

С 341.22

Ат.энер, 1967, т. 22, в. 2, 19/
с. 90-97

M-695

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P-2839



В.Л. Михеев, В.И. Илющенко, М.Б. Миллер,
С.М. Поликанов, Г.Н. Флеров, Ю.П. Харитонов

СИНТЕЗ ИЗОТОПОВ 102 ЭЛЕМЕНТА
С МАССОВЫМИ ЧИСЛАМИ 254, 253 И 252

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ

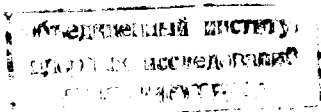
1966

P-2839

В.Л. Михеев, В.И. Илюшенко, М.Б. Миллер,
С.М. Поляканов, Г.Н. Флеров, Ю.П. Харитонов

СИНТЕЗ ИЗОТОПОВ 102 ЭЛЕМЕНТА
С МАССОВЫМИ ЧИСЛАМИ 254, 253 И 252

Направлено в АЭ



УУ50/1: нр.

В в е д е н и е

Синтез и систематическое исследование свойств различных изотопов 102-го элемента представляет значительный интерес. На основе изучения свойств ряда изотопов 102-го элемента возможна экспериментальная проверка экстраполяции в область далеких трансурановых элементов существующих систематик как по α -распаду, так и по спонтанному делению. В частности, представляет значительный интерес влияние нейтронной подоболочки $N=152$ как на свойства распада изотопов 102-го элемента, так и на вероятность их образования в реакциях с тяжелыми ионами.

Первые работы по синтезу изотопов 102-го элемента, выполненные в 1957-1958 годах ^{/1,2,3,5/}, проводились в очень тяжелых условиях. Единственным доступным методом синтеза 102-го элемента вплоть до настоящего времени является бомбардировка тяжелых мишеней ускоренными тяжелыми ионами. За счет большой делимости получаемых ядер поперечное сечение ядерных реакций, приводящих к изотопам 102-го элемента, составляет лишь $10^{-32} - 10^{-31}$ см². Интенсивности пучков тяжелых ионов, использованные в первых работах, составляли лишь $\approx 0,1$ мка. В совокупности с малым поперечным сечением это приводило к тому, что наблюдаемые эффекты были малы и плохо воспроизводились.

Использовавшиеся для регистрации распада получаемых ядер фотоэмульсии и ионизационные камеры имели недостаточное энергетическое разрешение и невысокую надежность работы. Опыт работы с короткоживущими ядрами и сведения о закономерностях ядерных реакций на тяжелых ионах были весьма невелики.

Все это приводит к необходимости проверки и уточнения первых работ по 102-му элементу, ибо результаты, полученные в различных лабораториях, плохо согласуются друг с другом.

Первая работа по синтезу изотопа элемента 102 с массой 251-253 была выполнена в 1957 году на циклотроне в Стокгольме совместной группой шведских, американских и английских исследователей ^{/1/}. Сообщалось, что в опытах по облучению мишени из Sm^{244} , содержащей 4% Sm^{246} , ионами C^{13} химическим способом выделен изотоп

102-го элемента, испытывающий α -распад. Период полураспада изотопа составлял 10 мин, а энергия α -частиц $8,5 \pm 0,1$ Мэв.

Эта работа в значительно лучших экспериментальных условиях была повторена /2/ в Калифорнийском университете (США), однако результаты Стокгольмской группы не удалось воспроизвести.

В 1957 году в Москве на внутреннем пучке циклотрона Института атомной энергии им. И.В. Курчатова были поставлены опыты по синтезу 102-го элемента путем облучения Pu^{241} ионами O^{16} . Для регистрации α -распада использовались фотоэмульсии. В результате опытов /3,4/ был получен изотоп с $2 < T_{1/2} < 40$ сек, испускающий α -частицы с энергией $8,9 \pm 0,4$ Мэв.

На основании предположения о том, что наиболее вероятной реакцией, приводящей к изотопам 102-го элемента, является испарение из возбужденного ядра четырех нейтронов, был сделан вывод, что наблюдаемый эффект, по-видимому, связан с распадом изотопа 102^{253} .

В 1958 году появилась работа /5/, в которой сообщалось о синтезе на линейном ускорителе тяжелых ионов в Беркли (США) изотопа 102^{254} . Идентификация была осуществлена путем наблюдения дочернего продукта Fm^{256} , образующегося после распада изотопа 102^{254} . Было указано, что период полураспада изотопа 102^{254} составляет 3 сек. В дальнейших опытах /6/ были зарегистрированы α -частицы с энергией 8,3 Мэв, которые были отнесены к изотопу 102^{254} .

Однако работы, выполненные в 1965 году в ОИЯИ /7,8/, показали, что изотоп 102^{254} имеет период полураспада около 50 сек, а энергию α -частиц 8,10 Мэв.

Настоящая работа посвящена подтверждению указанных в работах /7,8/ свойств изотопа 102^{254} и синтезу и исследованию свойств изотопов 102^{253} и 102^{252} .

Методика эксперимента

Опыты проводились на выведенном пучке 310-сантиметрового циклотрона тяжелых ионов ОИЯИ. Экспериментальная аппаратура в основном была той же самой, что и в работе по синтезу изотопа 102^{254} на выведенном пучке 150-сантиметрового циклотрона тяжелых ионов /8,9/.

В основе методики, аналогичной разработанной в лаборатории доктора Гиорсо /10/, лежит метод адсорбции атомов отдачи из газовой струи, выходящей из небольшого отверстия в наполненном газом объеме, где тормозятся атомы отдачи. После определе-

ного цикла накопления атомов отдачи на плоском металлическом сборнике он скачком за $\approx 0,1$ сек поворачивается на угол 90° и попадает под кремниевый поверхностно-барьерный детектор, регистрирующий α -распад полученных ядер. Используемая электронная система позволяла проводить время-амплитудный анализ импульсов одновременно с двух детекторов. Всего в камере имелось четыре расположенных под углом 90° один к другому сборника атомов отдачи, укрепленных на концах механизма четырехзаходного "мальтийского креста". Обсчет активности с одного сборника проводился одновременно с накоплением атомов отдачи на другом. На время импульсов пучка ионов, бомбардирующих мишень, электронная схема блокировалась. Примененная в электронной аппаратуре схема стабилизации всего измерительного тракта по импульсам генератора стабильной амплитуды, непрерывно подаваемым на вход преципитатора, позволяла обеспечить стабильность положения групп α -частиц в получаемых энергетических спектрах с точностью 10-15 кэв на уровне 8 Мэв в течение трех суток непрерывной работы.

С целью стабилизации коэффициента сбора атомов отдачи на сборник атомов отдачи с помощью простейшего приспособления наносился свежий слой силиконовой вакуумной замазки всякий раз, когда он шел под газовую струю. Как уже отмечено в /8/, применение вакуумной замазки позволяет резко снизить требования к чистоте используемого рабочего газа. При этом за время, превышающее сутки непрерывной работы без смены газа, никаких колебаний коэффициента сбора, выходящих за пределы статистических ошибок числа зарегистрированных импульсов не наблюдалось. Абсолютное значение коэффициента сбора, равное 50%, было определено по Tb^{149g} , полученному в реакции $Pg^{141}(C^{12}, 4n)Tb^{149g}$.

Изменение энергии пучка ионов осуществлялось поглотителями из алюминиевой фольги. Величина энергии бомбардирующих ионов измерялась с помощью полупроводникового детектора методом, аналогичным описанному в работе /11/.

Результаты экспериментов

В опытах регистрировались α -спектры и периоды полураспада продуктов ядерных реакций. Идентификация полученных в опытах изотопов осуществлялась по функциям возбуждения в перекрестных реакциях и наблюдению распада дочерних продуктов. Ниже приводятся результаты для отдельных изотопов.

И з о т о п 102^{254}

Изотоп 102^{254} синтезировался при облучении ионами O^{18} мишени из Pu^{242} смесью 5% Pu^{240} . На рис. 1а представлен один из спектров α -частиц, полученный

при энергии ионов 88 Мэв (лабораторная система координат). Цикл накопления активности на сборнике τ , равный циклу измерения полупроводниковым детектором, составлял 200 сек.

Видна четкая группа α -частиц с энергией $8,11 \pm 0,03$ Мэв. Это значение совпадает со значением $8,10 \pm 0,06$ Мэв, полученным для изотопа 102^{254} , синтезированного в реакции $\text{Am}^{243} (N^{15}, 4n) 102^{254} / 8/$. Кривые распада ядер, испускающих α -частицы с энергией $8,11 \pm 0,03$ Мэв при независимых отдельных сериях измерений с $\tau = 200$ сек и $\tau = 100$ сек, приведены на рис. 2. Среднее взвешенное значение периода полураспада $T_{1/2} = 75 \pm 15$ сек находится в хорошем согласии с данными работ ^{7,8/}. Кривая выхода активности с $E_{\alpha} = 8,11 \pm 0,03$ Мэв представлена на рис. 3. Ее форма и положение хорошо совпадают с расчетными значениями для реакции с испарением четырех нейтронов.

Сечение образования изотопа 102^{254} в максимуме реакции $\text{Pu}^{242} (O^{16}, 4n) 102^{254}$ составляет $3,4 \times 10^{-32}$ см².

И з о т о п 102^{253}

На рис. 16 представлен типичный спектр α -частиц, полученный при облучении мишени из Pu^{242} ионами O^{16} с энергией 102 Мэв и $\tau = 200$ сек. В спектре видна группа α -частиц с энергией $8,01 \pm 0,03$ Мэв. Кривые распада ядер, испускающих α -частицы с энергией $8,01 \pm 0,03$ Мэв, полученные в независимых измерениях с $\tau = 100$ сек и $\tau = 200$ сек представлены на рис. 4. Обработка этих кривых по методу наименьших квадратов дает для периода полураспада среднее взвешенное значение $T_{1/2} = 85 \pm 10$ сек. Кривая выхода активности с $E_{\alpha} = 8,01 \pm 0,03$ Мэв приведена на рис. 3. Ее форма и положение относительно кривой для реакции $\text{Pu}^{242} (O^{16}, 4n) 102^{254}$ находятся в хорошем соответствии с расчетными значениями для реакции $\text{Pu}^{242} (O^{16}, 5n) 102^{253}$. Поперечное сечение в максимуме составляет $4,4 \cdot 10^{-32}$ см².

Для подтверждения того, что в опытах по облучению Pu^{242} ионами O^{16} мы регистрируем распад изотопа 102^{253} , был поставлен опыт по наблюдению α -распада дочерних ядер Fm^{249} , образующихся в результате α -распада изотопа 102^{253} . Сущность опыта состоит в следующем. Крест с четырьмя сборниками атомов отдача приводится в колебательное движение таким образом, что под каждый из двух полупроводниковых детекторов, расположенных под углом 90° к оси пучка ионов, попадает поочередно то сборник с накопленными под струей газа атомами отдача, то совершенно чистый сборник, не попадающий под струю газа. Таким образом, каждый из двух детекторов регистрирует одну половину времени распад как первичных, так и вторичных ядер, а другую половину времени - распад только вторичных ядер, попавших на поверхность

детектора в результате отдачи от предшествующего α -распада. Здесь, как и в опытах по регистрации вторичных продуктов в работе /8/, сборником дочерних ядер служит чувствительная поверхность самого полупроводникового детектора. Электронная схема позволяла отмечать, какой из сборников находился под детектором в момент регистрации того или иного импульса, что давало возможность четко различать распад первичных с незначительной примесью вторичных продуктов и только вторичных продуктов. Fm^{249} имеет период полураспада около 2,5 мин /12,13/ и E_{α} , по данным работы /13/, $7,52 \pm 0,03$ Мэв, что находится в хорошем согласии с результатами наших опытов по синтезу изотопа Fm^{249} в реакции $Pu^{242} (C^{12}, 5n) Fm^{249}$. Опыты по наблюдению дочерних продуктов проводились при энергии нейтронов $0,6$ 98 Мэв и $\tau = 100$ сек. Всего двумя детекторами было зарегистрировано в этих опытах 113 импульсов с энергией 8,01 Мэв и 29 импульсов с энергией 8,11 Мэв. Во вторичных продуктах было зарегистрировано 5 импульсов с энергией $7,10 \pm 0,03$ Мэв, 7 импульсов с энергией $7,40 \pm 0,03$ Мэв и 3 импульса с энергией $7,52 \pm 0,03$ Мэв.

Хотя в примененной схеме регистрации вторичных продуктов не определяется их период полураспада, наличие во вторичных продуктах только вышеуказанных групп импульсов (регистрировались импульсы, соответствующие $E_{\alpha} > 6,8$ Мэв) позволяет отнести их соответственно к Cf^{245} , Fm^{250} и Fm^{249} .

Эффективность регистрации только вторичных продуктов составляет 1/4 по отношению к эффективности регистрации первичных продуктов.

Таким образом, наблюдение 29 актов распада с испусканием α -частиц $8,11 \pm 0,03$ Мэв в первичных продуктах и 7 актов распада с $E_{\alpha} = 7,40 \pm 0,03$ Мэв во вторичных продуктах служит дополнительным подтверждением идентификации активности с $E_{\alpha} = 8,11 \pm 0,03$ Мэв как относящейся к изотопу 102^{254} .

С учетом того, что Fm^{249} , по данным работы /13/, лишь в ~40% случаев испытывает α -распад, на 113 импульсов 102^{253} мы должны были бы зарегистрировать ~10 распадов Fm^{249} .

Полученное значение 3 может быть обусловлено статистикой, но не исключено, что Fm^{249} испытывает α -распад в меньшей доле случаев, чем указано в работе /13/. Хотя, конечно, число зарегистрированных распадов дочерних ядер невелико, но, учитывая, что в первичных продуктах мы имели более тысячи импульсов в диапазоне от 6,8 до 7,5 Мэв, а во вторичных - только группы с энергиями 7, 10; 7,40 и 7,52 Мэв, полученные данные можно рассматривать как добавочное подтверждение синтеза изотопов 102^{254} и 102^{253} .

Имеющиеся в спектрах на рис. 1а, б группы α -частиц с энергией 8,88 и 7,27 Мэв, по-видимому, обусловлены распадом изомера Po^{211m} , образующегося на примесях

свидетельствует в мишени. Это подтверждает значение периода полураспада для линии 8,88 Мэв $T_{1/2} = 22$ сек, находящееся в хорошем согласии со значением 25 сек, полученным в работе /14/. Вид функции возбуждения реакции передачи, приводящей к Po^{211m} , как видно из рис. 3, резко отличается от вида функций возбуждения реакций с испарением нейтронов из составного ядра.

Фон в районе α -группы с энергией 8,01 Мэв от Po^{211m} , как показывает анализ, при энергии ионов O^{16} 96 Мэв не превышает 10% эффекта, относящегося к изотопу 102^{253} .

С целью добавочного подтверждения того, что активность с $E_{\alpha} = 8,01 \pm 0,03$ Мэв и $T_{1/2} = 95$ сек относится к изотопу 102^{253} , мы поставили опыты по получению этого изотопа в реакции $Pu^{239} (O^{16}, 4n) 102^{253}$.

Суммарный спектр α -частиц, полученный для энергий ионов O^{16} 90 и 96 Мэв, представлен на рис. 5а. τ составляло 200 сек. Видна четкая группа α -частиц с энергией $8,02 \pm 0,03$ Мэв. Кривая распада приведена на рис. 6. Значение периода полураспада $T_{1/2} = 95 \pm 20$ сек находится в хорошем согласии со значением $T_{1/2} = 95 \pm 10$ сек, полученным в опытах по облучению Pu^{242} ионами O^{16} .

Функция возбуждения активности с $E_{\alpha} = 8,02$ Мэв приведена на рис. 6. Ее форма и положение хорошо согласуются с расчетными значениями для реакции $Pu^{239} (O^{16}, 4n) 102^{253}$. Поперечное значение в максимуме составляет $5,1 \times 10^{-32} \text{ см}^2$.

Присутствующие в спектре на рис. 5а группы α -частиц с энергией 8,88 и 7,27 Мэв, с периодом полураспада около 25 сек (рис. 6) и монотонной функцией возбуждения (рис. 7), по-видимому, как и в случае ионов O^{16} , обусловлены распадом изомера Po^{211m} .

Таким образом, все полученные экспериментальные данные свидетельствуют о том, что изотоп 102^{253} имеет период полураспада 95 ± 10 сек и энергию наиболее интенсивной группы α -частиц $8,01 \pm 0,03$ Мэв. По-видимому, эта группа обусловлена распадом на возбужденный уровень Fm^{249} , ибо, по систематике /15/, изотоп 102^{253} должен иметь большую энергию α -распада, чем изотоп 102^{254} .

Как видно из спектров на рис. 16 и 5а, не исключено, что в 20-30% случаев распада 102^{253} испускаются α -частицы с энергией $8,06 \pm 0,03$ Мэв. Однако недостаточная статистика не позволяет сделать достоверных заключений на этот счет. Распад же с испусканием α -частиц с $E_{\alpha} > 8,10$ Мэв, если и имеет место, то не более чем в 10% случаев.

Изотоп 102^{252} синтезировался при облучении мишени из Pu^{239} ионами O^{18} .

Спектр α -частиц, полученный при энергии ионов 96 Мэв и $\tau = 12$ сек, приведен на рис. 56. Кривые распада активности с $E_{\alpha} = 8,41 \pm 0,03$ Мэв, полученные в независимых измерениях при $\tau = 12$ сек и $\tau = 24$ сек, приведены на рис. 8. Среднее взвешенное значение для периода полураспада составляет $4,5 \pm 1,5$ сек. Кривая выхода активности с $E_{\alpha} = 8,41 \pm 0,03$ Мэв приведена на рис. 7. Ее форма и положение относительно кривой выхода реакции $Pu^{239} (O^{18}, 4n) 102^{253}$ находятся в хорошем согласии с расчетными значениями для реакции $Pu^{239} (O^{18}, 5n) 102^{252}$. Поперечное сечение в максимуме составляет $1,8 \times 10^{-32}$ см². Для добавочного подтверждения того, что мы имеем дело с распадом изотопа 102^{252} , был проведен опыт по наблюдению дочернего продукта Fm^{248} , который испускает α -частицы с энергией $7,85$ Мэв^{8,13/}.

Постановка опыта была полностью аналогична постановке опыта по наблюдению распада дочерних продуктов изотопов 102^{254} и 102^{253} . Зарегистрировав в первичных продуктах 30 α -частиц с энергией $8,40 \pm 0,03$ Мэв, мы получили при регистрации дочерних продуктов 3 импульса с энергией $7,85 \pm 0,03$ Мэв. Ожидаемое число импульсов равно $7-8$. Отклонение укладывается в статистическое. Но в систематике α -распада^{15/} на кривой зависимости логарифма периода полураспада от энергии α -распада для изотопов Fm точка, соответствующая изотопу Fm^{248} , несколько отклоняется вниз. Не исключено, что Fm^{248} примерно в 50% случаев испытывает электронный захват. Вообще, следует иметь в виду, что при наборе достаточной статистики, регистрация α -распада первичных и дочерних ядер по предложенной схеме позволяет очень четко определять отношения вероятностей α -распада и электронного захвата для дочерних ядер.

В целом полученные экспериментальные данные свидетельствуют о синтезе в реакции $Pu^{239} (O^{18}, 5n) 102^{252}$ изотопа 102^{252} , имеющего $T_{1/2} = 4,5 \pm 1,5$ сек и $E_{\alpha} = 8,41 \pm 0,03$ Мэв.

Обсуждение результатов

Результаты исследований изотопа 102^{254} , описанные в настоящей работе, хорошо согласуются с прежними данными о свойствах изотопа 102^{254} , полученными в Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ^{7,8/}. Согласно этим результатам изотоп 102^{254} значительно более стабилен, чем это следовало из работ А. Гиорсо и др.^{5/}.

Свойства изотопа 102^{253} , определенные в настоящей работе, тоже отличаются от описанных в работах^{3,4/}. Однако уже авторами^{3/} отмечалось, что наблюдаемый

эффект мог быть связан с распадом изотопа 102^{252} . Значение периода полураспада и энергии α -частиц ($2 < T_{1/2} < 40$ сек, $E_{\alpha} = 8,9 \pm 0,4$ Мэв) в пределах ошибок совпадает с данными настоящей работы для изотопа 102^{252} ($T_{1/2} = 4,5 \pm 1,5$ сек и $E_{\alpha} = 8,41 \pm 0,03$ Мэв). Завышение значения энергии α -частиц могло быть вызвано методикой предварительной обработки фотоэмульсий при использовании их внутри камеры циклотрона при вакууме $\approx 10^{-5}$ тор. В связи с этим следует отметить, что на 310-сантиметровом циклотроне ОИЯИ были детально исследованы свойства изотопа $Fm^{249/13}$, работа по синтезу которого проводилась в Москве одновременно с работой по синтезу 102-го элемента, причем также с использованием фотоэмульсий^{/12/}. Полученное в работе^{/13/} значение периода полураспада $T_{1/2} = 160$ сек хорошо согласуется со значением периода полураспада $T_{1/2} = 150$ сек, полученным в работе^{/12/}. Однако измерения энергии испускаемых α -частиц показали, что она составляет не $7,9 \pm 0,3$ Мэв, а $7,52 \pm 0,03$ Мэв. Не исключено, что и в случае 102-го элемента, и в случае Fm^{249} в определении энергии α -частиц была систематическая ошибка, связанная с определением тормозной способности фотоэмульсии.

Вопрос о возможной доле электронного захвата изотопов $102^{252}, 253, 254$ требует специального исследования. Если допустить, что четно-четные изотопы 102^{252} и 102^{254} не испытывают в заметной доле электронный захват, то экстраполированное значение парциального периода полураспада для изотопа 102^{253} с $E_{\alpha} = 8,01 \pm 0,03$ Мэв составит ≈ 3 мин без учета возможного запрета. Таким образом, изотоп 102^{253} , по-видимому, примерно в 50% случаев испытывает электронный захват. Более количественные заключения могут быть сделаны лишь после проведения опытов по наблюдению продуктов электронного захвата изотопов $102^{252}, 253, 254$.

З а к л ю ч е н и е

В заключение авторы считают необходимым поблагодарить коллектив циклотрона У-300 во главе с Б.А. Загером и И.А. Шелаевым за обеспечение четкой работы ускорителя с выведенным пучком ионов. Авторы благодарны К.А. Гаврилову и Ю.С. Короткину за изготовление устойчивых под высокоинтенсивными пучками ионов мишеней, А.М. Сухову и Л.П. Челякову за разработку высокостабильной электронной аппаратуры и А.Г. Белову за помощь в наладке аппаратуры и проведении измерений.

1. P. Fields, A. Friedman, J. Milsted, H. Atterling, W. Forsling, L. Holm, B. Astron. Phys. Rev., 107, 1460 (1957).
2. A. Ghiorso, T. Sikkeland, J. Walton, G. T. Seaborg. Phys. Rev. Letters, 1, N1, 17 (1958).
3. Г.Н. Флеров, С.М. Поликанов, А.С. Карамян, А.С. Пасюк, Д.М. Парфанович, Н.И. Тарантин, В.А. Карнаузов, В.А. Друин, В.В. Волков, А.М. Семчинова, Ю.П. Оганесян, В.И. Хализев, Г.И. Хлебников. ДАН, 120, № 1, 73 (1958).
4. Г.Н. Флеров, С.М. Поликанов, А.С. Карамян, А.С. Пасюк, Д.М. Парфанович, Н.И. Тарантин, В.А. Карнаузов, В.А. Друин, В.В. Волков, А.М. Семчинова, Ю.П. Оганесян, В.И. Хализев, Г.И. Хлебников, Б.Ф. Мясоедов, К.А. Гаврилов. ЖЭТФ, 38, 82 (1960).
5. A. Ghiorso, T. Sikkeland, J.R. Walton, G.T. Seaborg. Phys. Rev. Letters, 1, N1, 18 (1958).
6. А. Гиорсо. АЭ, 7, 388 (1959).
7. Е.Д. Донец, В.А. Шеголев, В.А. Ермаков. АЭ, 20, вып. 3, 223 (1966).
8. Б.А. Загер, М.Б. Миллер, В.Л. Михеев, С.М. Поликанов, А.М. Сухов, Г.Н. Флеров, Л.П. Челноков. АЭ, 20, вып. 3, 230 (1966).
9. В.Л. Михеев. Препринт ОИЯИ, 2291, Дубна, 1965.
10. R.D. Macfarlane, R.D. Griffioen. Nucl. Instrum. and Methods, 24, 461 (1963).
11. X. Кекк, В.Л. Михеев, А.А. Плева, Б.В. Фефилов. ПТЭ, № 4, 27 (1963).
12. В.П. Перелыгин, Е.Д. Донец, Г.Н. Флеров. ЖЭТФ, 37, 1558 (1959).
13. Г.Н. Ахасьев, А.Г. Демян, В.А. Друин, Э.Г. Имаев, И.В. Колесов, Ю.В. Лобанов, Л.П. Пашенко. Препринт ОИЯИ, Р-2704, Дубна, 1966.
14. I. Perlman, F. Asaro, A. Ghiorso, A. Larsh, R. Latimer. Phys. Rev., 127, 917 (1962).
15. V.E. Viola, G.T. Seaborg. J. Inorg. and Nucl. Chem., 28, N3, 697 (1966).

Рукопись поступила в издательский отдел
1 августа 1966 г.

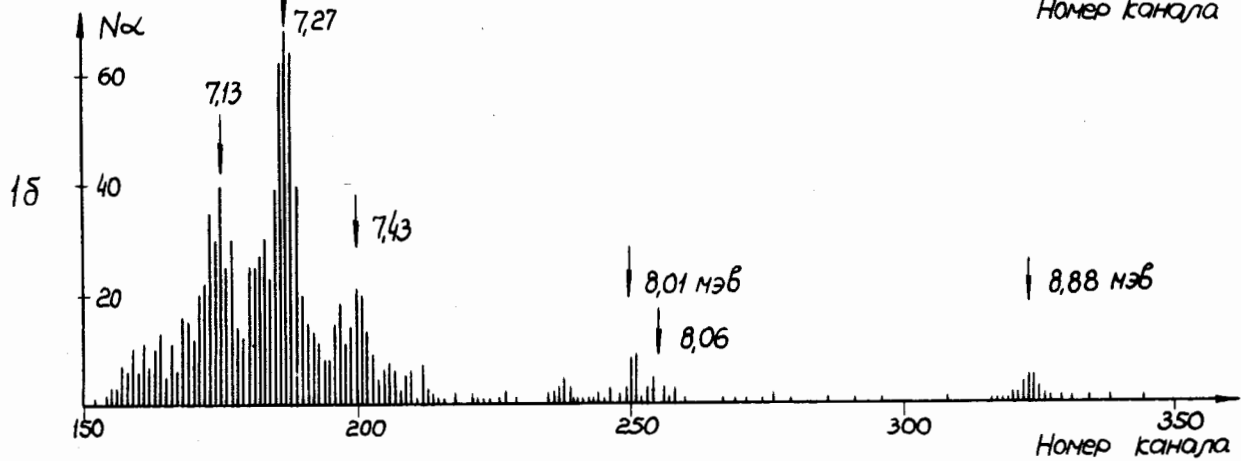
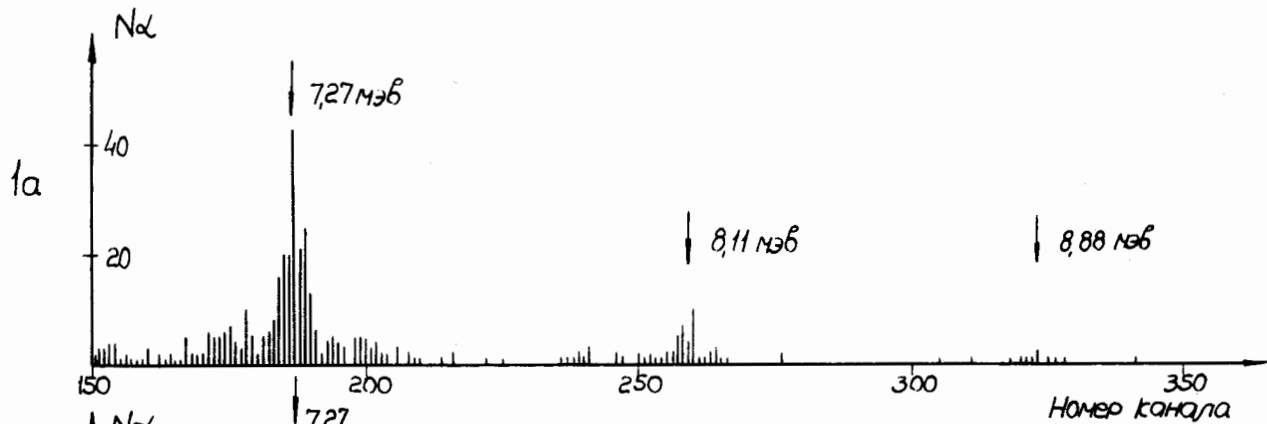
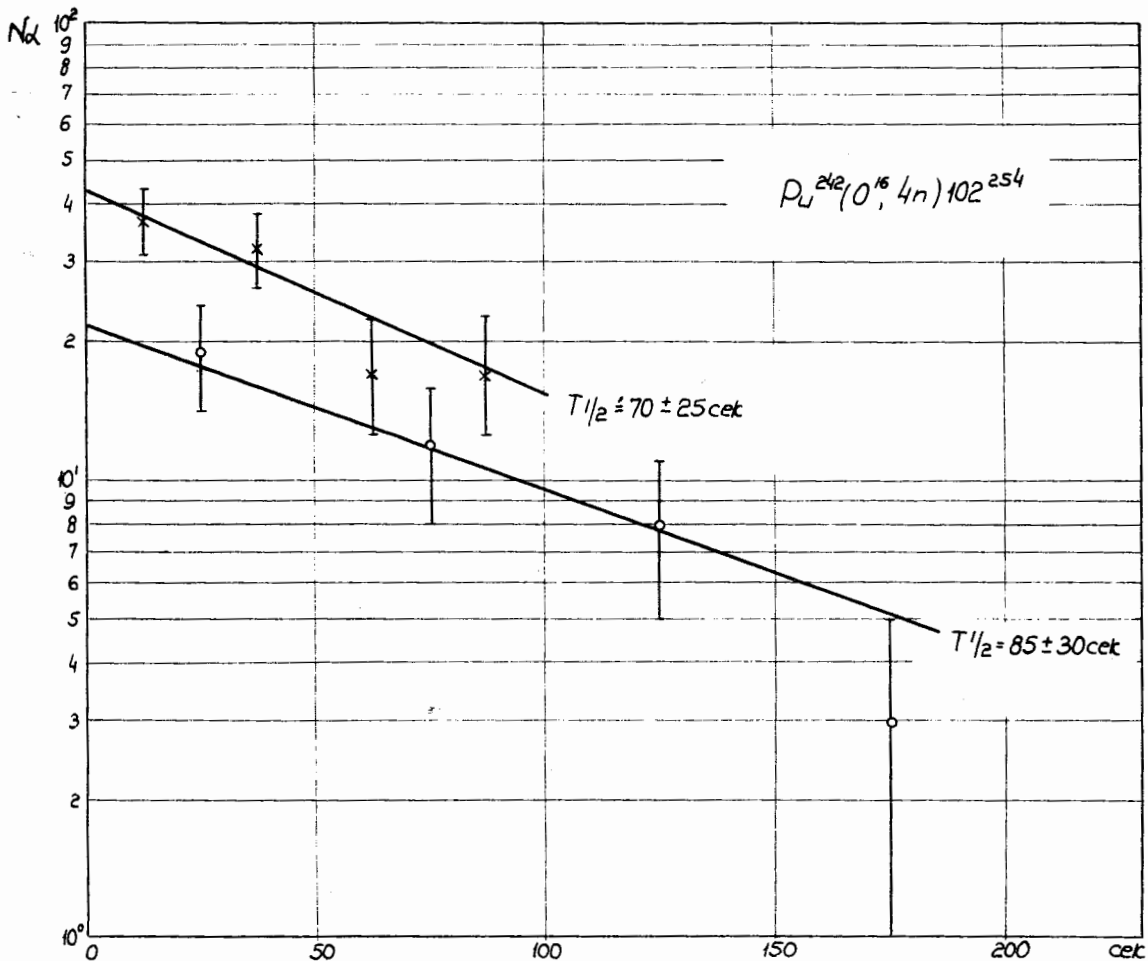


Рис. 1.



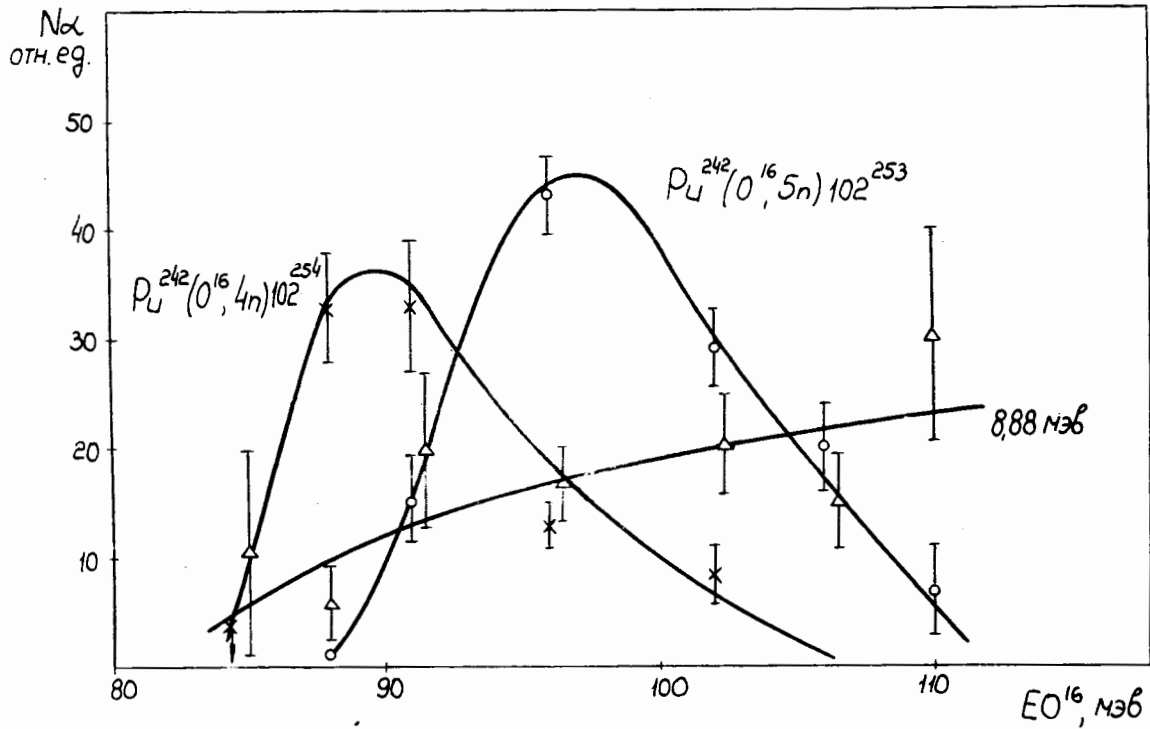


Рис. 3.

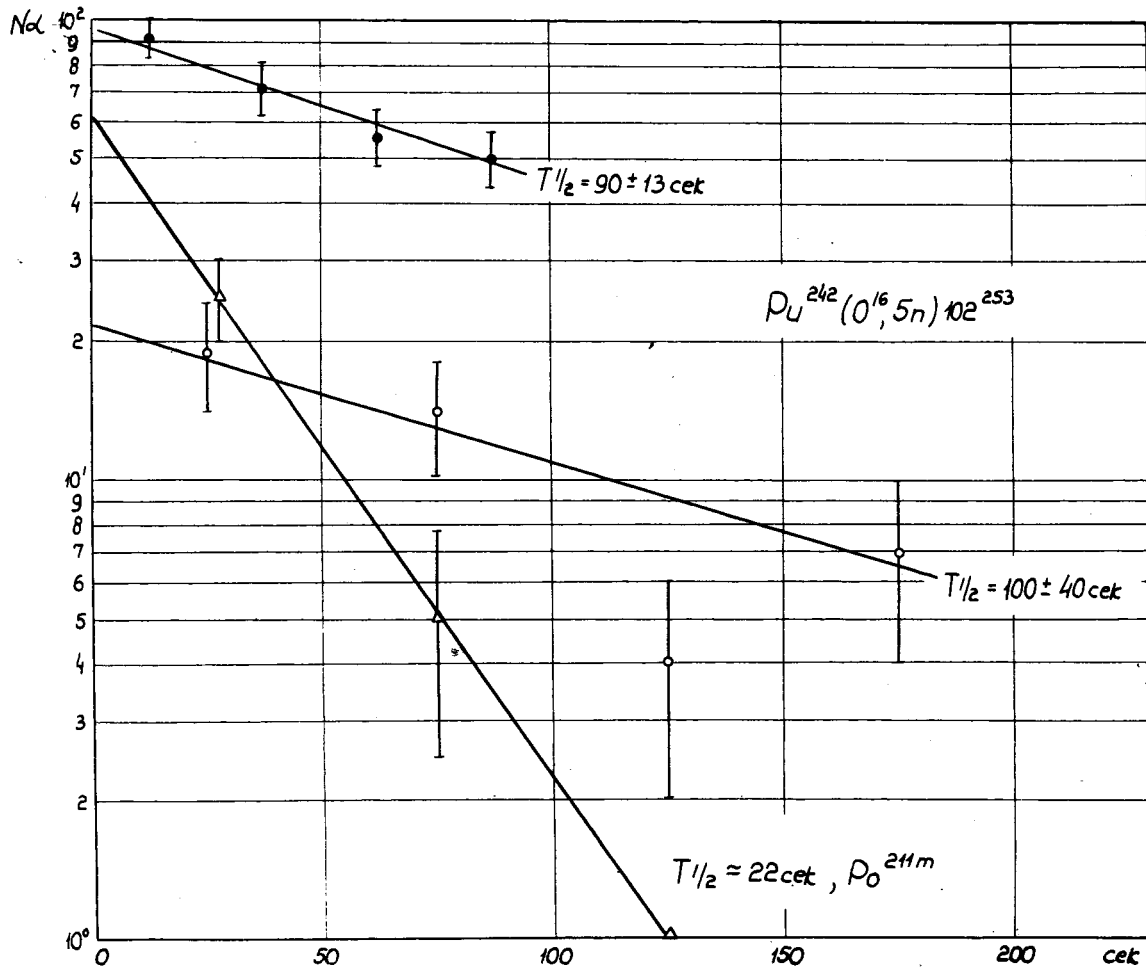


FIG. 4.

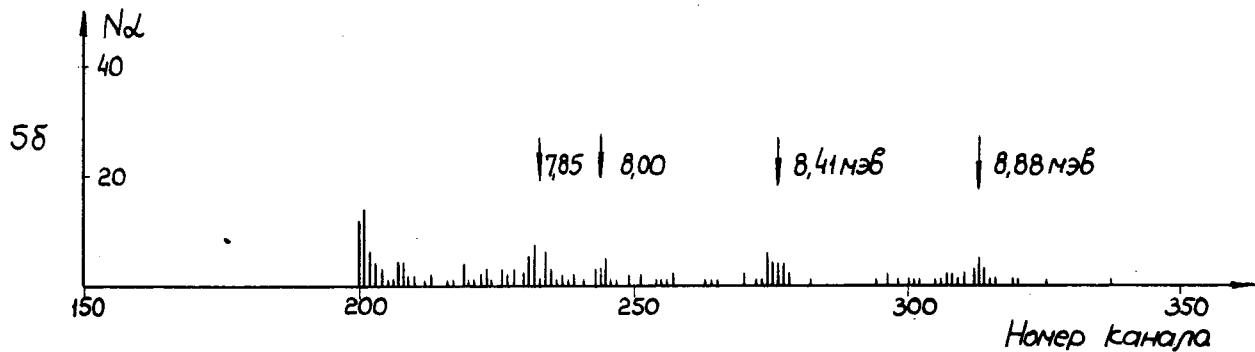
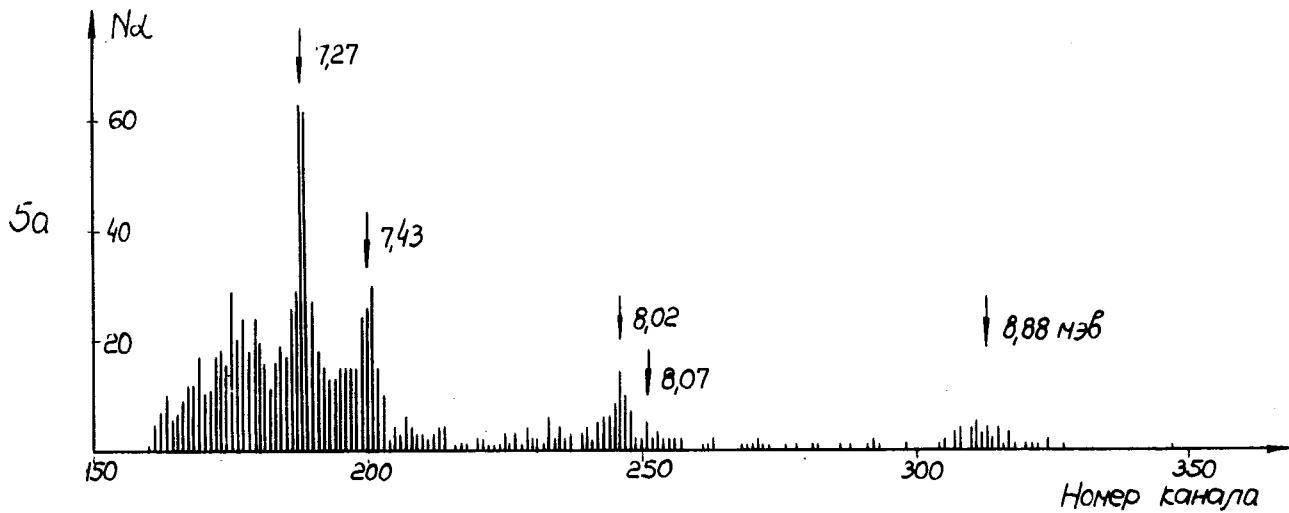


Рис. 5.

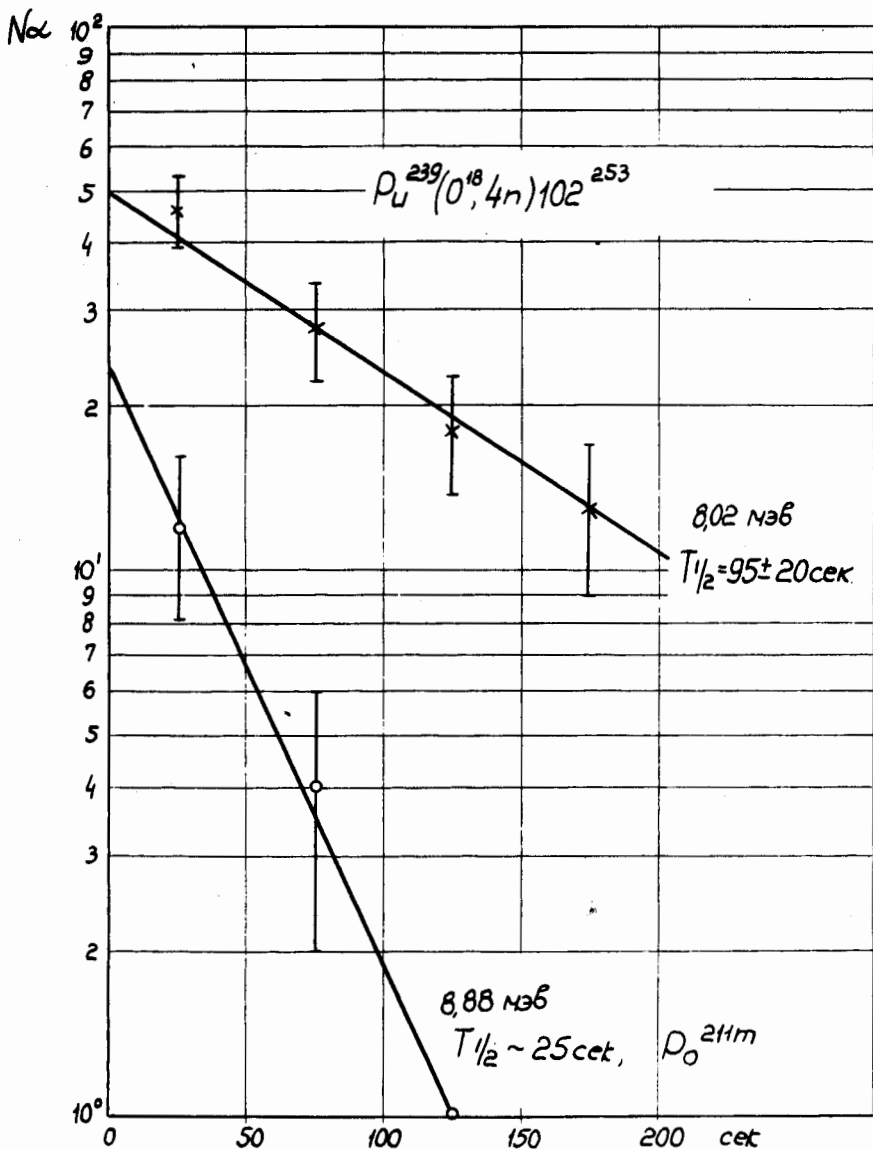


Рис. 6.

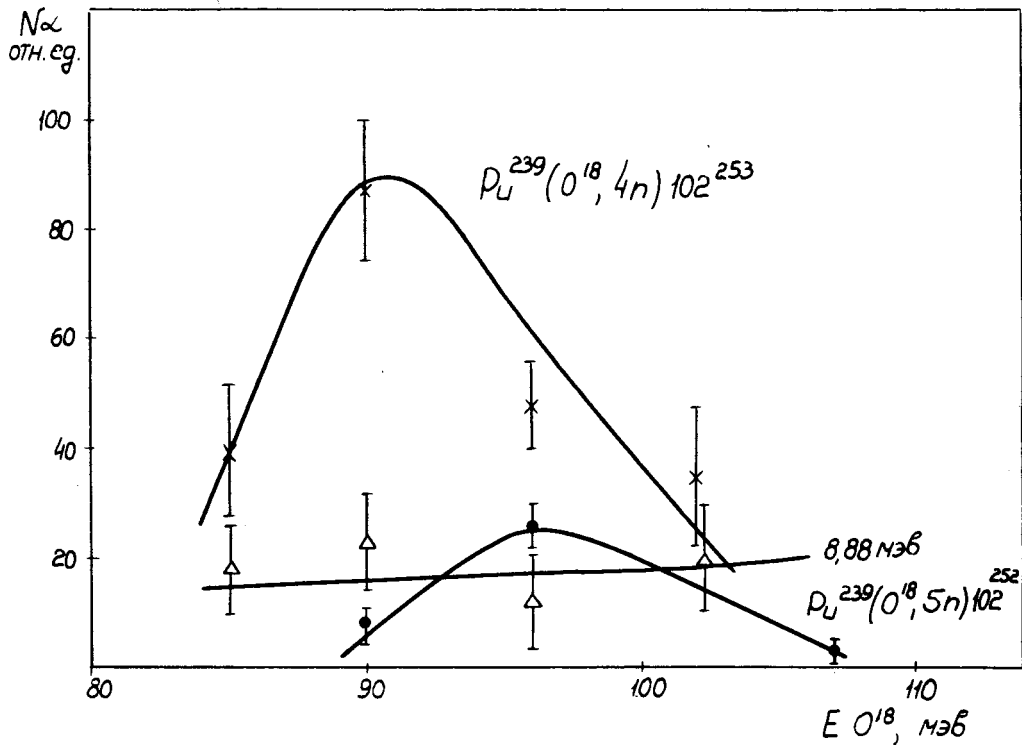


Рис. 7.

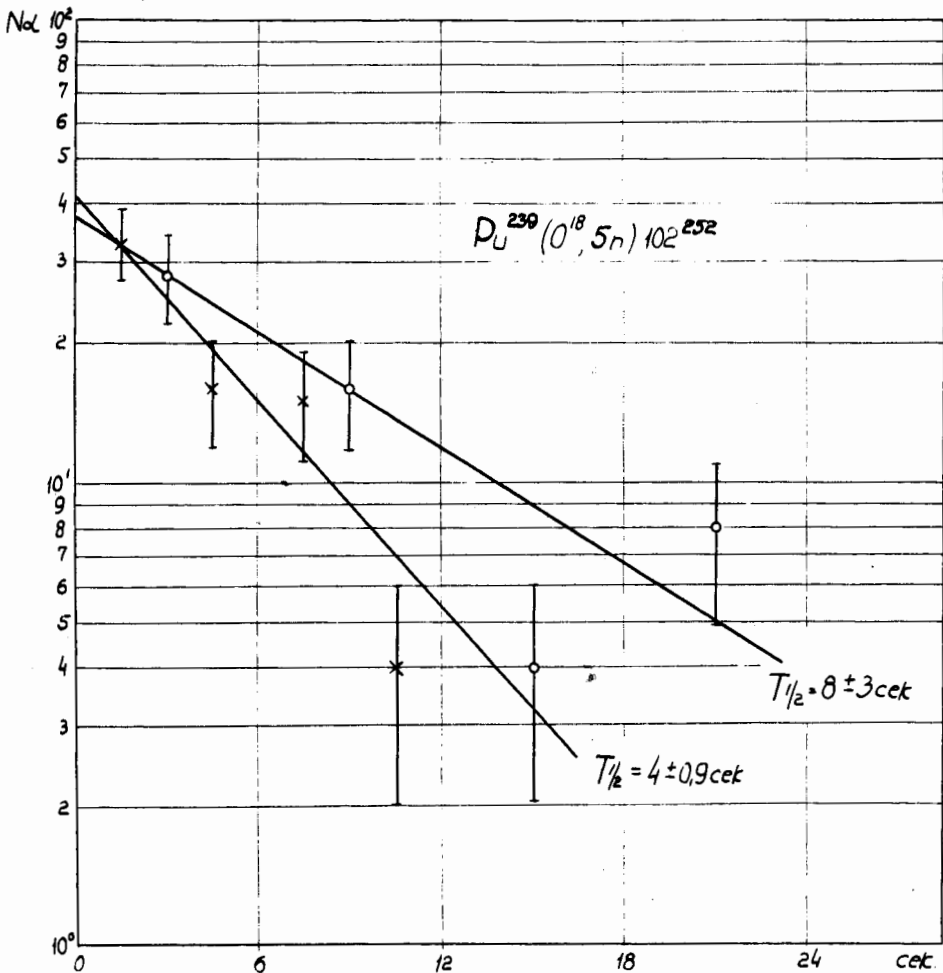


Рис. 8.