

**СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА**

13-86-13

**В.Н.Абросимов, В.А.Морозов, Б.П.Осипенко,  
Ф.Пражак, В.И.Стегайлов, Я.Юрковский**

**ВРЕМЕННЫЕ ПЛАНАРНЫЕ HPGe-ДЕТЕКТОРЫ**

**1986**

В данной работе продолжено изучение временных свойств планарных HPGe-детекторов. Подобные детекторы обладают наилучшим временным и энергетическим разрешением по сравнению с полупроводниковыми детекторами других типов, что позволяет использовать их в спектрометрах совпадений, предназначенных для измерения (e- $\gamma$ )-или ( $\gamma$ - $\gamma$ )-совпадений, с целью определения времени жизни возбужденных состояний ядер. При проведении подобных исследований важно иметь хорошее временное разрешение при симметричной форме кривой мгновенных совпадений /КМС/. А эти параметры зависят от качества материала детектора, его объема и конфигурации, толщины нечувствительного слоя и типа примененного формирователя временных сигналов. Как было показано ранее<sup>/1/</sup>, в планарном HPGe-детекторе объемом 4,8 см<sup>3</sup> наблюдалась асимметричная форма КМС, связанная с процессом сбора заряда. В этом случае использовался временной формирователь с компенсацией влияния амплитудного разброса и изменений во фронте импульса<sup>/2/</sup>. Временное разрешение при использовании источника <sup>60</sup>Co в режиме ( $\beta$ - $\gamma$ )-совпадений составляло 2,7 нс на линии 1332 кэВ и 6,6 нс в районе 230 кэВ.

Нами были изучены временные характеристики другого детектора /HPGe-2/ подобного типа, отличающегося от первого /HPGe-1/ меньшими размерами и объемом, а также некоторыми другими параметрами /см. табл.1/. Технология изготовления детектора не отличалась от технологии изготовления детектора HPGe-1.

Таблица 1

Параметры планарных HPGe-детекторов

N	Диаметр заготовки /мм/	Диаметр чувств. области /мм/	Толщина чувств. области /мм/	v /см <sup>3</sup> /	d* /мкм/	N <sub>a</sub> -N <sub>d</sub> x10 <sup>10</sup>	U <sub>сст</sub> /В/
HPGe-1	40	32	6	4,8	0,3 мм	1,5	1100
HPGe-2	21,5	16	6,5	1,2	0,3 мм	0,8	1500
HPGe-3	18	10	6	0,47	17	1,0	1000
HPGe-4	21,5	16	6	1,2	10	1,0	700
HPGe-5	19	12	9	1,0	10	1,0	850
HPGe-6	19	11	6,5	0,62	9,5	1,0	1700
HPGe-7	18	8	6,5	0,33	9,5	1,5	800
HPGe-8	18	8	6,5	0,33	9,5	1,5	600

\*d - глубина залегания чувствительного слоя

Входное окно, изготовленное путем имплантации галлия, как в первом, так и во втором случае не превышало по толщине 700 Å. Временное разрешение детектора изучалось на установке быстрых совпадений с регистрацией спектров совпадений на многоканальном анализаторе. Измерения проводились с использованием источника  $^{60}\text{Co}$  в режиме ( $\beta$ - $\gamma$ )-совпадений. Электроны ( $E_\beta > 50$  кэВ) регистрировались сцинтилляционным детектором, а  $\gamma$ -лучи - полупроводниковым детектором /ППД/. В сцинтилляционном детекторе применялся фотоумножитель типа XP-2020Q с быстрым пластическим сцинтиллятором NE-104. В канале ППД использовался предусилитель типа П-213/27, имеющий помимо энергетического канала быстрый временной канал, который обеспечивал фронт нарастания импульса в 2,5 нс. В качестве временного формирователя использовался формирователь типа ORTEC-584, допускающий три режима работы: интегральный (LE-Leading Edge), со следящим порогом (CF - Constant Fraction) и режим с отбросом импульсов с затнутым фронтом (SRT - Slow Rise Time Reject). На рис.1 представлены временные спектры совпадений, измеренные в режимах LE и SRT при различных энергетических порогах по  $\gamma$ -каналу. Канал "Старт" запускался от сцинтилляционного детектора, а "Стоп" - от ППД. На рис.1а наглядно видно влияние разброса фронтов импульсов на временное разрешение спектрометра совпадений при работе формирователя в режиме LE /здесь и в дальнейшем мы рассматриваем режимы формирователей в канале ППД; в канале сцинтилляционного детектора формирователь работал в режиме CF /. Режим SRT позволяет несколько улучшить форму КМС и отбросить часть импульсов с малой скоростью нарастания фронта /рис.1б/. При повышении порога дискриминатора происходит дальнейший отброс импульсов с затянутыми фронтами и улучшение формы и разрешения КМС. Было изучено также влияние величины напряжения смещения на детекторе на форму КМС. Оказалось, что для данного детектора оптимальная величина напряжения на детекторе при проведении временных измерений находится не на уровне максимально допустимого значения, а существенно меньше. Это отчетливо видно при работе в режиме SRT /рис.2/. При более высоком напряжении происходит, очевидно, уменьшение времени жизни носителей заряда в ловушках. Подобному объяснению не противоречат и временные распределения, полученные в режиме CF. Временное разрешение, полученное в совпадениях электронов с  $\gamma$ -лучами с  $E_\gamma > 780$  кэВ при использовании источника  $^{60}\text{Co}$ , равно  $2\tau_0 = 1,6$  нс, что превосходит лучшее значение  $2\tau_0 = 2,7$  нс, полученное на  $\gamma$ -линии 1332 кэВ при использовании  $^{60}\text{Co}$  на ППД HPGe-1. Улучшение временного разрешения данного детектора, очевидно, объясняется его меньшим объемом по сравнению с HPGe-1. Однако существенным фактором, ограничивающим использование подобных детекторов во временных измерениях, является наличие затянутых хвостов в КМС, особенно при регистрации низкоэнергетического излучения.

Дальнейшее улучшение временного разрешения и формы КМС оказалось возможным за счет значительного уменьшения глубины залегания

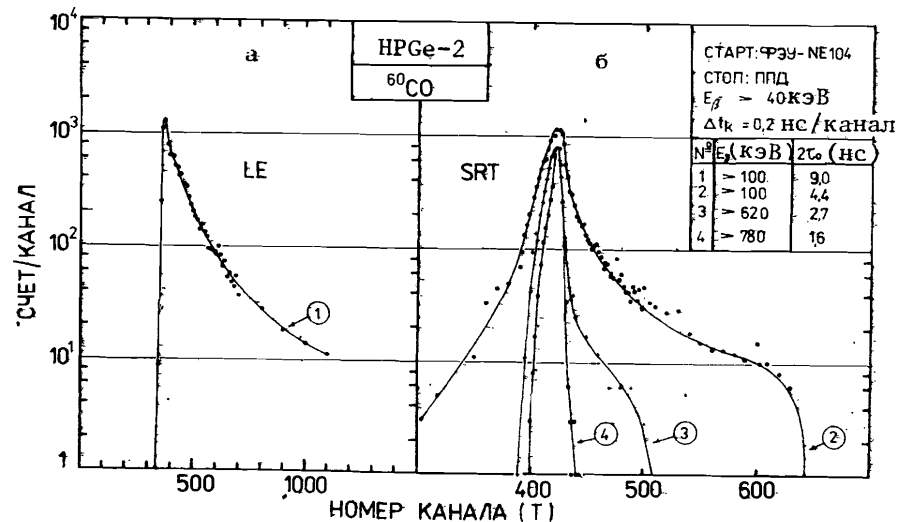


Рис.1. Временные характеристики детектора HPGe-2.

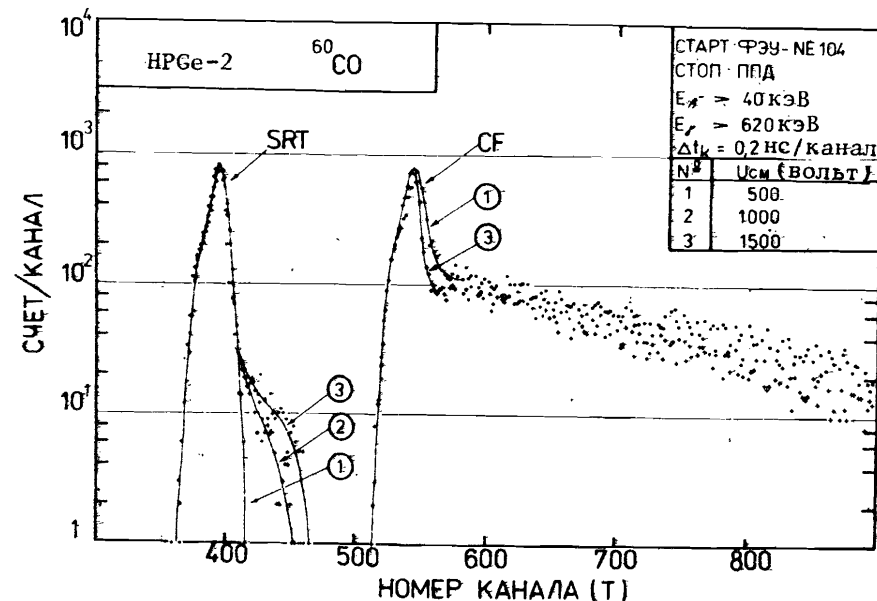


Рис.2. Влияние напряжения смещения на детекторе на его временное разрешение.

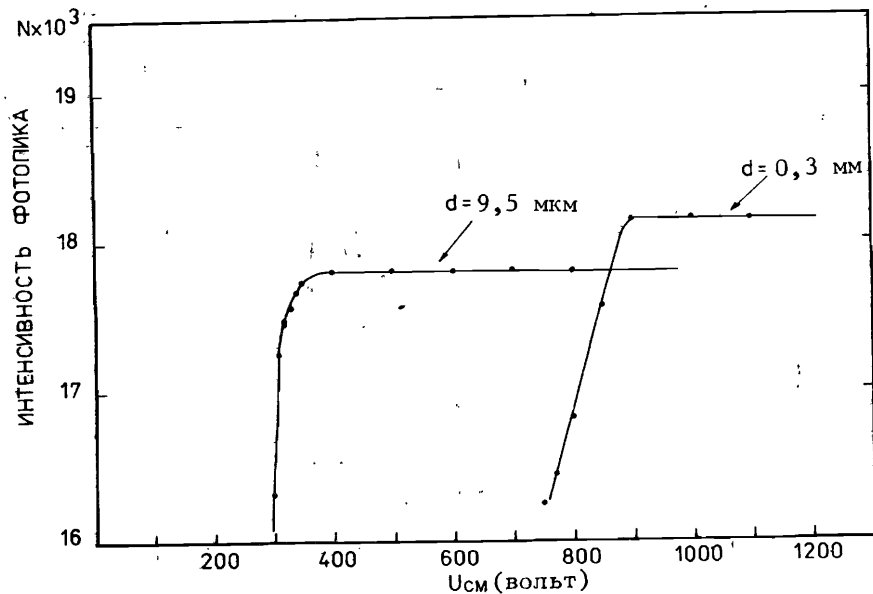


Рис.3. Зависимость счетной характеристики планарного ППД из HPGe от глубины залегания (p-n)-перехода.

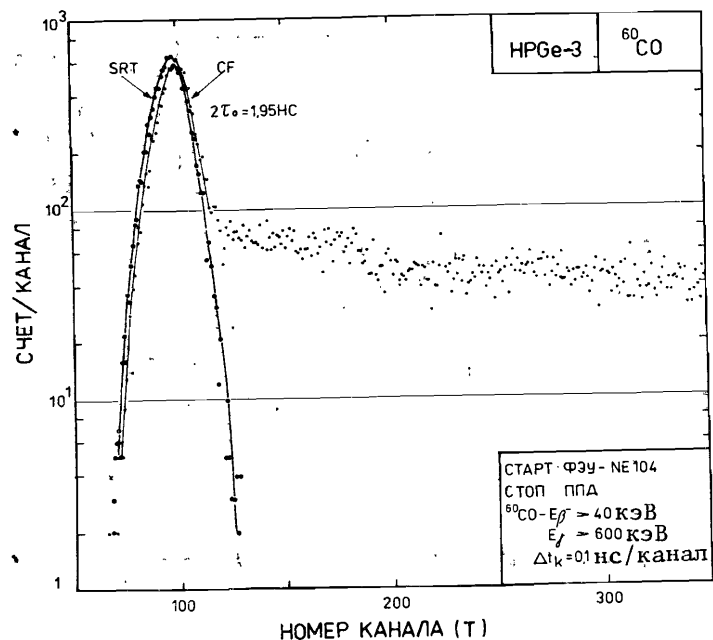


Рис.4. Временные характеристики детектора HPGe-3.

ния (p-n)-перехода, который является, очевидно, для данного материала основным источником ловушек носителей заряда.

В процессе изготовления детекторов были приняты меры, позволяющие создать резкий (p-n)-переход, залегающий в глубине  $9,5 \pm 17$  мкм /табл.1/. Концентрация лития у поверхности повысилась до  $10^{18}$  см $^{-3}$ . Напряженность электрического поля у такого детектора приближается к П-образной форме /рис.3/, что улучшает условия сбора заряда, образующегося в результате ионизации, произведенной регистрируемой частицей.

Результаты измерений на первом детекторе подобного типа - HPGe-3 представлены на рис.4. Обращает на себя внимание симметричная форма КМС и хорошее временное разрешение, что при крутизне склона, не превышающей 350 пс, позволяет определять периоды полураспада возбужденных состояний, живущих менее одной наносекунды.

Аналогичные результаты получены на детекторе HPGe-4, на котором глубина залегания (p-n)-перехода была уменьшена до 10 мкм. Это привело к дальнейшему улучшению временного разрешения спектрометра /рис.5/. При этом необходимо отметить, что объем этого детектора был увеличен почти в 3 раза по сравнению с объемом предыдущего. На рис.6 приведены измерения разрешающего времени спектрометра при использовании источника  $^{60}\text{Co}$  и выборке определенных энергетических сечений в  $\gamma$ -спектре  $^{60}\text{Co}$ . В этом случае измерения проводились в режиме трехмерного анализа  $E_{\gamma}$ -T- $E_{\beta}$  с ин-

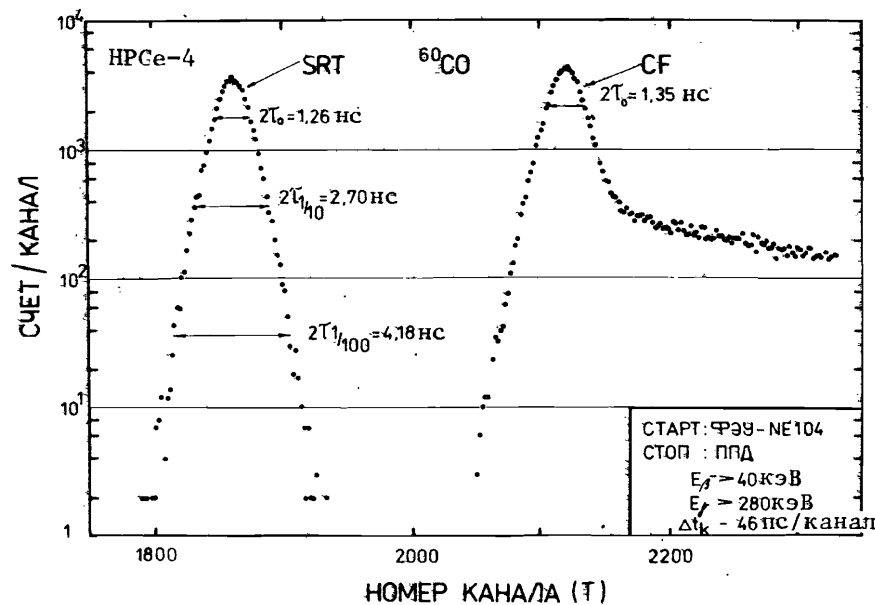


Рис.5. Временные характеристики детектора HPGe-4.

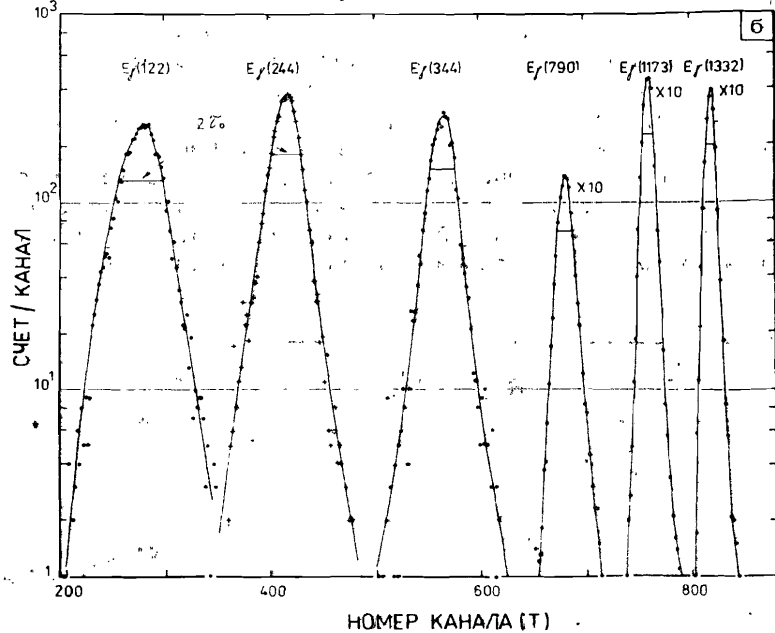
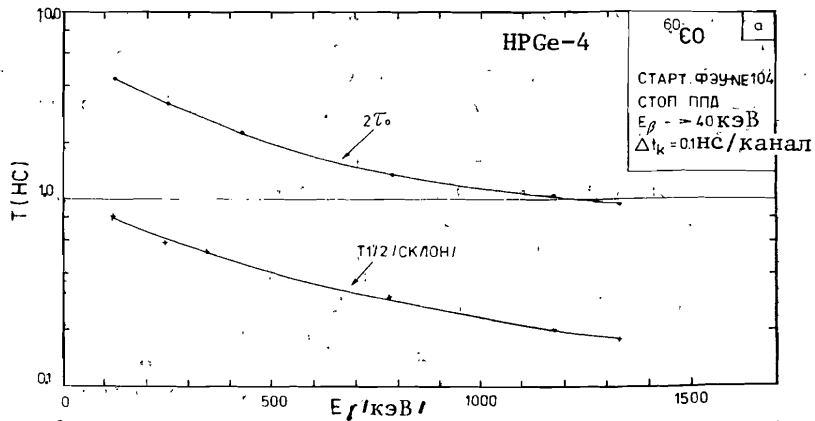


Рис.6. Зависимость временного разрешения HPGe-4 от  $E_\gamma$ .

пользованием ЭВМ HP-2116C и записью информации на магнитную ленту<sup>1/</sup>. Как видно, для данного HPGe-детектора разрешающее время сравнимо с разрешающим временем сцинтилляционного спектрометра совпадений, в одном из каналов которого используется быстрый пластический сцинтиллятор, а в другом - неорганический кристалл NaJ(Tl).

Возможности, которые предоставляет данный тип спектрометра для измерения времени жизни уровней, можно проиллюстрировать

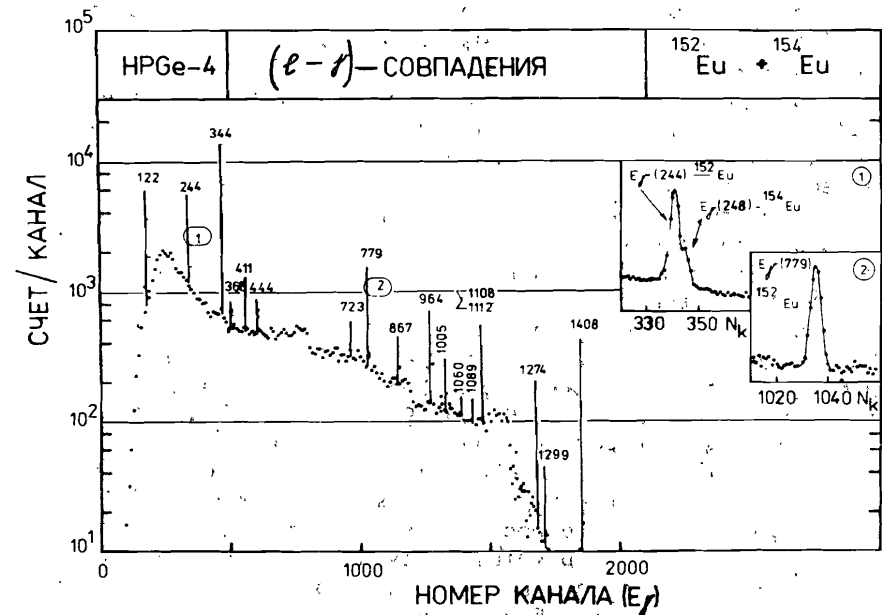


Рис.7. Спектр (e-γ)-совпадений  $^{152}\text{Eu}$  ( $^{154}\text{Eu}$ ).

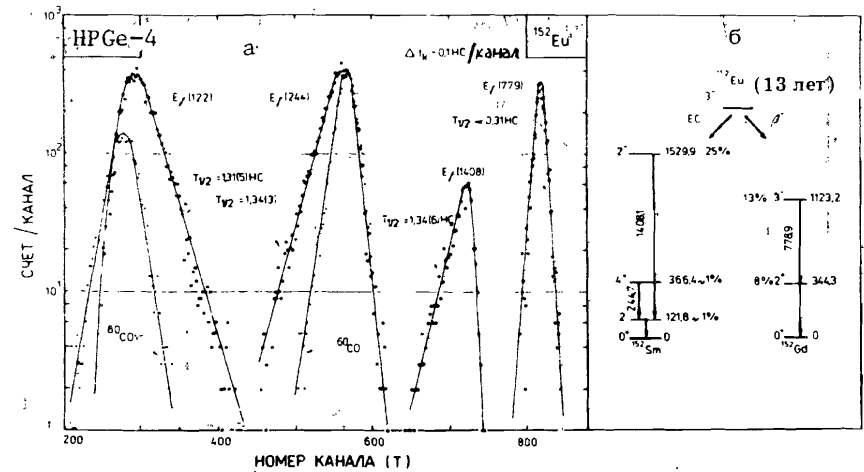


Рис.8. Спектры задержанных совпадений при распаде  $^{152}\text{Eu}$ .

Периоды полураспада возбужденных состояний ядер

Ядро	$E_{\gamma}$ /кэВ/	$I^{\pi}$	$E_{\gamma}^*$ /кэВ/	$T_{1/2}^{**}$ /нс/ наст. работа	$T_{1/2}$ /нс/
$^{152}\text{Sm}$	121,8	$2^+$	121,8	1,31/5/	1,39/2/3/
			244,7	1,34/3/	
			1408,1	1,34/6/	
$^{152}\text{Gd}$	1123,2	$3^-$	778,9	0,31	
$^{172}\text{Yb}$	78,7	$2^+$	1093,6	1,62/7/	1,68/4/4/
$^{172}\text{Yb}$	1172,3	$3^+$	1093,6	7,8/4/	8,1/2/4/

\*  $E_{\gamma}$  - энергия  $\gamma$ -перехода, выделяемая в канале ППД.

\*\* Запись 1,31/5/ означает  $1,31 \pm 0,05$ .

Полученные результаты показывают, что планарные детекторы из германия высокой чистоты с малой толщиной входного окна и резкими (p-n)-переходами с малой глубиной залегания могут быть эффективно использованы в измерениях времени жизни возбужденных состояний ядер в нано- и пикосекундном диапазоне.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Морозов В.А. и др. ОИЯИ, 13-84-213, Дубна, 1984.
2. Акимов Ю.К. и др. ОИЯИ, P13-5708, Дубна, 1971.
3. NDS, 1980, 30, № 1, р.1.
4. NDS, 1975, 15, № 4, р.497.

на примере изучения периодов полураспада возбужденных состояний 122 кэВ в  $^{152}\text{Sm}$ , 78,8 и 1172 кэВ в  $^{172}\text{Yb}$ . Эти состояния возбуждались при распаде  $^{152}\text{Eu}$  и  $^{172}\text{Lu}$ . В источнике Eu помимо изотопа  $^{152}\text{Eu}$  присутствовал также изотоп  $^{154}\text{Eu}$  /16% от активности  $^{152}\text{Eu}$ /. Источник Lu тоже состоял из смеси изотопов  $^{172}\text{Lu}$  и  $^{171}\text{Lu}$ , причем активность  $^{172}\text{Lu}$  составляла 10% от активности  $^{171}\text{Lu}$ .

Измерения (e- $\gamma$ )-совпадений проводились в режиме трехмерного анализа. Электроны конверсии регистрировались пластическим сцинтиллятором малого объема, а  $\gamma$ -излучение ППД - HPGe-4. Спектр совпадений  $\gamma$ -лучей при распаде источника Eu показан на рис.7. На рис.8 приведены кривые задержанных совпадений /КЗС/, по которым определяется период полураспада состояния 122 кэВ в  $^{152}\text{Sm}$  /КЗС приведены с вычетом фонового распределения/. Помимо этого нами был определен верхний предел значения периода полураспада состояния 1123 кэВ в  $^{152}\text{Gd}$ . На рис.9 приведена КЗС, которая определяет периоды полураспада двух состояний в  $^{172}\text{Yb}$  - 78,7 /левый склон/ и 1172 кэВ /правый/ при выборке  $\gamma$ -лучей 1093 кэВ. Согласие экспериментальных данных с уже известными /3,4/ /см. табл.2/ подтверждает надежность полученных результатов.

В табл.1 приведены параметры и других детекторов - HPGe-5 - HPGe-8 с малой глубиной залегания (p-n)-перехода. Все они обладают временным разрешением, близким к разрешению ППД HPGe-4, что свидетельствует об отработке техники изготовления детекторов данного типа.

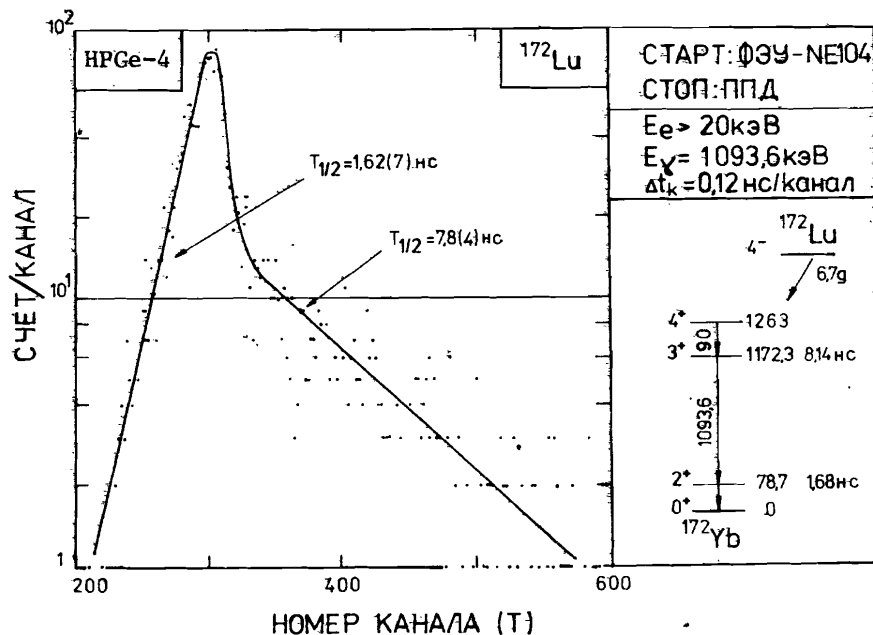


Рис.9. Спектры задержанных совпадений при распаде  $^{172}\text{Lu}$ .

Рукопись поступила в издательский отдел  
9 января 1986 года.

Абросимов В.Н. и др.

13-86-13

Временные планарные HPGe-детекторы

Изучены временные характеристики планарных HPGe-детекторов с малой глубиной залегания (p-n)-перехода. В ( $\beta$ - $\gamma$ )-совпадениях на линии 1332 кэВ радиоактивного препарата  $^{60}\text{Co}$  получено разрешение спектрометра  $2\tau_0=0,95$  нс.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1986

Перевод О.С.Виноградовой

Abrosimov V.N. et al.

13-86-13

Time Planar HPGe Detectors

The time resolution of the planar HPGe detectors was investigated with small value of the dead layer. The time resolution is  $2\tau_0=0,95$  ns for  $E_\gamma=1332$  keV in coincidence with  $\beta^-$ -particles of  $^{60}\text{Co}$ .

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1986