

А. С. КАРАМЯН и Л. И. РУСИНОВ

**К ВОПРОСУ О МЕХАНИЗМЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО МЕТОДА  
СЕПАРАЦИИ ЯДЕРНЫХ ИЗОМЕРОВ**

(Представлено академиком А. Ф. Иоффе 4 VI 1947)

В предыдущей статье (1) было показано, что при выделении электрическим полем радиоактивных атомов брома из облученного медленными нейтронами бромистого этила наблюдается сепарация изомеров  $\text{Br}^{80*}$  и  $\text{Br}^{80}$ . После установления этого факта дальнейшие эксперименты были поставлены с целью выяснения механизма указанного явления.

В развитие первой работы, используя описанную ранее методику, были проведены опыты, в которых выделение радиоактивности производилось через различные, достаточно большие времена после конца облучения. Путем экстраполяции полученных данных определялось отношение начальных бета-интенсивностей изомеров брома  $\text{Br}^{80*}$  ( $T=4,4$  часа) и  $\text{Br}^{80}$  ( $T=18$  минут). Результаты измерений представлены в табл. 1.

Данные табл. 1 подтверждают ранее сделанные выводы и с несомненностью показывают, что наблюдаемая через значительные времена после конца облучения бета-активность, уменьшающаяся с периодом полураспада 18 минут, обусловлена сепарацией ядерных изомеров брома. В том случае, когда изомеры  $\text{Br}^{80*}$  и  $\text{Br}^{80}$  образуются в первичном процессе — при разрядке компаунд-ядра, ожидаемые во второй графе значения для интересующего нас отношения должны быть  $\sim 2,5$ , независимо от времени начала измерений. Механизм сепарации ядерных изомеров брома может быть объяснен как результат нарушения радиоактивного равновесия распадающихся по последовательной схеме (2) изомерных ядер  $\text{Br}^{80*}$  и  $\text{Br}^{80}$ .

Для выяснения механизма сепарации в первую очередь было интересно определить влияние электрического поля. В специальных опытах  $50 \text{ см}^3$  бромистого этила интенсивно облучались медленными нейтронами, и через 4,7 часа после конца облучения производилось выделение радиоактивного брома без приложения электрического поля, только с одной опущенной в этил серебряной пластинкой. Одна из кривых распада полученного таким образом радиоактивного препарата представлена на рис. 1.

На опытной кривой рис. 1 видна явно выраженная бета-активность изомера  $\text{Br}^{80}$ , уменьшающаяся с периодом полураспада 18 минут. Следовательно, и без приложения электрического поля происходит

Таблица 1

Время выделения после конца облучения, в часах	Отношение интенсивностей изомеров брома, распадающихся с полупериодами 18 мин. и 4,4 часа, отнесенное к концу облучения
2,5	24
4,5	$2,4 \cdot 10^3$
6,5	$10^5$
10,3	$2 \cdot 10^8$

сепарация ядерных изомеров брома. Эти наблюдения не согласуются с результатами Кепрона и сотрудников (3). По нашим экспериментам отсутствие электрического поля уменьшает только абсолютные значения интенсивностей всех периодов распада в 3—4 раза. Экстраполированные к концу облучения значения для отношения активностей с периодами 18 минут и 4,4 часа в этих опытах совпадают с данными табл. 1. Изложенные факты указывают, что сепарация изомеров не может быть объяснена различной подвижностью в электрическом поле ионов  $\text{Br}^{80*}$  и  $\text{Br}^{80}$ .

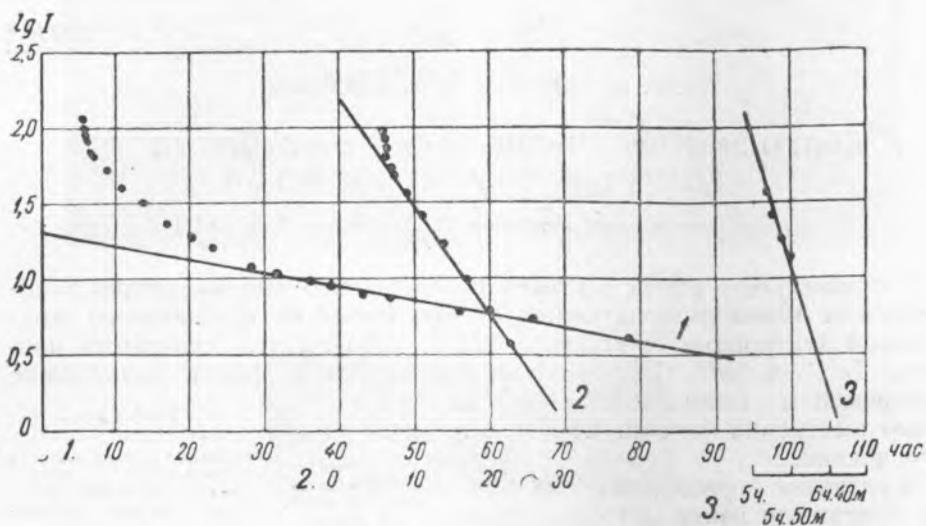


Рис. 1. \* 1 — кривая распада ядер  $\text{Br}^{82}$ , 2 — кривая распада изомеров  $\text{Br}^{80*}$ , 3 — кривая распада изомеров  $\text{Br}^{80}$

Далее была произведена серия опытов с целью выяснения наличия сепарации изомеров брома и при других методах выделения. Из активированного нейтронами бромистого этила радиоактивные атомы через 4 часа после конца облучения методом Сцилларда-Чалмерса вымывались водой и в последней проводился электролиз. Оказалось, что если все операции по выделению производились таким образом, чтобы промежуток времени от разделения воды и этила до начала

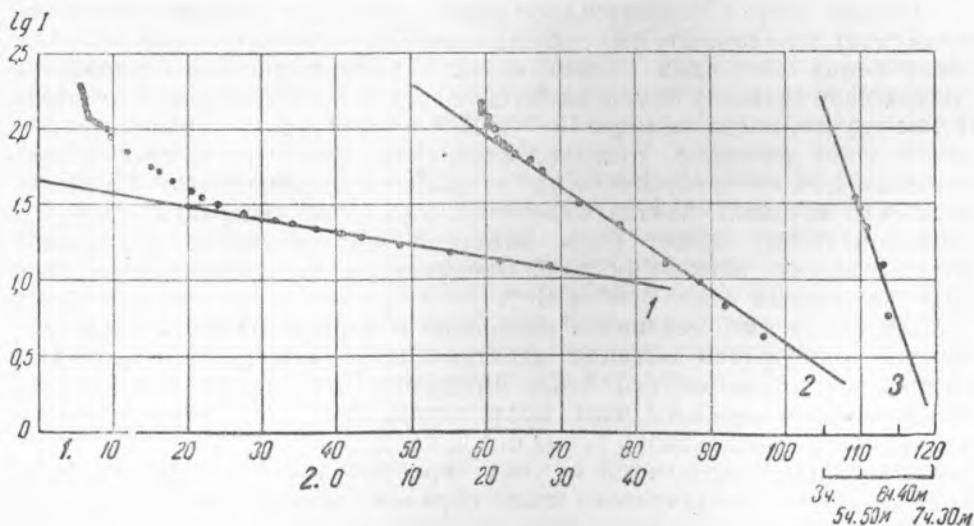


Рис. 2

На рис. 2, 3, 4 приняты те же обозначения.

измерений составлял ~20 минут, то наблюдалось явление сепарации (рис. 2). Если же затрачиваемое на выделение время больше, то соответственно уменьшается компонента бета-активности изомерных ядер  $\text{Br}^{80}$ , распадающихся с периодом полураспада 18 минут.

Проведенные эксперименты показывают, что в самом бромистом этиле создается нарушение радиоактивного равновесия изомеров  $\text{Br}^{80*}$  и  $\text{Br}^{80}$  и сепарация ядерных изомеров в нашем случае не определяется методом выделения радиоактивности.

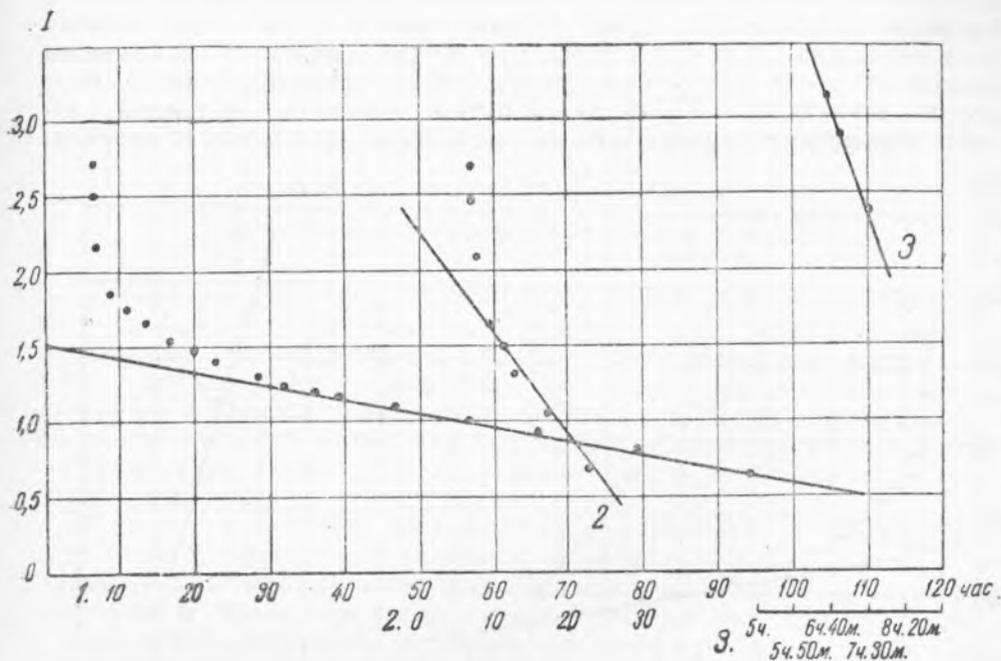


Рис. 3

Последующие опыты были поставлены для выяснения процессов, которые обуславливают нарушение указанного выше радиоактивного равновесия. Из облученного тепловыми нейтронами бромистого этила производилось предварительное удаление электрическим полем по возможности всех радиоактивных атомов брома. Далее, через 6 часов тем же методом радиоактивные атомы выделялись из экстрагированной жидкости вновь. Полученная в этом опыте кривая радиоактивного распада брома представлена на рис. 3.

На кривой рис. 3 видно наличие бета активности изомеров  $\text{Br}^{80*}$ , уменьшающейся с периодом полураспада 18 минут, причем отношение ее к активности изомеров  $\text{Br}^{80}$ , распадающихся с периодом 4,4 часа, примерно в 10 раз больше того же отношения у препаратов брома, которые не подвергались предварительному экстрагированию. Сходные результаты были получены и при предварительном удалении радиоактивности водой.

Увеличение коэффициента сепарации в этих опытах следует приписать тому, что часть метастабильных ядер  $\text{Br}^{80*}$  ( $T=4,4$  часа) находящегося в связанном в органических молекулах состоянии, при изомерном переходе путем процессов внутренней электронной конверсии<sup>(3)</sup> вылетает из молекул. Тем самым этил обогащается изомерами  $\text{Br}^{80}$  ( $T=18$  минут) в свободном виде, и благодаря этому происходит нарушение радиоактивного равновесия выделяемых изомеров  $\text{Br}^{80*}$  и  $\text{Br}^{80}$ .

Для объяснения процессов сепарации следует предположить что при захвате тепловых нейтронов практически все радиоактивные атомы брома, вследствие большой энергии отдачи, вылетают из молекул бромистого этила. Далее, часть радиоактивных атомов брома остается в свободном состоянии, а часть, в том числе и изомеры  $\text{Br}^{80*}$ , вновь синтезируется в органические молекулы и при превращении  $\text{Br}^{80*}$  в  $\text{Br}^{80}$  вторично вылетает из молекул.

Синтез брома в органические молекулы может происходить несколькими путями. Выполненные нами опыты приводят к заключению, что наиболее вероятным является образование органических молекул с большим содержанием брома (бромирование). Одна серия опытов была проведена следующим образом: к  $50 \text{ см}^3$  облученного нейтронами бромистого этила  $\text{C}_2\text{H}_5\text{Br}$  было добавлено  $50 \text{ см}^3$  необлученного бромистого этилидена  $\text{C}_2\text{H}_4\text{Br}_2$ . Затем путем перегонки, используя разность температур кипения, эти вещества были разделены. В получен-

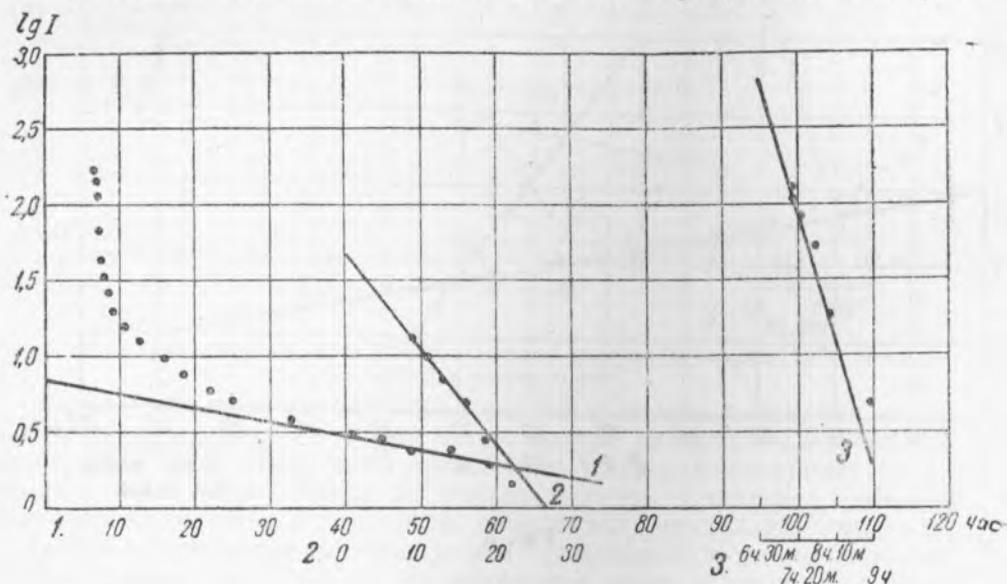


Рис. 4

ном таким образом бром-этилидене выделены радиоактивные атомы. Кривые радиоактивного распада препарата представлены на рис. 4.

В данном случае коэффициент сепарации изомеров  $\text{Br}^{80*}$  и  $\text{Br}^{80}$  приблизительно в 25 раз больше того, который обычно получается в бромистом этиле. Этот опыт, повидимому, указывает на то, что часть вылетевших из этила при разрядке компаунд-ядра радиоактивных атомов брома вновь соединяется в органические молекулы бром-этилидена. Необходимо экспериментально выяснить вопрос, происходит ли явление бромирования в момент торможения вылетевших из молекул при захвате нейтронов атомов брома или же в последующем процессе тепловой диффузии. В настоящее время проводятся опыты с целью уточнения предложенного механизма сепарации.

Выражаем благодарность проф. С. Е. Бреслеру за обсуждение химической стороны вопроса.

Ленинградский физико-технический институт  
Академии Наук СССР

Поступило  
4 VI 1947

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

<sup>1</sup> Л. И. Русинов и А. С. Карамян, ДАН, 55, 603 (1947). <sup>2</sup> Л. И. Русинов и А. А. Юзефович, ДАН, 22, 580 (1939). <sup>3</sup> Р. С. Саргон, G. Stokkink and M. Meersche, Nature, 157, 806 (1946). <sup>4</sup> P. R. Corper, Phys. Rev., 61, 11 (1942).