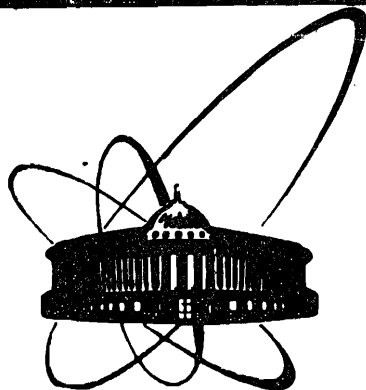


87-644



ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

P15-87-641

Б.М.Сабиров, В.М.Абазов, В.Вагнер,  
Н.А.Воинова-Елисеева\*, В.А.Гордеев\*, Ш.Гербиш,  
Е.Н.Комаров\*, С.А.Кутузов, М.Левандовски,  
Х.-Г.Ортлепп, Г.Е.Солякин\*

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЕРИМЕНТА  
ПО ПОИСКУ  
МОНОПОЛЬНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ ЯДРА  $^{152}\text{Sm}$   
ПРИ ОСТАНОВКЕ МЮОНА В МИШЕНИ

Направлено на II Международный симпозиум  
"Мезоны в веществе", Дубна, июнь - июль 1987 г.

\* Ленинградский институт ядерной физики  
АН СССР

1987

Поиск монополюного возбуждения ядра при распаде мюона на К-орбите мезоатома вызывает интерес с позиций двух областей физики: физики взаимодействия элементарных частиц с ядром и физики структуры ядра<sup>/1/</sup>. Явление влияния распада мюона  $\mu^- \rightarrow e^- + 2\nu$  на состояние ядра само по себе представляет большой интерес, но оно до сих пор выпадало из поля зрения физиков, изучавших захват мюона атомом и ядром. С другой стороны, каждое новое исследование монополюных электрических ЕО-переходов и  $0^+$ -состояний в чётно-нечётных ядрах рождает больше вопросов, чем проясняет структуру этих уровней, природу их возникновения. Механизм монополюного возбуждения ядра при распаде связанного мюона представляет собой уникальный инструмент для селективного исследования ЕО-возбуждений в ядрах в отличие от ядерного мю-захвата или от реакции  $(p, p')$ , двойного кулоновского возбуждения  $(p, t)$  и многих других традиционно применяемых методов в ядерной спектроскопии. Метод изучения монополюных возбуждений при остановке мюона в веществе привлекателен тем, что физика захвата такова, что позволяет уверенно отобрать нужное событие из множества других при остановке мюона в веществе.

Процесс образования мезоатомов можно разделить на четыре условно независимых этапа, времена которых существенно влияют на выбор параметров экспериментальной установки, предназначенной для исследования мезоатомных и мезоядерных взаимодействий. I этап — замедление релятивистских мюонов за счёт ионизации до скоростей, сравнимых со скоростью валентных электронов в атомах среды. Время замедления можно оценить по известной формуле для ионизационных потерь. Для конденсированных сред эта оценка даёт  $t_1 = 10^{-9} + 10^{-10}$  с<sup>/2/</sup>. II этап — окончательное замедление мюонов до тепловых скоростей и адиабатический захват на высоколежащие уровни мезоатома, т.е. переход в состояние с отрицательной энергией. Характерное время второго этапа  $t_2 = 10^{-13} + 10^{-14}$  с<sup>/2/</sup>. III этап — мезоатомный каскад, процесс перехода мюона с высоких орбит в основное состояние (на К-орбиту). Характерное время мезоатомного каскада  $t_3$  в лёгких ядрах не превышает  $10^{-12} + 10^{-13}$  с, а в тяжёлых ядрах ещё меньше<sup>/2/</sup>. IV этап — пребывание мюона на К-орбите мезоатома, завершающееся его распадом или ядерным захватом. Время жизни мюона на К-орбите  $t_4$  зависит от заряда ядра и изменяется от времени жизни свободного мюона  $2.2 \cdot 10^{-6}$  с в мезоводороде до величины  $\approx 6 \cdot 10^{-8}$  с для самых тяжёлых элементов. Из двух конкурирующих процессов в лёгких ядрах более вероятен распад при  $Z=11$  (Na), скорости их сравниваются, и с ростом  $Z$  преобладает

захват мюона<sup>1/3</sup>. Характерные времена  $t_1$ ,  $t_2$  и  $t_3$  образования мезоатома много меньше времени жизни мюона на К-орбите  $t_4$ . Все события на первых трёх этапах можно считать мгновенными, а события четвертой стадии — задержанными относительно остановки мюона в мишени. Такая иерархия времён определяет условия проведения эксперимента, с одной стороны, и обуславливает требования к аппаратуре, с другой: во-первых, это благоприятствует процессу отделения по времени мгновенных событий от задержанных, а во-вторых, для этого разделения событий предъявляются высокие требования к временному разрешению аппаратуры  $\Delta t$ : оно должно быть много меньше времени жизни мюона, т.е. составлять единицы наносекунд.

Ниже описывается установка МЕГА, созданная для поиска монополюсного возбуждения ядер  $\text{Sm}^{152}$  при остановке мюонов в обогащённой окиси самария, аппаратура, которая удовлетворяет требованиям эксперимента, и программное обеспечение измерения для автоматизированного сбора и сортировки информации.

#### Экспериментальная установка МЕГА

Принцип работы экспериментальной установки МЕГА (МЕзон-Гамма, рис.1) основан на регистрации задержанного гамма-излучения из мишени при остановке в ней мюона, в совпадении с электроном от распада  $\mu^- \rightarrow e^- + \nu_\mu + \bar{\nu}_e$ . Установка состоит из мюонного телескопа для выделения остановок мюонов, электронного телескопа и гамма-спектрометрического канала. Телескоп,

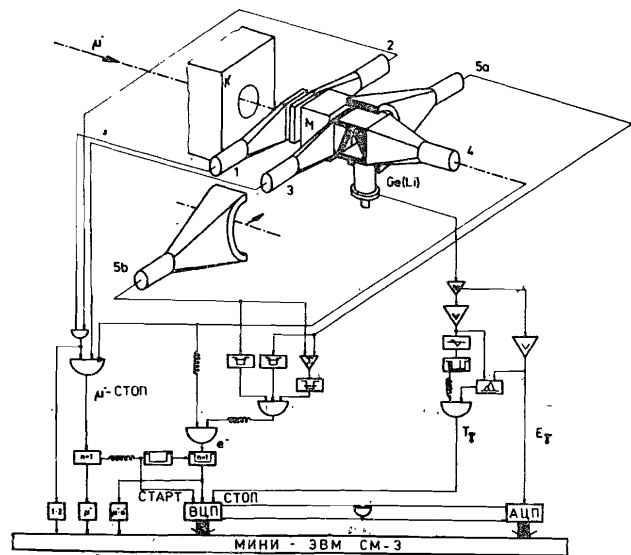
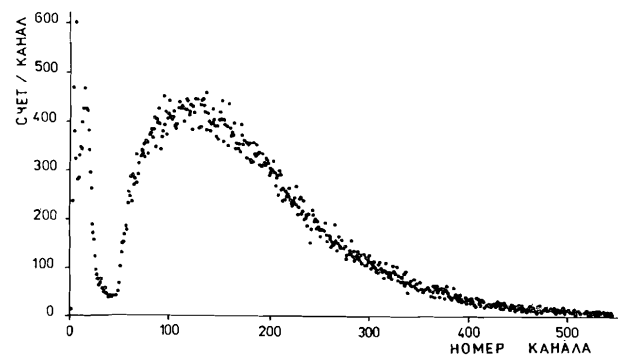


Рис.1 Схема экспериментальной установки МЕГА

в них встроены непосредственно после делителя ФЭУ быст-

рые усилители и формирователи с временной отметкой. На выходе этих счётчиков мы имеем сформированные логические импульсы длительностью  $\approx 1$  нс, которые поступают на схему совпадений (счёт входящего пучка  $N_{I2}$ ). Мюоны после мониторинных счётчиков замедляются в слое полиэтилена М (толщина М зависит от импульса  $P_\mu$  входящих мюонов) и проходят тонкий счётчик СЗ, предназначенный для регистрации замедленных мюонов перед их остановкой в мишени. Поэтому к третьему счётчику предъявляются специальные требования, противоречащие друг другу: он должен быть достаточно тонким, чтобы минимизировать число мюонов, останавливающихся в нём, и достаточно эффективным, чтобы избежать просчётов мюонов. В то же время этот счётчик определяет временную отметку, связанную с остановкой мюона в мишени, т.е. к нему предъявляются высокие требования относительно скорости срабатывания ФЭУ, формирования переднего фронта анодного импульса и формирования из него логического импульса. Размеры СЗ таковы:  $83 \times 83 \times 0,15$  мм<sup>3</sup>. Собран он на отобранном ФЭУ-30, у которого отношение сигнал/шум при рабочем напряжении 2,7 кВ составляет величину 20-25 (у обычного ФЭУ-30 эта величина  $\sim 6-8$ ). Длительность переднего фронта анодного импульса составила величину  $\sim 2$  нс. Логический импульс был сформирован с помощью электронного блока ФЭУ-4/ производства Лаборатории ядерных проблем, который осуществлял временную привязку по постоянной части переднего фронта импульса. Число зарегистрированных мюонов, прошедших С1, С2, М и СЗ (счёт  $N_{I23}$ ), составило 80% от  $N_{I2}$ , что говорит о высокой эффективности регистрации мюонов счётчиком СЗ (случайные совпадения при этом были  $< 0,1\%$ ). Счётчик С4, работающий в режиме антисовпадений, выполнен в виде четырёхгранного стакана и имеет внутренние размеры  $83 \times 83 \times 178$  мм<sup>3</sup>, толщину стенок и дна стакана 8 мм, сцинтиллятора и собран на ФЭУ-30.

Электронный телескоп, предназначенный для регистрации высокоэнергичных электронов от распада мюона  $\mu^- \rightarrow e^- + \nu_\mu + \bar{\nu}_e$ , состоит из счётчиков С4 и С5. С5 представляет собой цилиндр, охватывающий С4 по всей длине. Собран С5 на спектрометрическом фотоумножителе ФЭУ-110. Энергетический спектр



электронов, зарегистрированных с помощью С5, показан на рис.2, из которого следует, что полезные события от электронов распада отделены от шумо-

Рис.2. Амплитудный спектр электронов, зарегистрированных счётчиком С5.

вых импульсов ФЭУ с хорошим разрешением, при котором потери полезных событий при дискриминации шумового сигнала составляют величину  $< 0,1\%$ . В счётчике С5 имеется отверстие, через которое полупроводниковый  $Ge(Li)$  детектор может быть максимально приближен к мишени.  $Ge(Li)$  детектор предназначен для регистрации мезорентгеновского излучения из мезоатома и  $\gamma$ -излучения из ядра. Детектор полукоаксиального типа с чувствительным объёмом  $\sim 55 \text{ см}^3$ . Как указывалось выше, временное разрешение в  $\gamma$ -канале относительно остановки мюона в мишени  $dt$  должно удовлетворять высоким требованиям и составлять единицы наносекунд. Поэтому нами было уделено специальное внимание этой проблеме.

В качестве предусилителя использовался прототип модели 5022-30 Центрального Института ядерных исследований, Россендорф, ГДР. Предусилитель, аналогично ПУ213 (производство ЛЯИ ОИЯИ), имеет временной выход  $T_\gamma$ . При ёмкости детектора  $\sim 30 \text{ пФ}$  эффективная постоянная времени дифференцирования во временном канале получена  $t_{\text{диф}} \sim 8 \text{ нс}$ . Такой режим работы, когда  $t_{\text{диф}}$  намного меньше времени сбора заряда  $t_{\text{сб}}$  в детекторе ( $\sim 250 \text{ нс}$ ), а следовательно, временной сигнал фактически соответствует токовому сигналу детектора, позволило улучшить временное разрешение. Во временной тракт  $T_\gamma$  включены блоки электроники, созданные в Лаборатории ядерных проблем специально для временных измерений с полупроводниковыми  $Ge(Li)$  детекторами<sup>15/</sup>. На рис. 3 показано временное распределение  $\gamma$ -квантов из

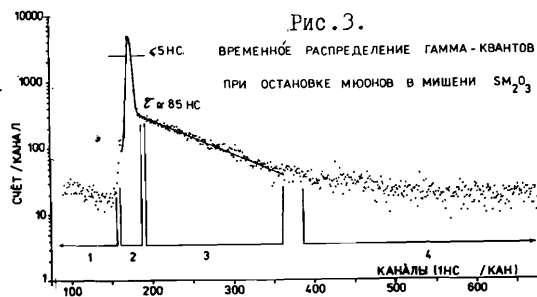


Рис. 3.

ВРЕМЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГАММА-КВАНТОВ ПРИ ОСТАНОВКЕ МЮОНОВ В МИШЕНИ  $Sm_2O_3$

мишени  $Sm_2O_3$  при остановке мюона. Временное разрешение в наших измерениях получено на уровне лучших мировых достижений  $\sim 5 \text{ нс}$  (порог в  $E_\gamma$ -канале  $\sim 100 \text{ кэВ}$ ), что лучше наших предыдущих измерений<sup>16/</sup>.

Отверстие в счётчике С5 играет также роль фактора исключения совпадений  $T_\gamma + e$ , при попадании электрона в  $Ge(Li)$  детектор. Для дополнительного очищения  $\gamma$ -спектра от попадающих в детектор заряженных частиц и улучшения фона  $\gamma$ -спектра, нами был применён счётчик С6, изготовленный в виде колпачка, надетого на  $Ge(Li)$  детектор, и собранный на ФЭУ-30.

Мишень изготовлена в виде буквы "Л" (рис. 1): достоинство такой формы в том, что толщина её вдоль пучка мюонов в два раза больше толщины мишени в направлении гамма-детектора. Изготовленная таким образом форма заполнена окисью самария  $Sm_2O_3$ , обогащённой изотопом  $^{152}Sm$  до 98%. Общий вес мишени составлял 430 г, вес элемента  $^{152}Sm$  — 317 г. Толщина по пучку (суммарная)  $\sim 4 \text{ г/см}^2$ , в соответствии с импульсным разбросом пучка мюонов<sup>16/</sup>. Поглощение исследуемых  $\gamma$ -квантов с энергией 600 кэВ в

каждой из сторон мишени составляет  $\sim 6-7\%$ . Пучок мюонов, использованный нами, формировался со стороны триплета мезонного тракта синхротронотрона ДИЯФ АН СССР им. Б.П. Константинова<sup>16/</sup>. Сепарированный мюонный пучок с импульсом  $\sim 106 \text{ МэВ/с}$  попадал в установку и останавливался в исследуемой мишени. Примесь других частиц (пионы и электроны) менее 1%. Оптимизация режима включения магнитных элементов канала производилась из условия получения максимального числа разреженных остановок мюонов в рабочих условиях эксперимента. Интенсивность числа остановок в исследуемой мишени  $Sm_2O_3$  при этом находилась на уровне  $\sim 10^4 / \text{с}$ , что близко к оптимальному значению интенсивности пучка мюонов, необходимому в данных условиях постановки опыта.

Согласно теоретическим расчётам<sup>17/</sup>, вероятность монополюного возбуждения ядра при распаде мюона на К-орбите мезоатома  $^{152}Sm$  составляет величину  $W(O^+) = (0,3-0,4) \cdot 10^{-3}$ . С учётом теоретической вероятности  $W(O^+)$  и конфигурации экспериментальной установки оцененное число полезных событий при интенсивности  $\mu$ -остановок  $10^4 \text{ с}^{-1}$  примерно равно 0,5 в час. Такой малый счёт предъявляет особые требования к экспериментальной установке в вопросе подавления фона в  $\gamma$ -спектре. Для этого нужна такая жёсткая система отбора полезных событий, чтобы довести отношение теоретический эффект/измеренный фон до величины  $> 1$ .

#### Описание работы электроники

На рис. 4 изображена общая блок-схема выделения сигнала остановки

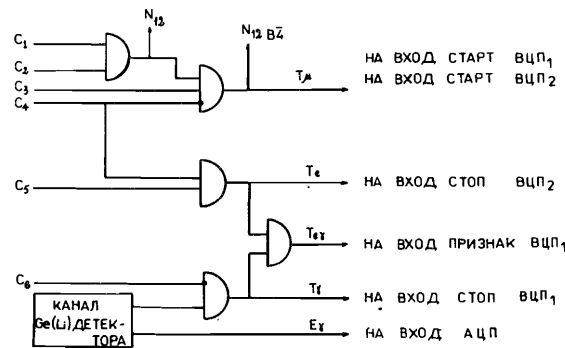


Рис. 4. Общая блок-схема выделения сигнала остановки мюонов ( $T_\mu$ ), электронов ( $T_e$ ), гамма-квантов ( $T_\gamma$ ) и признака события  $T_\gamma + e$  ( $T_{\gamma e}$ ).

Сигнал  $T_e = C4C5$  — регистрация электрона.

Сигнал  $T_{\gamma e} = C4C5C6T_\gamma$  — регистрация совпадения электрона и гамма-кванта.

Сигнал  $E_\gamma$  — сигнал с линейного выхода канала  $Ge(Li)$  детектора.

Сигналы  $T_\mu$ ,  $T_\gamma$ ,  $T_e$  и  $E_\gamma$  подаются на входы модулей время-цифровых и ампл-

мюона. Импульсы со счётчиков С1+С6 и германиевого детектора после соответствующего формирования и задержек поступают на схемы совпадений, которые выделяют следующие события:

Сигнал  $T_\mu = C1C2C3C4$  — регистрация остановки мюона.

Сигнал  $T_\gamma = C6T_\gamma$  — регистрация  $\gamma$ -кванта.  $T_\gamma$ -сигнал с быстрого выхода предусилителя  $Ge(Li)$  детектора.

литудного преобразователей ВЦП1, ВЦП2 и АЦП измерительного крейта.  
Общая блок-схема передачи данных в ЭВМ представлена на рис.5.

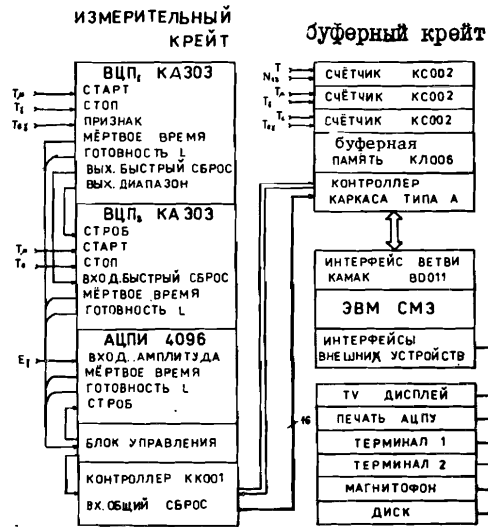


Рис.5.Общая блок-схема приёма данных и передачи их в ЭВМ СМ-3.

Измерительный крейт содержит электронные модули в стандарте КАМАК, обеспечивающие отбор, измерение и передачу параметров  $\mu$ - $\gamma$  и  $\mu$ - $e$ - $\gamma$  событий в буферную память КЛО06 /9/ ёмкостью 1024 16-разрядных слов, находящуюся в буферном крейте. Каждое событие, передаваемое из измерительного крейта, содержит 4 слова: 1 - значение времени задержки  $T_{\gamma}$  события относительно

- 2 - значение времени задержки  $e$ -события (коррелированного с  $\gamma$ -событием) относительно момента остановки  $\mu$ она;
- 3 - амплитуда сигнала  $E_{\gamma}$  из германиевого детектора для гамма-кванта;
- 4 - реперное слово.

Таким образом, всего в буфере можно записать информацию о 256 событиях. После заполнения накопителя происходит передача данных в ЭВМ СМ-3 через интерфейс ветви КАМАК ВР-II по каналу прямого доступа, что занимает время примерно 4 мс. Время передачи является "мёртвым временем" для измерительного крейта и составляет доли процента от времени накопления блока событий. Кроме буферной памяти, буферный крейт содержит ряд счётчиков КС002<sup>10</sup>, используемых для измерений интенсивности  $\mu$ -пучка, числа  $\mu$ - $\gamma$ ,  $\mu$ - $e$ - $\gamma$ ,  $\mu$ - $e$  и другой дополнительной информации. Опрос этих счётчиков и их сброс осуществляются в режиме поадресного сканирования по запросу соответствующей программы. Для измерения времени вылета  $\gamma$ -кванта ( $T_{\gamma}$ ) и электрона ( $T_e$ ) относительно момента остановки  $\mu$ она служили 2048-канальные время-цифровые преобразователи типа КА303<sup>11</sup>, включённые в старт-стопном режиме в диапазоне измерений 1 мкс. На вход "Старт" ВЦП1 подавался сигнал  $\mu$ -стоп, и на вход "Стоп" - сигнал  $T_{\gamma}$ . На вход "Признак" подавался сигнал  $T_{e-\gamma}$ , который соответствовал сигналу счётчика электронов  $T_e$ , совпадавший в интервале 50 нс с сигналом  $T_{\gamma}$ . Амплитуду  $E_{\gamma}$  сигнала из германиевого детектора от  $\gamma$ -кванта после соответствующего усиления и формирования

кодировал 4096-канальный аналого-цифровой преобразователь АЦП<sup>12</sup>. Для более детального анализа  $\gamma$ -е совпадений при дальнейшей обработке измерялось также время  $T_{e}$ -события относительно момента остановки  $\mu$ она с помощью второго время-цифрового преобразователя ВЦП2. На вход "Старт" подавался сигнал  $\mu$ -стоп, а на вход "Стоп" - сигнал  $T_{e}$ . При этом ВЦП2 стробировался сигналом "Диапазон" измерения, который образуется в незанятом обработкой сигналов ВЦП1 с появлением сигнала на его входе "Старт". В том случае, если в ВЦП1 в заданном диапазоне не появился сигнал  $T_{\gamma}$ , то вырабатывался дополнительный сигнал, который сбрасывал ВЦП2. В результате ВЦП2 мог измерять время  $e$ -события в диапазоне 1 мкс после появления  $\mu$ -остановки только при условии появления в этом диапазоне  $\gamma$ -события. При выходе сигнала "Стоп" за предел 1 мкс диапазона, ВЦП1 или ВЦП2 обнуляются автоматически за время примерно 1 мкс (это и есть быстрый сброс) и вновь готовы к работе.

Предварительный отбор коррелированных  $\mu$ - $\gamma$ - $e$  событий и инициация передачи параметров события в буферную память производились с помощью блока управления (БУ), блок-схема которого представлена на рис.6.

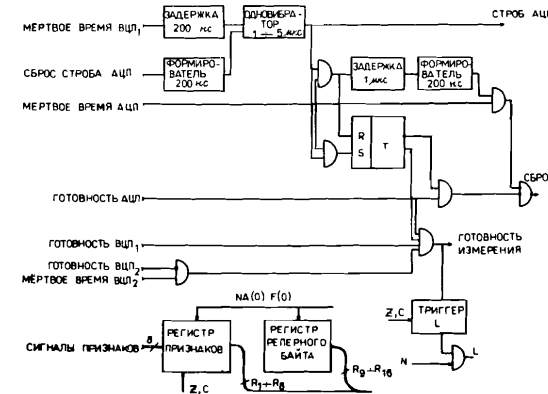


Рис.6.Функциональная блок-схема блока управления (БУ).

Блок управления по сигналу "Мёртвое время" ВЦП1, который вырабатывается при появлении  $T_{\gamma}$  в заданном временном диапазоне после регистрации остановки  $\mu$ она, генерирует сигнал "Строб АЦП". Длительность этого сигнала установлена такой,

что его задний фронт появляется на 200-300 нс позже момента достижения максимума сигнала  $E_{\gamma}$ . Для "нормального" события сигнал "Мёртвое время АЦП", вырабатывавшийся в момент регистрации максимума  $E_{\gamma}$ , поступает в блок управления в пределах сигнала "Строб АЦП", что приводит к установке триггера  $T_r$  в режим ожидания конца преобразования блоков АЦП, ВЦП1 и ВЦП2. При появлении на входах блока управления сигналов "Готовность АЦП", "Готовность ВЦП1" и "Готовность ВЦП2" вырабатывается сигнал "Готовность измерения", который устанавливает контроллер крейта КК001 в режим последовательного опроса выходных регистров блоков АЦП, ВЦП1, ВЦП2, БУ и передачи данных в буферную память КЛО06. Приём, при отсутствии сигнала "Мёртвое время ВЦП2", сигнал "Готовность измерений" вырабатывается без его ожидания, что позволяет регистрировать как

$\mu$ -e- $\gamma$ , так и  $\mu$ - $\gamma$  события. Появление сигнала "Мертвое время АЦП" в I мкс диапазоне после окончания сигнала "Строб АЦП" соответствует либо насыщению сигнала E- $\gamma$  в  $\gamma$ -канале, либо наложению двух  $\gamma$ -квантов. В этом случае триггер Tr устанавливается в режим сброса события по окончании преобразования в АЦП из-за отсутствия в АЦП режима быстрого сброса, и после появления сигнала "Готовность АЦП" блок управления вырабатывает сигнал "Сброс". При отсутствии сигнала "Мертвое время АЦП" в I мкс диапазоне после окончания сигнала, что соответствует сигналу E- $\gamma$ , лежащему ниже уровня порога дискриминации АЦП, либо его отсутствию, также вырабатывается сигнал "Сброс". Сигнал "Сброс" подаётся на вход "Общий сброс" блока ККООИ, что приводит модули крeita в начальное состояние. Дополнительно блок управления содержит 16-разрядный регистр, который опрашивается функцией MA(0)F(6). Младшие 8 разрядов предназначены для регистрации сигналов признаков, которые могут быть использованы для дополнительной сортировки событий при их последующей обработке. Старшие 8 разрядов выходного регистра содержат реперное слово, используемое для анализа сбоев при передаче данных. Кроме этого, в БУ содержится набор инверторов и преобразователей уровней сигналов МИМ-ТТЛ и ТТЛ - МИМ, используемых для согласования логических сигналов различных блоков.

#### Программное обеспечение

В ходе проведения эксперимента необходимо иметь полную информацию о процессе для контроля работы аппаратуры и первоначальных оценок. Требовалось: принимать данные, анализировать сбой передачи, записывать на магнитную ленту, копировать временной и амплитудный спектры, калиброваться и в каждом заданном временном окне T-спектра набирать два амплитудных спектра для  $\mu$ - $\gamma$  событий и для событий с признаками  $\mu$ -e- $\gamma$ , где и должен лежать пик, соответствующий энергии монополюсного возбуждения ядра. Для визуальной информации и контроля набора статистики необходимо изображать любой спектр с его характеристиками на экране TV-дисплея, находить и обрабатывать пики спектров, калиброваться по известным пикам, документировать и выдавать информацию в виде графиков, гистограмм, таблиц и т.д.

В рамках этой задачи был создан ряд программ. Задание границ временных окон или их коррекция во время сеанса производилась программой "NAV". Максимально можно ввести 11 окон или 22 спектра. При смене диапазона в ходе работы спектры обнуляются и копируются вновь. Это позволяет уточнять значения интересующих нас окон по максимальному эффекту и облегчает дальнейшую обработку. Одновременно на экране TV-дисплея можно вывести четыре спектра. Их выбор осуществляется при помощи программы "DIS". Программа "VIB" позволяет отобразить на экране интересующий нас спектр, просмотреть по участкам, и с последующим вызовом программы "TRE" обработать. Структура матобеспечения эксперимента построена в виде автономной системы программ, управляемых головной программой-монитором с

помощью директив, которые вводятся с системного терминала. Монитор работает по следующей общей схеме (рис. 7): при запуске монитор устанавливает для терминала флаг прерывания и требование на приём строки информации и затем становится в режим программного ожидания прерывания. При появлении прерывания, вызванного вводом строки информации из терминала, управление автоматически передаётся подпрограмме обработки прерывания, которая программно анализирует директиву и фиксирует факт появления прерывания, после чего управление автоматически возвращается монитору. Факт появления прерывания снимает монитор с режима программного ожидания прерывания и в зависимости от принятой директивы либо заканчивает работу монитора, либо переводит монитор в режим исполнения директивы. В начале режима исполнения директивы монитор устанавливает для терминала флаг прерывания и требование на приём строки информации. Затем производится загрузка и запуск программы, исполняющей соответствующую директиву. Программа возвращает управление монитору либо после своего завершения, либо в ходе программного обнаружения факта появления прерывания, вызванного вводом новой директивы во время её исполнения. Данные спасаются на диск и в системном коммон-блоке. После возврата управления монитор вновь становится в режим ожидания директивы.

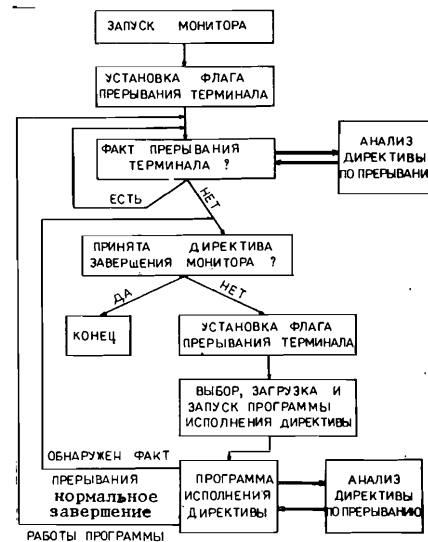


Рис. 7. Структурная блок-схема on-line программы эксперимента.

терминала флаг прерывания и требование на приём строки информации. Затем производится загрузка и запуск программы, исполняющей соответствующую директиву. Программа возвращает управление монитору либо после своего завершения, либо в ходе программного обнаружения факта появления прерывания, вызванного вводом новой директивы во время её исполнения. Данные спасаются на диск и в системном коммон-блоке. После возврата управления монитор вновь становится в режим ожидания директивы.

Программы матобеспечения эксперимента в зависимости от требований на их размеры и быстродействие были составлены на языках ассемблер и Фортран. Ввод различных параметров в программах производится в режиме диалога с ЭВМ. Обмен данными между программами осуществлялся с помощью системных коммон-блоков и с помощью файлов данных на диске. Структура матобеспечения представляется нам достаточно удобной как с точки зрения оператора, так и с точек зрения возможности модернизации и расширения матобеспечения. Ниже приводится список директив:

HEL - вывод на терминал списка директив с кратким описанием их назначения.

MES - ввод в ЭВМ данных  $\mu$ - $\gamma$  и  $\mu$ -e- $\gamma$  событий. Сортировка событий с анализом сбоев при передаче данных. Накопление амплитудных и

временных спектров с их корректировкой при смещении реперных пиков. Запись данных  $\mu$ - $\gamma$  и  $\mu$ - $e$ - $\gamma$  событий на магнитную ленту. Формирование спектров для вывода на TV-дисплей, вычисление параметров пиков спектров и вывод этих спектров, а также значений вычисленных параметров и служебной информации на TV-дисплей.

**NAB** - ввод или изменение параметров для сортировки спектров.

**DIS** - ввод или изменение параметров спектров, выводимых на TV-дисплей.

**HIS** - распечатка на АЦПУ спектров в виде гистограмм или таблиц.

**SIN** - измерение калибровочных амплитудных или временных спектров.

**CAL** - калибровка по энергии амплитудного спектра.

**TRE** - автоматический поиск пиков спектра, их обработка и вывод на терминал в виде таблиц.

**VIB** - вывод на TV-дисплей выбранного спектра. Выбор участков спектра с помощью реперов, генерируемых на экране TV-дисплея, и вывод этих участков на экран.

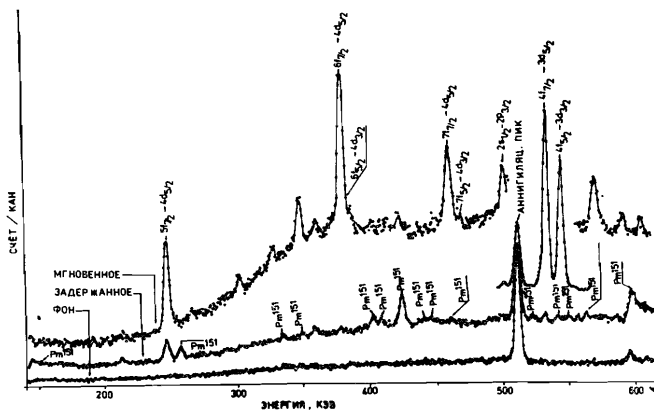
**END** - нормальное завершение программы-монитора.

### Заключение

Созданная установка МЕГА отвечает требованиям эксперимента по поиску таких редких процессов при остановке мюона в веществе, как монополюсное возбуждение ядра при распаде мюона на К-орбите мезоатома  $^{152}\text{Sm}$ . Временное разрешение  $dt$  в  $\gamma$ -канале относительно остановки мюона получено на уровне лучших мировых достижений:  $< 5$  нс (рис. 3). Такое временное разрешение позволяет, во-первых, эффективно отделять друг от друга события, связанные с различными физическими процессами, происходящими при остановке мюона в веществе. На рис. 8 демонстрируется раз-

деление мгновенных  $\gamma$ -событий (этапы  $t_2$  и  $t_3$ , окно 2 на рис. 3) от задержанных ( $t_4$ , окно 3). События, не относящиеся ни к мгновенным, ни к задер-

Рис. 8. Гамма-излучение при остановке мюонов в  $^{152}\text{Sm}$ .



НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

Д7-83-644	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Алушта, 1983.	6 р.55 к.
Д2,13-83-689	Труды рабочего совещания по проблемам излучения и детектирования гравитационных волн. Дубна, 1983.	2 р.00 к.
Д13-84-63	Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983.	4 р.50 к.
Д2-84-366	Труды 7 Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1984.	4 р.30 к.
Д1,2-84-599	Труды VII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1984.	5 р.50 к.
Д10,11-84-818	Труды V Международного совещания по проблемам математического моделирования, программированию и математическим методам решения физических задач. Дубна, 1983.	3 р.50 к.
Д17-84-850	Труды III Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1984. /2 тома/	7 р.75 к.
Д11-85-791	Труды Международного совещания по аналитическим вычислениям на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1985.	4 р.00 к.
Д13-85-793	Труды XII Международного симпозиума по ядерной электронике. Дубна, 1985.	4 р.80 к.
Д4-85-851	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1985.	3 р.75 к.
Д3,4,17-86-747	Труды V Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1986.	4 р.50 к.
-	Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1984. /2 тома/	13 р.50 к.
Д1,2-86-668	Труды VIII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1986. /2 тома/	7 р.35 к.
Д9-87-105	Труды X Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1986. /2 тома/	13 р.45 к.
Д7-87-68	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Дубна, 1986	7 р.10 к.
Д2-87-123	Труды Совещания "Ренормгруппа-86". Дубна, 1986	4 р.45 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу: 101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79. Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований.

Сабиров Б.М. и др.

P15-87-641

Методические особенности эксперимента по поиску монополярного возбуждения ядра при остановке мюона в мишени  $^{152}\text{Sm}$

В работе описана установка МЕГА, предназначенная для поиска монополярного возбуждения ядра  $^{152}\text{Sm}$  при распаде связанного мюона  $\mu^- \rightarrow e^- + \nu_\mu + \bar{\nu}_e$  на К-орбите мезоатома. Установка, состоящая из телескопов сцинтилляционных счетчиков и Ge(Li)-детектора, позволяет регистрировать  $\gamma$ - $e$  совпадения, коррелированные с остановкой мюона в мишени из обогащенного  $^{152}\text{Sm}$ . Измерения, проведенные на мюонном пучке синхротрона ЛИЯФ АН СССР им Б.П.Константинова, показали, что временное разрешение установки  $< 5$  нс, а отношение эффект/фон  $\sim 1,5$ . Описана работа электроники в режиме on-line с ЭВМ СМ-3 и обеспечение эксперимента, позволяющее проводить измерения, сортировку событий и их предварительную обработку в ходе эксперимента.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1987

Перевод М.И.Потапова

P15-87-641

Sabirov B.M. et al.  
Methodical Peculiarities of the Experiment on the Search for the Monopole Nuclear Excitation at the Muon Stop in a  $^{152}\text{Sm}$  Target

The paper describes a facility MEGA designed for the search of the monopole excitation of the  $^{152}\text{Sm}$  nucleus at the bound muon decay  $\mu^- \rightarrow e^- + \nu_\mu + \bar{\nu}_e$  in the K-orbit of the mesic atom. The facility consisting of a telescope of scintillation counters and a Ge(Li)-detector allows detection of  $\gamma$ - $e$  coincidences correlated with the muon stop in a target of enriched  $^{152}\text{Sm}$ . Measurements at the muon beam of the LNP synchrocyclotron showed that the time resolution of the facility is  $< 5$  ns, and the effect-to-background ratio is  $\sim 1.5$ . The report describes operation of the electronics on line with the computer СМ-3 and the software for the experiment which allows performing measurements, sorting and tentatively precessing the events during the experiment.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1987