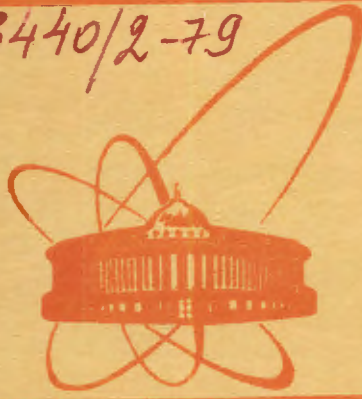


3/1x-79

3440/2-79



ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

Б-936

P15 - 12339

В.С.Бутцев, Ж.Ганзориг, В.Д.Кузнецов,  
Е.П.Череватенко, Д.Чултэм

ПОИСК ЗАДЕРЖАННОГО ДЕЛЕНИЯ ЯДЕР,  
ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ ПОГЛОЩЕНИИ  
МЕДЛЕННЫХ  $\pi^-$ -МЕЗОНОВ  $^{232}\text{Th}$  И  $^{238}\text{U}$

1979

P15 - 12339

В.С.Бутцев, Ж.Ганзориг, В.Д.Кузнецов,  
Е.П.Череватенко, Д.Чултэм

ПОИСК ЗАДЕРЖАННОГО ДЕЛЕНИЯ ЯДЕР,  
ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ ПОГЛОЩЕНИИ  
МЕДЛЕННЫХ  $\pi^-$ -МЕЗОНОВ  $^{232}\text{Th}$  И  $^{238}\text{U}$

*Направлено в ЯФ*



Бутцев В.С. и др.

P15 - 12339

Поиск задержанного деления ядер, образующихся при поглощении медленных  $\pi^-$ -мезонов  $^{232}\text{Th}$  и  $^{238}\text{U}$

Сообщаются результаты поиска задержанного деления в продуктах реакции захвата отрицательных пионов ядра  $^{232}\text{Th}$  и  $^{238}\text{U}$ .

Определена верхняя граница выхода ожидаемого эффекта в различных временных диапазонах.

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1979

Butsev V.S. et al.

P15 - 12339

The Search for a Delayed Fission in Nuclei Produced in Negative Pion Capture at Rest by  $^{232}\text{Th}$  and  $^{238}\text{U}$

The results of the search for a delayed fission in the products of negative pion capture reaction by  $^{232}\text{Th}$  and  $^{238}\text{U}$  are given. An upper limit of expected effect yield in different time ranges from  $n$  sec to hours.

The investigation has been performed at the Laboratory of Computing Techniques and Automation, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1979

Сравнительно недавние исследования механизма поглощения медленных  $\pi^-$ -мезонов показали, что после захвата пионов ядрами образуются нейтронодефицитные изотопы, значительно удаленные от полосы бета-стабильности, и с большой вероятностью возбуждаются высокоспинные состояния <sup>1/</sup>.

Как известно, ядра, удаленные от области бета-стабильности, могут характеризоваться целым рядом новых свойств. Одно из них - запаздывающее деление, т.е. деление из возбужденного состояния, в котором ядро может оказаться после бета-распада <sup>2/</sup> или после каких-либо других процессов.

Таким образом, учитывая, что в сильно нейтронодефицитных изотопах актиноидов возможны значительные изменения структуры барьера деления <sup>3/</sup>, и предполагая, что именно такие изотопы могут быть получены в реакциях поглощения медленных отрицательных пионов, мы провели поиск задержанного деления ядер в продуктах этой реакции.

Эксперименты проводились на пучке  $\pi^-$ -мезонов синхротрона ОИЯИ в широких временных интервалах, от десятков наносекунд до десятков часов. Поиск эффекта задержанного деления в диапазонах времени от минут до часов производился с помощью диэлектрических детекторов из лавсана. В диапазонах времени от наносекунд до минут поиск эффекта осуществлялся с помощью многослойной ионизационной камеры деления <sup>4/</sup>, позволяющей производить измерения одновременно с двумя делящимися веществами  $^{232}\text{Th}$  /0,5 гр/ и  $\text{U}$  /0,5 гр естественного урана/. В зависимости от интервалов времени применялись следующие методы поиска эффекта:

1. В области наносекундных времен эксперименты проводились на пучке отрицательных пионов, рождающихся на внутренней мишени синхротрона.

Экспериментально доступный временной диапазон поиска эффекта при этом определялся быстродействием делительной камеры и составлял более 10 нс.

На р и с. 1 приведен спектр временного распределения актов деления естественного урана. Видно, что кроме мгновенных событий, вызванных делением ядер урана при захвате пионов, имеются равномерно распределенные события задержанного деления, значительно превышающие фон случайных совпадений /в "отрицательной" части временного спектра, слева от мгновенного пика/.

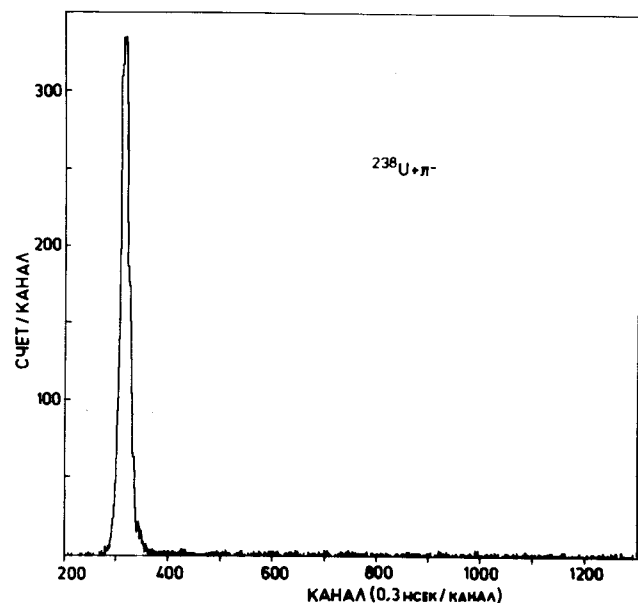


Рис.1. Временной спектр актов деления в совпадении с остановкой пиона в делительной камере.

Число событий задержанного деления составляет  $10^{-2}$  от числа событий мгновенного деления, что почти на порядок превышает ожидаемое число актов деления мюонами  $^{15}$ , присутствующими в пучке  $\pi^-$ -мезонов /примесь  $\mu^-$ -мезонов составляла несколько процентов/.

Не исключено, что такие коррелированные с пионами события деления могут быть вызваны нейтронами, образующимися при остановке пионов в веществе камеры и окружающих ее материалах.

2. Поиск эффекта в миллисекундном диапазоне проводился между импульсами ускоренных частиц при обычном режиме работы ускорителя. Структура пучка имеет частоту 166,5 Гц. и полную ширину примерно 1 мс. Временная селекция событий деления производилась 1024-канальным анализатором, работающим в мультискейлерном режиме /ширина канала равна 4 мкс/ относительно синхронизирующего импульса от ускорителя. Полное время облучения камеры деления в пучке  $\pi^-$ -мезонов составляло 4 часа.

Временное распределение актов деления после суммирования по 10 каналам показано на р и с. 2. Как видно из рисунка, в случае  $^{238}\text{U}$  кроме мгновенных событий наблюдается некоторая задержанная компонента /светлые кружочки/ со временем спада  $\sim 150$  мкс.

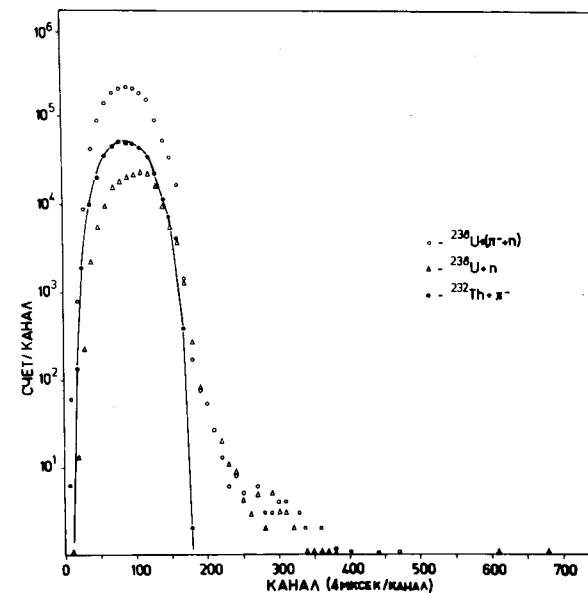


Рис. 2. Временной спектр актов деления в обычном режиме работы ускорителя.

Эта задержанная компонента присутствует также при дополнительном поглотителе /90 г/см<sup>2</sup> Cu /, обеспечивающем остановку всех пионов в пучке /треугольники/, однако ее

вклад удается сильно уменьшить с помощью защиты камеры бором и кадмием. По-видимому, она связана с делением  $^{235}\text{U}$  медленными нейтронами. Чтобы убедиться, что пионы полностью останавливаются в поглотителе и не могут вызывать деления в камере, мы облучали две идентичные мишени из висмута с поглотителем и без него. Из сравнения интенсивностей гамма-линий с энергией 899 и 912 КэВ изотопа  $^{204}\text{Tl}$ , образующегося в реакции  $^{209}\text{Bi}(\pi^-, 5n)$ , установлено, что число остановок пионов в присутствии поглотителя составляет меньше 0,5% от числа остановок без поглотителя.

Так как в мгновенной части временного спектра деления пионами имеется значительный вклад деления только нейтронами, то число мгновенного деления пионами определялось путем вычитания спектров без медного поглотителя /пионы и нейтроны/ и в его присутствии /только нейтроны/. Число актов мгновенного деления составляет  $3,06 \pm 0,62 \cdot 10^6$ . Число актов задержанного деления в интервале от 1 до 5 мс составляет  $10 \pm 9$ . Тогда верхняя граница эффекта задержанного деления для урана в диапазоне от 1 до 5 мс будет  $5,7 \cdot 10^{-6}$ .

В случае  $^{232}\text{Th}$  /черные кружочки р и с. 2/ при  $7,85 \pm 1,57 \cdot 10^5$  зарегистрированных событий мгновенного деления эффекта задержанного деления не наблюдалось. Верхняя граница эффекта задержанного деления в этом случае равна  $1,3 \cdot 10^{-6}$ .

3. Исследование эффекта задержанного деления в секундном диапазоне осуществлялось методом циклической активации в режиме внешнего запуска ускорителя с помощью разработанного специально для этой цели устройства /р и с. 3/.

Время облучения в этом случае составляло 1,24 с. За это время облучения происходит более 200 последовательных запусков ускорителя. Общее время работы в этом режиме составляло 3 часа. Временное распределение событий деления в промежутках работы ускорителя /1,50 с/ регистрировалось 1024-канальным анализатором, работающим в мультисекундном режиме.

На р и с. 4 показан временной спектр актов деления для урана /число мгновенных делений пионами составляет  $2,6 \pm 0,6 \cdot 10^6$ . В диапазоне 1,5 с после облучения зарегистрированы /14±4/ случаев деления, что находится в пределах ожидаемого фона от спонтанного деления урана. В случае  $^{232}\text{Th}$  получен спектр, где в диапазоне 1,0 с имеется /6±2/ события. Проведенные при соответствующих условиях фоновые измерения дают основания говорить только о верхней границе существования эффекта. Для урана она составляет  $4,5 \cdot 10^{-6}$  для тория -  $2 \cdot 10^{-6}$ .

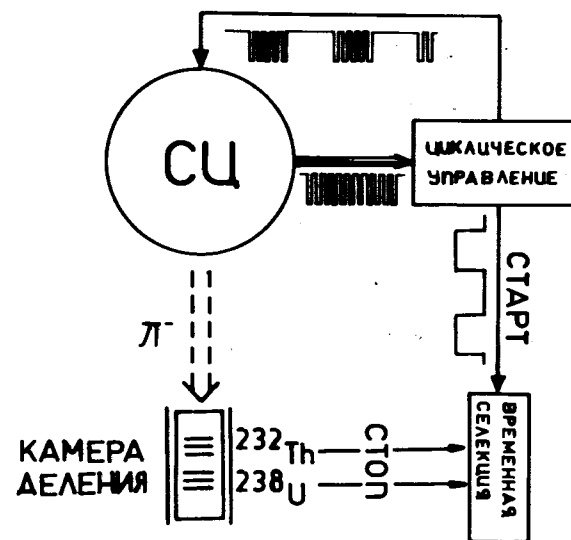


Рис. 3. Блок-схема управления работой синхроциклотрона в режиме внешнего запуска.

4. Поиск эффекта в минутных и часовых диапазонах времени проводился с использованием диэлектрического детектора.

Мишени размером  $3 \times 3$  см<sup>2</sup> и толщиной 2 мг/см<sup>2</sup> вместе с приложенными к ним мониторными лавсановыми детекторами облучались на пионном пучке в течение одного часа. Число осколков деления на этих детекторах было равно  $\sim 10^5$  и  $6,5 \times 10^5$  для ториевой и урановой мишеней соответственно.

Для выявления эффекта задержанного деления облученные мишени прикладывались к аналогичным детекторам из лавсана на определенное время экспозиции. Эта процедура повторялась трижды с последовательно увеличивающимися временами экспозиции /соответственно: 1 мин, 60 мин. и 54 часа/.

В таблице приведены результаты просмотра этих детекторов.

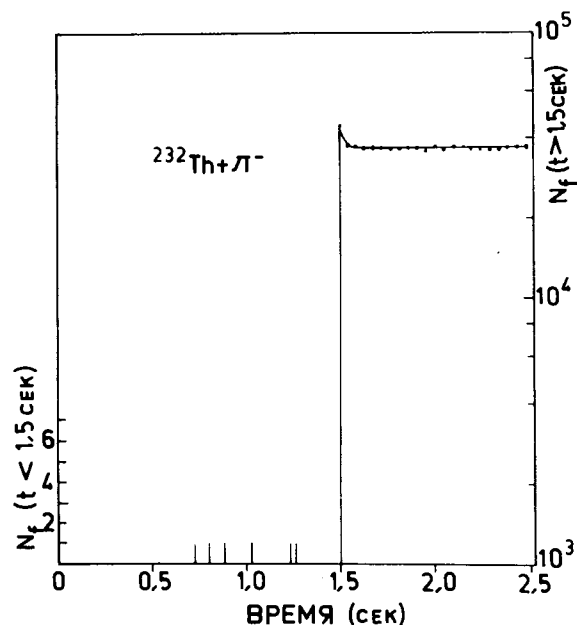


Рис.4. Временной спектр актов деления в режиме внешнего запуска ускорителя.

Таблица

Время экспозиции	Число актов деления	
	<sup>232</sup> Th	<sup>238</sup> U
1. 1 мин	2	2
2. 60 мин	1	0
3. 54 часа	0	19

Как видно из таблицы, для урана наблюдаемая статистика /19 событий за 54 часа/ объясняется спонтанным

делением. Поэтому для данного диапазона экспозиции верхняя граница эффекта составляет  $2,9 \times 10^{-6}$ . Для тория верхняя граница эффекта  $\sim 10^{-6}$ .

События задержанного деления, зарегистрированные в наносекундных областях времени, авторы склонны отнести ко вторичным эффектам на нейтронах. Малая величина отношения вероятностей задержанного и мгновенного делений может быть связана не только с малой вероятностью существования спонтанно делящихся изотопов доурановых элементов, но и с малой вероятностью образования сильного нейтронного дефицита из-за конкуренции нейтронных и делительных каналов [7].

И в заключение следует отметить, что было бы заманчиво провести подобные эксперименты с реализацией лучших фоновых условий.

Авторы искренне благодарны профессору М.Г.Мещерякову за интерес к работе и поддержку, В.М.Абазову, И.С.Баткину, Т.Крогульскому, Ц.Содову, Г.М.Тер-Акопяну и Р.Усманову за помощь в проведении экспериментов и полезные обсуждения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бутцев В.С. ОИЯИ, P15-20847, Дубна, 1977; Изв. АН СССР, 1979, т. 43, № 1, с. 131.
2. Кузнецов В.И., Скобелев Н.К., Флеров Г.Н. ЯФ, 1966, №4, с. 279; ЯФ, 1967, № 5, с. 271; Скобелев Н.К. ЯФ, 1972, № 15, с. 444.
3. Gavron A., Britt H.C., Wilhelmy J.V. Phys.Rev., 1976, C13, p. 2577.
4. Chultem D. et al. Nucl.Phys., 1975, A247, p. 452; Andert K. et al. Nucl.Instr. and Meth., 1975, 129, p.397.
5. Ganzorig Dz. et al., JINR, E15-9365, Dubna, 1975
6. Бутцев В.С. и др. Д6-8846, Дубна, 1975, с. 169.
7. Ilyinov A.S., Nazaruk V.I., Chigrinov S.E. Nucl.Phys., 1976, A268, p. 513.

Рукопись поступила в издательский отдел  
27 марта 1979 года.