , приведен в таблице I. Величины $F_{\text{зам.}}^{\text{Мшк.}}(\text{M1}) < 46$ и $F_{\text{уск.}}^{\text{Мшк.}}(\text{E2}) > 42$ для γ -перехода 97,3 кэВ скорее всего свидетельствуют о коллективной природе состояния 97,3 кэВ. Аналогичный анализ позволяет сделать вывод о том, что γ -переход 130,8 кэВ является ℓ -запрещенным М1-переходом типа $P(3/2 \rightarrow d5/2)$.

На основании экспериментальных данных ^{133}La установлены и уточнены квантовые характеристики восьми уровней ^{133}La и построена бета-силовая функция распада ^{133}Ce .

Таблица I. Анализ вероятностей переходов, разряжающих уровни 87,9; 97,3; 130,8; 174,0 и 535,6 кэВ в ядре ^{133}La .

Эур. кэВ	$T_{1/2} \cdot 10^{-9}$ сек.	E_{γ} кэВ	$J_i^{\pi_i} \rightarrow J_f^{\pi_f}$	GL	$T_{1/2}(\sigma L)_{\text{эксп.}}$ сек.	$F_{\text{зам.}}^{\text{Мшк.}}(\sigma L)$
87,9	1,3(1)	87,9	$5/2^+ \rightarrow 5/2^+$	M1+	$3,39 \cdot 10^{-9}$	97
				0,26(14)% E2	$1,30 \cdot 10^{-6}$	0,6
97,3	< 0,4	97,3	$3/2^+ \rightarrow 5/2^+$	M1+	$< 9,15 \cdot 10^{-10}$	< 46
				2,4(5)% E2	$< 3,81 \cdot 10^{-8}$	< 0,02
130,8	1,12(18)	42,7	$7/2^+ \rightarrow 5/2^+$	M1+	$4,06 \cdot 10^{-7}$	1322
				2,5(6)% E2	$1,56 \cdot 10^{-5}$	0,2
130,8		130,8	$7/2^+ \rightarrow 5/2^+$	M1+	$1,86 \cdot 10^{-9}$	174
				$5,4^{+1,2}_{-0,9}$ % E2	$3,27 \cdot 10^{-8}$	0,1
174,0	0,83(18)	76,9	$1/2^+ \rightarrow 3/2^+$	M1+	$2,83 \cdot 10^{-9}$	54
				$0,32^{+0,14}_{-0,18}$ % E2	$8,83 \cdot 10^{-7}$	0,2
		174,0	$1/2^+ \rightarrow 5/2^+$	E2	$1,07 \cdot 10^{-7}$	1,2
535,6	63,9(45)	58,4	$11/2^- \rightarrow 9/2^+$	E1	$1,36 \cdot 10^{-7}$	34430
		404,7	$11/2^- \rightarrow 7/2^+$	M2+	$2,23 \cdot 10^{-6}$	76
				< 31% E3	$< 4,95 \cdot 10^{-6}$	< 0,001
		535,6	$11/2^- \rightarrow 5/2^+$	E3	$2,18 \cdot 10^{-5}$	0,2

Примечание: При расчете $F_{\text{зам.}}^{\text{Мшк.}}(\sigma L)$ учет статистического множителя не производился.

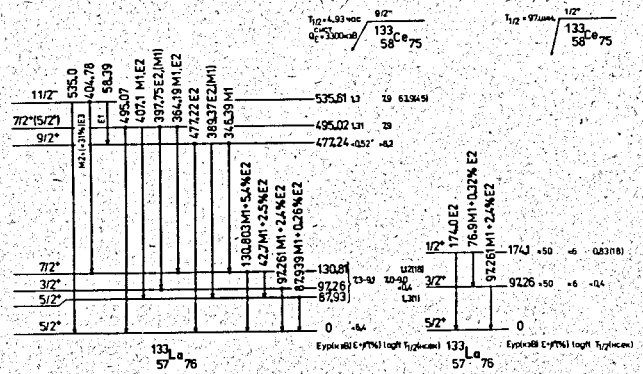


Рис.7. Фрагмент схемы распада 5-часового ^{133}Ce ; схема распада 97-минутного ^{133}Ce .

В четвертой главе диссертации приведены результаты экспериментальных исследований спектров ЭЖК, γ -лучей и γ - γ -совпадений при распаде ^{164}Tm ($T_{1/2} = 2$ мин.) и 0^+ -состояний в ядре ^{164}Er .

В диапазоне энергий от 3 до 3000 кэВ обнаружено 142 γ -перехода ^{164}Tm , из них 50 новых. Определены мультипольности 76 переходов, из них 49 – впервые. В спектрах ЭЖК при распаде ^{164}Tm идентифицировано десять переходов типа ЕО: 407,0; 456,4; 519,8; 926,6; 1246,1; 1416,6; 1702,1; 1765,8; 1841,6 и 2172,5 кэВ, из них 407,0; 456,4; 519,8; 926,6; 1416,6; 1841,6 кэВ – впервые. В таблице 2 представлены результаты сравнения экспериментальных значений (или оценок) α_k с расчетными для М1 и Е2 мультипольностей (появление γ -переходов более высокой мультипольности при распаде ^{164}Tm ($J^{\pi}_k = 1^{\pm}1$) маловероятно).

Для всех ЕО-переходов, кроме 407,0; 1416,6 и 1841,6 кэВ, экспериментально измерены разности энергий К- и L-линий ЭЖК. Они однозначно показывают, что переходы происходят в ядре эрбия. Для всех ЕО-переходов (см. табл.2), кроме переходов 926,6; 1416,6 и 1841,6 кэВ, в спектре γ -лучей равновесной смеси $^{164}\text{Yb} - ^{164}\text{Tm}$ нет γ -лучей близкой энергии. Обнаруженные ЕО-переходы (кроме 1841,6 кэВ) по энергии хорошо размещаются между возбужденными состояниями ^{164}Er типа 0^+0 (см. рис.8), установленными в γ - γ -совпадениях. Необходимо отметить, что в настоящей работе впервые наблюдались ЕО-переходы между возбужденными состояниями типа 0^+ в ядре ^{164}Er . При распаде ^{164}Tm

Таблица 2. К определению мультипольности переходов типа ЕО и ЕО+М1+Е2 при распаде ^{164}Tm .

$E_{\gamma}(\Delta E_{\gamma})$, кэВ	эксп.		теор.		Вывод о мультипольности
	α_k	α_k	α_k	α_k	
	$\times 10^3$				
407,0(1)	>60		53	23	ЕО
456,4(2)	>180		38	17	ЕО
474,2(2)	83(30)		35	15	М1+Е2+ЕО
519,76(21)	>50		28	12	ЕО
794,62(52)	47(18)		9,4	4,5	М1+Е2+ЕО
926,6(4)	>130		6,7	3,4	ЕО
963,96(3)	32(11)		6,0	3,1	М1+Е2+ЕО
1170,4(4)	>20		3,7	2,1	М1+Е2+ЕО
1223,17(6)	7(1)		3,3	1,9	М1+Е2+ЕО
1246,1(4)	>400		3,2	1,8	ЕО
1392,30(11)	11(3)		2,4	1,5	М1+Е2+ЕО
1416,6(5)	8,4(15)		2,3	1,4	ЕО
1696,85(11)	3,8(8)		1,7	1,1	М1+Е2+ЕО
1702,1(4)	>23		1,7	1,1	ЕО
1742,07(11)	4,4(13)		1,6	1,1	М1+Е2+ЕО
1765,8(4)	>130		1,6	1,1	ЕО
1819,72(10)	3,0(7)		1,4	1,04	М1+Е2+ЕО
1841,6(5)	>30		1,4	1,0	ЕО
1862,50(11)	2,4(8)		1,4	1,0	М1+Е2+ЕО
2172,5(4)	>400		0,9	0,8	ЕО
2186,52(41)	20(7)		0,9	0,75	М1+Е2+ЕО

идентифицировано также 15 переходов с мультипольностью М1+Е2+ЕО. В таблице 2 приведены данные только о тех М1+Е2+ЕО-переходах, которые размещаются между возбужденными уровнями ^{164}Er .

Схема распада ^{164}Tm включает в себя 37 возбужденных состояний ^{164}Er . На основе γ - γ -совпадений и сумм энергий γ -переходов введены четыре новых уровня: 1568,68; 2032,11; 2254,29 и 2444,35 кэВ. Определены и уточнены квантовые характеристики J^{π}_k уровней 1483,6 кэВ – 2^+0 ; 1568,7 кэВ – 3^- ; 1577,6 кэВ – 1^+0 ; 2444,4 кэВ – 2^+ и 2474,7 кэВ – 2^+ . Состояния с $J^{\pi}_k = 0^+0$ и их ротационные уровни, возбуждающиеся при распаде ^{164}Tm , изображены на рис.8. Существование четырех возбужденных уровней типа 0^+ : 1246,1 кэВ; 1702,2 кэВ; 1765,8 кэВ; 2172,8

Таблица 3. Отношение приведенных вероятностей (параметр Расмуссена) $X = B(E0)/B(E2)$ для ЕО-переходов в ^{164}Er .

$X_{ij}^{(j)}$	$(E_{ур. кэВ})_i$	$E_{\gamma}(E0),$ кэВ	$E_{\gamma}(E2),$ кэВ	$X_{ij}^{(j)}$	$\bar{X}_{ij}^{(j)}/X_{ij}^{(j)}$
$X_{2II}^{(0)}$	1246,05	1246,05	1154,69	0,3(1)	1,0
$X_{2II}^{(2)}$	1314,48	1223,17	1223,17	0,3(1)	0,35(15)
$X_{2II}^{(4)}$	1469,89	1170,4	1170,4	1,0(5)	1,0(6)
$X_{3II}^{(0)}$	1416,54	1416,54	1325,15	0,14(5)	1,0
$X_{3II}^{(2)}$	1483,57	1392,30	1392,30	0,9(3)	1,8(8)
$X_{4II}^{(0)}$	1702,17	1702,1	1610,67	0,07(2)	1,0
$X_{4II}^{(2)}$	1788,37	1696,85	1696,85	0,64(19)	2,7(12)
$X_{422}^{(0)}$	1702,17	456,4	(387,7)	>0,1	1,0
$X_{422}^{(2)}$	1788,37	474,2	474,2	0,10(3)	<0,4
$X_{5II}^{(0)}$	1765,81	1765,8	1674,3	0,50(15)	1,0
$X_{5II}^{(2)}$	1833,34	1742,07	1742,07	0,9(3)	0,5(2)
$X_{522}^{(0)}$	1765,81	519,76	(451,3)	>0,05	
$X_{6II}^{(0)}$	1841,6	1841,6	1750,23	2,3(7)	1,0
$X_{6II}^{(2)}$	1911,10	1819,72	1819,72	0,7(2)	0,08(4)
$X_{7II}^{(2)}$	1953,91	1862,50	1862,50	0,50(15)	
$X_{8II}^{(0)}$	2172,76	2172,5	2081,27	4,5(15)	1,0
$X_{8II}^{(2)}$	2278,09	2186,52	2186,52	14,0(60)	0,9(5)
$X_{822}^{(0)}$	2172,76	926,5	(858,3)	>2,9	1,0
$X_{822}^{(2)}$	2278,09	963,96	963,96	0,7(3)	<0,06
$X_{855}^{(0)}$	2172,76	407,0	(339,4)	>0,02	
$X_{833}^{(2)}$	2278,09	794,62	794,62	0,5(2)	

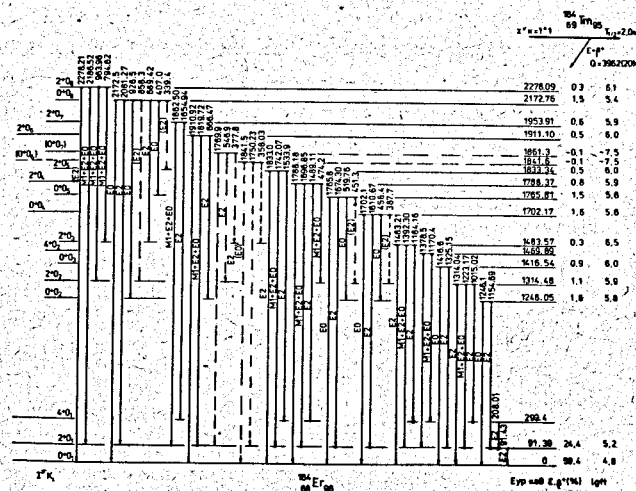


Рис. 8. Фрагмент схемы распада $^{164}\text{Tm} \rightarrow ^{164}\text{Er}$. Состояния типа 0^+ в ^{164}Er и связанные с ними ротационные уровни.

кэВ и их вращательных состояний установлено на основе γ - γ -совпадений и равенства сумм энергий переходов, разряжающих эти уровни. Квантовые характеристики ($J^{\pi}K$) этих уровней определяются ЕО-переходами с этих уровней в основное состояние, ЕО-переходами между уровнями и мультипольностью других переходов с этих уровней.

Среди уровней, возбуждающихся при распаде ^{164}Tm , наблюдаются три уровня с $J^{\pi}K = 2^+0$, отличающихся заметной примесью ЕО-компоненты в переходах с них на 2^+0 уровень полосы основного состояния. Их энергии: 1483,6 кэВ, 1911,1 кэВ и 1953,9 кэВ. Предположив, что эти уровни являются вращательными над новыми 0^+ -состояниями, мы предприняли поиски соответствующих им основных состояний. Анализ экспериментальных данных позволяет предположить существование 0^+ -уровней с энергиями 1416,6 кэВ, 1841,6 кэВ и 1861,3 кэВ.

В таблице 3 приведены вычисленные значения параметра $X = B(E0)/B(E2)$. Величины X обнаруживают довольно большой разброс от $X_{4II}^{(0)} = 0,07(2)$ до $X_{8II}^{(0)} = 4,5(15)$, что говорит о значительном различии природы рассматриваемых 0^+ -состояний.

В заключении приводятся основные результаты, полученные в диссертации.

1. С целью получения при помощи бета-спектрографов надежных и достоверных данных об энергии и интенсивностях электронов внутренней конверсии (ЭК) при распаде $^{132-134}\text{Ce}$ и ^{164}Tm проведены методические

исследования по получению бета-спектрограмм и их обработке. При этом расширен в два раза диапазон используемых плотностей почернения (D); экспериментально найдено значение параметра $C = 6,2(2)$, определяющего нелинейность зависимости D от числа электронов (экспозиции); построена спектральная чувствительность фотозумьльсии типа Р-50 с использованием новых реперных линий ЭК (от 3 до 1100 кэВ; для электронов < 35 кэВ такая зависимость получена впервые); получена эмпирическая формула $E_e \approx 13,62 \cdot d^{0,63}$, связывающая значение энергии электронов (E_e в кэВ) при максимуме спектральной чувствительности фотозумьльсии с толщиной (d в мкм) эмульсионного слоя; проанализированы источники ошибок, возникающих при определении относительных интенсивностей ЭК на бета-спектрографе; проведено сравнение результатов по определению интенсивностей ЭК, полученных разными авторами и на различных приборах ядерной спектроскопии; проведены исследования и определены рабочие условия для автордиографического метода усиления изображений линий КЭ на фотопластинках с целью получения количественной информации и выявления слабых по интенсивности ЭК γ -переходов.

2. Проведены прецизионные исследования спектров ЭК при распаде $^{132-134}\text{Ce}$ и γ -лучей при распаде ^{132}Ce . В спектрах изученных нуклидов идентифицировано 157 (из них 52 новых) γ -переходов; определены мультипольности для 120 γ -переходов (из них для 90 - впервые), причем для 13 γ -переходов по L -структуре определены δ^2 -коэффициенты смешивания мультипольностей.

3. Предложены схемы распадов $^{132-134}\text{Ce}$. Схема уровней ^{132}La дополнена двумя возбужденными состояниями; определены и уточнены квантовые характеристики более 20 уровней $^{132-134}\text{La}$; в нечетно-нечетных ядрах $^{132,134}\text{La}$ идентифицировано 17 состояний с $J^\pi = I^+$; проведен анализ вероятностей радиационных переходов, разряжающих низлежащие возбужденные состояния ^{133}La ; построена бета-силовая функция распада ^{133}Ce .

4. Проведены прецизионные исследования спектров ЭК, γ -лучей и γ - γ -совпадений при распаде ^{164}Tm . Идентифицировано 142 γ -перехода (из них 50 - впервые), для большинства из них определены мультипольности, а для 50 - впервые. Наблюдено десять $E0$ -переходов (из них 6 новых) и 15 переходов с мультипольностью $M1+E2+E0$; впервые наблюдаются $E0$ -переходы между возбужденными состояниями 0^+ в ядре ^{164}Er .

5. Предложена схема распада $^{164}\text{Tm} \rightarrow ^{164}\text{Er}$ (37 возбужденных состояний, из них 4 новых) и определены квантовые характеристики уровней. Однозначно идентифицированы четыре 0^+ -возбужденных состояния ^{164}Er ; предположено существование еще трех возбужденных 0^+ -уров-

ней. Наблюдены уровни вращательных полос для всех возбужденных 0^+ -состояний. По рассчитанным параметрам Расмуссена $X = B(E0)/B(E2)$ проведен анализ структуры 0^+ -состояний ^{164}Er и показано, что эти состояния имеют различную природу.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Абдуразаков А.А., Громов К.Я., Исламов Т.А., Кононенко Г.А., Холматов А.Х., Цупко-Ситников В.М. Погрешности определения относительных интенсивностей линий конверсионных электронов на бета-спектрографе. - Дубна, 1984. - 10 с. (Препринт/Объед. ин-т ядерн. исслед.: 6-84-597).
2. Громова И.И., Громов К.Я., Исламов Т.А., Лебедев Н.А., Умаров Г.Я., Холматов А.Х., Яшин С.Н. О автордиографическом методе усиления фотоизображений. - Изв. АН УзССР, сер. физ.-мат. наук, 1984, № 5, с. 84-88.
3. Абдуразаков А.А., Вылов Ц., Желев Ж., Исламов Т.А., Калинин В.Г., Михайлова М.М., Холматов А.Х. Возбужденные состояния нечетно-нечетного ядра ^{132}La . - Изв. АН СССР, сер. физ., т. 49, № 1, 1985, с. 2-5.
4. Исламов Т.А., Лебедев Н.А., Холматов А.Х. Электроны внутренней конверсии при распаде ^{134}Ce и уровни ^{134}La . - Изв. АН СССР, сер. физ., 1984, т. 48, № 10, с. 1920-1923.
5. Громов К.Я., Исламов Т.А., Кононенко Г.А., Лебедев Н.А., Морозов В.А., Муминов Т.М., Холматов А.Х. Исследование спектра конверсионных электронов ^{133}Ce . - Изв. АН СССР, сер. физ., 1984, т. 48, № 9, с. 1825-1829.
6. Исламов Т.А., Морозов В.А., Холматов А.Х. О схеме распада ^{133}Ce . - Изв. АН СССР, сер. физ., т. 48, № 10, 1984, с. 2040-2044.
7. Абдуразаков А.А., Громов К.Я., Исламов Т.А., Караходжаев А., Кононенко Г.А., Тангабаев А.А., Холматов А.Х., Фоминих М.И., Цупко-Ситников В.М. Количественный анализ бета-спектрограмм, получаемых на магнитных спектрографах. - В кн.: Тезисы докладов XXX совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра (Ленинград), Л., 1980, "Наука", с. 552.
8. Абдуразаков А.А., Громов К.Я., Дитлов В.А., Исламов Т.А., Караходжаев А., Кононенко Г.А., Холматов А.Х., Цупко-Ситников В.М. Спектральная чувствительность фотозумьльсии типа Р к электронам. - В кн.: Тезисы докладов XXXIII совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра (Москва), Л., 1983, "Наука", с. 569.
9. Дитлов В.А., Исламов Т.А., Холматов А.Х., Яшин С.Н. Выбор оптимальной толщины фотослоя при исследовании электронов внутренней конверсии. - В кн.: Тезисы докладов XXXIII совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра (Москва), Л., 1983, "Наука", с. 573.

- Ю. Громов К.Я., Исламов Т.А., Калинин В.Г., Кононенко Г.А., Лебедев Н.А., Муминов Т.М., Тангабаев А.А., Холматов А.Х. О распаде ^{132}Ce ($T_{1/2} = 3,51$ час.). - В кн.: Тезисы докладов XXXIII совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра (Москва), Л., 1983, "Наука", с.92.
- II. Адам И., Баратова М.А., Гонс З., Исламов Т.А., Кононенко Г.А., Холматов А.Х. О распаде $^{164m,2}\text{Tm} \rightarrow ^{164}\text{Er}$. - В кн.: Тезисы докладов XXXV совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра (Ленинград), Л., 1985, "Наука", с.119.

Рукопись поступила в издательский отдел
25 апреля 1985 года.