

Б-946

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна



P1 - 4051

А.Буце, Г.Войкулеску, Н.Грама, Д.Дорчоман,  
Л.Маринеску, М.Омельяненко, М.Петрашку,  
В.Хулубей

АБСОРПЦИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

МЕХАНИЗМЫ ДЕЛЕНИЯ ПЛУТОНИЯ 239  
ПОД ДЕЙСТВИЕМ МЮОНОВ

1968

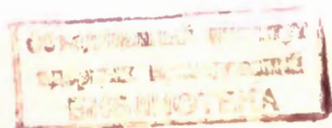
P1 - 4051

А.Буце,\* Г.Войкулеску,\* Н.Грама,\* Д.Дорчоман,\*  
Л.Маринеску,\* М.Омельяненко, М.Петрашку,\*  
В.Хулубей\*

МЕХАНИЗМЫ ДЕЛЕНИЯ ПЛУТОНИЯ 239  
ПОД ДЕЙСТВИЕМ МЮОНОВ

---

Институт атомной физики, Бухарест.



### Abstract

Some years ago the experiment<sup>/1/</sup> was performed. It follows then that the ratio of fissions due to the radiationless transition (predicted by Zaretsky et al.<sup>/2/</sup>) / fissions due to mu-capture is equal to  $0.43 \pm 0.09$ .

The measurements reported here were made to receive the best result by means of the two-dimensional analysis.

The block-diagram of the set-up and electronics in this experiment are shown in fig.1. The target contained  $1 \text{ mg/cm}^2$  of Pu ( $\phi$  80 mm) and was made according to the procedure described by Glover and Borrel<sup>/3/</sup>.

There is amplitude distribution of  $\alpha$ -particles from  $^{289}\text{Pu}$  in fig.2. You can see difference between the  $\alpha$ -particles and the fission fragments in fig.3. The normalized distributions for two time intervals (0-10 nsec, 10-220 nsec) are presented in fig.4. The result distribution (without background) of the fission fragments is shown in fig.5. The background is shown in fig.6.

The calculated lifetime of mu-mesonic atoms by the method of Peterls is equal to  $67 \pm 8$  nsec.

The ratio of the radiationless probability and conventional fission of  $^{289}\text{Pu}$  in mu-mesonic atoms has been calculated to be  $28 \pm 0.04$ .

В опубликованной ранее работе<sup>/1/</sup> указывается, что деление плутония 239 в значительной степени определяется возбуждением ядра при  $2p-1s$  переходе мезоатома<sup>/2/</sup>. Найдено, что отношение количества ядер, делящихся по этой схеме, к количеству случаев деления возбуждения ядра при захвате мюонов равно  $0,43 \pm 0,09$ . При получении этой величины учитывалась поправка, связанная с наличием дополнительного фона при  $t=0$ , обусловленного действием электронов пучка на фотоумножители.

В настоящей работе предпринята попытка улучшить точность полученных ранее результатов, применяя двухмерный анализ для того, чтобы выделять разные виды фонов при  $t=0$  путем сравнения амплитудных спектров при  $t=0$  и при  $t > 0$ .

Измерения проводились на синхротронном ускорителе в Дубне на тракте, фокусирующем мюоны с энергией 60 Мэв. Схема экспериментальной установки и электронных устройств представлена на рис.1. Сцинтилляционные счетчики  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  и  $S_4$  смонтированы на базе ФЭУ типа 56 - АУР, камера деления изготовлена в виде цилиндра диаметром и высотой 10 см из алюминиевой фольги толщиной 0,3 мм. В качестве сцинтиллирующего газа использовалась смесь чистый аргон (90%) и азот (10%) при атмосферном давлении. Для регистрации сцинтилляций в камере использовался фотоумножитель типа 58 - АУР. На дне камеры располагалась плутониевая мишень диаметром 8 см и толщиной

$1 \text{ мг./см}^2$ , изготовленная по методике, описанной в работе Гловера и Борелла /3/.

Из-за большой  $\alpha$ -активности плутония в работе использовался быстрый дискриминатор, непосредственно связанный с анодом фотоумножителя. На рис.2 показан амплитудный спектр  $\alpha$ -частиц от распада плутония (впереди мишени расположен алюминиевый экран с отверстием диаметром 1 мм; порог дискриминатора 0,1 в), амплитудное разрешение камеры позволяло хорошо отделять фрагменты деления от  $\alpha$ -частиц (см. рис.3).

При получении этого спектра порог на дискриминирующем диоде был равен 1,4 в, использовалась вся площадь мишени. Электронная аппаратура работала по следующему принципу. Импульс от камеры после быстрого дискриминатора на диоде и схемы разветвления через медленный усилитель передавался на первую часть двумерного кодировщика типа СА-25 (фирмы "Интертехник") и через быстрые усилители, дискриминатор и разветвитель - на запуск нормально закрытых ворот и на "старт"-вход время-амплитудного конвертора. Импульс от схемы совпадения через линию задержки и ворота передавался на "стоп"-вход конвертора. Импульс с выхода конвертора передавался на вторую часть двумерного кодировщика СА-25. Двухмерный спектр (импульсы XY с выхода кодировщика) записывался в блоке памяти на 4096 каналов (типа ВМ-96 фирмы "Интертехник"). Таким образом одновременно измерялись амплитуда импульса камеры и время, прошедшее от момента остановки мюона в плутониевой мишени до акта деления.

Для временного и амплитудного анализа использовались по 64 канала. На рис.4 представлены нормированные амплитудные спектры от 16 до 64 канала для двух временных интервалов 0-10 и 10-220 нсек.

При дальнейшей обработке результатов выбирался интервал между 24 и 64 каналами, где согласие между двумя амплитудными спек-

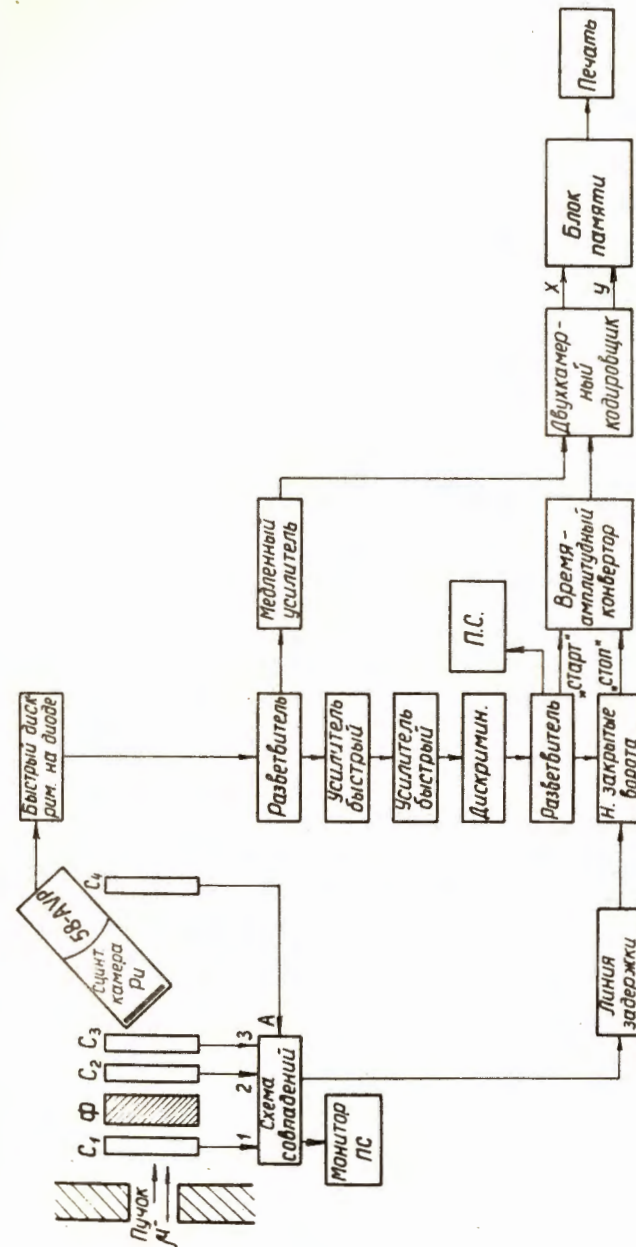


Рис.1. Блок-схема экспериментальной установки.

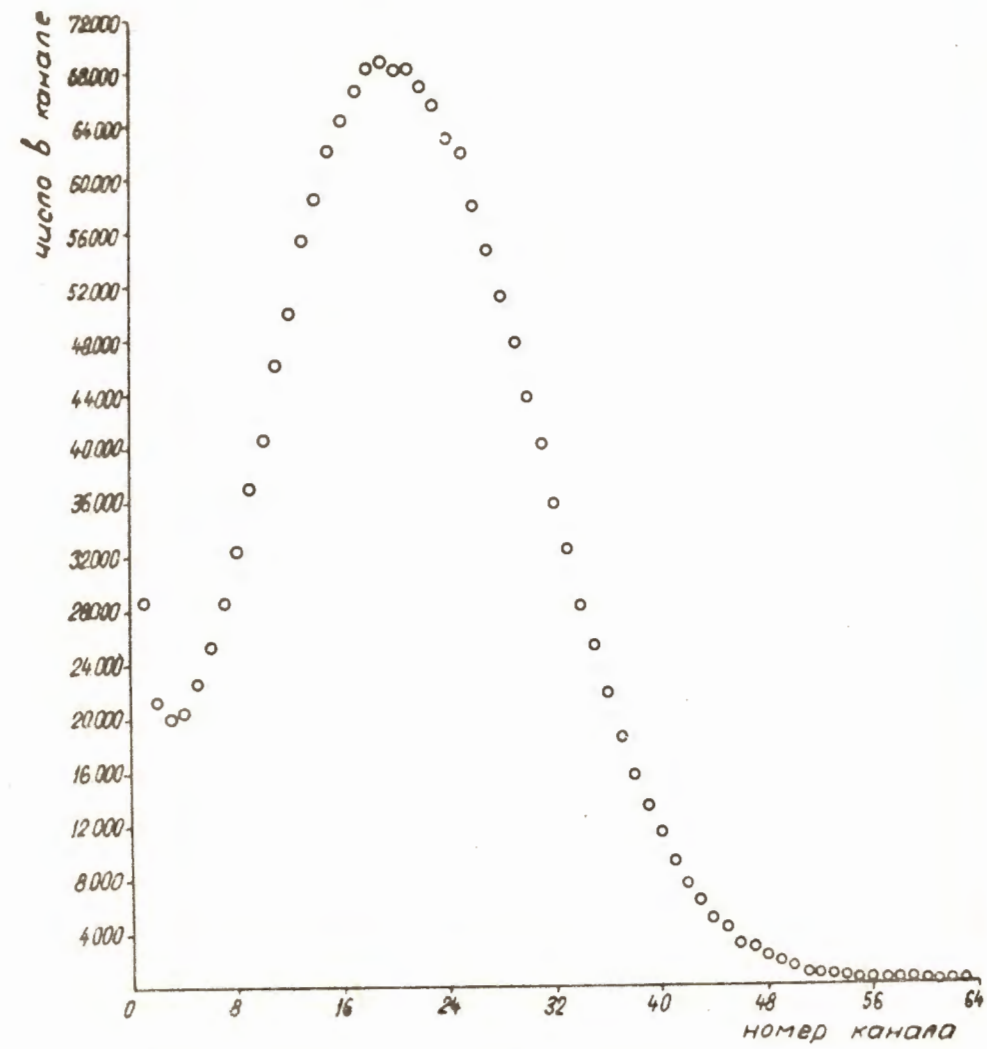


Рис.2. Амплитудный спектр  $\alpha$ -частиц  $^{238}\text{Pu}$ ,

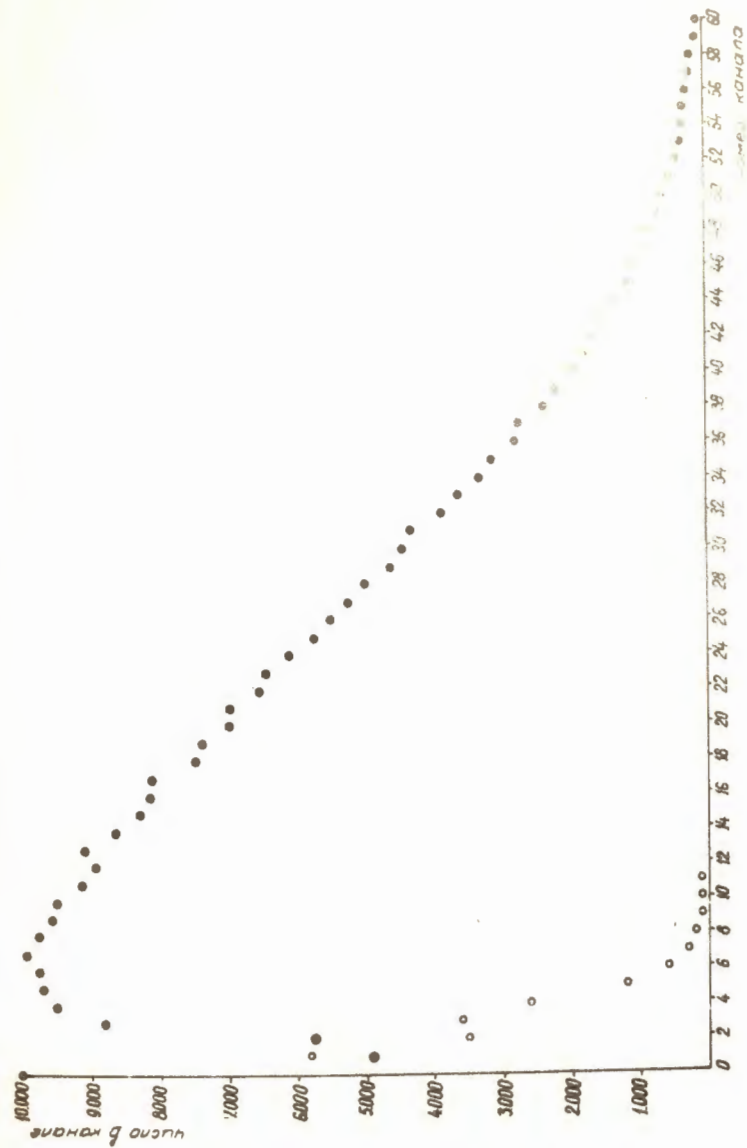


Рис.3. Амплитудные спектры деления и  $\alpha$ -частиц  $^{238}\text{Pu}$ , ● - деление, O -  $\alpha$ -частицы.

рами довольно хорошее. Кроме того, этот интервал достаточно далеко отстоит от зоны каналов, где могут давать вклад легкие заряженные частицы. Временное распределение, показанное на рис.5, получено суммированием для временных интервалов шириной 10 нсек импульсов с амплитудами в интервале между каналами 24 и 64. При этом вычтен фон, полученный усреднением отсчетов в интервале 30 нсек и пересчитанный на 2,7 времен жизни мюона с учетом поправки, связанной с вкладом эффектов в указанном временном интервале.

Равномерность фона проверялась в отдельном измерении, в котором пучок мюонов был направлен только на стенки камеры. Результаты измерений показаны на рис.6. Из событий деления, зарегистрированных в интервале 150 нсек (рис.5), для времени жизни мюона, найденной по методу Пайерса, получается величина  $67 \pm 8$  нсек. С помощью этой величины вычислялся затем усредненный вклад в интервале 0-10 нсек от всех точек при  $t > 10$  нсек. Как видно из рис.5, в первом интервале 0-10 нсек присутствует значительный вклад делений, вызванных возбуждением ядер при  $2p-1s$  переходе мезоатома. Отношение числа деления за счет этого механизма к числу делений, идущих при захвате мюонов с учетом поправки на конечность рассмотренного временного интервала, оказалось равным  $0,28 \pm 0,04$ . Отдельное измерение проводилось с целью проверки вклада в интервале 0-10 нсек эффектов, связанных с примесью (около 0,3%)  $\pi^-$ -мезонов в пучке  $\mu^-$ -мезонов. Для этого пучок  $\pi^-$ -мезонов после замедления направлялся в камеру в той же геометрии, что и в экспериментах с мюонами. Измерения показали, что вклад всех эффектов, вызванных  $\pi^-$ -мезонами, в интервалах амплитуд между каналами 24-64 меньше 2% от числа делений, вызванных при  $2p-1s$  переходах мезоатомов.

Из полученного результата  $0,28 \pm 0,04$  следует, что нижняя граница для отношения вкладов двух механизмов равна 0,20 (с учетом

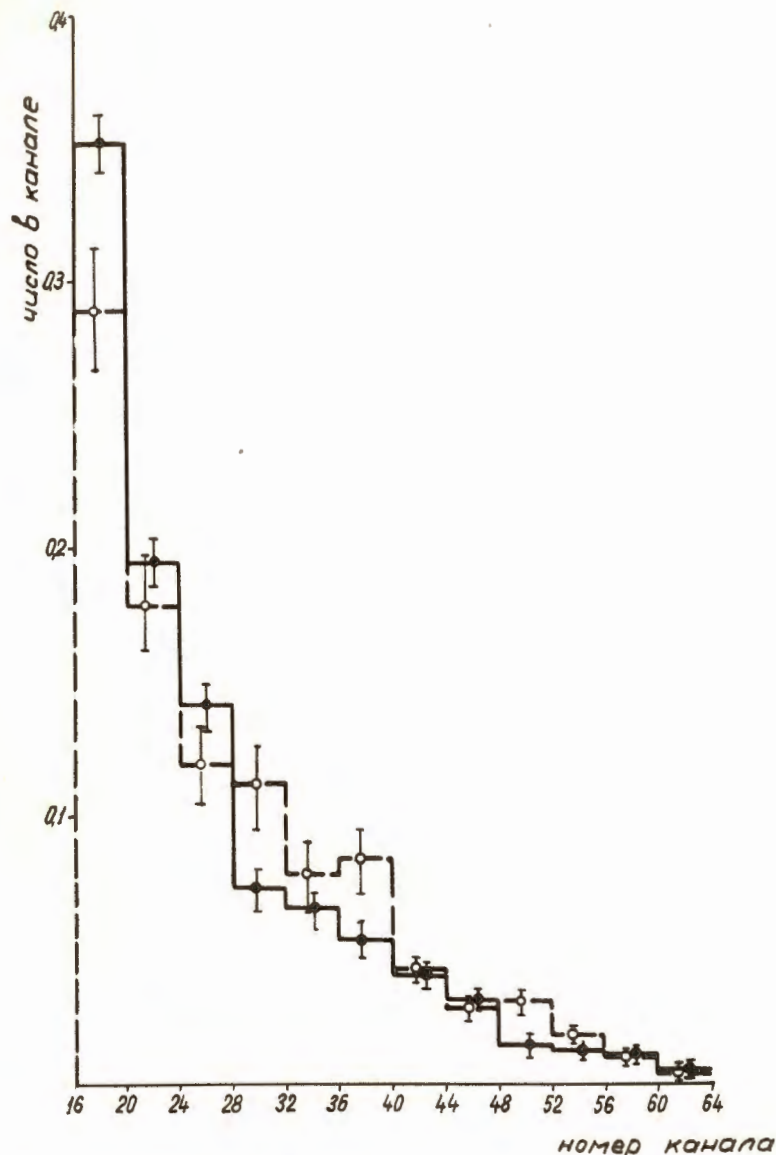


Рис.4. Нормированные амплитудные спектры деления для интервалов времен 0-10 нсек и 10-220 нсек, - - - 0-10 нсек, — 10-220 нсек.

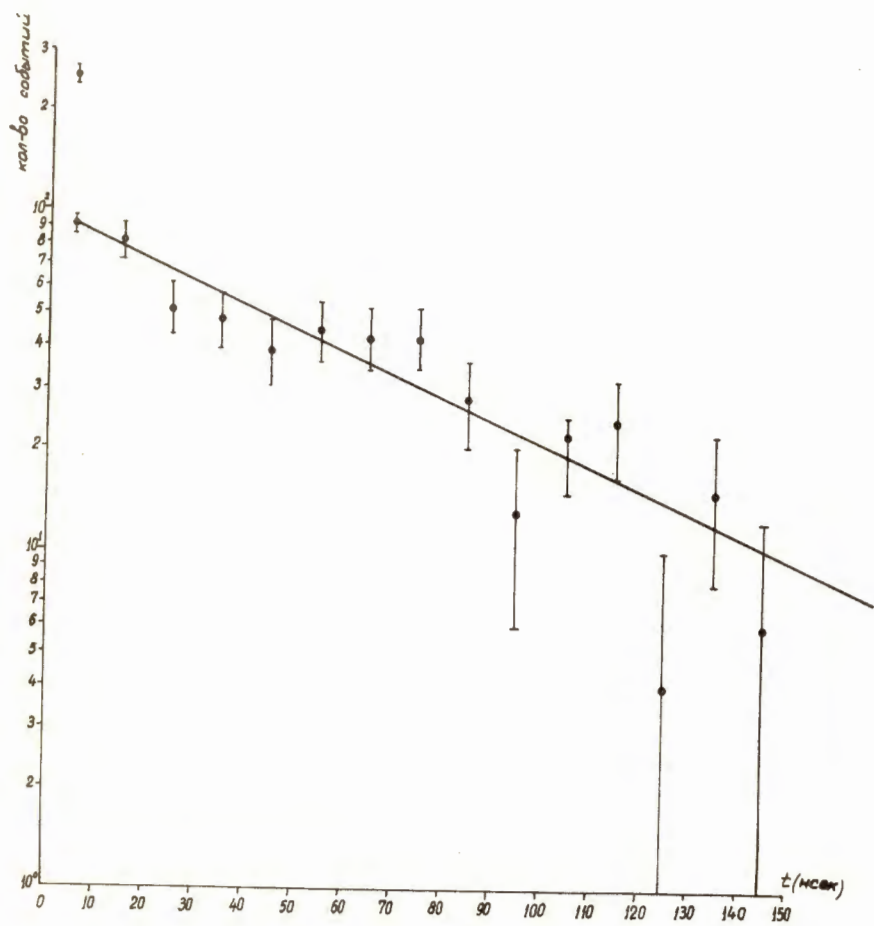


Рис.5. Временное распределение актов деления плутония под действием мюонов (фон вычтен).

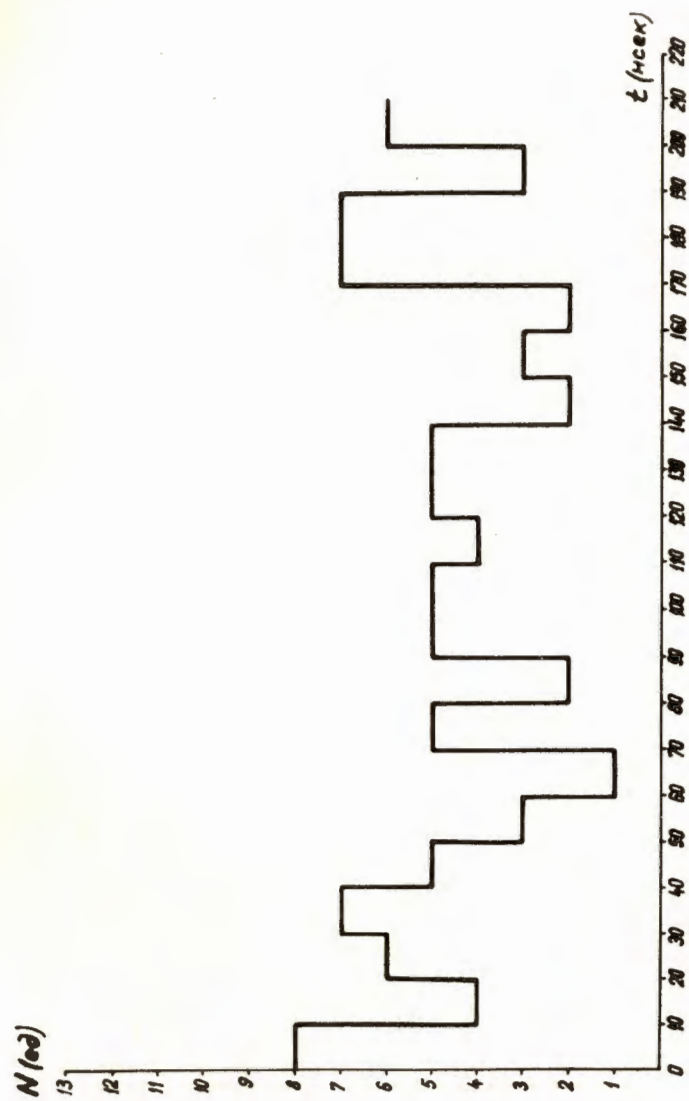


Рис.6. Временное распределение фона в интервале 0-150 мсек.

2-кратной статистической ошибки) и близка к величине, найденной в предыдущей работе /1/. Принимая как верхнюю границу этого же отношения для урана величину  $0,10^{/4-5/}$  и учитывая, что делимость плутония, полученная на основе соотношения Юзенга /6/, примерно в 4 раза больше, чем урана, получаем, что вклад механизма, связанного с  $2p-1s$  переходом, для плутония на порядок величины больше, чем для урана. По-видимому, эту разницу следует объяснить влиянием мюона, связанного в мезоатоме, на барьер деления /7/.

Авторы считают своим приятным долгом поблагодарить проф. Х.Хулбея, В.Джелепова и Л.Лapidуса за поддержку и интерес к эксперименту и В.Зинова за ценные замечания.

#### Л и т е р а т у р а

1. V.Cojocar, A.Ignatenko, L.Marinescu, M.Omelianenco, M.Petrascu, Gh.Volculescu. *Phys. Lett.*, 20, 53 (1966).
2. Д.Ф.Зарецкий. Доклады советских ученых на 2-й международной конференции по мирному использованию атомной энергии, Изд-во АН СССР, 1958.
3. K.M.Glover, P.Borrel. *I. Nucl. En.*, 1, 214 (1956).
4. G.E.Belovitsky, N.T.Kosliukeev, A.Mihul, M.Petrascu, T.A.Romano-va and F.A.Tikhomirov. *Sov. Phys. JETP* 11, 296 (1960).
5. I.A.Drof., S.N.Kaplan, R.V.Pyl. *Nucl. Phys.*, 40, 54 (1963).
6. J.R.Huizenga, J.E.Gindler, R.Duffield. *Phys. Rev.*, 95, 1009 (1954).
7. D.F.Zaretski and U.M.Novicav. *Nucl. Phys.*, 28, 177 (1961).

Рукопись поступила в издательский отдел

26 августа 1968 года.