

ЯЯ, 1967, т. 5, в. 6, с. 1186-1191

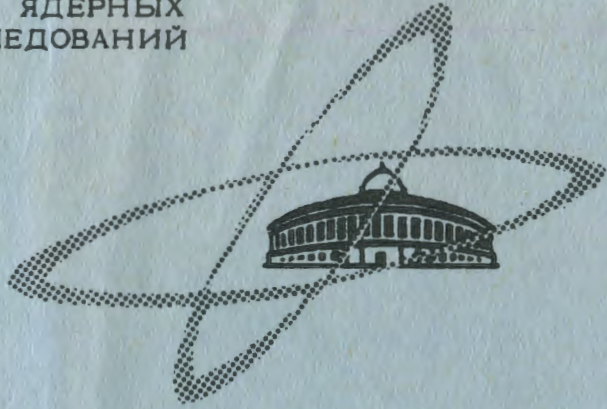
341.2Г  
об-416

4/5-67

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P7 - 3059



Г.Н. Флеров, С.М. Поликанов, В.Л. Михеев, В.И. Илющенко,  
В.Ф. Кушнирук, М.Б. Миллер, А.М. Сухов, В.А. Щеголев

АБСОЛЮТНО ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ

СИНТЕЗ ИЗОТОПОВ 102 ЭЛЕМЕНТА  
С МАССОВЫМИ ЧИСЛАМИ 256 И 255  
В РЕАКЦИЯХ С ИОНАМИ КИСЛОРОДА

1966

P7 - 3059

Г.Н. Флеров, С.М. Поликанов, В.Л. Михеев, В.И. Илющенко,  
В.Ф. Кушнирук, М.Б. Миллер, А.М. Сухов, В.А. Щеголев

СИНТЕЗ ИЗОТОПОВ 102 ЭЛЕМЕНТА  
С МАССОВЫМИ ЧИСЛАМИ 256 И 255  
В РЕАКЦИЯХ С ИОНАМИ КИСЛОРОДА

Направлено в ЯФ

Объединенный институт  
ядерных исследований  
БИБЛИОТЕКА

4686/1, кр

Первая работа, в которой была сделана попытка получить элемент 102, выполнена в 1957 г. в Стокгольме совместно группой шведских, американских и английских исследователей<sup>/1/</sup>. Была зарегистрирована  $\alpha$ -активность с периодом полураспада около 10 мин и  $E_\alpha = 8,5 \pm 0,1$  Мэв. В качестве возможного массового числа наряду с 251-253 было указано и 255<sup>/2/</sup>. Однако опыты, проведенные в США в значительно лучших экспериментальных условиях<sup>/3/</sup>, не подтвердили данных, полученных в Стокгольме. В выполненной в Калифорнийском университете работе, посвященной в основном синтезу 103 элемента<sup>/4/</sup>, была получена активность с  $E_\alpha = 8,2$  Мэв и  $T_{1/2} = 15$  сек, которая предположительно была отнесена к изотопу  $102^{255}$ . Однако в проведенной в Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ работе по синтезу изотопа  $102^{255}$  в реакции  $U^{238}(Ne^{22}, 5n)102^{255}$ <sup>/5/</sup> было показано, что изотоп  $102^{255}$  имеет  $E_\alpha = 8,08 \pm 0,03$  Мэв и  $T_{1/2} \approx 2$  мин. В этой же работе в реакции  $U^{238}(Ne^{22}, 4n)102^{256}$  были изучен  $\alpha$ -распад изотопа  $102^{256}$ , для которого получено  $E_\alpha = 8,41 \pm 0,03$  Мэв. В первых же работах по синтезу и исследованию свойств изотопа  $102^{256/6-8/}$  было получено лишь значение периода полураспада  $T_{1/2} \approx 8$  сек.

Целью настоящей работы является изучение свойств изотопов  $102^{255}$  и  $102^{256}$  при синтезе путем облучения  $Pu^{242}$  ионами  $O^{18}$ . Такое исследование представляется необходимым ввиду плохого согласия результатов, полученных различными группами исследователей.

Опыты проводились на выведенном пучке 310 см циклотрона тяжелых ионов ОИЯИ. Экспериментальная аппаратура, уже использовавшаяся для синтеза изотопов  $102^{252}$ ,  $102^{253}$  и  $102^{254}$ , подробно описана в работах<sup>/8,10,11/</sup>. Основной методики является адсорбция атомов отдачи из газовой струи, выходящей из небольшого отверстия в объеме с облучаемой мишенью. С помощью

полупроводникового детектора регистрировались  $\alpha$ -спектры продуктов ядерных реакций и измерялись их периоды полураспада. Идентификация изотопов проводилась по функциям возбуждения. Ниже приводятся результаты для отдельных изотопов.

Изотоп  $102^{256}$ . На рис. 1 представлен один из спектров, полученный при облучении  $Pu^{242}$  ионами  $O^{18}$  с энергией 82 Мэв. Цикл накопления активности на сборнике  $\tau$ , равный циклу измерения полупроводниковым детектором, составлял 25 сек. Спектр довольно сложен ввиду наличия групп  $\alpha$ -частиц, связанных с загрязнениями мишени примесями свинца, от которых не удалось избавиться при изготовлении мишени. Однако достаточное энергетическое разрешение использовавшихся полупроводниковых детекторов и высокая стабильность электронной аппаратуры позволяли надежно разделить эффекты, связанные с изотопами 102 элемента и с примесями свинца в мишени. В спектре видна группа  $\alpha$ -частиц с энергией  $8,42 \pm 0,03$  Мэв. Это значение согласуется со значением энергии  $\alpha$ -частиц изотопа  $102^{256}$ , данным в работе /5/.

На рис. 2 показана кривая распада ядер, испускающих  $\alpha$ -частицы с энергией 8,42 Мэв. Определенное по методу наименьших квадратов значение периода полураспада составляет  $T_{1/2} = 9 \pm 3$  сек. Это значение периода полураспада хорошо согласуется со значениями, данными в работах /5-8/ для изотопа  $102^{256}$ . Кривая выхода активности показана на рис. 3. Ее форма и положение хорошо согласуются с расчетными для реакции  $Pu^{242} (O^{18}, 4n) 102^{256}$ .

Совокупность полученных данных позволяет сделать заключение, что изотоп  $102^{256}$  имеет  $E_{\alpha} = 8,42 \pm 0,03$  Мэв и  $T_{1/2} = 9 \pm 3$  сек. Ближайшей к группе  $\alpha$ -частиц с  $E_{\alpha} = 8,42$  Мэв в спектрах, полученных при облучении плутониевой мишени ионами кислорода-18, является группа с энергией  $8,35 \pm 0,03$  Мэв. Идентификация этой активности по имеющимся данным затруднительна. Однако ход изменения выхода этой активности с изменением энергии налетающих частиц (см. рис. 3) и сравнение полученных спектров со спектрами, зарегистрированными при облучении свинца ионами  $O^{18}$  в тех же условиях, позволяет утверждать, что она связана с примесями свинца.

Изотоп  $102^{255}$ . В спектре на рис. 1 среди линий, которые не могут быть объяснены примесями в плутониевой мишени, имеется, кроме линии 8,42 Мэв, группа  $\alpha$ -частиц с энергией  $8,08 \pm 0,03$  Мэв. Это значение энергии хорошо согласуется со значением  $E_{\alpha} = 8,08 \pm 0,03$  Мэв, данным в работе /5/ для изотопа  $102^{255}$ .

При  $\tau = 25$  сек, с которым был получен спектр, представленный на рис. 1, эта активность не обнаруживает заметного распада. Для дальнейшего изучения ядер, испускающих  $\alpha$ -частицы с энергией  $8,08 \pm 0,03$  Мэв, были проведены облучения  $Pu^{242}$  ионами  $O^{18}$  при более длительных циклах накопления активности на сборнике и ее измерения.

На рис. 4а представлен спектр  $\alpha$ -частиц, полученный при энергии ионов  $O^{18}$  97 Мэв и  $\tau = 400$  сек. Группа  $\alpha$ -частиц с  $E_{\alpha} = 8,08 \pm 0,03$  Мэв четко видна в этом спектре. На рис. 5 приведены кривые распада ядер, испускающих эти  $\alpha$ -частицы. Кривые получены в независимых опытах при  $\tau = 400$  и 800 сек. Среднее взвешенное значение периода полураспада оказывается равным  $T_{1/2} = 180 \pm 40$  сек. Кривая выхода активности приведена на рис. 3. Ее форма и положение хорошо согласуются с расчетными для реакции  $Pu^{242} (O^{18}, 5n) 102^{255}$ . Был отдельно измерен период полураспада активности с  $E_{\alpha} = 8,08 \pm 0,03$  Мэв при энергии  $O^{18}$  105 Мэв. Кривая представлена на рис. 5. При этой энергии было получено значение периода полураспада 70 сек, что практически совпадает со значением периода полураспада для изотопа  $102^{254}$  ( $T_{1/2} = 75 \pm 15$  сек.  $E_{\alpha} = 8,11 \pm 0,03$  Мэв /11/). В соответствии с этим несколько замедленный спад выхода при увеличении энергии ионов может быть связан с образованием при энергии ионов  $O^{18}$  105 Мэв изотопа  $102^{254}$  в реакции с испарением 6 нейтронов.

Таким образом, мы приходим к заключению, что, в соответствии с данными работы /5/ о свойствах изотопа  $102^{255}$  ( $E_{\alpha} = 8,08$  Мэв,  $T_{1/2} \approx 2$  мин), изотоп  $102^{255}$  испускает  $\alpha$ -частицы с  $E_{\alpha} = 8,08 \pm 0,03$  Мэв, а период его полураспада  $T_{1/2} = 180 \pm 40$  сек. Максимум поперечного сечения образования изотопа  $102^{255}$  в реакции  $Pu^{242} (O^{18}, 5n) 102^{255}$  составляет  $\approx 9 \cdot 10^{-32}$  см<sup>2</sup>.

Сравнение интенсивностей различных групп  $\alpha$ -частиц в спектрах, полученных при облучении  $Pu^{242}$  (рис. 4а) и свинца (рис. 4б) в идентичных условиях, показывает, что вклад эффекта от свинца в группу  $\alpha$ -частиц с энергией 8,08 Мэв, не превышает нескольких процентов. Группы  $\alpha$ -частиц с энергией  $\approx 7,98$  Мэв и  $\approx 8,22$  Мэв также не могут быть полностью объяснены примесями свинца в мишени. Контрольные облучения мишени из висмута показали, что наблюдаемые эффекты не могут быть объяснены и примесями висмута в мишени. Анализ периодов полураспада и кривых выхода не противоречит предположению о том, что группы  $\alpha$ -частиц с энергией  $\approx 7,98$  и  $\approx 8,22$  Мэв также

могут быть связаны с распадом изотопа  $102^{255}$ . Однако для окончательного вывода о наблюдении нескольких групп  $\alpha$ -частиц при распаде изотопа  $102^{255}$  необходимо более детальное исследование.

#### Обсуждение результатов

Систематика данных по спонтанному делению и по  $\alpha$ -распаду далеких трансурановых элементов (Cf, Es, Fm) дает указание на заполнение нейтронной "подоболочки" при  $N = 152$ . Эта "подоболочка", по-видимому, связана с разрежением в расположении уровней деформированных ядер, которое имеет место в определенном диапазоне ядерной деформации<sup>/12,13/</sup>. Интересен вопрос, сохраняется ли эффект "подоболочки" при  $Z > 100$ . На рис. 6 представлены данные по энергии  $\alpha$ -распада изученных изотопов 102 элемента, взятые из настоящей работы и работы<sup>/11/</sup>. На этот же график нанесены точки, соответствующие экспериментальным данным по изотопам Cf и Fm<sup>/14/</sup>. Обращает на себя внимание тот факт, что скачок в плавной зависимости энергии  $\alpha$ -распада  $Q_\alpha$  от числа нейтронов имеется для всех 3-х элементов. Это может служить указанием на то, что не наблюдается тенденции к ослаблению эффекта "подоболочки"  $N=152$  при переходе к элементам с  $Z > 100$ . По-видимому, это говорит о том, что значения равновесной деформации для изотопов 102 элемента, фермия и калифорния вблизи  $N=152$  близки друг к другу.

В заключение авторы считают приятной необходимостью 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 благодарят А.Г. Белова за помощь при измерениях.

#### Л и т е р а т у р а

1. P. Fields, A. Friedman, J. Milsted, H. Atterling, W. Forsling, L. Holm, B. Aström. *Phys. Rev.*, **107**, 1460 (1957).
2. P. Fields, A. Friedman, J. Milsted, H. Atterling, W. Forsling, L. Holm, B. Aström. *Arkiv för Fysik*, **15**, 225 (1959).
3. A. Ghiorso, T. Sikkeland, J. Walton, G.T. Seaborg. *Phys. Rev. Lett.*, **1**, N 1, 17, (1958).
4. A. Ghiorso, T. Sikkeland, A.E. Larsh, R.M. Latimer. *Phys. Rev. Lett.*, **6**, 473 (1961).

5. Г.Н. Акапьев, А.Г. Демян, В.А. Друин, Ю.В. Лобанов, Б.В. Фефилов, Г.Н. Флеров, Л.П. Челноков. Препринт ОИЯИ, Р-2938, Дубна 1966.
6. Е.Д. Донец, В.А. Шеголев, В.А. Ермаков. *Атомная энергия*, **16**, 195 (1964).
7. В.И. Кузнецов, Ю.В. Лобанов, В.П. Перельгин. *Яд. физика*, **4**, 457 (1966).
8. В.А. Друин, Н.К. Скобелев, Б.В. Фефилов, Г.Н. Флеров. Препринт ОИЯИ, Р-1580, Дубна 1964.
9. В.Л. Михеев. *ПТЭ*, **4**, 22 (1966).
10. Б.А. Загер, М.Б. Миллер, В.Л. Михеев, С.М. Поликанов, А.М. Сухов, Г.Н. Флеров, Л.П. Челноков. *Атомная энергия*, **20**, 230 (1966).
11. В.Л. Михеев, В.И. Илюшенко, М.Б. Миллер, С.М. Поликанов, Г.Н. Флеров, Ю.П. Харитонов. Препринт ОИЯИ, Р-2839, Дубна, 1966.
12. E.K. Hyde, I. Perlman, G.T. Seaborg. *The nuclear properties of the heavy elements, v.1, Prentice Hall, Inc., 1964.*
13. В.М. Струтинский. Препринт ИАЭ-1108, Москва, 1966 г.
14. V.E. Viola, G.T. Seaborg, *J. Inorg. and Nucl. Chem.*, **28**, N 3, 697 (1966).

Рукопись поступила в издательский отдел  
7 декабря 1966 г.

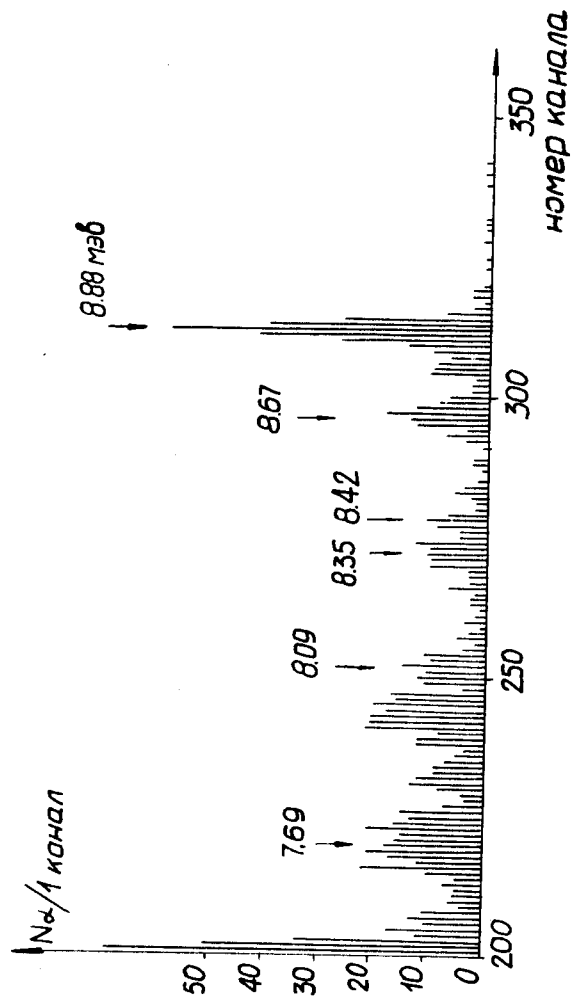


Рис. 1.

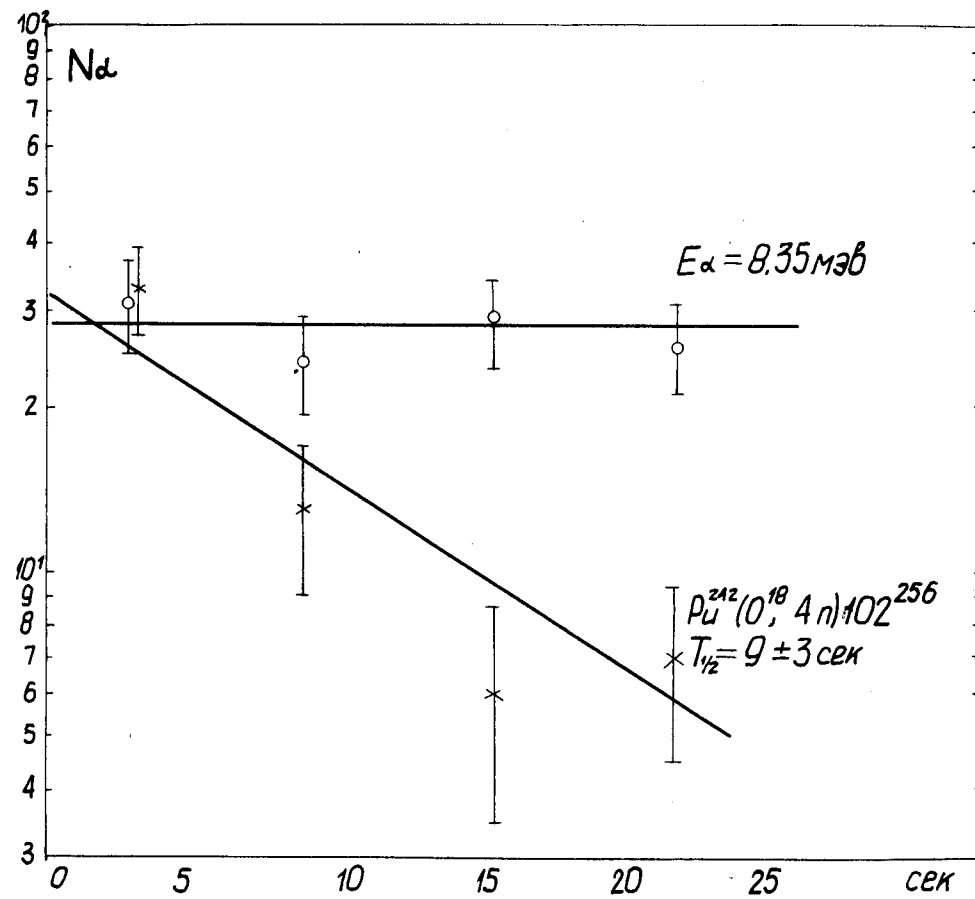


Рис. 2.

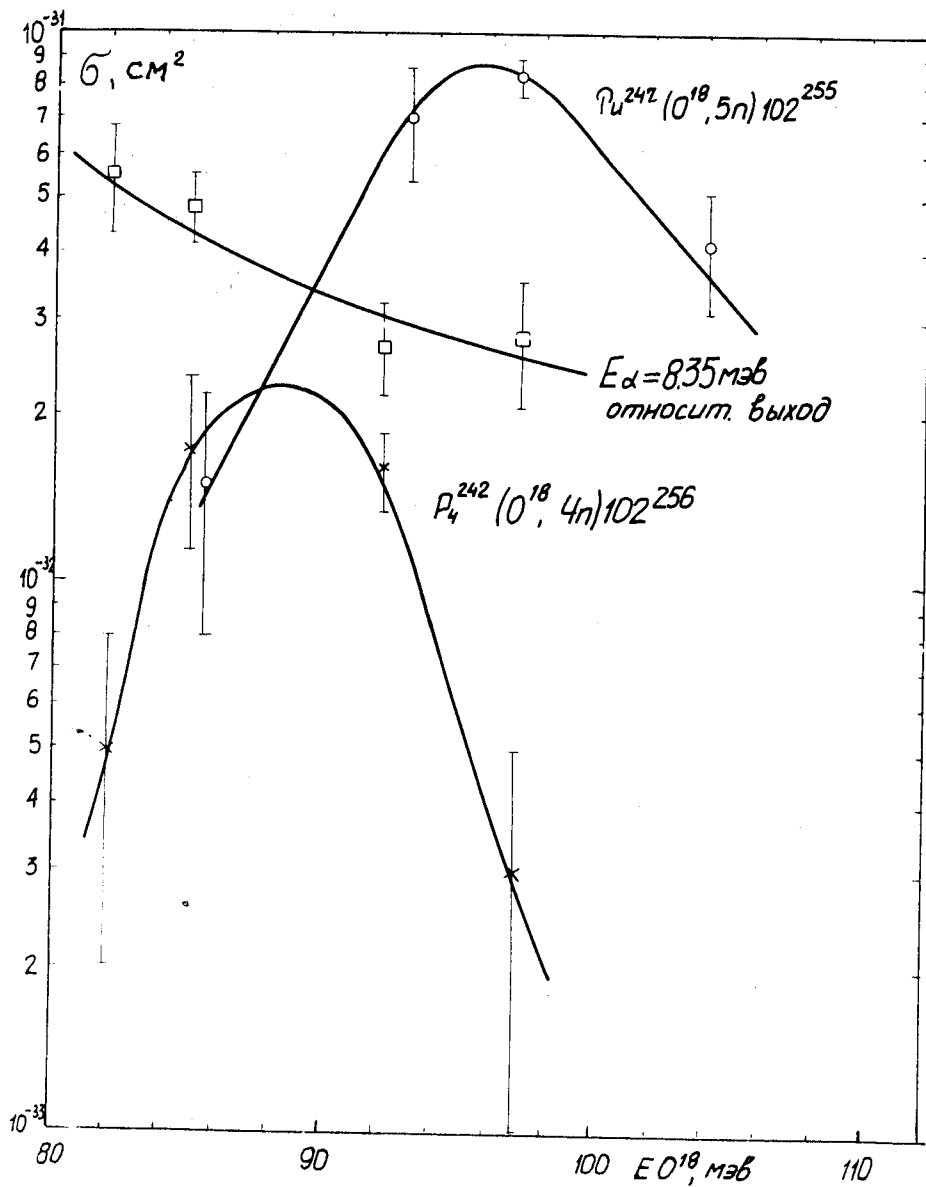


Рис. 3.

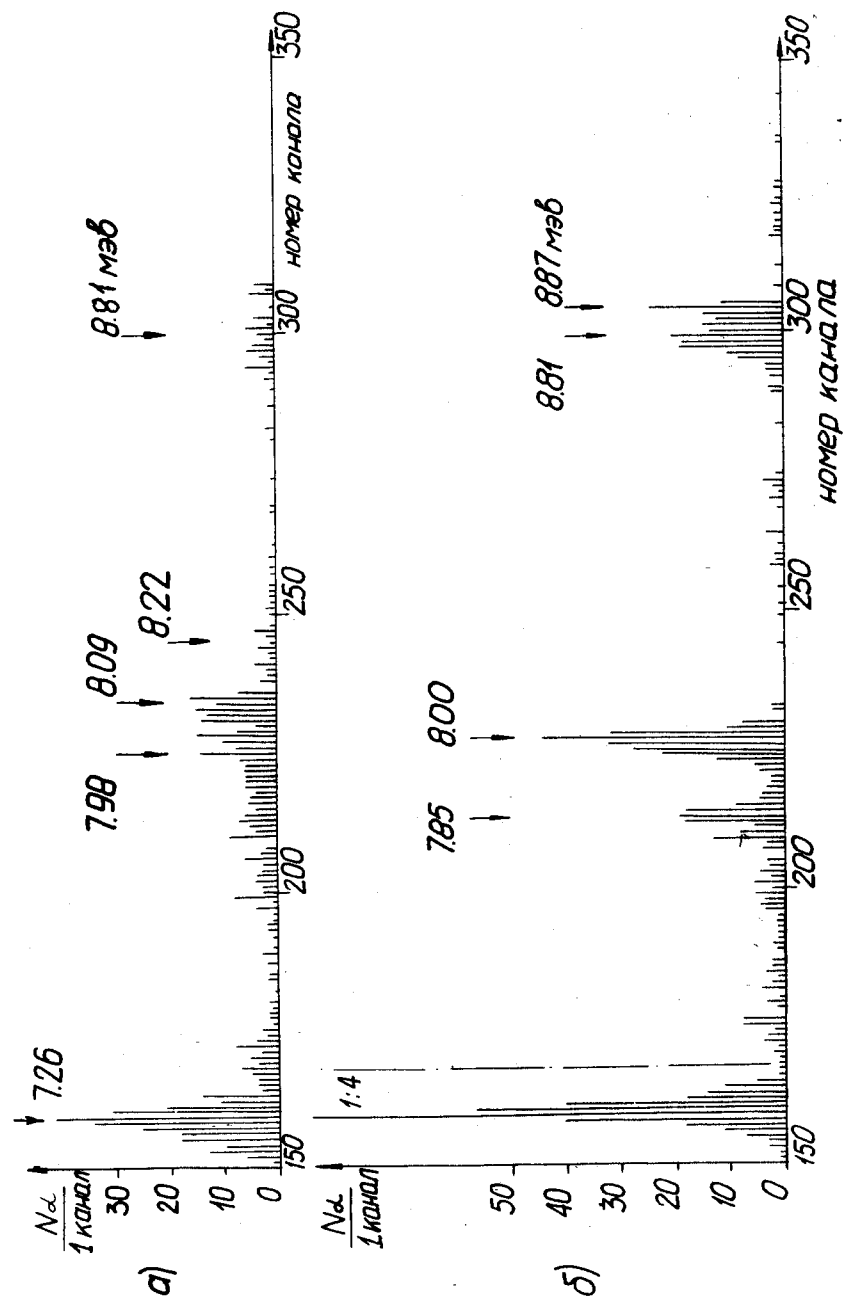


Рис. 4.

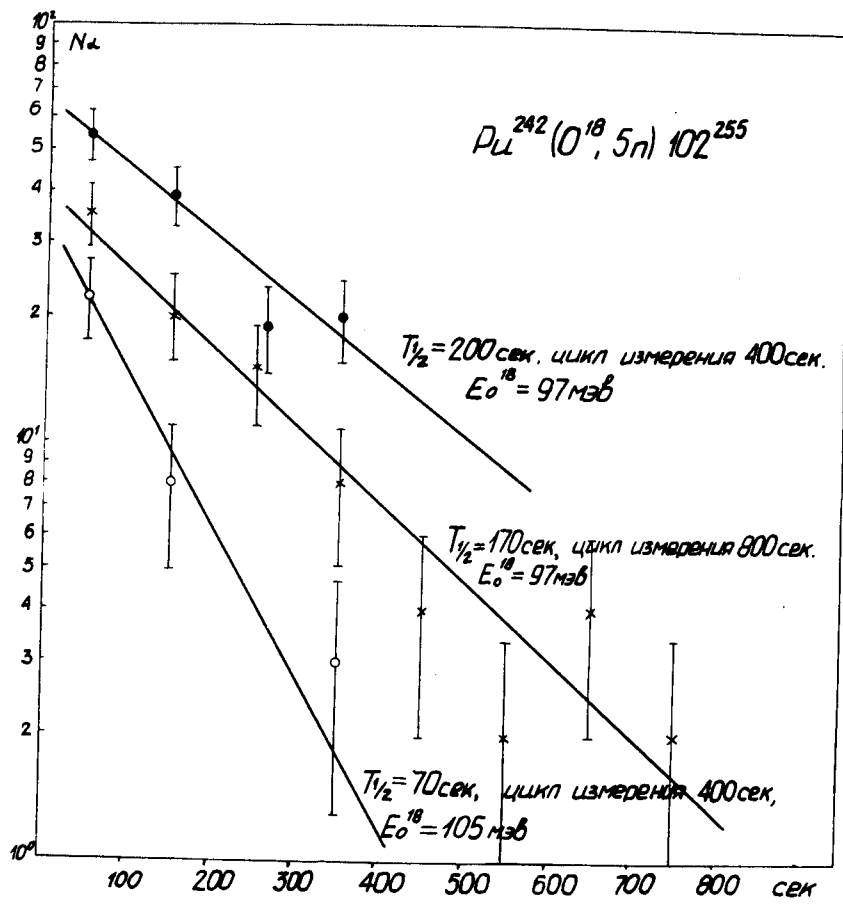


Рис. 5.

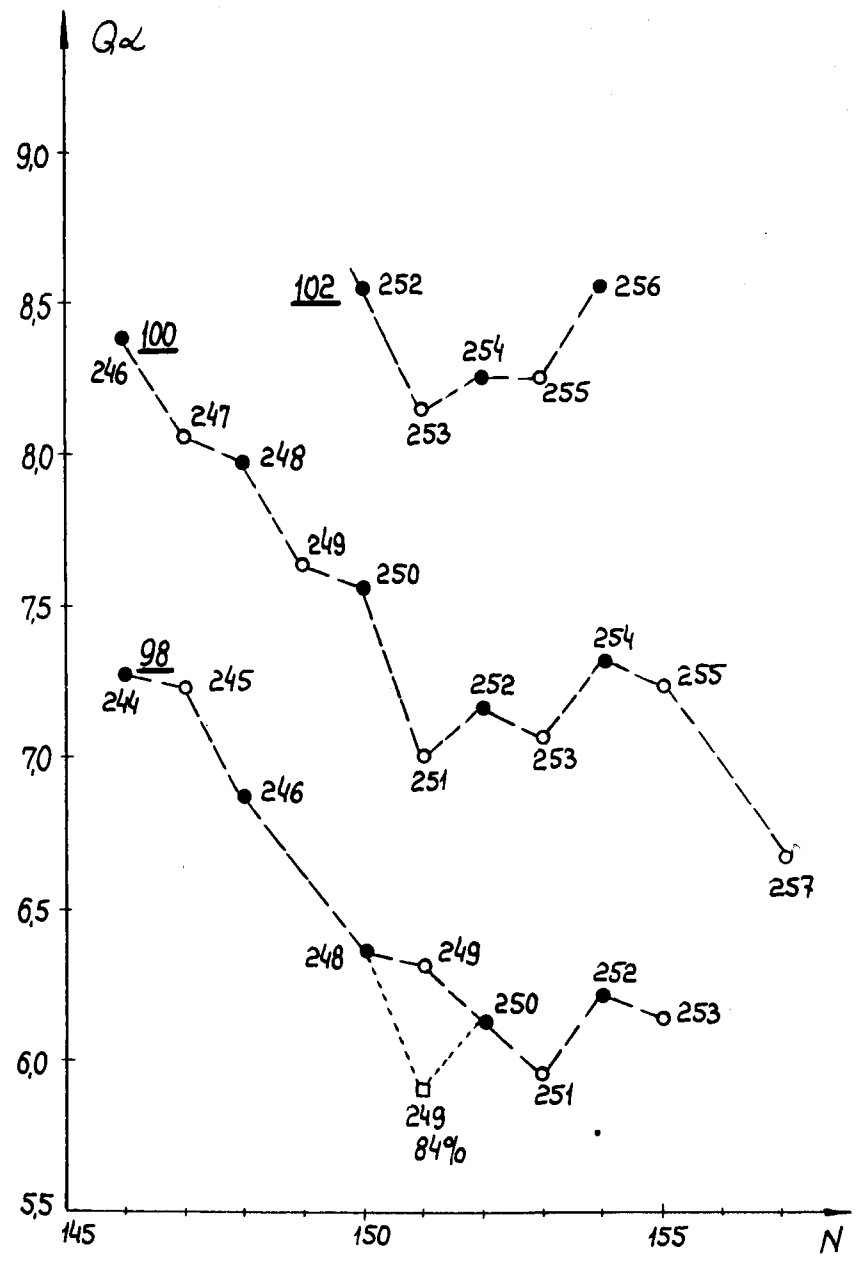


Рис. 6.