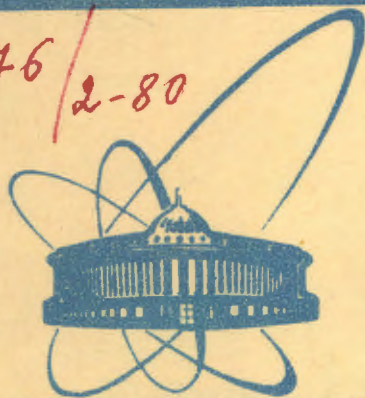


476 / 2-80



ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

4/2-80
P13 - 12810

В.В.Кузнецов, Г.И.Лизурей, Т.М.Муминов,
Р.Р.Усманов, В.И.Фоминых, М.И.Фоминых,
В.М.Цупко-Ситников

УСТАНОВКА β - γ -СОВПАДЕНИЙ,
СОЗДАННАЯ НА БАЗЕ
БЕЗЖЕЛЕЗНОГО БЕТА-СПЕКТРОМЕТРА
С ТОРОИДАЛЬНЫМ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ

1979

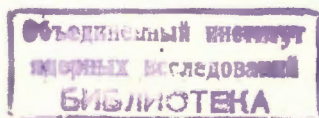
P13 - 12810

В.В.Кузнецов, Г.И.Лизурей, Т.М.Муминов*,
Р.Р.Усманов*, В.И.Фоминых, М.И.Фоминых,
В.М.Цупко-Ситников

УСТАНОВКА β - γ -СОВПАДЕНИЙ,
СОЗДАННАЯ НА БАЗЕ
БЕЗЖЕЛЕЗНОГО БЕТА-СПЕКТРОМЕТРА
С ТОРОИДАЛЬНЫМ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ

Направлено в журнал "Прикладная ядерная
спектроскопия" и на Рабочее совещание
по программе ЯСНАПП-2 /Дубна, 30 октября -
1 ноября 1979 г./

* Самаркандский государственный университет



Кузнецов В.В. и др.

P13 - 12810

Установка β - γ -совпадений, созданная на базе безжелезного бета-спектрометра с тороидальным магнитным полем

Описывается установка β - γ -совпадений, созданная на базе светосильного безжелезного бета-спектрометра с тороидальным магнитным полем и спектрометром с Ge(Li)-детектором или со сцинтилляционным детектором-фотоумножителем с кристаллами NaJ(Tl) либо сцинтиллятором NE104. Дана блок-схема установки и ее рабочие характеристики. При помощи этой установки можно изучать спектры мгновенных и задержанных совпадений γ -лучей и временных распределений, характеризующих время жизни возбужденных состояний дочерних ядер как при распаде долгоживущих, так и короткоживущих нуклидов.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1979

Kuznetsov V.V. et al.

P13 - 12810

β - γ -Coincidence Set-Up Constructed on the Base of Iron-Free Beta-Spectrometer with Toroidal Magnetic Field

β - γ -coincidence set-up constructed on the base of iron-free beta-spectrometer with toroidal magnetic field and a spectrometer with Ge(Li) detector or with scintillation detector-photomultiplier with NaJ(Tl) crystals or NE104 scintillator is described. A block-diagram of the set-up and its operating characteristics are given. It could be used for studying spectra of incident and delayed coincidences of γ -rays and time distributions being characteristic of lifetime of excited states of daughter nuclei both at the decay of longlived and shortlived nuclides.

The investigations has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1979

ВВЕДЕНИЕ

Для анализа схем распада ядер в большинстве случаев используются спектроскопические методы γ - γ , e - γ , β^+ - γ , e^- - e^- и α - γ -совпадений. Роль совпадений при определении достоверности построения схем распада повышается особенно в тех случаях, когда число переходов, возникающих при бета-распаде ядер, велико.

С развитием методик измерений энергий и интенсивностей γ -лучей и конверсионных электронов при помощи полупроводниковых детекторов /ППД/, появлением многоканальных анализаторов и использованием электронно-вычислительных машин /ЭВМ/ стало возможным создание систем многомерных совпадений.

Ценность экспериментов по совпадениям повышается при их количественной обработке. При измерении спектров γ - γ -совпадений с использованием двух Ge(Li)-детекторов такая обработка затруднена из-за сложности правильного учета вклада от фона под фотопиками, особенно в случае малых по интенсивности γ -лучей, когда вклад фона /комптоновского распределения под ними от более жесткого γ -излучения/ велик. Другими недостатками метода γ - γ -совпадений являются малая эффективность регистрации совпадений, а также сложность и невозможность в некоторых случаях измерений совпадений с низкоэнергетичными и сильноконвертируемыми переходами. Кроме того, при исследовании распада ядер с интенсивным β^+ -излучением значительно увеличиваются фоновые совпадения, обусловленные аннигиляционным излучением. В последнем случае для проведения экспериментов по γ - γ -совпадениям детекторы с коллиматорами располагают под углом 90° относительно друг друга, что на порядок уменьшает эффективность регистрации совпадений из-за ухудшения геометрических условий по сравнению с расположением детекторов без коллиматоров и под углом 180° .

Эти недостатки можно преодолеть при использовании в одном из каналов установки для совпадений светосильных бета-спектрометров. Этим достигается значительно большая эффективность

совпадений γ -лучей /иногда в 100 и более раз/, особенно в случаях совпадений γ -лучей с электронами сильноконвертируемых переходов / $E_e < 100$ кэВ/, по сравнению с установками γ - γ совпадений с использованием двух Ge(Li)-детекторов, что очень важно при исследованиях короткоживущих изотопов.

С другой стороны, относительная простота получения и обработки спектров e - γ совпадений, несмотря на одномерность измерений, в некоторых случаях выгодно отличает этот метод от метода многомерных γ - γ совпадений.

В настоящей работе описывается установка для исследования e - γ совпадений, созданная на базе безжелезного бета-спектрометра с тороидальным магнитным полем ^{1/} и спектрометра с Ge(Li)-детектором или спектрометра со сцинтилляционными детекторами - либо NaJ(Tl), либо NE104 с фотумножителями. /Предварительную публикацию с кратким описанием созданной установки e - γ совпадений см. в ^{2,3/} /.

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА

Созданная нами установка предназначена для исследования схем распада и измерений времен жизни возбужденных состояний ядер.

Большая светосила бета-спектрометра ^{1/} $T = 10 \pm 20\%$ при относительно хорошей разрешающей способности $\Delta H_p / H_p = 0,5 \pm 1,2\%$ обеспечивает высокую эффективность регистрации совпадений электронов внутренней конверсии переходов с γ -излучением исследуемых ядер.

На рис. 1 приведена блок-схема экспериментальной установки. Детектирующая система бета-спектрометра состоит из сцинтиллятора типа NE102 /полусфера диаметром 14 мм или 3 мм/, конического световода из органического стекла и фотумножителя EMJ-9524S или световода в виде полусферы и фотумножителя EMJ-6097F. Фотумножитель EMJ-9524S имеет более низкий темновой ток, однако при регистрации электронов в области малых энергий наблюдаются сателлитные импульсы ^{4/}, что приводит при низком пороге дискриминации импульсов к ошибке в определении интенсивностей электронов внутренней конверсии переходов.

На рис. 2 показана кривая эффективности регистрации электронов сцинтилляционным детектором /ФЭУ EMJ-9524S при $V = 1000$ В со сцинтиллятором в виде полусферы диаметром 14 мм/ бета-спектрометра. При использовании сцинтиллятора в виде полусферы диаметром 14 мм эффективность регистрации электронов при $E_e < 10$ кэВ была увеличена более чем в 10 раз,

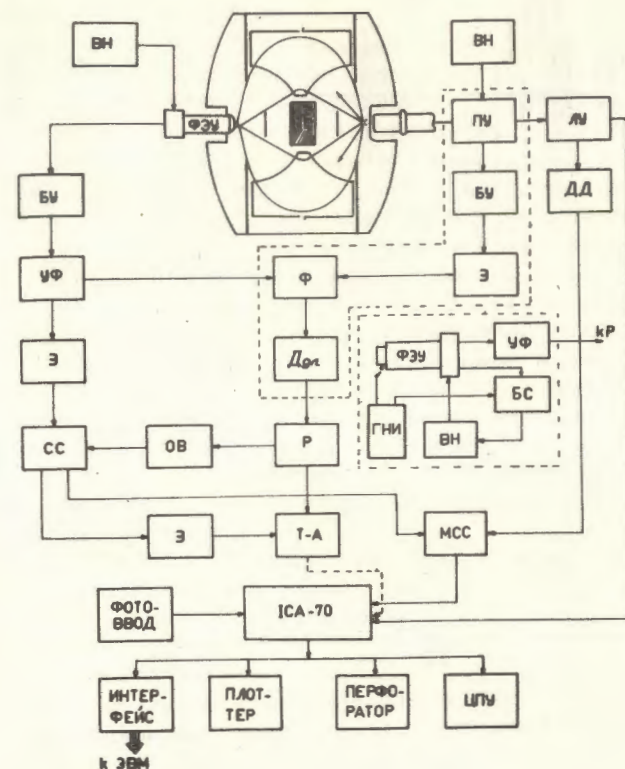


Рис. 1. Блок-схема экспериментальной установки β γ совпадений. Обозначения: ВН - блоки высоковольтного напряжения, ФЭУ - фотоэлектронные умножители, ПУ - предусилитель, ЛУ - линейный усилитель, ДД - дифференциальный дискриминатор, БУ - быстрые усилители, УФ - универсальные формирователи, Ф - формирователь для временной привязки к импульсам с Ge(Li)-детектора, Д_{дл} - дискриминатор длительности импульсов, Р - разветвитель импульсов, ОВ - одновибратор, СС - схема совпадений, МСС - медленная схема совпадений, Т-А - преобразователь время-амплитуда, З - линии задержки, ГНИ - генератор наносекундных импульсов для получения реперных световых импульсов, БС - блок стабилизации коэффициента усиления сцинтилляционного тракта, КР - подключение УФ к разветвителю Р.

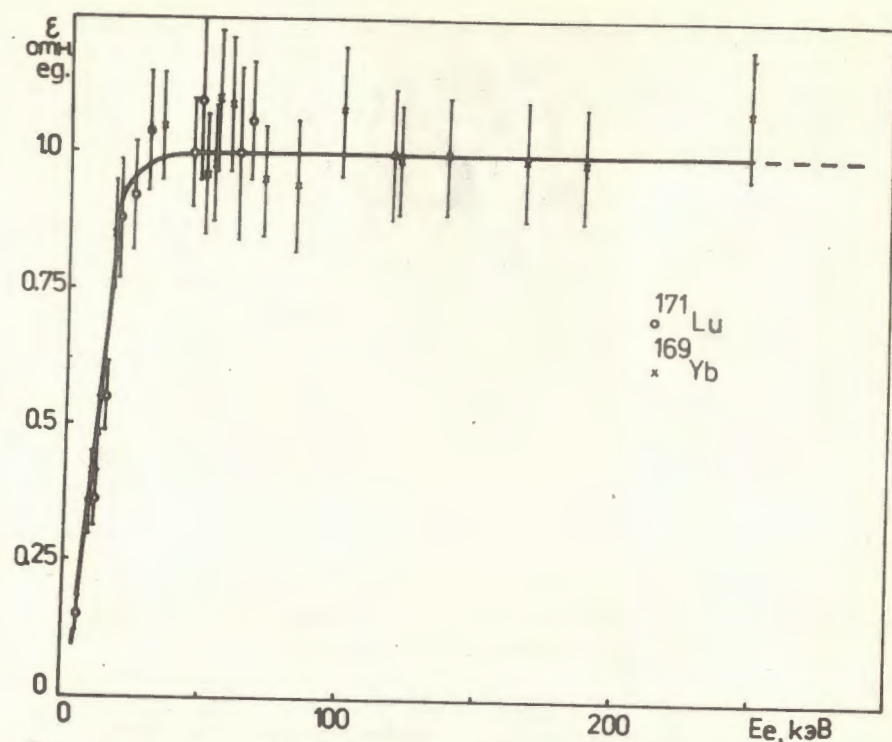


Рис. 2. Кривая эффективности регистрации электронов детектором бета-спектрометра - пластическим сцинтиллятором NE104 /полусфера диаметром 14 мм/ и ФЭУ ЕМТ9524S при $V_{ФЭУ} = 1000$ В.

разрешение при этом ухудшено в ~ 2 раза по сравнению с использованием сцинтиллятора в виде полусферы диаметром 3 мм. При проведении экспериментов тип детектора выбирался в зависимости от поставленных задач. Построение кривых эффективностей регистрации электронов осуществлялось при измерении ЭВК $^{169}\text{Yb}^{28/}$ и $^{171}\text{Lu}^{29/}$ по методу, описанному в работе ^{1/}.

Для регистраций γ -излучения используется коаксиальный Ge(Li) -детектор с двумя открытыми концами объемом 35 см³, подключенный к спектрометрическому тракту "SAIP" -зарядочувствительному предусилителю /ПУ/ и линейному импульсному усилителю /ЛУ/.

Для исследования времен жизни возбужденных уровней ядер и β^+ - γ -совпадений, в качестве детектора для регистрации

γ -излучения используется сцинтилляционный детектор, состоящий в зависимости от экспериментальной задачи из сцинтиллятора типа NE104 ϕ 25x25 мм или NaJ(Tl) ϕ 40x40 мм и фотоумножителя типа XP1020.

Предусмотрена возможность подключения системы стабилизации усиления в сцинтилляционном спектрометрическом тракте ^{5/} для устранения "плавания" установленного энергетического "окна" γ -спектра при изменяющейся нагрузке тракта, обусловленной, в основном, спадом активности исследуемых короткоживущих радиоактивных ядер. В установке использована стандартная быстро-медленная схема совпадений. Во временном канале сцинтилляционных трактов применен работающий в режиме следящего порога универсальный формирователь /УФ/^{6/}. Во временном тракте Ge(Li) -детектора подключены быстрый усилитель /БУ/, формирователь временной привязки /Ф/ и дискриминатор длительности /Д_{дл.}/^{7/}. Разрешающее время быстрой схемы совпадений /СС/ выбирается при помощи схемы отбора полезных событий, включающей в себя блоки быстрой электроники - одновибратор /ОВ/, схему совпадений /СС/, кабельные линии задержки /З/, разветвитель /Р/. Для контроля выбранного временного окна схемы совпадений используется время-амплитудный преобразователь (Т-А).

Выбор энергетического "окна" γ -спектра осуществляется дифференциальным дискриминатором /ДД/^{8/}. Блоки быстрой наносекундной электроники ^{9/} разработаны в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Для накопления спектров исследуемых ядер используется многоканальный амплитудный анализатор ИСА-70 венгерского производства. Вывод информации производится на печать /ЦПУ/, на перфоратор, плоттер или через интерфейс на ЭВМ "Минск-2". Имеется возможность одновременной регистрации в двух частях памяти этого анализатора одномерного спектра γ -лучей и спектра $e\gamma$ -совпадений. Относительные интенсивности спектров γ - и $e\gamma$ -совпадений определялись при обработке по программе "Каток"^{10/} на ЭВМ "Минск-2". Временные спектры совпадений обрабатывались по программе "LIFTIM"^{11/} на ЭВМ CDC-6500. На рис. 3 приведены кривые временного разрешения $2\tau_{0\ 1/2}$ и $2\tau_{0\ 1/10}$ для различных типов детекторов регистрации γ -излучения в зависимости от $1/\sqrt{E_e}$ в области энергий электронов $E_e = 25 \div 250$ кэВ и $E_\gamma \geq 100$ кэВ, полученные при измерении с источником ^{60}Co . Здесь же приведена зависимость сдвига центров тяжести ΔT временных кривых от c/v /с - скорость света, v - скорость электронов/. Наблюдаемая линейная зависимость указывает на то, что сдвиги центров тяжести временных кривых обусловлены только временем пролета

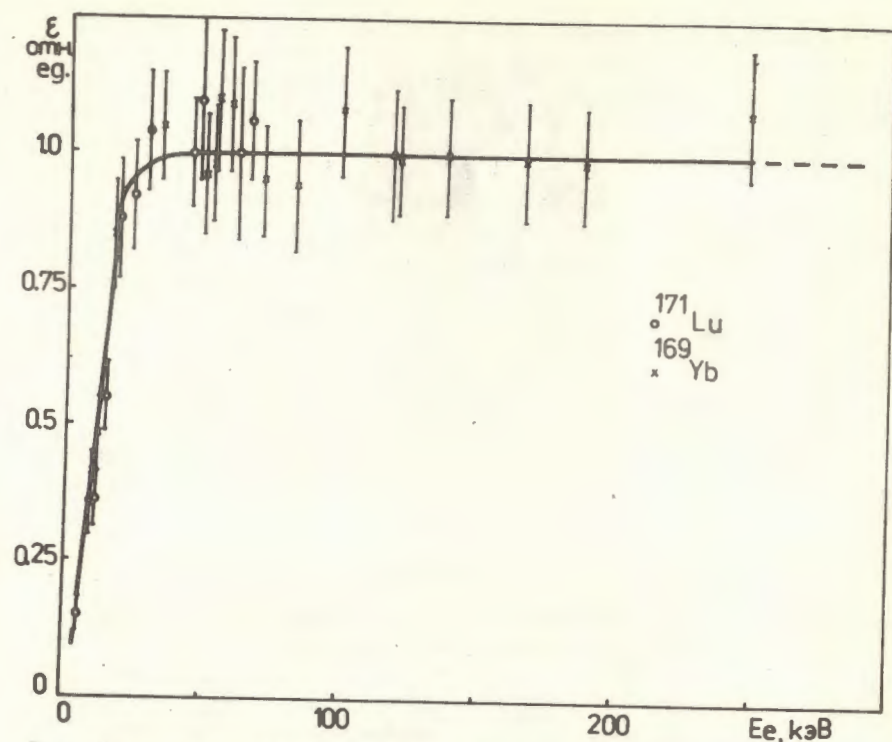


Рис. 2. Кривая эффективности регистрации электронов детектором бета-спектрометра - пластическим сцинтиллятором NE104 /полусфера диаметром 14 мм/ и ФЭУ ЕМ9524S при $V_{ФЭУ} = 1000$ В.

разрешение при этом ухудшено в ~ 2 раза по сравнению с использованием сцинтиллятора в виде полусферы диаметром 3 мм. При проведении экспериментов тип детектора выбирался в зависимости от поставленных задач. Построение кривых эффективностей регистрации электронов осуществлялось при измерении ЭВК $^{169}\text{Yb}^{28/}$ и $^{171}\text{Lu}^{29/}$ по методу, описанному в работе ^{1/}.

Для регистраций γ -излучения используется коаксиальный Ge(Li) -детектор с двумя открытыми концами объемом 35 см³, подключенный к спектрометрическому тракту "SAIP" -зарядочувствительному предусилителю /ПУ/ и линейному импульсному усилителю /ЛУ/.

Для исследования времен жизни возбужденных уровней ядер и β^+ - γ -совпадений, в качестве детектора для регистрации

γ -излучения используется сцинтилляционный детектор, состоящий в зависимости от экспериментальной задачи из сцинтиллятора типа NE104 ϕ 25x25 мм или NaJ(Tl) ϕ 40x40 мм и фотоумножителя типа XP1020.

Предусмотрена возможность подключения системы стабилизации усиления в сцинтилляционном спектрометрическом тракте ^{5/} для устранения "плавания" установленного энергетического "окна" γ -спектра при изменяющейся загрузке тракта, обусловленной, в основном, спадом активности исследуемых короткоживущих радиоактивных ядер. В установке использована стандартная быстро-медленная схема совпадений. Во временном канале сцинтилляционных трактов применен работающий в режиме следящего порога универсальный формирователь /УФ/^{6/}. Во временном тракте Ge(Li) -детектора подключены быстрый усилитель /БУ/, формирователь временной привязки /Ф/ и дискриминатор длительности /Д_{дл.}/^{7/}. Разрешающее время быстрой схемы совпадений /СС/ выбирается при помощи схемы отбора полезных событий, включающей в себя блоки быстрой электроники - одновибратор /ОВ/, схему совпадений /СС/, кабельные линии задержки /З/, разветвитель /Р/. Для контроля выбранного временного окна схемы совпадений используется время-амплитудный преобразователь (Т-А).

Выбор энергетического "окна" γ -спектра осуществляется дифференциальным дискриминатором /ДД/^{8/}. Блоки быстрой наносекундной электроники ^{9/} разработаны в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Для накопления спектров исследуемых ядер используется многоканальный амплитудный анализатор ИСА-70 венгерского производства. Вывод информации производится на печать /ЦПУ/, на перфоратор, плоттер или через интерфейс на ЭВМ "Минск-2". Имеется возможность одновременной регистрации в двух частях памяти этого анализатора одномерного спектра γ -лучей и спектра $e\gamma$ -совпадений. Относительные интенсивности спектров γ - и $e\gamma$ -совпадений определялись при обработке по программе "Каток"^{10/} на ЭВМ "Минск-2". Временные спектры совпадений обрабатывались по программе "LIFTIM"^{11/} на ЭВМ CDC-6500. На рис. 3 приведены кривые временного разрешения $2\tau_{0\ 1/2}$ и $2\tau_{0\ 1/10}$ для различных типов детекторов регистрации γ -излучения в зависимости от $1/\sqrt{E_e}$ в области энергий электронов $E_e = 25 \div 250$ кэВ и $E_\gamma \geq 100$ кэВ, полученные при измерении с источником ^{60}Co . Здесь же приведена зависимость сдвига центров тяжести ΔT временных кривых от c/v /с - скорость света, v - скорость электронов/. Наблюдаемая линейная зависимость указывает на то, что сдвиги центров тяжести временных кривых обусловлены только временем пролета

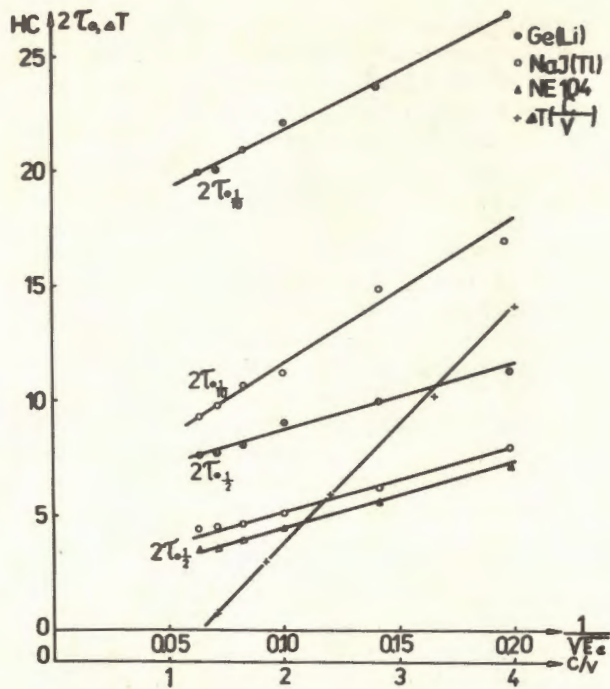


Рис. 3. Кривые временного разрешения $\tau_{01/2} = f(1/\sqrt{E_e})$, $\tau_{01/10} = f(1/\sqrt{E_e})$ и зависимость сдвига центров тяжести ΔT временных кривых от c/v для различных детекторов регистрации γ -излучения, используемых в установке / c - скорость света, v - скорость регистрируемых электронов в e -канале/.

электронов в спектрометре. С другой стороны, линейные зависимости $2\tau_{01/2} (1/\sqrt{E_e})$ и $\Delta T(c/v)$ иллюстрируют оптимальную настройку блоков временной привязки.

3. ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ СПЕКТРОВ МГНОВЕННЫХ И ЗАДЕРЖАННЫХ e - γ -СОВПАДЕНИЙ

Спектры γ -лучей и e - γ -совпадений при исследовании каждого изотопа измерялись в одинаковых условиях - при одинаковом геометрическом расположении Ge(Li)-детектора относительно радиоактивного источника с и тем же фильтром. В ка-

честве фильтров, в зависимости от постановки задачи, использовались либо 0,5 мм Cd + 0,5 мм Cu /в основном, для поглощения рентгеновского излучения/, либо 1,5 мм Pb + 0,5 мм Cd + 0,5 мм Cu /для поглощения мягкого γ -излучения/. Максимальные загрузки по e -каналу составляли не более 15000 имп/с, по γ -каналу - ≤ 10000 имп/с.

После обработки спектров нами рассчитывались соотношения $S_{e\gamma}/S_\gamma$ для фотопиков соответствующих γ -лучей / $S_{e\gamma}$ - площадь фотопика γ -лучей в спектре e - γ -совпадений, S_γ - в одиночном γ -спектре при определенной энергии E_γ /. Это позволяло нам сделать вывод как о факте наблюдения совпадений соответствующих конверсионных электронов γ -переходов, разряжающих то или иное возбужденное состояние, с γ -лучами, так и о вкладе случайных совпадений, а также получить экспериментальные значения схемных коэффициентов $a_{\text{эксп}}$. Случайные совпадения обычно составляли не более 2% от истинных. Схемные коэффициенты $a_{\text{эксп}}$ рассчитывались из отношений $(S_{e\gamma}/S_\gamma - S'_{e\gamma}/S'_\gamma \text{случ.}) \sim a_{\text{эксп}}$. Полученные значения схемных коэффициентов $a_{\text{эксп}}$ после построения варианта схемы распада сравнивались со схемными коэффициентами "а", рассчитанными из значений полных интенсивностей γ -переходов, определенных при детальном исследовании одиночных спектров γ -лучей и конверсионных электронов данного изотопа. Поскольку схемные коэффициенты в ряде случаев для совпадений с γ -лучами, разряжающими лежащие выше уровни, имеют близкие значения, то нами проводились дополнительные e - γ -совпадения с другими переходами вплоть до энергий $E_e = 350$ кэВ. Это позволяло надежно определить расположение отдельных γ -переходов в схеме распада. Как видно из предыдущего, при обработке экспериментальных данных по e - γ -совпадениям не было необходимости использования кривой эффективности регистрации γ -лучей Ge(Li)-детектором, что позволяет исключить дополнительные погрешности /в случае ее определения/ при анализе совпадений. Этим методом e - γ -совпадений проведен анализ схем распада ядер $^{171}\text{Lu}/^{12}/^{169}\text{Lu}/^{18}/^{151}\text{Tb}/^{14}/^{149}\text{Gd}/^{15}/^{147}\text{Gd}/^{16}/^{147}\text{Eu}/^{17}/$, а также короткоживущих ядер $^{185}\text{Lu}/^{18}/^{155}\text{Er}/^{19}/^{149}\text{Dy}/^{20}/^{153}\text{Ho}/^{21}/$ $T_{1/2} = 11,8$ мин/, $T_{1/2} = 5,5$ мин/, $T_{1/2} = 4,6$ мин/ и $T_{1/2} = 9,3$ мин/ и др.

В качестве примера на рис. 4 показаны спектр γ -лучей и спектры совпадений γ -лучей с конверсионными электронами L121,2 и K197,3 при распаде ^{147}Eu .

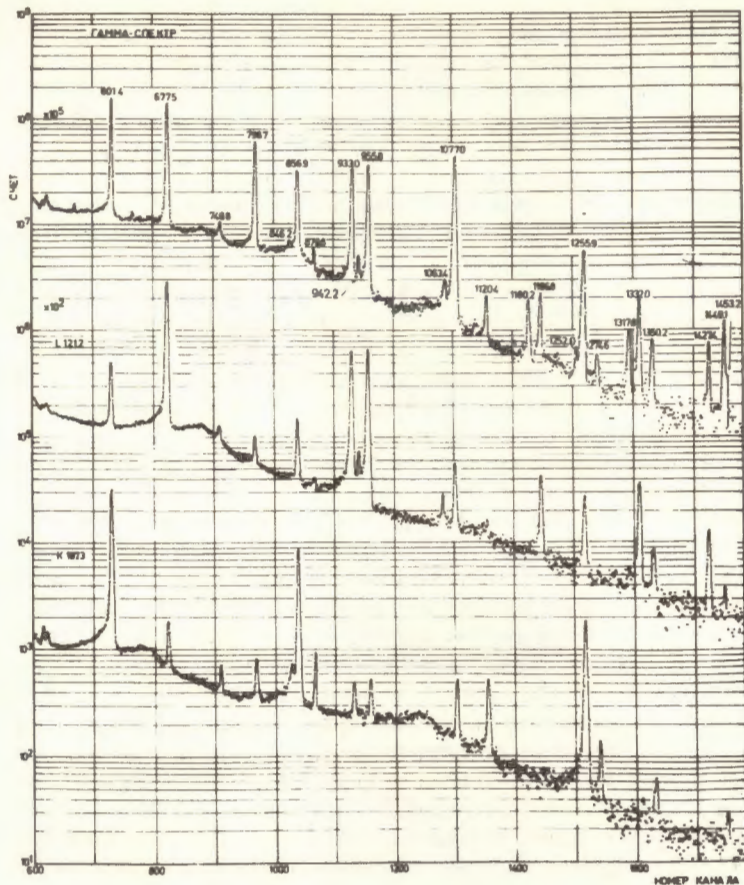


Рис. 4. Спектры γ -лучей и совпадений γ -лучей с электронами внутренней конверсии L121,2 и K197,3 при распаде ^{147}Eu .

4. ИССЛЕДОВАНИЕ ВРЕМЕН ЖИЗНИ ВОЗБУЖДЕННЫХ СОСТОЯНИЙ ЯДЕР

При помощи созданной установки исследовались изомерные состояния ядер. В этом случае использовались, как правило, сцинтилляционные детекторы: либо NaJ(Tl) , либо пластический сцинтиллятор NE104 для регистрации γ -излучения, при этом блоки временной привязки к импульсам с ППД, отмеченные пунктиром на рис. 1, заменялись блоками, показанными вверху этого рисунка.

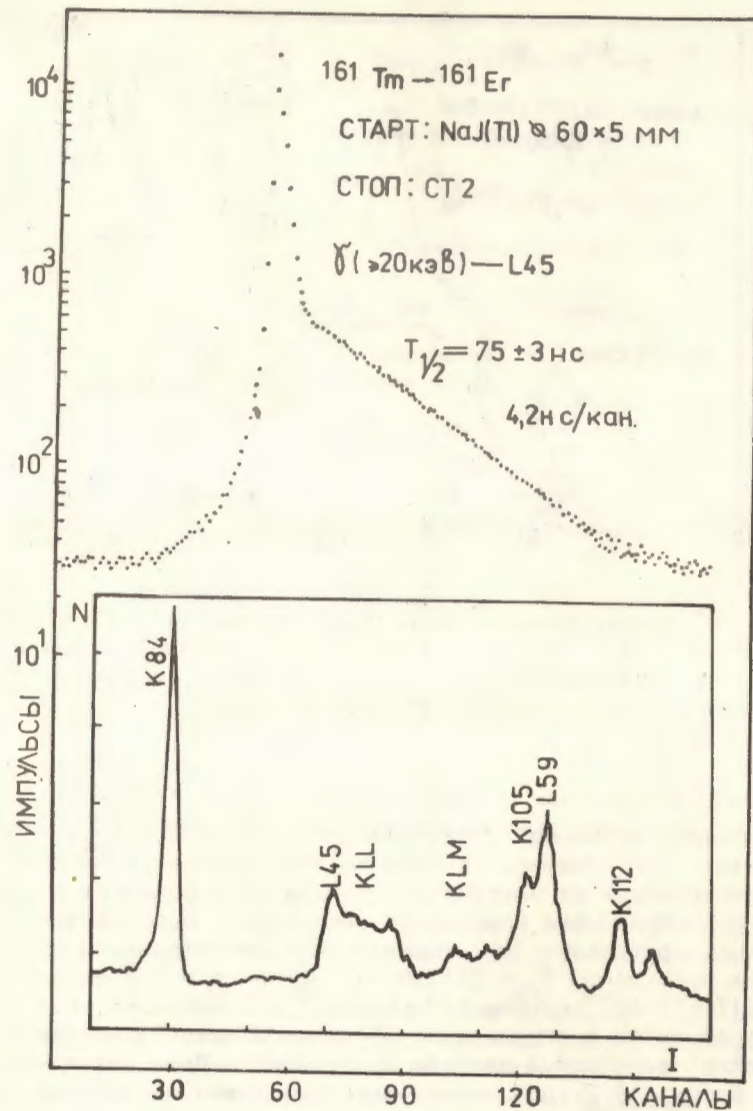


Рис. 5. Кривая времени жизни уровня с энергией 189,4 кэВ ^{161}Tm , полученная при измерении временных L45- γ -совпадений. Внизу показан участок спектра ЭВК ^{161}Tm .

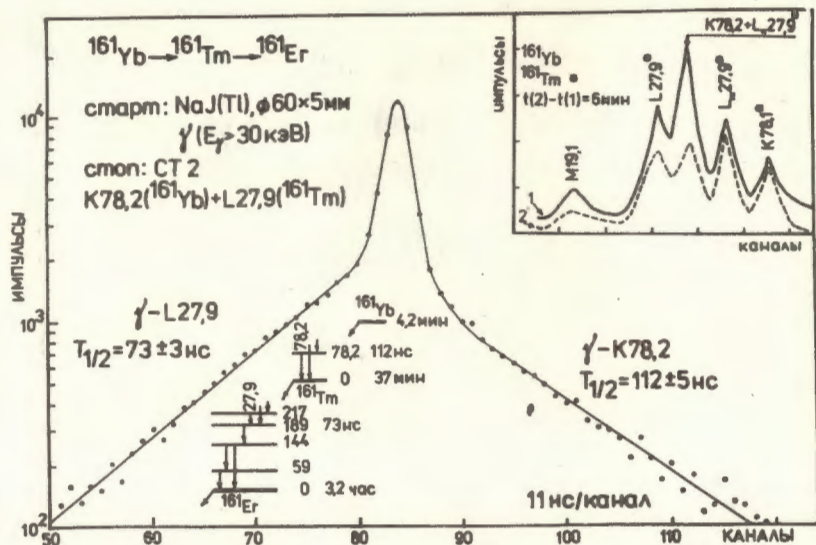


Рис. 6. Кривая времени жизни возбужденных уровней с энергией 189 кэВ ^{161}Er и 78,2 кэВ ^{161}Tm , полученная при измерении временных ($\text{K}78,2\ ^{161}\text{Yb} + \text{L}27,9\ ^{161}\text{Tm}$) - γ - совпадений. Вверху справа - участок ЭВК изобары $A=161$.

Анализ временных характеристик установки [рис. 3] показывает, что смещение центров тяжести временных реперов в зависимости от энергий электронов пропорционально величине c/v . Временное разрешение установки с использованием Ge(Li) - детектора /сцинтилляционных детекторов/ при энергиях электронов $E_e = 25 \div 250$ кэВ меняются в пределах $2\tau_0 = (12 \div 7) \cdot 10^{-9}$ с [$2\tau_0 = (7 \div 4) \cdot 10^{-9}$ с]. Очевидно, что основной вклад в ограничение временного разрешения установки вносит траекторный разброс электронов в бета-спектрометре.

На рис. 5-7 для иллюстрации приведены кривые измерений времен жизни возбужденных состояний ядер.

Обработка измеренных временных распределений проводилась по склону кривой при помощи ЭВМ CDC-6500 по программе "LIFTIM" [11]. Результаты измерений периодов полураспада указанных возбужденных состояний ядер ^{161}Tm , ^{161}Er , ^{159}Er [22], равные $T_{1/2}/78,2$ кэВ/ = $112/5 \cdot 10^{-9}$ с и $T_{1/2}$

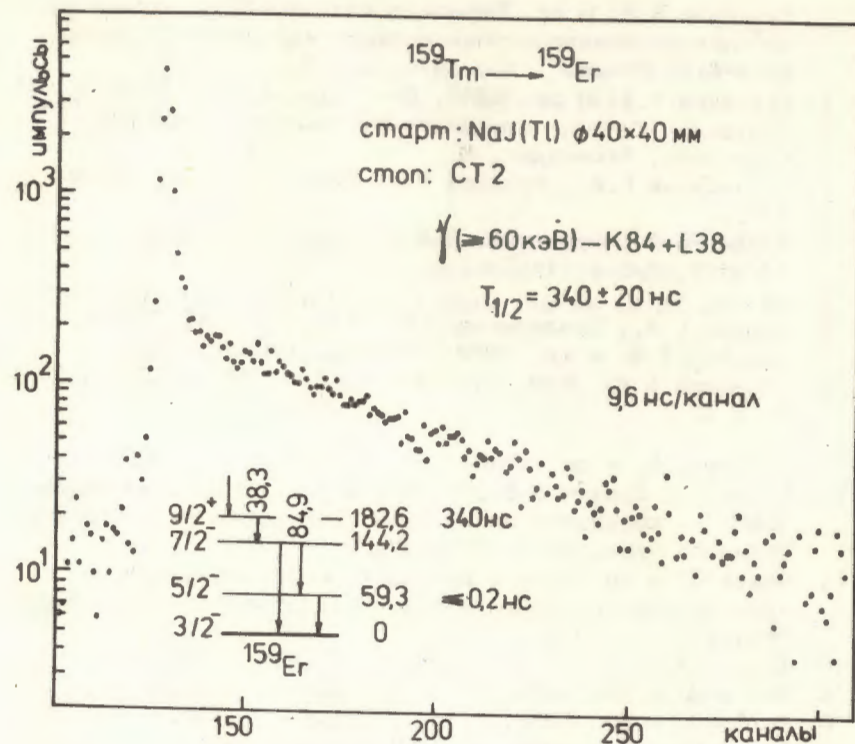


Рис. 7. Кривая времени жизни уровня с энергией 182,6 кэВ ^{159}Er , полученная при измерении временных ($\text{K}84 + \text{L}38$) - γ - совпадений.

/189,4 кэВ/ = $75/3 \cdot 10^{-9}$ с и $T_{1/2}/182,6$ кэВ/ = $340/20 \cdot 10^{-9}$ с, соответственно, уточняют и согласуются с более ранними измерениями [23-27].

Описанная установка позволяет решать широкий круг задач, связанных с получением схем распада ядер и измерением времен жизни возбужденных состояний ядер с $T_{1/2} > 10^{-9}$ с. Установка в течение двух лет эксплуатируется в научно-экспериментальном отделе ядерной спектроскопии и радиохимии Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Громов К.Я. и др. В сб.: Прикладная ядерная спектроскопия. Атомиздат, М., 1978, вып.8, с.59.

2. Кузнецов В.В. и др. Тезисы докладов XXVIII совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. Алма-Ата. "Наука", Л., 1978, с.508.
3. Кузнецов В.В. и др. ОИЯИ, Д6-11574, Дубна, 1978, с.148.
4. "Альфа,- бета-, гамма-спектроскопия", под ред. К.Зигбана, Атомиздат, М., 1969, т.1, с.288.
5. Орманджиев С.И., Усманов Р.Р. ОИЯИ, 13-8630, Дубна, 1975.
6. Балдин Б.Ю., Крумштейн З.В., Ронжин А.И. ОИЯИ, 13-9850, Дубна, 1976.
7. Akimov Yu.K. et al. Nucl. Instr. & Meth., 1972, 104, p.581.
8. Аликов Б.А., Орманджиев С.И. ОИЯИ, 13-9135, Дубна, 1975.
9. Борейко В.Ф. и др. ОИЯИ, 13-6396, Дубна, 1972.
10. Гаджоков В.И. ОИЯИ, P13-5035, Дубна, 1970; ПТЭ, 1970, 5, с.82.
11. Аликов Б.А. и др. ЭЧАЯ, 1976, т.7, вып.2, с.419.
12. Бацев С., Будзяк А.В., Кузнецов В.В. Тезисы докладов XXIX совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра, Рига. "Наука", Л., 1979, с.117.
13. Бацев С. и др. Тезисы докладов XXIX совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. Рига. "Наука", Л., 1979, с.116.
14. Будзяк А.В. и др. ОИЯИ, Д6-11574, Дубна, 1978, с.121.
15. Вылов Ц. и др. ОИЯИ, P6-12144, Дубна, 1979.
16. Вылов Ц. и др. ОИЯИ, P6-12224, Дубна, 1979.
17. Вылов Ц. и др. ОИЯИ, P6-11848, Дубна, 1978.
18. Аликов Б.А. и др. Тезисы докладов XXIX совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. Рига. "Наука", Л., 1979, с.112.
19. Желепов Б.С. и др. Тезисы докладов XXIX совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. Рига. "Наука", Л., 1979, с.103.
20. Будзяк А. и др. ОИЯИ, Д6-11574, Дубна, 1978, с.116.
21. Кузнецов В.В. и др. ОИЯИ, Д6-11574, Дубна, 1978, с.123.
22. Аликов Б.А. и др. ОИЯИ, P6-12220, Дубна, 1979.
23. Адам И. Тезисы докладов XXVIII совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. Алма-Ата. "Наука", Л., 1978.
24. Адам И. и др. ОИЯИ, 6-8658, Дубна, 1975.
25. Baznat M.I. et al. JINR, E6-8303, Dubna, 1974; Nucl. Phys., 1975, A242, p.30.
26. Hjorth S.A. et al. Nucl. Phys., 1970, A144, p.513.
27. Andrejtcheff W. et al. Nucl. Phys., 1970, A220, p.438.

28. Артамонова К.П. и др. Программа и тезисы докладов XXV совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. Ленинград. "Наука", Л., 1975, с.129.
29. Артамонова К.П. и др. Программа и тезисы докладов XXV совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. Ленинград. "Наука", Л., 1975, с.133.

Рукопись поступила в издательский отдел
24 сентября 1979 года.