

**сообщения  
объединенного  
института  
ядерных  
исследований  
дубна**

P10-85-422

Фам Нгок Чьонг

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЙ  
РЕДКИХ СОБЫТИЙ СПОНТАННОГО ДЕЛЕНИЯ  
НА НЕЙТРОННОМ ДЕТЕКТОРЕ**

**1985**

## 1. ВВЕДЕНИЕ

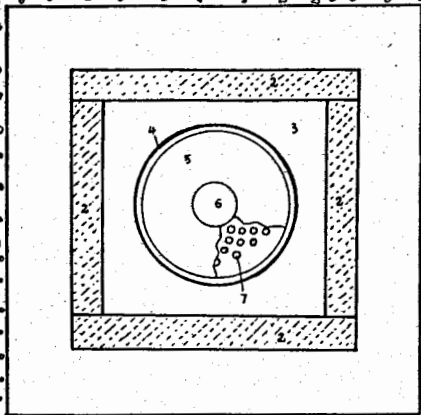
Регистрация множественных нейтронных событий представляет собой один из наиболее эффективных способов наблюдения редких событий спонтанного деления. Преимущества этого способа проявляются в наибольшей степени при изучении спонтанного деления атомных ядер в массивных образцах, в частности, при поисках сверхтяжелых элементов /СТЭ/ в природе<sup>/1/</sup>. С помощью установки, включающей пропорциональные счетчики нейтронов, заполненные  $^3\text{He}$ , удалось получить наивысшую чувствительность инструментального поиска СТЭ -  $10^{-15}$  г/г<sup>/2/</sup>. Фон нейтронного детектора в этих экспериментах соответствовал наблюдению одного события спонтанного деления в год. Получение такой высокой чувствительности оказалось возможным благодаря исключению фона космических лучей за счет помещения установки в соляную шахту на глубину 1100 м водного эквивалента. Благодаря низкой влажности помещения и постоянной температуре, в соляной шахте удавалось также получать очень низкий уровень фона, связанного с пробоями изоляторов  $^3\text{He}$ -счетчиков.

Для поисков СТЭ в геологических объектах и в продуктах переработки термальных вод в Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ был построен нейтронный детектор, который работает в помещении с бетонной защитой толщиной в 15 м водного эквивалента<sup>/3/</sup>. Фон нейтронных событий с множественностью  $\geq 2$  для этого детектора достигал  $1 \text{ сут}^{-1}$ . Получение такого уровня фона требовало тщательного отбора всех множественных нейтронных событий<sup>/4/</sup>. При этом удавалось выявить фоновое событие от ядерных взаимодействий быстрых нейтронов, генерированных в бетонной защите, и значительно снизить влияние фона, связанного с пробоями изоляторов  $^3\text{He}$ -счетчиков. Электрические пробои осложняли измерения, производимые в помещении, подверженном значительным колебаниям влажности воздуха. Нормальная работа установки в условиях достижения низкого уровня фона требовала также постоянного контроля за состоянием всех  $^3\text{He}$ -счетчиков и их электронных схем. Отбор нейтронных событий и контроль работы установки облегчались благодаря ее автоматизации.

В настоящей заметке описывается работа одной из первых /по времени исполнения/ систем автоматизации.

Рис. 1. Схема нейтронного детектора.

1 - бетон, 2 - пластические сцинтилляторы, 3 - гранулированный полиэтилен, 4 - кадмий, 5 - оргстекло, 6 - образец, 7 -  $^3\text{He}$ -счетчики.



## 2. НЕЙТРОННЫЙ ДЕТЕКТОР

Детальное описание детектора множественных нейтронов дано в работе <sup>3/</sup>. Здесь мы кратко остановимся на принципе работы детектора и его электронной аппаратуры, поскольку это существенно для автоматизации измерений.

Детектор /см.рис:1/ представлял собой цилиндрический блок из оргстекла, в центре которого находился объем для исследуемого образца. Вокруг этого чувствительного объема в оргстекле помещалось 56  $^3\text{He}$ -счетчиков. Счетчики располагались по 14 штук на четырех окружностях диаметром 244, 318, 382 и 418 мм. Электронная схема детектора содержала усилительные тракты для каждого из 56  $^3\text{He}$ -счетчиков. При появлении импульса на выходе какого-либо из этих трактов схема регистрировала импульсы, поступившие в течение 128 мкс с любого из  $^3\text{He}$ -счетчиков. Если после первого /стартового/ сигнала за время  $\Delta t = 128$  мкс другие импульсы не были зарегистрированы, событие считалось одиночным. В противном случае, когда за время  $\Delta t$  поступали новые импульсы /один, два или более/, событие считалось множественным и регистрировалось как событие спонтанного деления. При таком способе наблюдения событий спонтанного деления вероятность их регистрации зависела от числа нейтронов, испускаемых при спонтанном делении исследуемого нуклида, и от вероятности регистрации одиночных нейтронов. Для данного детектора вероятность регистрации одиночных нейтронов равнялась 0,48. События спонтанного деления регистрировались с вероятностью 0,23 для  $^{238}\text{U}$  и 0,54 для  $^{252}\text{Cf}$ .

Для каждого события /одиночного и множественного/ электронная схема регистрировала коды всех счетчиков, с которых поступали импульсы, амплитуды всех импульсов и интервалы времени между появлением стартового импульса и всех других импульсов.

Также фиксировалась множественность события, число счетчиков, давших импульсы, и вносилась метка в случае поступления импульса от системы защиты, регистрирующей прохождение космических мюонов. Для работы без ЭВМ электронная схема имела буферную память /256 байт/, в которую записывались только коды множественных событий. Число одиночных событий запоминалось счетчиком.

## 3. АВТОМАТИЗАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЙ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Автоматизация измерений была выполнена на базе ЭВМ MERA 60-30 с системой периферийного оборудования /гибкий диск, кассетный магнитофон, перфоратор, фотосчитыватель, телетайп, дисплей/. Промежуточный блок КЛ-11К <sup>5/</sup> служил для связи ЭВМ с электронной схемой нейтронного детектора.

Созданная система программ состоит из программы сбора данных, обработки результатов измерений, проверки полученных событий на возможность их появления за счет микропробоев в счетчиках. Все программы записаны на языке Ассемблера и хранятся на гибком диске. Схемы алгоритмов этих программ приведены на рис.2.

Программа сбора данных накапливает в буферной памяти ЭВМ все первичные данные об одиночных и множественных событиях и затем переписывает эти данные на гибкий диск файл за файлом. Каждый файл данных содержит около 400 событий. Это достаточно для сбора большого числа событий с целью последующего анализа результатов и контроля условий работы установки во время измерений. Для каждого события программа сбора данных записывает астрономическое время с точностью до 20 мс. Это помогает контролировать работу всех счетчиков в любое время. На экране дисплея программа сбора представляет число импульсов, поступивших с каждого из  $^3\text{He}$ -счетчиков за время измерения. На рис.3 приведена картина с экрана дисплея, полученная во время измерения фона. Из этой картины ясна работа двух половин детектора, четырех рядов и всех счетчиков. Видно, что все счетчики работают нормально, за исключением счетчиков с адресами 143, 227 и 247. Кроме того, очевидно, что скорость счета импульсов для счетчиков, расположенных во внешних рядах /3-й и 4-й ряды/, больше скорости счета внутренних счетчиков. Это связано с тем, что фон частично обусловлен быстрыми нейтронами, генерированными в бетонной защите в результате ядерных взаимодействий космических мюонов <sup>4/</sup>. Эта компонента потока быстрых нейтронов не коррелирует с сигналами от системы пластических сцинтилляторов, предназначенных для защиты установки от космических лучей.

В процессе измерений было обнаружено, что в тех случаях, когда по тем или иным причинам сигналы от одного из пластиче-

Рис.2. Схемы алгоритмов программ.

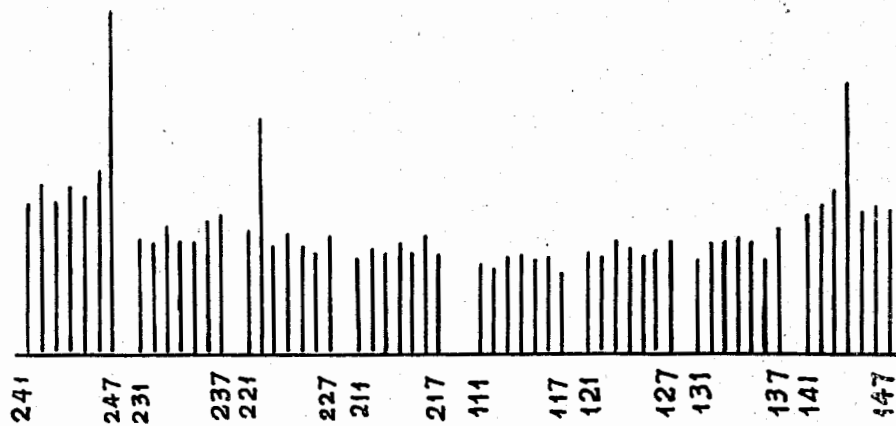
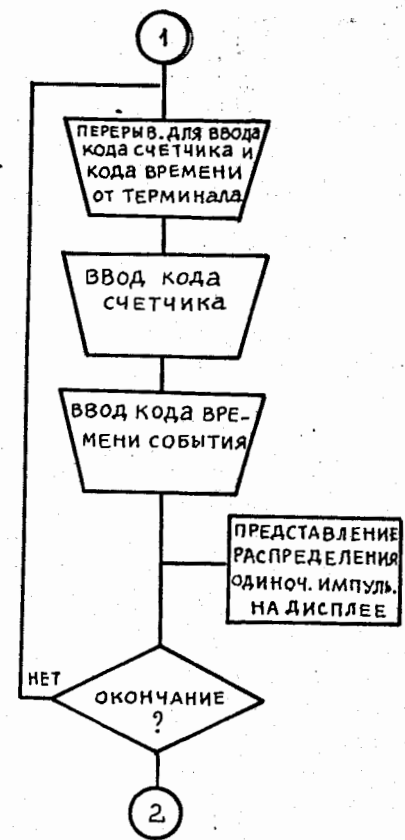
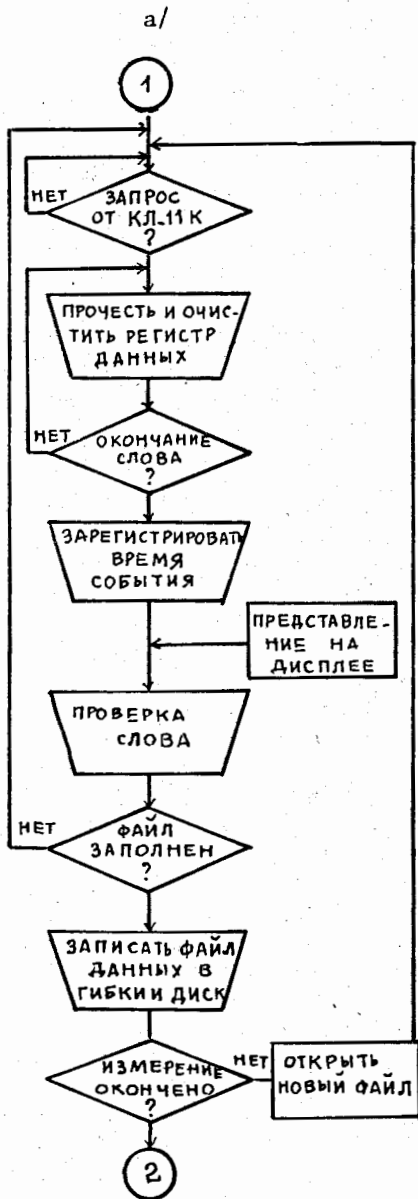


Рис.3. Представление на экране дисплея чисел импульсов, зарегистрированных с <sup>3</sup>He -счетчиков.

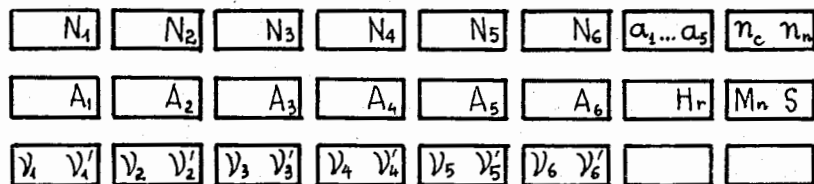


Рис.4. Диаграмма распечатки множественного события.

ских сцинтилляторов не поступали на схему выработки метки, возрастала скорость поступления импульсов от  $^3\text{He}$ -счетчиков, расположенных вблизи этого сцинтиллятора. Это показывает, что часть потока быстрых нейтронов, поступающих от окружающих стен, коррелирует с заряженными частицами или жесткими  $\gamma$ -квантами, которые регистрируются пластическими сцинтилляторами.

После окончания измерений с помощью программы обработки данные считываются с гибкого диска и обрабатываются файл за файлом. Программа находит множественные события, анализирует амплитуды и время поступления одиночных импульсов в заданных интервалах времени  $T$  до и после момента появления каждого множественного события. В конце каждого файла она сравнивает число одиночных импульсов, поступивших от каждого  $^3\text{He}$ -счетчика, с наиболее вероятным числом, взятым из таблицы. В результате производится отбор счетчиков, имеющих микропробой. По окончании обработки программа проверяет счет одиночных импульсов за период времени  $T$  /например,  $T = 1 \text{ ч}$  / для всех счетчиков, которые участвовали в множественных событиях.

Результаты обработки запоминаются на гибком диске или печатаются на бумаге по диаграмме, показанной на рис.4. Эти результаты включают следующую информацию о каждом множественном событии: коды счетчиков, участвовавших в событии ( $N_i$ ), амплитуды импульсов ( $A_i$ ), число нейтронных импульсов (множественность события) ( $n_n$ ), число  $^3\text{He}$ -счетчиков, участвовавших в событии ( $n_c$ ), время поступления события /ч, мин, с/, время ближайшего одиночного импульса /ч, мин, с/, амплитуды ближайших по времени одиночных импульсов ( $a_i$ ), число импульсов, поступивших от счетчика  $N_i$  за час до ( $\nu_i$ ) и после ( $\nu'_i$ ) поступления события.

При нормальных условиях работы нейтронного детектора фон одиночных импульсов составлял  $\sim 100 \text{ ч}^{-1}$ . В пересчете на один счетчик скорость поступления импульсов фона составляет, грубо говоря,  $2 \text{ ч}^{-1}$ . Вероятность поступления двух импульсов с одного счетчика за короткий интервал времени /например, 5 мин/ пренебрежимо мала. С другой стороны, изучение в течение 4 дней статистического распределения во времени импульсов счетчиков, испытывающих микропробой, показало, что это распределение соответствовало распределению Пуассона со средним  $\Delta t = 2,8 \text{ мин}$

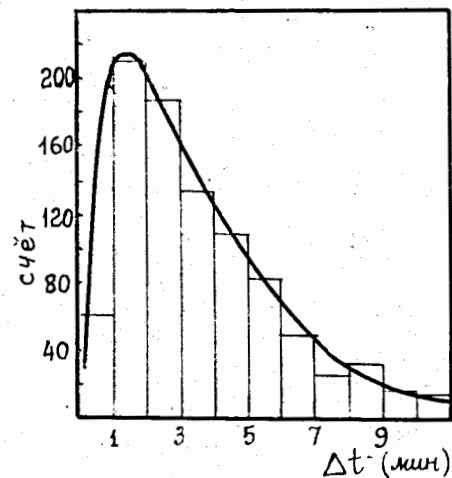


Рис.5. Распределение интервалов времени  $\Delta t$  между парами соседних импульсов для  $^3\text{He}$ -счетчиков, испытывающих микропробой.

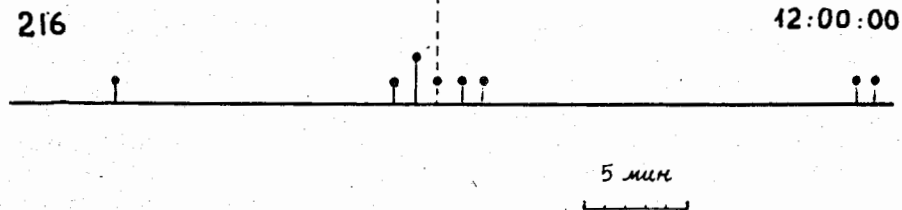


Рис.6. Серии импульсов микропробоя счетчика 216. Вертикальная линия отвечает по времени 12 час.

и дисперсией  $\sigma^2 = 5,6 \text{ мин}^2$  /см.рис.5/. Это говорит о том, что при микропробоях со счетчиков поступают серии из нескольких импульсов. Существует некоторая вероятность совпадения одного из импульсов в такой серии с импульсом, поступившим от другого счетчика.

Отбрасывая множественные события, которые сопровождалась сериями импульсов с одного из  $^3\text{He}$ -счетчиков, мы добились уменьшения фона, обусловленного микропробоями, более чем в три раза. Программа такой проверки событий представляет на экране дисплея распределение по времени одиночных событий, поступивших за один час до и после множественного события. Для иллюстрации на рис.6 представлено распределение одиночных импульсов счетчика 215, испытывавшего микропробой. Горизонтальная линия - ось времени, градуируется точками по минутам, вертикальная линия в середине

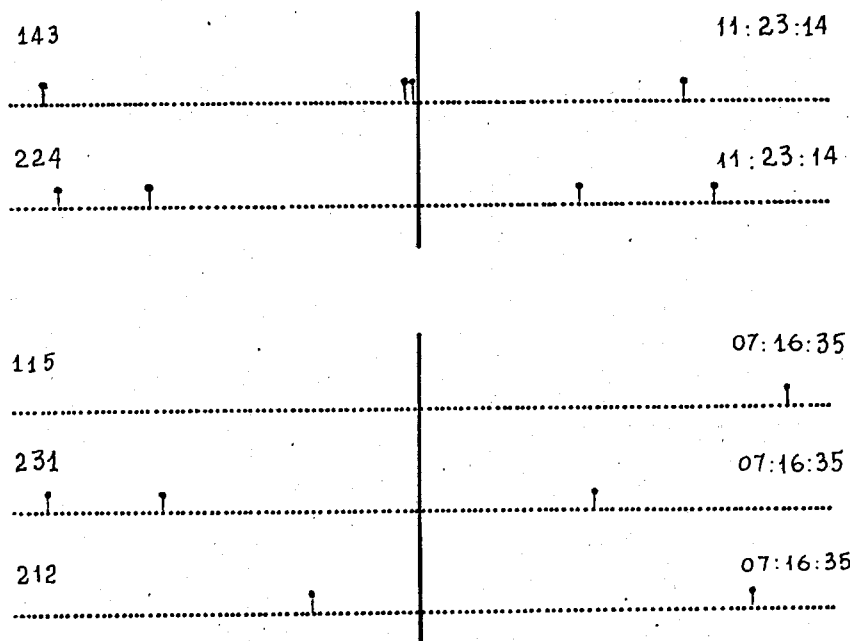


Рис.7. Представление на экране дисплея результатов проверки двух множественных нейтронных событий.

диаграммы соответствует времени, представленному цифрами на правой стороне диаграммы; высота точек над осью времени соответствует числу одиночных импульсов, поступивших со счетчика в течение одной минуты.

На рис.7 приведены результаты проверки двух множественных событий. Эти события наблюдались в моменты времени, отмеченные вертикальной линией и указанные в правой части диаграммы. Импульсы множественного события на диаграмме не приводятся. Одно из этих событий - двойное, появилось в результате совпадения импульса микропробоя у счетчика 143 с одиночным нейтронным импульсом от счетчика 224. Второе - нормальное событие с множественностью три.

Кроме перечисленных программ для проверки стабильности параметров детектора имеется программа калибровки. Эта программа определяет вероятность регистрации одиночных нейтронов при помещении в чувствительный объем детектора препарата  $^{252}\text{Cf}$ . Вероятность регистрации одиночных нейтронов составила по рядам: 1-й ряд - 0,197; 2-й ряд - 0,118; 3-й ряд - 0,087; 4-й ряд - 0,078. При спонтанной делении  $^{252}\text{Cf}$  счетчики 4-го ряда участвуют в 34%, а счетчики 1-го ряда в 70% множественных нейтронных событий.

#### 4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Автоматизация измерений на нейтронном детекторе способствовала сбору полного набора данных и их анализу. Это создало возможность осуществления контроля работы всех 56  $^3\text{He}$ -счетчиков, системы пластических сцинтилляционных счетчиков антисовпадений, позволило вести поиск электрических микропробоев. Фон одиночных нейтронных импульсов был уменьшен от 100 до 70  $\text{ч}^{-1}$ , фон множественных событий - от 2,5 до 1  $\text{сут}^{-1}$ .

Автор благодарен академику Г.Н.Флерову и доктору физ.-мат. наук Г.М.Тер-Акопяну за постоянную поддержку работы и ценные советы. Многие этапы работы были выполнены вместе с Е.А.Соколом, В.И.Смирновым, Ш.С.Зейналовым, оказавшими большую помощь в выполнении всей работы в целом. Этим своим коллегам автор выражает глубокую признательность.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Flerov G.N., Ter-Akopian G.M. Rep.Prog.Phys., 1983, vol.46, p.817.
2. Флеров Г.Н. и др, ЯФ, 1977, т.26, с.449.
3. Ter-Akopian G.M. et al. Nucl.Instr.Meth., 1981, vol.190, p.119.
4. Sokol E.A. et al. Nucl.Instr.Meth., 1984, vol.219, p.336.
5. Челноков Л.П. В кн.: X Международный симпозиум по ядерной электронике /сборник аннотаций/, Дрезден, 1980, с.116.

Рукопись поступила в издательский отдел  
3 июня 1985 года

Фам Нгок Чьонг

P10-85-422

Автоматизация измерений редких событий  
спонтанного деления на нейтронном детекторе

Детектор представляет собой цилиндрический блок из оргстекла, в центре которого находится объем для помещения исследуемого образца. Вокруг этого объема в оргстекле помещалось 56  $^3\text{He}$ -счетчиков нейтронов. Автоматизация измерений выполнена на базе ЭВМ MERA 60-30. Система программ состоит из программы сбора данных, обработки результатов измерений, проверки полученных событий на возможность их появления за счет микропробоев в счетчиках. Программа проверки определяла для каждого множественного события амплитуды и время появления импульсов, скорость счета импульсов для каждого счетчика за достаточно длительный промежуток времени в окрестности момента появления события, а также выявляла счетчики, с которых поступали серии импульсов, вызванных электрическими пробоями. Испытания системы автоматизации показали, что фон установки уменьшен в 2,5 раза /до уровня 1 события спонтанного деления в день/.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1985

Перевод автора

Pham Ngoc Chuong

P10-85-422

Automation of Spontaneous Fission of Rare Event  
Measurements Using the Neutron Detector

The detector has the form of a plastic cylinder with a volume at its centre for placing a sample to be investigated. This volume is surrounded by 56  $^3\text{He}$ -filled neutron counters. The automation of measurements is performed using a MERA 60-30 computer. The set of computer programs consists of a data acquisition code, processing of measured results, checking of the detected events for their possible occurrence due to microbreakdowns in the counters. The test code provides the determination for each multiple event of an amplitude and time of pulse occurrence and the count rate for pulses recorded by each counter during a sufficiently long period of time before and after the event occurrence, as well as the registration of the counters from which the pulses due to electric breakdowns have arrived. Tests of automatic system have shown that the intrinsic background of the setup decreased by a factor of 2.5 (down to a level of one spontaneous fission event per day).

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.  
Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1985