

p-918

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 539.165

6-86-475

РУХАДЗЕ

Николай Ильич

ПРОБЛЕМА МАССЫ НЕЙТРИНО
В ПРОЦЕССЕ ЭЛЕКТРОННОГО ЗАХВАТА.
ИССЛЕДОВАНИЕ К-ЗАХВАТА ¹⁵⁸Tb
МЕТОДАМИ ПРЕЦИЗИОННОЙ
АМПЛИТУДНО-ВРЕМЕННОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ

Специальность: 01.04.16 - физика атомного ядра
и элементарных частиц

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Дубна 1986

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем
Объединенного института ядерных исследований.

Научный руководитель
доктор физико-математических наук Ц. Вьлов

Официальные оппоненты:
доктор физико-математических наук Ю. П. Попов
кандидат физико-математических наук А. А. Ключников

Ведущее научно-исследовательское учреждение: Институт
атомной энергии им. И. В. Курчатова, Москва.

Защита диссертации состоится " 21 " октября 1986 г.
в _____ час. на заседании Специализированного совета
Д-047.01.03 при Лаборатории ядерных проблем Объединенного
института ядерных исследований, г. Дубна, Московской области.

Автореферат разослан "21" августа 1986 г.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Ученый секретарь Специализированного совета
доктор физико-математических наук Ю. А. Батусов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Проблема массы (анти)нейтрино является одной из ключевых в современной физике и включает в себя такие направления, как теория Великого объединения и эволюция Вселенной. Среди наиболее важных вопросов: равна или отлична от нуля масса (анти)нейтрино, число нейтрино, тип нейтрино (майорановское или дираковское) и т.д. Эти вопросы приводят к целому ряду следствий, которые и предстоит проверить в экспериментах.

В этом плане знаменательным оказался период 1980-85 гг., в течение которого появились 5 сообщений об обнаружении массы (анти)нейтрино в разных экспериментах - нейтринные осцилляции, форма бета-спектра трития и двойной безнейтринный бета-распад. Однако более детальный анализ показал сомнительность, а то и ошибочность указанных результатов. Это не слишком удивительно, если учесть, что точность этих опытов находится на предельных возможностях современной экспериментальной техники. Ввиду малости эффектов, обусловленных конечностью массы (анти)нейтрино, едва ли не решающее значение приобретает учет различных физических факторов, которые могут привести к "генерации" массы.

В связи с этим особое значение приобретает поиск и других экспериментальных методов для измерения массы (анти)нейтрино. Одной из таких возможностей является исследование формы спектра внутреннего тормозного излучения (ВИ) в электронном захвате (Л. De Rújula, Nucl. Phys., B188 (1981) 414). И хотя предсказанное резонансное усиление такого слабого эффекта наблюдалось для распада ^{193}Pt , детальные теоретические расчеты формы спектра ВИ для наиболее перспективного нуклида (^{163}Ho) показали существование некоторых интерференционных эффектов в масс-чувствительной области, что привело к потере привлекательности данного подхода.

Возможен также электронный захват и на возбужденные состояния дочернего ядра с ультранизкой энергией распада - в этом случае вероятность процесса сильно зависит от величины массы нейтрино. О существовании такого К-захвата при распаде ^{158}Gd сообщил Рагхаван в 1983 г. (R. S. Raghavan, Phys. Rev. Lett., 51 (1983) 975). Этот факт и определяет значительный интерес к прецизионным исследованиям распада ^{158}Gd с целью измерения массы нейтрино.

Цель работы. Поиск ультранизкоэнергетического К-захвата на уровне $\Pi 187,1$ кэВ (^{158}Gd) при распаде ^{158}Tb методами прецизионного амплитудного и амплитудно-временного анализа излучений. Создание системы трехмерного анализа на базе полупроводниковых детекторов, блоков и микроЭВМ в стандарте КАМАК. Разработка методики регистрации редких событий методами многомерного амплитудно-временного анализа. Исследование возможности идентификации бета-частиц и гамма-квантов по временным характеристикам анализируемых импульсов. Создание атласа аппаратурных спектров излучений радионуклидов, измеренных с помощью полупроводниковых детекторов.

Метод исследования и научная новизна результатов. Создана система трехмерного анализа для амплитудно-временных A_1, A_2^t (включая Yt, Xt, eYt, eet) и At_1, t_2 измерений, основу которой составляют различные ПЦД, а также блоки и микроЭВМ в стандарте КАМАК. Путем анализа временных характеристик анализируемых ПЦД импульсов впервые проведена идентификация электронов и гамма-квантов с высокой эффективностью.

Проведено систематическое исследование спектров излучений для 126 радионуклидов с помощью полупроводниковых детекторов, которые опубликованы в виде атласа. Полученные результаты позволили спланировать эксперименты с ^{158}Tb , а также показать перспективность изучения распада ^{174}Lu и ^{241}Cm с целью поиска ультранизкоэнергетического электронного захвата.

Методами прецизионной спектрометрии гамма-лучей и Yt -совпадений проведено детальное исследование схемы распада ^{158}Tb . Более точно измерены энергии уровней дочерних ядер, что особенно важно в случае существования ультранизкоэнергетического К-захвата. Из анализа относительных вероятностей электронного захвата на уровни $I 023,7$ и $I 041,6$ кэВ (^{158}Gd) определено значение энергии распада $^{158}\text{Tb} \rightarrow ^{158}\text{Gd}$, равной $q = I 218_{-11}^{+15}$ кэВ и свидетельствующей об энергетическом запрете К-захвата на уровень $\Pi 187,1$ кэВ (^{158}Gd). Этот вывод подтвержден прямыми измерениями KXt -совпадений, показавшими, что относительная вероятность К-захвата на уровень $\Pi 187,1$ кэВ меньше $2,5 \cdot 10^{-5} P_K^{I 023}$ при 90% сл. На основании совокупности экспериментальных данных сделан вывод о бесперспективности изучения распада ^{158}Tb с целью уточнения массы электронного нейтрино.

Научная и практическая значимость работы. Показана бесперспективность использования распада ^{158}Tb для измерения массы нейтрино. Предложено два нуклида (^{174}Lu и ^{241}Cm), в которых при известных в настоящее время данных возможно существование ультранизкоэнергетического К-захвата.

Созданная система трехмерного анализа нашла широкое применение в различных экспериментах, проводимых в рамках программы ЯСИАПИ. Проведение селекции импульсов от электронов и гамма-лучей в ПЦД по временным характеристикам анализируемых импульсов исключительно важно как при постановке эксперимента по поиску двойного безнейтринного бета-распада с помощью телескопа из HgGe -детекторов, так и для измерения коэффициентов внутренней конверсии с помощью ПЦД.

Созданный атлас аппаратурных спектров является удобным пособием при постановке и анализе различных экспериментов, а также в решении различных задач в других областях науки и техники (ядерная медицина, активационный анализ и т.д.).

Апробация работы и публикации. Основные результаты, представленные в диссертации, докладывались на XXXIII (Москва, 1983 г.), XXXVI (Харьков, 1986 г.) Всесоюзных совещаниях по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра, на Научной конференции Отделения ядерной физики АН СССР по физике ядра (Москва, 1986 г.), на Международном симпозиуме по ядерному бета-распаду и нейтрину (Осака, Япония, 1986 г.), на семинарах по физике атомного ядра ЛЯП ОИЯИ, опубликованы в 8 работах.

Объем и структура работы. Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, приложения и содержит 147 страниц текста, включая 65 рисунков и 10 таблиц. Список литературы из 160 наименований на 20 страницах.

На защиту выносятся следующие положения:

1. Создание системы трехмерного анализа для проведения амплитудно-временных измерений.
2. Разработка методики идентификации электронов и гамма-квантов путем анализа временных характеристик импульсов от HgGe -детекторов.
3. Экспериментальные данные об энергиях и интенсивностях гамма-квантов из распада ^{158}Tb и уточненная на их основе схема распада $^{158}\text{Tb} \rightarrow ^{158}\text{Gd}$ и $^{158}\text{Tb} \rightarrow ^{158}\text{Dy}$.
4. Определение разности масс $^{158}\text{Tb} - ^{158}\text{Gd}$ $q = I 218_{-11}^{+15}$ кэВ из анализа данных об относительной вероятности электронного захвата на уровни $I 023,7$ и $I 041,6$ кэВ в ^{158}Gd .
5. Вывод об отсутствии ультранизкоэнергетического К-захвата при распаде ^{158}Tb на уровень $\Pi 187,1$ кэВ (^{158}Gd) и определении верхней границы возможного К-захвата ($< 2,5 \cdot 10^{-5} P_K^{I 023}$ при 90% сл.).
6. Вывод о бесперспективности изучения распада ^{158}Tb с целью уточнения массы электронного нейтрино.

7. Предложение о поиске ультранизкоэнергетического К-электронного захвата в распаде ^{174}Lu и ^{241}Cm .

8. Создание атласа аппаратных спектров излучений радионуклидов, измеренных с помощью ПЦД.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении дается обоснование актуальности темы исследования, сформулированы цели работы, описывается структура работы и приводится краткое содержание отдельных глав.

В первой главе описываются результаты методических разработок по проведению прецизионных измерений спектров амплитудно-временных распределений излучений радионуклидов с помощью ПЦД 1,2 .

Для проведения различных $A_1 A_2 t$ (Xt , Xt , Xt , eXt , eet) и $A t_1 t_2$ измерений создана система многомерного анализа на базе ПЦД, а также блоков и микроЭВМ в стандарте КАМАК. Основу спектрометра составляют детекторные узлы, состоящие из двух ПЦД, размещенных в одном криостате. В одном случае для измерений Xt -совпадений Ge(Li)-детекторы с чувствительным объемом $\sim 50 \text{ см}^3$ располагаются под углом 90° друг к другу. В другом случае два nрGe-детектора ($250 \text{ мм}^2 \times 6 \text{ мм}$) установлены под углом 180° , и источник находится между ними в этом же криостате.

Блок-схема спектрометра (рис.1) выполнена на основе электронных блоков фирм ORTEC и ROLON, а также блоков и микроЭВМ в стандарте КАМАК, разработанных в ЛПИ ОИЯИ. В спектрометре предусмотрена возможность одновременной работы в двух режимах - совпадений и трехмерного анализа. В режиме совпадений два параметра выбираются с помощью дифференциальных дискриминаторов, а накопление информации производится в многоканальный анализатор. Режим трехмерного анализа обеспечивает запись на магнитную ленту трехмерной матрицы совпадений (4096x4096x4096), построение интегральных спектров, сортировку накопленной информации и обработку полученных спектров. Запись информации производится следующим образом. Данные с АЦП считываются тройками 16-разрядных чисел в один из двух буферных накопителей на 1024 16-разрядных слова. После заполнения одного буферного накопителя микроЭВМ переносит массив на магнитную ленту. В это время запись информации с АЦП происходит в другой буферный накопитель. В спектрометре предусмотрена возможность ассоциативной записи информации путем установки цифровых окон (до 32-х) по одной из осей. Для контроля и управления ходом эксперимента интегральный спектр любого из трех трактов накапливается в многоканальный анализатор в стандарте КАМАК.

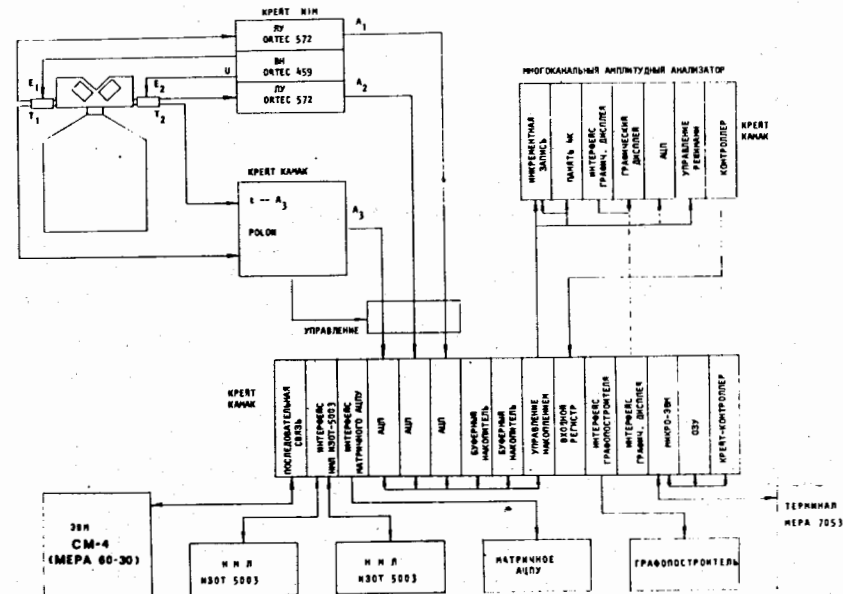


Рис.1. Организация работы спектрометра в режиме трехмерного амплитудно-временного анализа.

После окончания эксперимента этот спектр переписывается на магнитную ленту и используется в дальнейшей обработке.

Разметка и обработка спектров, полученных в результате сортировки (по 3-м парам окон), а также интегральных спектров производится на микроЭВМ или на ЭВМ МЕРА 60-30 и СМ-4.

Для количественного анализа результатов измерения определены основные характеристики полупроводниковых детекторов и электронной схемы спектрометра (эффективность, временное и энергетическое разрешение детекторов, эффективность временного тракта, учет геометрических условий измерения).

С применением системы многомерного амплитудно-временного анализа впервые реализован метод идентификации бета-частиц и гамма-квантов по временным характеристикам анализируемых nрGe-детектором импульсов ^{73}As . Это позволило выделить спектр электронов внутренней конверсии ^{207}Bi (рис.2), что эквивалентно подавлению фона от γ -излучения более чем в 70 раз без заметной потери в эффективности. При этом сохраняется возможность проведения точной энергетической калибровки по γ -линиям, поскольку регистрируется весь спектр излучений.

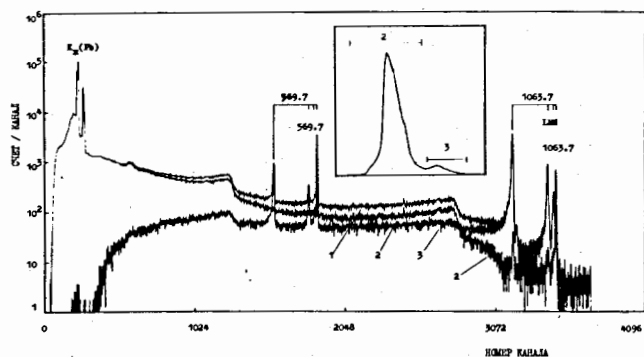


Рис.2. Идентификация бета-частиц и гамма-квантов в спектре излучения ^{207}Bi .

Вторая глава посвящена поиску ультранизкоэнергетического К-электронного захвата в распаде ^{158}Tb с целью измерения массы электронного нейтрино [4-6].

В экспериментах применялся изотопически чистый ^{158}Tb и производилась запись полной 3-мерной матрицы совпадений (4096x4096x4096).

Первый этап эксперимента состоял в детальной проверке схемы распада - уточнении энергий уровней и их квантовых характеристик. Были проведены прецизионные измерения спектров γ -квантов и $\gamma\gamma$ -совпадений в распаде ^{158}Tb (рис.3), с использованием полупроводниковых детекторов ($\text{Ge}(\text{Li})$, HPGe) планарного и коаксиального типов и аналоговой электроники фирмы ORTEC.

Дополнительные исследования высокоэнергетической области спектра ^{158}Tb с целью поиска возбужденных состояний с энергией ≥ 1187 кэВ и прямой разрядкой на основное состояние ^{158}Gd показали отсутствие таких состояний с вероятностью больше 10^{-5} .

Изучение $\gamma\gamma$ - и $X\gamma$ -совпадений проводилось на спектрометре для трехмерных амплитудно-временных измерений - рис.4. Коды зарегистрированных событий записывались на магнитную ленту. В стартовом канале использовался 70 см^3 HPGe гамма-детектор ($\Delta E_\gamma = 1,9$ кэВ для $E_\gamma = 1332$ кэВ ^{60}Co), а в стоповом - рентгеновский $\text{Ge}(\text{Li})$ -детектор $200 \text{ мм}^2 \times 5 \text{ мм}$ ($\Delta E_\gamma = 550$ эВ для $E_\gamma = 122$ кэВ ^{57}Co). Временное разрешение спектрометра составляло $2\tau = 12$ нс.

Полученный трехмерный массив данных обрабатывался с учетом фоновых и случайных событий. На основе измерения одиночных γ -спектров и $\gamma\gamma$ -совпадений получены данные, которые сведены в таблицу I. Точность определения энергий γ -переходов и энергий уровней, достигнутая в нас-

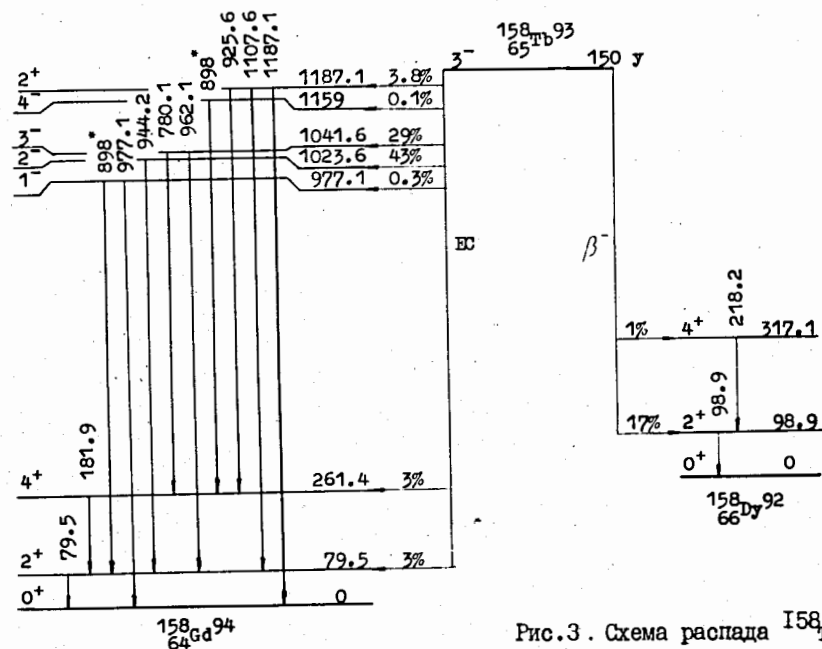


Рис.3. Схема распада ^{158}Tb .

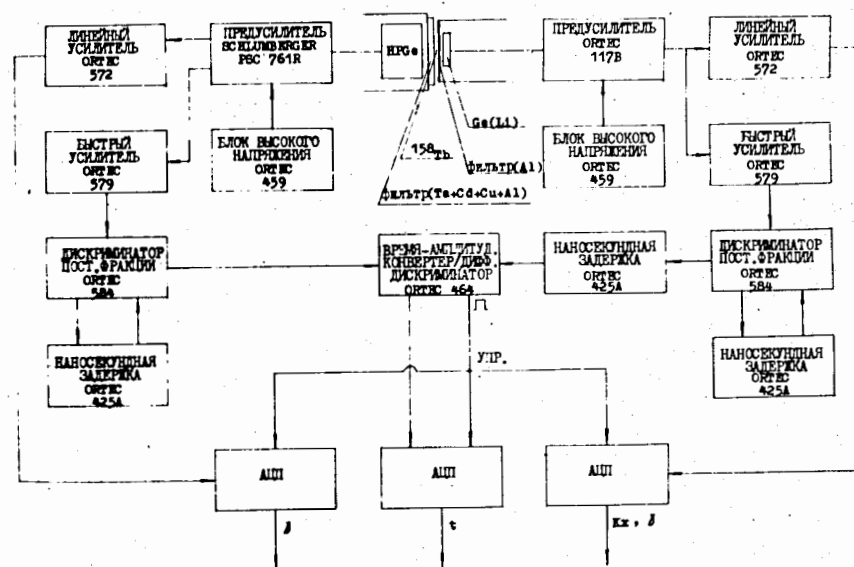


Рис.4. Блок-схема аналоговой части спектрометра для измерения $\gamma\gamma$ - и $X\gamma$ -совпадений.

Таблица I. Сведения о схеме распада ^{158}Tb

Дочерняя ядра	УРОВНИ				РАЗРЯДКА				
	Энергия (кэВ)	I^π	$I_{\beta\text{ета}}$ (% распадов)	$\log ft$	Переход (кэВ)	$I_{\text{полное}}$ (% распадов)	Мульти-полность	Конечное состояние	
								Э, кэВ	I^π
^{158}Gd	0,000	0^+	-	-	-	-	-	-	-
	79,513(1)	2^+	3,4(26)	12,2(4)	79,513(1)	81,2(24)	E2	0,000	0^+
	261,457(1)	4^+	3,3(4)	12,01(10)	181,944(1)	12,7(4)	E2	79,513(1)	2^+
	977,135(13)	1^-	0,311(22)	11,71(9)	977,135(13)	0,171(5)	E1	0,000	0^+
					897,622(13)	0,140(21)	E1	79,513(1)	2^+
	1023,705(3)	2^-	42,9(8)	9,34(9)	944,192(3)	42,9(8)	E1	79,513(1)	2^+
	1041,642(3)	3^-	29,2(4)	9,38(9)	962,130(3)	19,8(4)	E1	79,513(1)	2^+
					780,185(3)	9,35(17)	E1	261,457(1)	4^+
	1159,006(20)	4^-	0,097(18)	11,73(9)	897,549(20)	0,097(18)	-	261,457(1)	4^+
					135,3	0,002	-	1023,705(3)	2^+
				117,4	0,0004	-	1041,642(3)	2^+	
				1187,145(5)	1,65(3)	-	0,000	2^+	
				1107,630(4)	2,01(4)	-	79,513(1)	2^+	
				925,56(10)	0,043(5)	-	261,457(1)	2^+	
^{158}Dy	0,000	0^+	-	-	-	-	-	-	-
	98,918(1)	2^+	15,9(7)	11,97(9)	98,918(1)	17,0(7)	E2	0,000	0^+
	317,139(4)	4^+	1,082(20)	12,72(9)	218,221(4)	1,082(20)	E2	98,918(1)	2^+

тоящих исследований, составляет несколько эВ, что значительно выше чем у ранее известных значений. Это особенно важно для уровня $\text{II}87,145(5)$ кэВ ^{158}Gd , в случае обнаружения ультранизкоэнергетического К-захвата на этот уровень при определении массы нейтрино.

Проведенные измерения подтверждают существование двух близких по энергии переходов 898 кэВ, приходящих на уровни 79,5 и 261,5 кэВ. В то же время из схемы распада исключен γ -переход 210 кэВ, поскольку наблюдаемый в сечениях γ 898 и γ 977 кэВ уширенный пик обусловлен обратным рассеянием, что наглядно продемонстрировали опыты с расположением детекторов под углом 90° и 180° .

Определение энергии распада Q_{EC} ^{158}Tb осуществлялось методом КХ γ -совпадений из измерения относительных вероятностей электронного захвата P_K для наиболее интенсивно заселенных в этом распаде уровней $\text{I}023,7$ и $\text{I}041,6$ кэВ ^{158}Gd . Отсутствие прямых переходов на основное состояние с этих уровней не позволяет непосредственно определить величины P_K через отношение измеряемых в эксперименте интенсивностей счета совпадений в пиках, соответствующих КХ-лучам ($S_{\text{КХ},\gamma}$), и гамма-пика в одиночном спектре (S_γ), поскольку в выражении для $S_{\text{КХ},\gamma}$ появляется добавка, обусловленная конверсией перехода 79,5 кэВ. Можно, однако, показать, что выполняется соотношение

$$\frac{\Delta P_K}{P_K} = \frac{P_K(1023) - P_K(1041)}{P_K(1023)} = f \left[\left(\frac{S_{\text{КХ},944}}{S_{944}} - \frac{S_{\text{КХ},962}}{S_{962}} \right) / \left(\frac{S_{\text{КХ},944}}{S_{944}} \right) \right],$$

где f - коэффициент, учитывающий суммирование каскадных излучений и непосредственно зависящий от геометрических условий эксперимента. Детальное определение этого коэффициента, влияющего на конечный результат, было проведено впервые в наших исследованиях и дало величину $f = 0,93 \pm 0,02$, с учетом которой получено значение

$$\Delta P_K / P_K = 0,0155 \pm 0,030.$$

Отсюда, исходя из зависимости $\Delta P_K / P_K$ от энергии распада, следует

$$Q_{\text{EC}} = 1218 \pm 15 \text{ кэВ},$$

запрещающая тем самым существование К-захвата на уровень $\text{II}87,1$ кэВ ^{158}Gd (для существования этого процесса необходимо $Q_{\text{EC}} \geq 1237,4$ кэВ).

Прямим доказательством существования ультранизкоэнергетической ветви К-захвата в распаде ^{158}Tb будут служить совпадения КХ-лучей с $\text{II}187,1$ кэВ. Измерения проводились в той же геометрии, что и измерения $\Delta P_K / P_K$, но перед НРGe-детектором помещался фильтр из фольги $\text{Al} + \text{Cu} + \text{Cd} + \text{Ta} + \text{Cd} + \text{Cu} + \text{Al}$ толщиной ~ 1 мм каждый. Фильтр надежно защищал γ -детектор от попадания в него излучения 79,5 кэВ, способного путем наложения на γ -лучи $\text{II}07$ кэВ имитировать истинные совпадения $\text{II}187$ -КХ.

В результате проведенных измерений были получены спектры, приведенные на рис.5, из которых видно, что как в "пиковом $\text{II}87,1$ кэВ" окне (1), так и в "фоновых" окнах (2 - фон слева, 3 - фон справа от пика) наблюдается практически одинаковая интенсивность КХ-лучей, тогда как интенсивность случайных совпадений (4) значительно меньше. В полученном результирующем спектре (5) нет никаких свидетельств существования совпадений $\text{II}187,1$ -КХ. Действительно,

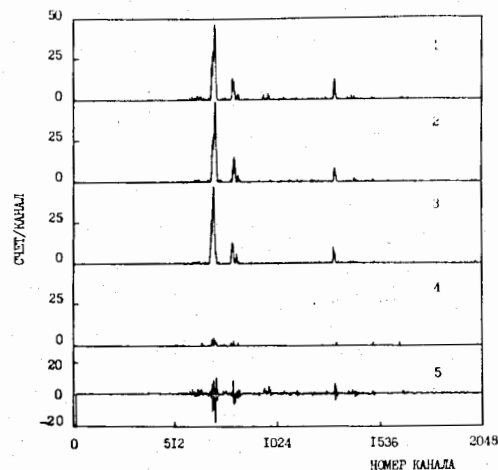


Рис.5. Аппаратурные спектры совпадений КХ-лучей с $\text{II}187,1$ кэВ.

$$\frac{S_{\text{КХ},\text{II}87}}{S_{\text{II}87}} = (-18 \pm 10) \cdot 10^{-6},$$

$$\frac{S_{79,\text{II}87}}{S_{\text{II}87}} = (3 \pm 3) \cdot 10^{-6}.$$

Последний результат свидетельствует об отсутствии заметной систематической ошибки в наших измерениях.

С помощью обратной сортировки с поканальным учетом фоновых и случайных совпадений был построен участок γ -спектра в диапазоне 1100-1300 кэВ - рис.6, из которого получена оценка верхней границы возможного К-захвата

$$\frac{P_K(1187)}{P_K(1023)} < 25 \cdot 10^{-6}$$

на 90% уровне достоверности.

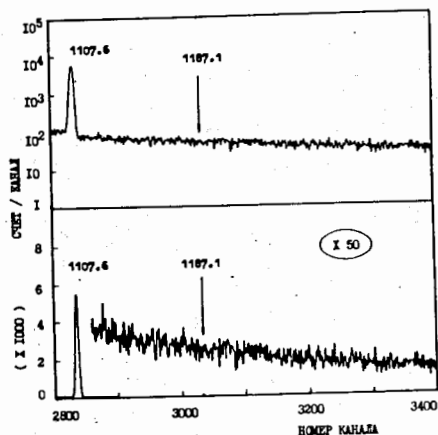


Рис.6 Участок (1100-1300 кэВ) результирующего γ -спектра совпадений с КХ-лучами Gd.

На основе этих исследований был впервые сделан вывод об отсутствии ультранизкоэнергетического К-электронного захвата на уровень 1187,1 кэВ ^{158}Gd и бесперспективности изучения распада ^{158}Tb для уточнения массы электронного нейтрино.

В третьей главе обсуждаются перспективы использования процесса электронного захвата для измерения массы нейтрино.

Современные достижения в области определения массы нейтрино анализируются на основе совокупности известных к настоящему времени теоретических и экспериментальных разработок.

При этом рассмотрены возможности решения этой задачи при изучении кинематики электронного захвата (^7Be), процесса испускания кванта внутреннего тормозного излучения, электронного захвата моноэнергетических электронов, полученных с помощью ускорительной трубки, а также путем определения вероятности электронного захвата с малыми энергиями распада ($q - \epsilon_1$).

Последний метод представляется более перспективным, особенно в случаях, когда $m_\nu c^2 \sim E_{\nu i} \sim (q - \epsilon_i)$. Следовательно, поиск радионуклидов с малыми значениями ($q - \epsilon_1$) может дать чувствительный метод изучения массы нейтрино.

Анализ результатов, достигнутых в настоящее время при изучении оптимальных кандидатов для этих исследований с простейшей схемой

распада (^{163}Ho , ^{193}Pt), показывает, что они уступают оценке, полученной для массы антинейтрино при изучении формы бета-спектра трития $m_\nu < 45$ эВ (S.Boris et al. Phys.Lett., 159B (1985) 217).

Детально проанализированы эксперименты с ^{158}Tb , в распаде которого ранее была обнаружена ультранизкоэнергетическая ветвь К-захвата с энергией распада $q = 156 \pm 17$ эВ, что могло позволить получить оценку массы нейтрино на уровне ~ 25 эВ (R.S.Raghavan, Phys.Rev.Lett., 51 (1983) 975). Однако, как было показано нами [4-6], этот вывод ошибочен. К такому же результату пришли и авторы еще 6 работ, опубликованных в 1985 г.

Предложено провести поиск радионуклидов, в распаде которых возможен К-электронный захват на возбужденное состояние дочернего ядра E^* с малыми значениями $q_K = q - E^* - \epsilon_K$. Исходя из имеющихся на сегодняшний день данных выбор радионуклидов оказался ограниченным (табл.2) [4,7].

Таблица 2. Сведения о радионуклидах, в распаде которых может наблюдаться ультранизкоэнергетический К-электронный захват

НУКЛИД	$T_{1/2}$	$\epsilon_K, \text{кэВ}$	$E^*, \text{кэВ}$	Ваpетра-77		Ваpетра-83		$I_1 - I_2$	$\%$	$I_1, \%$
				$q, \text{кэВ}$	$q - E^* - \epsilon_K, \text{кэВ}$	$q, \text{кэВ}$	$q - E^* - \epsilon_K, \text{кэВ}$			
^{128}Ba	2.43(5) л	36.0	375.0	453(21)	42(21)	448(19)	37(19)	$0^+ - 0_1$	0.4	0.3
^{158}Tb	150(30) л	50.2	1187.1	1216.0(18)	-21(2)	1221.9(16)	-15.4(16)	$3^- - 2^+$	3.8	1.6
^{173}Lu	499(5) л	61.3	636.0	675.1(27)	-22(3)	672.3(19)	-25(2)	$7/2^+ - 7/2^+$	1.7	0.75
^{174}Lu	3.31(5) л	61.3	1318.3	1378.5(27)	-1.1(27)	1376.0(18)	-3.6(18)	$1^- - 2^-$	6	0.04
^{188}Pt	10.2(3) л	76.1	478.3	535(9)	-19(9)	518(9)	-36(9)	$0^+ - 1^+$	13.7	1.9
^{241}Cm	32.8(2) л	125.0	636.9	764(6)	2(6)	765(6)	3(6)	$1/2^+ - 3/2^-$	44	8

Для проведения экспериментов по поиску ультранизкоэнергетического К-электронного захвата в распаде ядер предложены радионуклиды ^{174}Lu и ^{241}Cm (рис.7). Искомые ветви К-захвата для них на рисунке отмечены горизонтальными стрелками.

В приложении рассмотрены вопросы, связанные с созданием атласа спектров излучений радиоактивных нуклидов, измеренных с помощью ПЦ/8/.

Анализ аппаратурных эффектов, искажающих форму регистрируемого спектра, и различные формы представления результатов измерения показаны на примере спектров ^{158}Tb и ^{174}Lu , в распаде которых предполагалось проводить поиск ультранизкоэнергетических ветвей К-захвата.

В заключении приводятся основные результаты, полученные в диссертации.

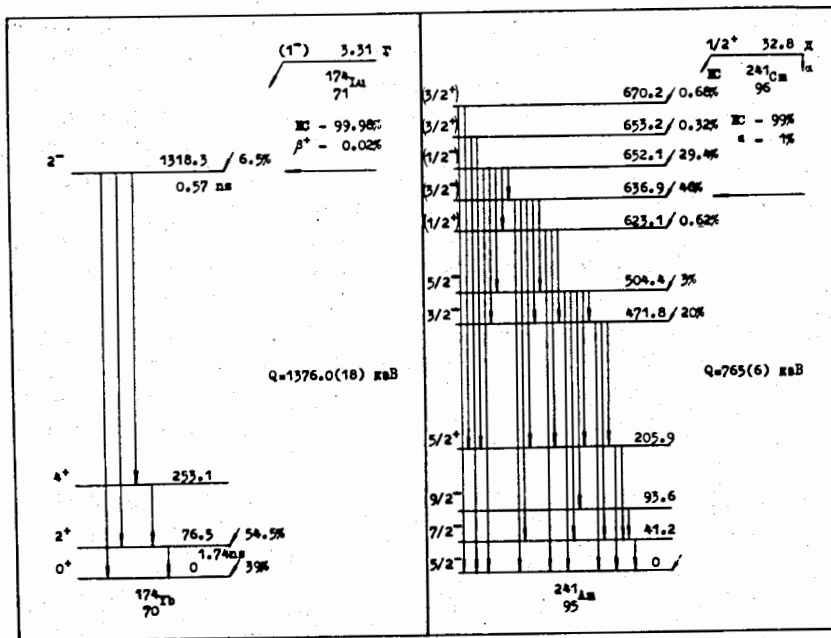


Рис.7. Схемы распадов ^{174}Lu и ^{241}Sm .

1. Для проведения различных амплитудно-временных измерений излучений радионуклидов создана система трехмерного анализа, основу которой составляют ПИД, блоки и микроЭВМ в стандарте КАМАК, а также соответствующее программное обеспечение.

2. Разработана методика идентификации спектра электронов от спектра гамма-квантов по временным характеристикам импульсов от планарных HPGe -детекторов.

3. Проведены прецизионные измерения одиночных спектров и спектров $\text{U}t$ -совпадений ^{158}Tb , на основе которых существенно уточнены значения энергий и интенсивностей γ -переходов и схема распада $^{158}\text{Tb} \rightarrow ^{158}\text{Gd}$ и $^{158}\text{Tb} \rightarrow ^{158}\text{Dy}$.

4. Путем измерения относительных вероятностей K -электронного захвата на уровнях 1023,7 и 1041,6 кэВ ^{158}Gd определена разность масс $^{158}\text{Tb} - ^{158}\text{Gd}$ $q = 1218^{+15}_{-11}$ кэВ.

5. Из измерения $\text{KX}t$ -совпадений в распаде ^{158}Tb установлено отсутствие ультранизкоэнергетической ветви K -захвата на уровень 1187,1 кэВ (^{158}Gd) и определена верхняя граница возможного K -захвата ($< 2,5 \cdot 10^{-5}$ р ^{1023}K при 90% уровне достоверности).

6. На основе анализа полученных данных сделан вывод о бесперспективности изучения распада ^{158}Tb с целью уточнения массы электронного нейтрино.

7. Рассмотрены перспективы использования процесса электронного захвата для определения массы нейтрино. Предложено провести поиск ультранизкоэнергетического K -электронного захвата в распаде ^{174}Lu и ^{241}Sm .

8. Создан атлас 259 аппаратных спектров излучений для 126 радионуклидов, измеренных с помощью ПИД. Систематизированные данные важны при планировании новых экспериментов, в частности, для исследования свойств (анти)нейтрино в процессах бета-распада.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. В.А.Антехов, Б.А.Аликов, В.Б.Бруданин, Ц.Вылов, Н.И.Журавлев, А.И.Иванов, П.Петев, Б.П.Осипенко, В.Н.Покровский, Н.И.Рухадзе, А.В.Саламатин, В.Г.Сандуковский, В.Т.Сидоров, А.Н.Синаев, А.А.Стахин, И.Ф.Учеваткин, Я.Юрковски. Спектрометр $\text{U}t$ -совпадений на базе двух Ge(Li) -детекторов. Тезисы докладов XXXIII Всес. совещ. по ядерной спектроскопии и структуре ат.ядра (Москва, 1983), Л., "Наука", 1983, с.503.
2. В.Б.Бруданин, Ц.Вылов, Н.И.Журавлев, А.И.Иванов, В.Н.Покровский, Н.И.Рухадзе, А.В.Саламатин, В.Г.Сандуковский, В.Т.Сидоров, А.Н.Синаев. Спектрометр для трехмерных амплитудно-временных измерений. Препринт ОИЯИ, I3-83-747, Дубна, 1983, 12 с.
3. В.Б.Бруданин, В.Г.Сандуковский, Ш.Бриансон, Ц.Вылов, Н.И.Рухадзе. Идентификация бета-частиц по форме импульсов в планарных HPGe -детекторах. Препринт ОИЯИ, P6-86-120, Дубна, 1986, 8 с.
4. В.Б.Бруданин, Ш.Бриансон, Р.Вален, Ц.Вылов, В.М.Горожанкин, К.Я.Громов, А.Маринов, А.Ф.Новгородов, В.Н.Покровский, Н.И.Рухадзе, В.Т.Сидоров. О распаде ^{158}Tb : Невозможность "Нейтринного баланса", Краткие сообщения ОИЯИ, № 7-85, Дубна, 1985, с.32-38.
5. V.B.Brudanin, T.Yulov, Ch.Briancon, V.M.Gorojankin, K.Ya.Gromov, A.Marinov, A.Ph.Novgorodov, V.N.Pokrovski, N.I.Rukhadze, V.T.Sidorov. K-electron capture decay of ^{158}Tb : a disappointment for the neutrino mass "balance" experiment. J.Phys. G: Nucl.Phys., 11 (1985), p.L119-L123.
6. В.М.Горожанкин, Н.И.Рухадзе, Ш.Бриансон, В.Б.Бруданин, Ц.Вылов, К.Я.Громов, А.Ф.Новгородов, В.Н.Покровский. Распад ^{158}Tb и возможность уточнения массы электронного нейтрино. Препринт ОИЯИ, P6-85-792, Дубна, 1985, 16 с.

7. Ц.Вылов, В.М.Горожанкин, В.Н.Покровский, Н.И.Рухадзе, С.К.Васильев. Оценки массы нейтрино из процессов электронного захвата. Препринт ОИЯИ, Р6-86-476, Дубна, 1986, 26 с.
8. Ts.Vylov, G.-J.Beyer, S.Batsev, V.B.Brudanin, V.M.Gorozhankin, A.I.Ivanov, A.H.Inojatov, V.G.Kalinnikov, N.A.Lebedev, M.Milanov, A.I.Muminov, A.F.Nowgorodov, B.P.Osipenko, N.I.Rukhadze, T.Thieme, V.G.Chumin. Spectra of radioactive nuclides radiation measured with semiconductor detectors. Part II. Preprint ZfK-505, Rossendorf, 1983, 296 p.

Рукопись поступила в издательский отдел
II июля 1986 года.