

С 341, 1g
Б - 134
ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

ЯФ, 1967, т. 6, в. 6, 3/III - 67
С. 1113 - 1116

P6 - 3138



Д.Д. Богданов, И. Бачо, В.А. Карнаухов,
Л.А. Петров

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ^{111}Te
ПО ДОЧЕРНИМ ПРОДУКТАМ
ПРОТОННОГО РАСПАДА

1967.

Идентификация Te^{111} по дочерним продуктам протонного распада

Для идентификации излучателя запаздывающих протонов с $T_{1/2} \sim 19$ сек, образованного в реакции $Pd^{102} + C^{12}$, исследовались радиоактивные продукты его распада. Для отделения последних от подавляющего фона γ -активности, возникающей за счет других каналов реакции, использовалось то, что в протонном распаде дочерние продукты получают значительную энергию отдачи. Для удаления фоновой активности с поверхности алюминиевых сборников ядер отдачи химическим путем снимались тонкие (1,5-2 мкг/см²) пленки Al. В γ -спектре ядер отдачи четко выделяются пики при энергиях 290 + 27 и 650 + 28 кэв. Периоды полураспада этих активностей равны соответственно (3,8 + 0,8) час и (4,0 + 1,0) час. Это излучение приписано изотопам Sn^{110} и In^{110} являющимся продуктами распада Te^{111} излучателя запаздывающих протонов.

**Преприят Объединенного института ядерных исследований.
Дубна, 1967.**

Bogdanov D.D., Bacho I., Karnaukhov V.A.,
Petrov L.A.

P6-3138

Identification of Te^{111} by Daughter Isotopes of Proton Decay

In order to identify a delayed proton emitter ($T_{1/2} \sim 19$ s), produced by the reaction $Pd^{102} + C^{12}$, the radioactive products of its decay were investigated. To separate these products from the enormous background of γ -activity, which is due to other reaction channels, the fact was used that in proton decay the daughter isotopes have a considerable recoil energy. The background is due to the adsorption of the activity on the surface of the cathode. This background was practically reduced by means of removing of thin layers (1,5-2 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$) from the surface of an aluminium cathode. In the γ -spectrum of recoils the peaks are singled out at the energies 290+27 and 650+28 keV. The half-lives of these activities are equal (3,6+0,6)h and (4,0+1,0)h, respectively. The emission is ascribed to Sn^{110} and In^{110} isotopes which are the decay products of Te^{111} - the delayed proton emitter.

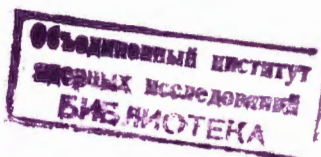
**Preprint, Joint Institute for Nuclear Research.
Dubna, 1967.**

P6 - 3138

Д.Д. Богданов, И. Бачо, В.А. Карнаухов,
Л.А. Петров

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ^{111}Te
ПО ДОЧЕРНИМ ПРОДУКТАМ
ПРОТОННОГО РАСПАДА

Направлено в ЯФ



4817/1, чр.

В в е д е н и е

Излучатели запаздывающих протонов среди изотопов теллура исследовались в работах /1-5/. Определение массовых чисел новых изотопов проводилось на основании анализа функций возбуждения. Так, в наших работах /3,5/ изотопы с периодами полураспада $\approx 4,2$ и ≈ 19 сек были идентифицированы как ^{109}Te и ^{111}Te соответственно. Результаты такого анализа не являются абсолютно достоверными, поскольку при этом используются расчетные значения порогов и некоторые предположения о механизме реакций.

В связи с этим была предпринята настоящая работа, в которой мы попытались провести идентификацию протонного излучателя с $T_{1/2} \approx 19$ сек по свойствам его дочерних продуктов. Трудность этой задачи связана с тем, что сечение образования излучателей запаздывающих протонов невелико — не более 10^{-29} см². Поэтому была разработана описанная ниже методика, позволявшая выделить ядра отдачи протонного распада на подавляющем фоне γ -активности, возникавшей за счет других каналов реакций. Таким путем было подтверждено, что изотоп с $T_{1/2} \approx 19$ сек является ^{111}Te .

Экспериментальная методика

1. С б о р п р о д у к т о в я д е р н ы х р е а к ц и й

Опыты проводились на внешнем пучке 150-сантиметрового циклотрона ОИЯИ. Ионами углерода с энергией 70 Мэв облучалась мишень из разделенного изотопа ^{102}Pd ($\approx 40\%$); энергии 70 Мэв соответствует максимум функции возбуждения, измеренной в /5/. При этой энергии наблюдался только один p -излучатель ($T_{1/2} \approx 19$ сек.).

Для работы на пучке использовалась экспериментальная аппаратура, подробно описанная в ^{15/}. Продукты ядерных реакций за счет энергии отдачи вылетали из мишени, тормозились в гелии (при давлении 1 атм), через малое ($\phi = 0,35$ мм) отверстие переносились струей гелия из камеры мишени в камеру детекторов и адсорбировались на поверхности сборника, который подставлялся под струю. Сборник, выполненный в виде алюминиевого диска, через каждые 40 сек поворачивался на угол 45° . При этом накопленная активность переносилась к детектору, регистрировавшему протоны, а сбор продуктов ядерных реакций осуществлялся на следующем участке диска. Камера детектирования непрерывно откачивалась, так что давление в ней составляло ≈ 1 мм рт.ст.

2. Выделение дочерних продуктов β -распада по импульсу отдачи

Между сборником и детектором (рис. 1) на расстоянии ≈ 1 мм от первого помещалась стопка из трех алюминиевых фольг толщиной 9μ каждая. Ядра отдачи от протонного распада слетали с поверхности сборника и вбивались в ближайшую фольгу (1). Энергии протонов (2-5) Мэв соответствует энергия ядер отдачи (18-45) кэв. Согласно работе ^{16/} средний пробег (medium range) таких ядер в алюминии - (5-9) мкг/см².

Две другие фольги использовались для измерения фона. В первых же опытах было установлено, что фон превышает ожидаемый эффект в сотни раз. Это естественно, поскольку сечение образования протонных излучателей составляет малую долю от полного. Отметим две компоненты фона:

а) Так называемый "диффузный фон" на поверхности фольг. Он связан с диффузией в гелии γ -активных продуктов ядерных реакций, которые не адсорбировались из струи на поверхность сборника, либо слетели с нее в результате β -распада. Исходный фон практически целиком определялся этой компонентой.

б) Активация алюминия нейтронами. Эта компонента становилась существенной после удаления диффузного фона. Для измерения наведенной нейтронами в Al γ -активности (^{24}Na) использовалась фольга 2. В наших условиях эта компонента фона составляла ≤ 600 имп/час в диапазоне энергий 100-800 кэв. После 8-10-часового облучения для удаления "диффузного фона" все три фольги подвергались химической обработке ^{17/}, которая позволяла снимать с них

тонкие поверхностные слои ($1,5-2 \text{ мкг/см}^2$). Уровень "диффузного фона" снижался при этом в $\approx 2,10^3$ раз, а величина эффекта уменьшалась не более чем на 30%.

3. М е т о д и к а у д а л е н и я д и ф ф у з н о г о ф о н а

Метод основан на том, что на поверхности алюминия путем анодного окисления создается слой окисла, который затем растворяется реагентом, химически инертным по отношению к алюминию^{/7/}. Толщина снятого таким способом слоя алюминия линейно зависит от напряжения анодирования.

В^{/7/} использовались толстые алюминиевые пластинки, поверхность которых предварительно специально полировалась. В наших условиях применялась стандартная алюминиевая фольга толщиной 9μ . Поэтому мы предварительно измерили зависимость толщины снимаемого слоя от напряжения анодирования. Для этого алюминиевая фольга активировалась нейтронами (с энергией 14 Мэв) и толщина снимаемого слоя определялась по γ -активности реагента, в котором растворялась пленка окисла. Результаты этих измерений показаны на рис.2. Заметим, что частичное растворение пленки окисла происходит в процессе анодного окисления ($\approx 30\%$ согласно работе^{/7/}). При использовании данных рис.2 вводилась поправка на этот эффект.

4. С п и н т и л л а ц и о н н ы й γ - с п е к т р о м е т р

γ -спектры измерялись с помощью низкофоновый спинтиллиационный γ -спектрометра, состоявшего из кристалла $\text{NaJ}(\text{Tl})$ размером 40×40 и фотоумножителя ФЭУ-13.

В качестве защиты использовался свинец толщиной 100 мм, радиационной чистоте которого уделялось особое внимание. Внутренние размеры свинцового домика - $150 \times 150 \times 500$ мм.

Существенную роль играет выбор кристалла NaJ с минимальным собственным фоном. Отдельные экземпляры кристаллов могут отличаться друг от друга в отношении радиоактивных загрязнений в 2-3 раза.

Для уменьшения γ -фона фотокатода ФЭУ использовался светопровод длиной 5 см.

В итоге при такой простой конструкции γ -спектрометра фон составлял 1800 имп/час в диапазоне энергий $100 \text{ кэВ} \leq E_\gamma \leq 800 \text{ кэВ}$.

Результаты измерений и их обсуждение

На рис. 3 представлены спектры, полученные при измерении γ -активностей фольг 1 и 3 до их химической обработки. Время измерения здесь 2 мин. Оба спектра подобны по форме, интенсивности счета практически совпадают.

Спектры γ -активностей фольг 1 и 3 после удаления диффузной активности представлены на рис. 4. Измерения с фольгами проводились попеременно, результаты отдельных измерений суммировались. Полное время измерения спектра одной фольги составляло 4 часа. В процессе измерений постоянно контролировалась энергетическая калибровка спектрометра.

Рис. 4 демонстрирует четкое различие в спектрах γ -лучей фольг 1 и 3. В первом спектре имеются фотопики при энергиях (280 ± 27) кэВ и (660 ± 28) кэВ, которых нет в спектре фольги 3. Эта разница может быть связана только с присутствием в фольге 1 ядер отдачи от протонного распада. На рис. 5 показаны кривые распада для γ -активностей с энергиями ≈ 280 и 600 кэВ. Для первой период полураспада равен $(3,6 \pm 0,6)$ час, для второй $(4,0 \pm 1,0)$ час.

Отношение интенсивностей этих γ -лучей после внесения поправки на эффективность близко к единице. Измеренные характеристики радиоактивного распада совпадают с теми, каких следует ожидать для дочерних ядер, от распада ^{111}Te . Действительно, в цепочке распада ^{111}Te



имеется ядро ^{110}Sr ($T_{1/2} = 4,1$ час, $E_{\gamma} = 286$ кэВ^{/8/}) и находящийся с ним в равновесии изотоп ^{110}Ir ($T_{1/2} = 66$ мин, $E_{\gamma} = 656$ кэВ^{/8/}).

Приведенные здесь результаты мы рассматриваем как подтверждение вывода, сделанного в предыдущих работах нашей группы^{/3,5/} о том, что излучатель запаздывающих протонов с $T_{1/2} \approx 19$ сек является изотопом ^{111}Te .

Когда настоящая работа была практически завершена, нам стало известно, что Макфарланом^{/4/} также наблюдался протонный излучатель с $T_{1/2} \approx 18$ сек с таким же, как у нас^{/5/} протонным спектром. Однако этот излучатель был идентифицирован по функции возбуждения как ^{110}Te . Рассмотрим цепочку распада ^{110}Te .



В этой цепочке имеются известные ядра ^{109}Sn и ^{109}In со следующими свойствами /8/:

$$\begin{aligned} ^{109}\text{Sn} - T_{1/2} &= 18 \text{ мин.}, & E_{\gamma} &= 658 \text{ кэВ}, \\ ^{109}\text{In} - T_{1/2} &= 4,3 \text{ час}, & E_{\gamma_1} &= 205 \text{ кэВ (70\%)}, \\ & & E_{\gamma_2} &= 632 \text{ кэВ (30\%)}. \end{aligned}$$

Таким образом, в спектре γ -лучей ядер-отдачи ^{110}Te должны наблюдаться две группы (205 кэВ и 632 кэВ) с периодом полураспада 4,3 часа. Этого нет в наших результатах. Энергия первой группы γ -лучей равна 285 кэВ.

Авторы благодарны члену-корреспоненту АН СССР Г.Н. Флерову за полезные дискуссии.

Л и т е р а т у р а

1. В.А. Карнаухов, Г.М. Тер-Акопян, Л.А. Петров, В.Г. Субботин, ЯФ, 1, 812 (1965).
2. A.Siivola. Phys.Rev.Lett., 14, N 5, 142 (1965).
3. В.А. Карнаухов, Г.М. Тер-Акопян, Л.С. Вертоградов, Л.А. Петров. ЯФ, 4, 457 (1966).
4. R.D.Macfarlane. Доклад на конференции в Люсекиле (Швеция), август 1966 г.
5. Д.Д. Богданов, Ш. Дароци, В.А. Карнаухов, Л.А. Петров, Г.М. Тер-Акопян. Препринт ОИЯИ-Е6-3142, Дубна, 1967.
6. I.Bergstrom, F.Brown, J.A.Davies, J.S.Gelger, R.L.Graham and R.Kelly. Nucl.Inst. and Meth., 21, 249 (1963).
7. J.A.Davies, J.Friesen, I.D.McIntyre. Can.J.Chem., 38, 1526 (1960).
8. Б.С. Джелепов, Л.К. Пекер, В.О. Сергеев. Схемы распада радиоактивных ядер $A \geq 100$, М-Л, Изд. АН СССР, 1963.

Рукопись поступила в издательский отдел
24 января 1967 г.

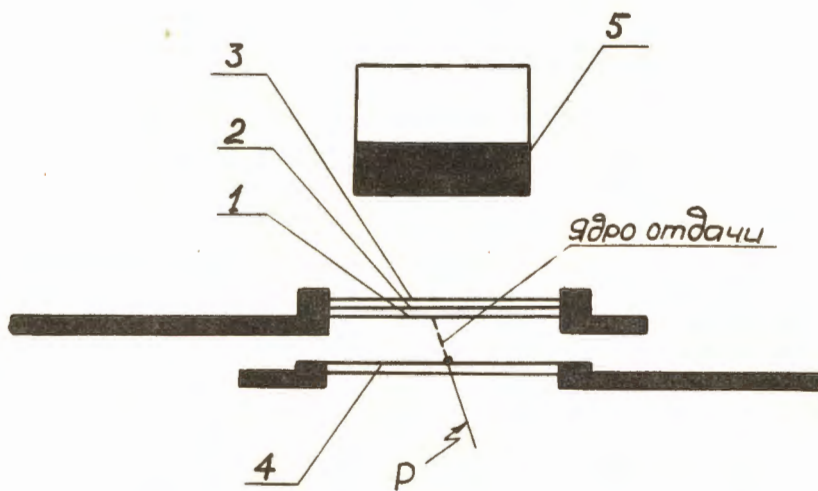


Рис. 1. Схема выделения дочерних продуктов ρ -распада по импульсу отдачи. 1-3 - алюминиевые фольги толщиной 8μ каждая, 4-сборник продуктов ядерных реакций, 5-кремниевый поверхностно-барьерный детектор.

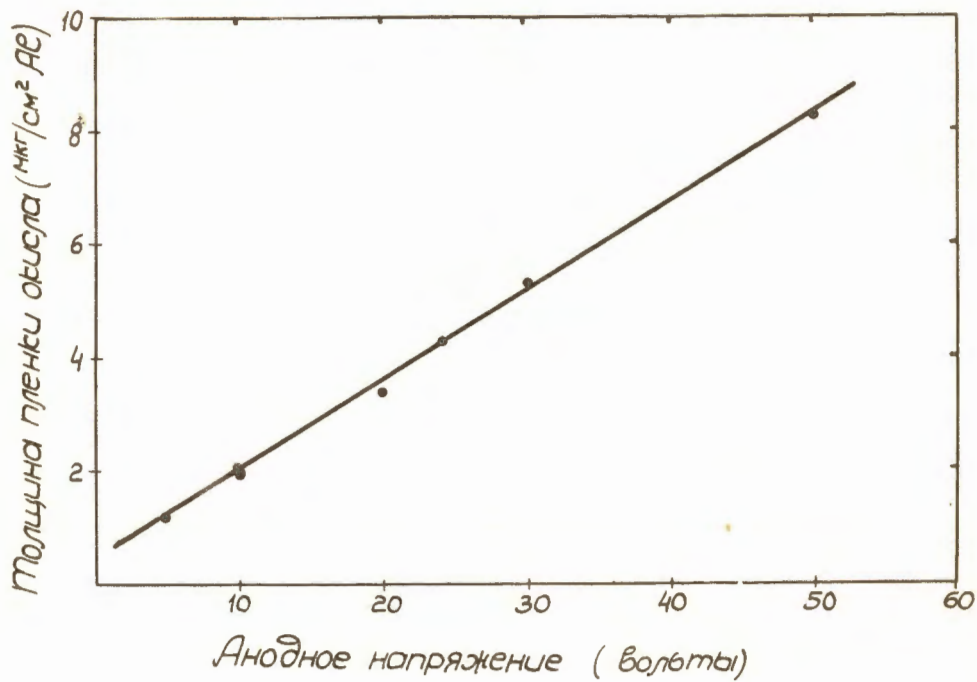


Рис. 2. Зависимость толщины окисленного слоя алюминия от напряжения анодирования.

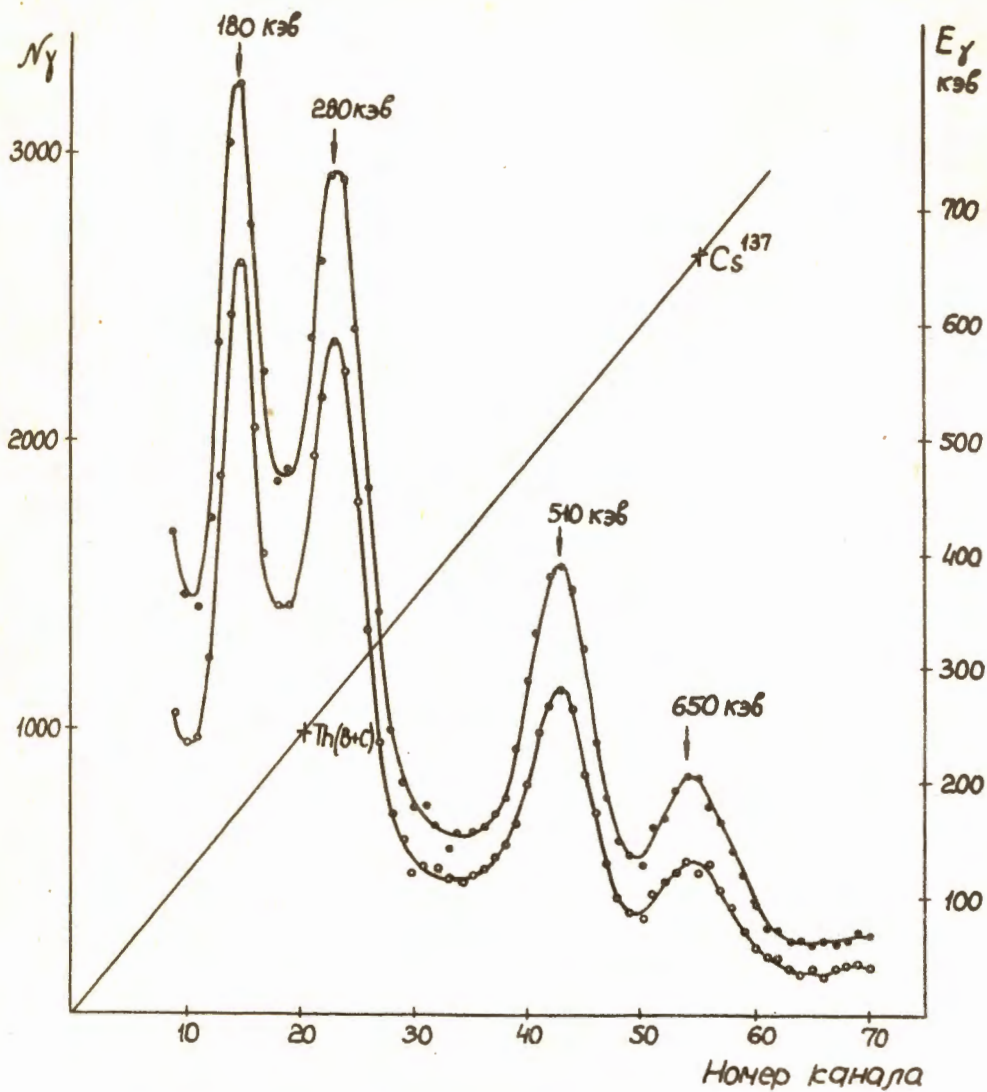


Рис. 3. Спектры γ -активностей фольг 1 и 3 до химической обработки:
 —○— фольга 1, —●— фольга 3.

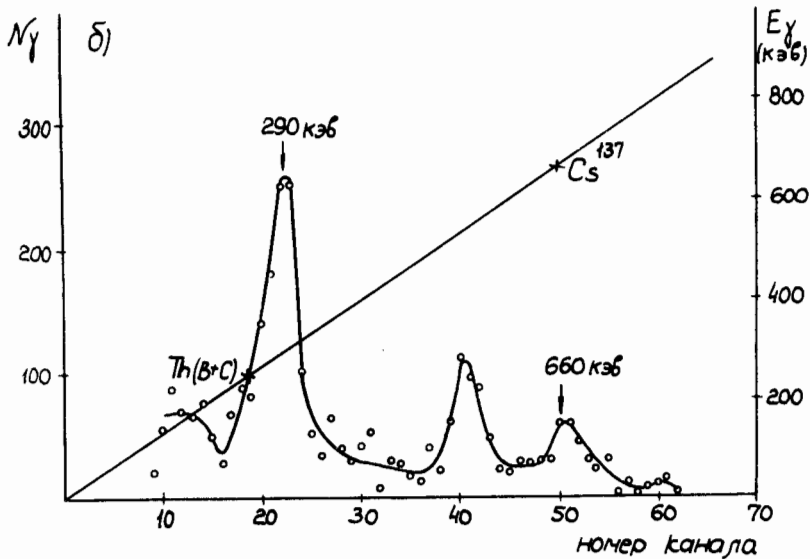
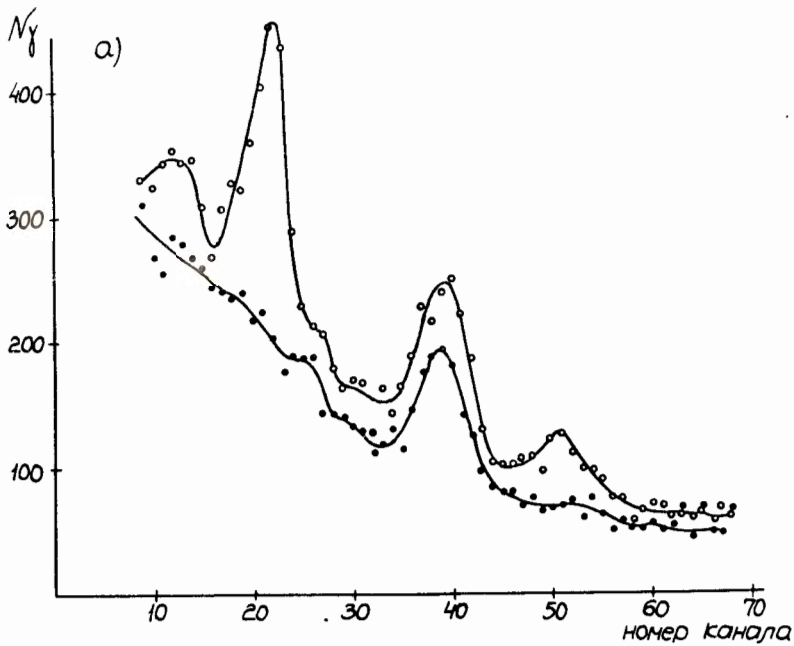


Рис. 4. а) Спектры γ -активностей фольг 1 и 3 после химической обработки: \circ — фольга 1, \bullet — фольга 3. б) Спектр γ -активности фольги 1 за вычетом фона.

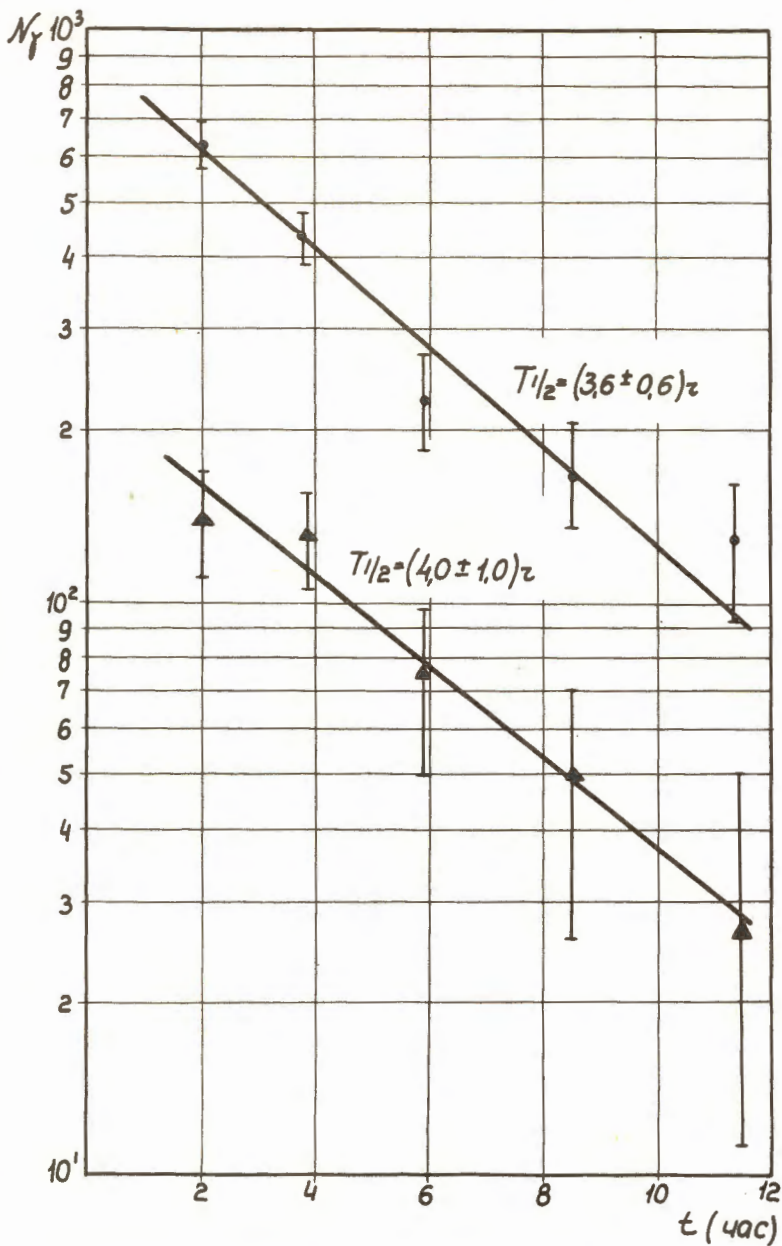


Рис. 5. Кривые распада для γ -активностей с энергиями ψ - 280 кэв, \blacktriangle - 660 кэв.