

Изв. АН СССР, сер. физ., 1971, т. 35, № 11, с. 2207-2212  
31/6-71

H-175

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна.

P6-5618

1368/2-71



Е.Наджаков, Б.Бочев, Ц.Венкова, В.Михайлова,  
М.Михайлов, Т.Куцарова, Г.Радонов,  
Р.Калпакчиева.

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ

НОВЫЕ ИЗОТОПЫ ВОЛЬФРАМА

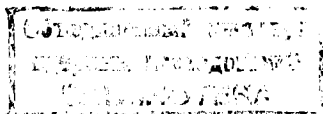
1971

P6-5618

Е.Наджаков, Б.Бочев, Ц.Венкова, В.Михайлова,  
М.Михайлов, Т.Куцарова, Г.Радонов,  
Р.Калпакчиева.

## НОВЫЕ ИЗОТОПЫ ВОЛЬФРАМА

Направлено в "Изв. АН СССР"

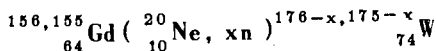
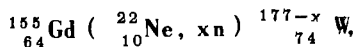


## 1. Введение

Настоящая работа является продолжением программы изучения далеких от полосы стабильности нейтронодефицитных изотопов на ускорителях тяжелых ионов ОИЯИ, при выполнении которой раньше были найдены новые изотопы вольфрама и рения /1,2,3,4/. Известно много изотопов тантала /5/, однако их структура изучена недостаточно хорошо. С другой стороны, изотопы гафния хорошо исследованы. Поэтому проникнуть далеко от полосы стабильности для вольфрама представлялось вполне реальным. Систематика периодов полураспада - см., например, /5/ - показывает ожидаемые периоды порядка минут, что на пределе возможностей быстрой радиохимии. Область возможных поисков видна из табл. 1. Известные изотопы  $^{178}\text{W}$  /16,5 мин/ и  $^{172}\text{W}$  /6 мин/ описаны только в двух работах (первый в /6/, второй в /7/) и также представляют интерес для исследования.

## 2. Методика

Использовались следующие реакции составного ядра с испарением нейтронов:



на ускорителе У-300 ЛЯР в Дубне. Применялась толстая мишень (6-9 мг.см<sup>-2</sup>, наклон 45°) из окиси обогащенных (до 92-95%) изотопов гадолиния. Энергия ионов <sup>22</sup>Ne и <sup>20</sup>Ne выбиралась в интервале 145-155 Мэв. При использовании толстой мишени, как следует из расчетов по методу, описанному в /2/, из составного ядра испаряются нейтроны с числом  $x = 4 - 8$ . Это приводит к образованию изотопов с  $A = 173-169$  для <sup>155</sup>Gd и <sup>22</sup>Ne, с  $A = 172-168$  для <sup>156</sup>Gd и <sup>20</sup>Ne и  $A = 171-167$  для <sup>155</sup>Gd и <sup>20</sup>Ne, причем возможно и появление изотопа с  $A$  на единицу больше, чем максимальное  $A$ , с меньшим выходом. Ток ионного пучка достигал 40 мка, время облучения  $\approx 30$  мин.

Радиохимически чистый вольфрам обычно выделялся через 20-30 минут после конца облучения по методу, описанному в /2/. В некоторых опытах для идентификации изотопов по генетической связи с дочерними изотопами с периодами полураспада до 24 часов изучался весь выделенный вольфрам в течение нескольких суток. В других опытах применялся известный метод "накопления" и выделения дочерних препаратов тантала из вольфрама через определенные интервалы времени. В опытах третьего типа использовался предложенный нами метод "вилка" (см. /8/).

Все препараты изучались на германиевом гамма-спектрометре с 4096-канальным анализатором при разрешении до 4 кэв и чувствительном объеме до 30 см<sup>3</sup>, калиброванном по энергии и абсолютной

эффективности. При обработке спектров определялись энергии пиков  $E_\gamma$  и абсолютные интенсивности гамма-лучей  $J_\gamma$  препаратов, как описано в /8/. Всего было обработано порядка 230 в среднем 2000 - канальных спектров для разных препаратов в 8 опытах (2 - с  $^{155}\text{Gd}$  и  $^{22}\text{Ne}$ , 4 - с  $^{156}\text{Gd}$  и  $^{20}\text{Ne}$  и 2 - с  $^{155}\text{Gd}$  и  $^{20}\text{Ne}$ ). Для каждого пика с энергией  $E_\gamma$  строилась кривая распада и определялись период полураспада  $T_{1/2}$  и интенсивность в конце облучения, в некоторых случаях для двух компонент с разными  $T_{1/2}$  и  $J_\gamma$ .

### 3. Идентификация известных изотопов

Она проводилась, как и в /8/, путем сравнения с литературными данными значений периодов полураспада, энергий  $E_\gamma$  и относительных интенсивностей  $J_\gamma$  гамма-лучей.

$A = 174$  не наблюдается.

$A = 173$ . Результаты приведены в табл. 2,3. Для  $^{173}\text{W}$  (16,5 мин) нет данных об энергиях переходов, с которыми можно было бы проводить сравнение.  $^{173}\text{Ta}$  /3,7 час/ и  $^{173}\text{Hf}$  /23,6 час/ наблюдаются в вольфрамовых и танталовых препаратах (приведены суммарные таблицы данных для разных препаратов и опытов). Эти изотопы не наблюдаются в опытах с  $^{155}\text{Gd}$  и  $^{20}\text{Ne}$ , наблюдаются только в некоторых опытах с  $^{156}\text{Gd}$  и  $^{20}\text{Ne}$  и во всех опытах с  $^{20}\text{Ne}$ , как и должно быть

$A = 172$ . Результаты показаны в табл. 4. Для  $^{172}\text{W}$  /6 мин/ энергии переходов неизвестны. Наблюдается  $^{172}\text{Ta}$  /44 мин/. Для него найдены относительные интенсивности гамма-переходов. Изотопы с

$A = 172$  наблюдаются иногда в опытах с  $^{155}\text{Gd}$  и  $^{20}\text{Ne}$  и всегда - во всех остальных опытах.

$A = 171$ . Результаты приведены в табл. 5. Для  $^{171}\text{W}$  литературных данных нет. Для  $^{171}\text{Ta}$  /25 мин/ неизвестны энергии переходов. Наблюдается  $^{171}\text{Hf}$  /11 час/ во всех препаратах и опытах.

$\Lambda = 170$ . Результаты приведены в табл. 6,7. Для  $^{170}\text{W}$  данных нет. Наблюдаются  $^{170}\text{Ta}$  /7 мин/ и  $^{170}\text{Hf}$  /12,2 час/ во всех препаратах и опытах.

Изотопы с  $\Lambda \leq 169$  не наблюдаются.

Везде ошибки в определении  $E_{\gamma}$  составляют  $\pm 1$  кэв, а на перекрывающихся пиках - до  $\pm 2$  кэв, в  $J_{\gamma}$  на интенсивных пиках - 20%, на слабых - до 50%.

#### 4. Идентификация новых изотопов

Она проводилась: 1/ по убыванию активностей дочерних изотопов в последовательно выделяемых по методу химии "накопление" танталовых препаратах, 2/ по убыванию активностей дочерних изотопов в последовательно выделяемых по методу химии "вилка" вольфрамовых препаратах, 3/ по возрастанию активностей дочерних изотопов в вольфрамовых препаратах - там, где это возможно наблюдать.

Подтверждение данных об известных изотопах и применение этих данных для проверки используемой методики

$\Lambda = 173$ . Данные, полученные в результате использования двух химических методов, показаны на рис. 1. Средневзвешенное значение для периода полураспада  $^{173}\text{W}$ , найденное путем химических определений, равно  $15 \pm 2$  мин, что подтверждает данные о существовании этого изотопа и значении периода полураспада для него  $16,5 \pm 0,5$  мин<sup>16/</sup>. Одновременно проверена и эффективность использованной химической методики.

$\Lambda = 172$ . Результаты химических определений показаны на рис.2. На рис. 5 видно и возрастание активности  $^{172}\text{Ta}$ . Из этих данных

получаем для периода полураспада  $^{172}\text{W}$  значение  $6,5 \pm 1,0$  мин. Это подтверждает существование этого изотопа и значение  $T_{1/2} = 6 \pm 2$  мин <sup>/7/</sup>.

### Новые изотопы

$\Lambda = 171$ . Результаты химических определений показаны на рис.3. Из них заключаем, что наблюдаем новый изотоп  $^{171}\text{W}$  с  $T_{1/2} = 9,0 \pm 1,5$  мин. Интересно отметить, что по систематике <sup>/5/</sup> ожидается значение периода полураспада  $\approx 4$  мин.

$\Lambda = 170$ . Результаты химических определений приведены на рис.4. Для  $\Lambda = 170$  наблюдается и возрастание активности  $^{170}\text{Ta}$  (рис. 5/). На основании этих данных мы заключаем, что найден новый изотоп  $^{170}\text{W}$  с  $T_{1/2} = 4 \pm 1$  мин. (по систематике <sup>/5/</sup> ожидается значение  $\approx 2$  мин).

Авторы благодарны Г.Н. Флерову за предоставление времени на ускорителе и внимание к работе, Ю.Ц. Оганесяну и его группе за поддержку и интерес, а также С. Илиеву и М. Джаровой за помощь при проведении опытов и обработке результатов.

### Литература

1. I. Demeter, Kim Hon Sil, E. Nadjakov, N.G. Zaitseva. Physics Letters, 19, 47 (1965).
2. И. Деметер, Н.Г. Зайцева, Ким Хон Сил, Е. Наджаков. Ядерная физика, 4, 231 (1966);  
Preprint JINR, E-2360, Dubna, 1965.
3. E. Nadjakov, N. Nenov, D. Hristov, G. Pfrepper, N.G. Zaitseva. C.R. Acad. Bulg. Sci., 20, 533 (1967);  
Препринт ОИЯИ, P-2910, Дубна, 1966.

4. Е. Наджаков, Б. Бочев, Г. Пфреппер, Х. Райчев, Т. Куцарова, Н. Ненов, В.И. Фоминых, М.И. Фоминых, С. Бакарджиев. Препринт ОИЯИ-4006, Дубна, 1968.
5. Р. Арльт, З. Малек, Г. Музиоль, Х. Штрусный. Изв. АН СССР, сер. физ., 33, 1232 (1969); Препринт ОИЯИ, Р6-4234, Дубна, 1968.
6. A. Santoni, A. Caruette, J. Valentin, J. de Physique, 24, 407 (1963).
7. Р. Арльт, З. Малек, Г. Музиоль, Х. Тыррофф, Х. Штрусный. Программа и тезисы докладов 19 ежег. сов. по ядерной спектроскопии, Ереван, 1969, ч. 1, стр. 124.
8. Е. Наджаков, Б. Бочев, Ц. Венкова, З. Шегловски, Т. Куцарова, Р. Калпакчиева. Новые изотопы иридия. Препринт ОИЯИ, Р6-5617, Дубна, 1967.
9. Б. Бочев, И. Звольски, Е. Наджаков, Н. Ненов. Программа и тезисы докладов 19 ежег. сов. по ядерной спектроскопии, Ереван, 1969, ч. 1, стр. 124.
10. C.M. Lederer, J.M. Hollander, I. Perlman. Table of Isotopes. 6-th ed., New York, 1968.
11. J. Valentin, D.J. Horen, J.M. Hollander. Nuclear Physics, 31, 353 (1962).
12. J. Gizon, A. Jourdan, M. Peyrard, J. Valentin, J. de Physique, 28, 249 (1967).
13. B. Harmatz, T.H. Handley. Nuclear Physics, 81, 481 (1966).
14. J.P. Husson. J. de Physique, 28, 271 (1967).

Рукопись поступила в издательский отдел  
12 февраля 1971 года.



Таблица 1  
Цепочки распада изотопов исследуемой области

$^{174}\text{W}$	$\xrightarrow{31\text{ m}}$	$^{174}\text{Ta}$	$\xrightarrow{1.2\text{ h}}$	$^{174}\text{Hf}$	$\xrightarrow{2.10\text{ y}}$	$^{15}$
$^{173}\text{W}$	$\xrightarrow{165\text{ m}}$	$^{173}\text{Ta}$	$\xrightarrow{37\text{ h}}$	$^{173}\text{Hf}$	$\xrightarrow{236\text{ h}}$	$^{173}\text{Lu} \xrightarrow{1.37\text{ y}}$
$^{172}\text{W}$	$\xrightarrow{6\text{ m}}$	$^{172}\text{Ta}$	$\xrightarrow{44\text{ m}}$	$^{172}\text{Hf}$	$\xrightarrow{5\text{ y}}$	
		$^{171}\text{Ta}$	$\xrightarrow{25\text{ m}}$	$^{171}\text{Hf}$	$\xrightarrow{11\text{ h}}$	$^{171}\text{Lu} \xrightarrow{83\text{ d}}$
		$^{170}\text{Ta}$	$\xrightarrow{7\text{ m}}$	$^{170}\text{Hf}$	$\xrightarrow{122\text{ h}}$	$^{170}\text{Lu} \xrightarrow{2.0\text{ d}}$ $^{170}\text{Yb (stable)}$
		$^{169}\text{Ta}$	$\xrightarrow{5\text{ m}}$	$^{169}\text{Hf}$	$\xrightarrow{\substack{3.2\text{ m} \\ (15\text{ h})}}$	$^{169}\text{Lu} \xrightarrow{34\text{ h}}$ $^{169}\text{Yb} \xrightarrow{32\text{ d}}$
		$^{168}\text{Ta}$	$\xrightarrow{2.5\text{ m}}$	$^{168}\text{Hf}$	$\xrightarrow{25\text{ m}}$	$^{168}\text{Lu} \xrightarrow{7.1\text{ m}}$ $^{168}\text{Yb (stable)}$
		$^{167}\text{Ta}$	$\xrightarrow{2.9\text{ m}}$	$^{167}\text{Hf}$	$\xrightarrow{1.9\text{ m}}$	$^{167}\text{Lu} \xrightarrow{54\text{ m}}$ $^{167}\text{Yb} \xrightarrow{18\text{ m}}$ $^{167}\text{Tm} \xrightarrow{9.6\text{ d}}$

Таблица 2

$^{173}\text{Ta}$  .  $T_{1/2} = 3,5 \pm 0,8$  час /наши данные/,  $T_{1/2} = 3,7$  час /10/,  
 а) - ссылка /9/.

 $^{173}\text{Ta}$ 

НАШИ ДАННЫЕ		ДААННЫЕ (а)	
$E_{\gamma}$ [keV]	$J_{\gamma}$	$E_{\gamma}$ [keV]	$J_{\gamma}$
162	360	162	370
172	540	170	580
181	100	181	100
702	80	702	100

Таблица 3

$^{173}\text{Hf}$  .  $T_{1/2} = 24 \pm 2$  час /наши данные/,  $T_{1/2} = 23,6$  час /10/,  
 (b) - ссылка /11/ в обработке /4/,

\* / - мешает  $^{171}\text{Hf}$  .

 $^{173}\text{Hf}$ 

НАШИ ДАННЫЕ		ДААННЫЕ (b)	
$E_{\gamma}$ [keV]	$J_{\gamma}$	$E_{\gamma}$ [keV]	$J_{\gamma}$
123	224	123,6	221
135	13	134,9	13,6
137	—*)	139,6	27
295	100	296,7	100
306	17	306,4	15,6
311	26	311,1	25,8

Таблица 4

$^{172}\text{Hf}$  .  $T_{1/2} = 46 \pm 4$  мин /наши данные/,  $T_{1/2} = 44$  мин /10/,  
 (с) - ссылка /5/, (d) - ссылка /10/.

 $^{172}\text{Ta}$ 

НАШИ ДАННЫЕ		ДААННЫЕ (с)		ДААННЫЕ (d)	
$E_{\gamma}[\text{keV}]$	$J_{\gamma}$	$E_{\gamma}[\text{keV}]$	$J_{\gamma}$	$E_{\gamma}[\text{keV}]$	$J_{\gamma}$
90	40	95	—	92	—
115	4	—	—	115	—
—	—	—	—	155	—
207	14	—	—	208	—
214	100	214	—	—	—
—	—	—	—	270	—

Таблица 5

$^{171}\text{Hf}$  .  $T_{1/2} = 12 \pm 2$  час /наши данные/,  $T_{1/2} = 11$  час /10/,  
 (e) - ссылка /12/, \*) - часть всей интенсивности, оставшаяся часть  
 приписана  $^{170}\text{Hf}$  . \*\*) - возможно, скрывается в пике 113 кэв,  
 \*\*\*) - возможно, включает часть интенсивностей неполностью разрешенных пиков 188 и 197 кэв.

 $^{171}\text{Hf}$ 

НАШИ ДАННЫЕ		ДААННЫЕ (e)	
$E_{\gamma}$ [keV]	$J_{\gamma}$	$E_{\gamma}$ [keV]	$J_{\gamma}$
100	142 <sup>*)</sup>	99,1	140
113	75	113,2	90
—	— <sup>**) )</sup>	117,5	57
123	1000	122,1	1000
137	470	137	450
144	230	144,3	73
147	—	147,1	180
—	—	188,4	55
192	132 <sup>***)</sup>	193	107
—	—	197	71
269	172	269,1	175
295	700	295,7	640
305	115	306,5	92
347	800	347,5	810
469	840	469,6	850
662	1520	662,3	1400
1072	2000	1070,1	2200

Таблица 6  
 $^{170}\text{Ta}$  .  $T_{1/2} = 8,0 \pm 1,5$  мин /наши данные/,  $T_{1/2} = 7$  мин /5/  
 (с) - ссылка /5/, \*) - авторы /5/ ставят принадлежность к  $^{170}\text{Ta}$   
 под сомнение.

$^{170}\text{Ta}$

НАШИ ДАННЫЕ		ДААННЫЕ (с)	
$E_{\beta}$ [keV]	$J_{\beta}$	$E_{\beta}$ [keV]	$J_{\beta}$
101	1	101	1
221	1,12	221	1,15
—	—	986*)	—

Таблица 7  
 $^{170}\text{Hf}$  .  $T_{1/2} = 12 \pm 2$  час /наши данные/,  $T_{1/2} = 12,2$  час /10/  
 (f) - ссылка /13/ в обработке /4/, (g) - ссылка /14/ в обработке /4/  
 \*) - часть всей интенсивности, большая часть приписана  $^{171}\text{Hf}$  ,  
 \*\*) , \*\*\*) - малая часть всей интенсивности, основная часть  
 принадлежит  $^{171}\text{Hf}$  .

$^{170}\text{Hf}$

НАШИ ДАННЫЕ		ДААННЫЕ (f)		ДААННЫЕ (g)	
$E_{\beta}$ [keV]	$J_{\beta}$	$E_{\beta}$ [keV]	$J_{\beta}$	$E_{\beta}$ [keV]	$J_{\beta}$
100	$\sim 55$ *)	98,5 99,5	71 33	99	55
123	$\sim 220$ **)	119,5 120	12 270	120	160
162	197	162,6 164,7	18 495	164	257
207	40	208,1 209,2	78 24	208	40
347	$\sim 41$ ***)	—	—	348	9
482	14	482,0	—	481	29
—	—	502	18	501	22
540	13	540,7	19	541	27
572	100	573,0	100	572	100
620	124	620,7	122	620	94

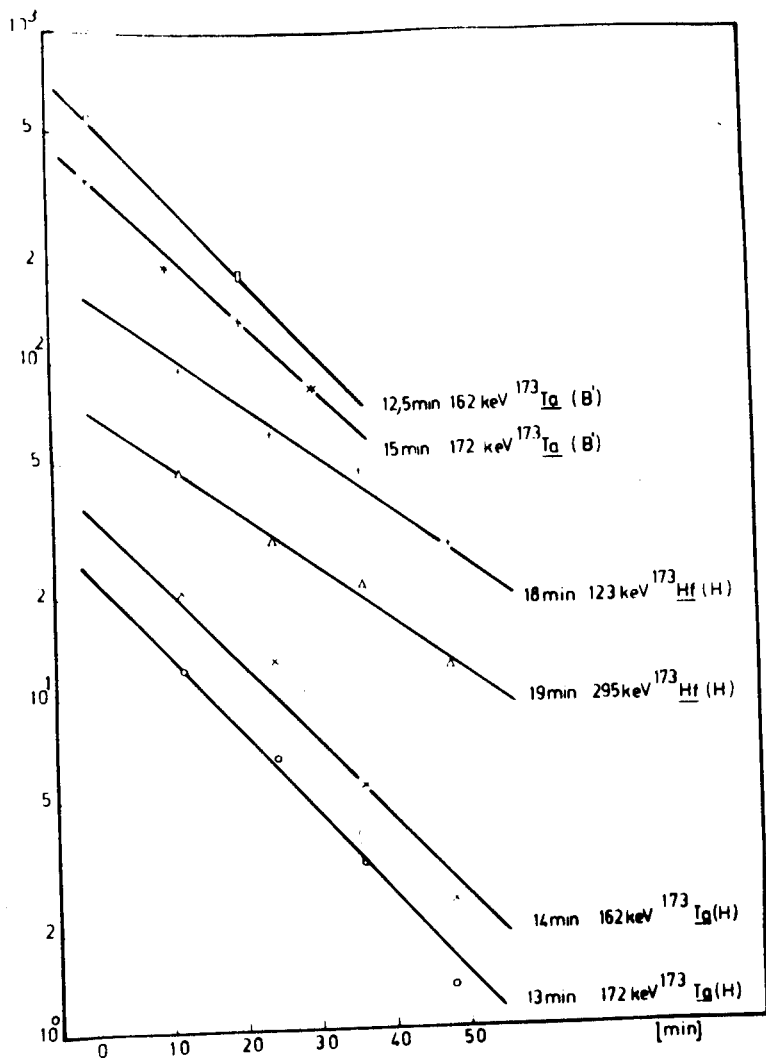
$^{173}\text{W}$ 

Рис. 1. Распад  $^{173}\text{W}$  по убыванию интенсивностей линий дочерних изобаров. / H / - в химии "накопление", / B / - в химии "вилка", B', B'' - означают разные опыты.

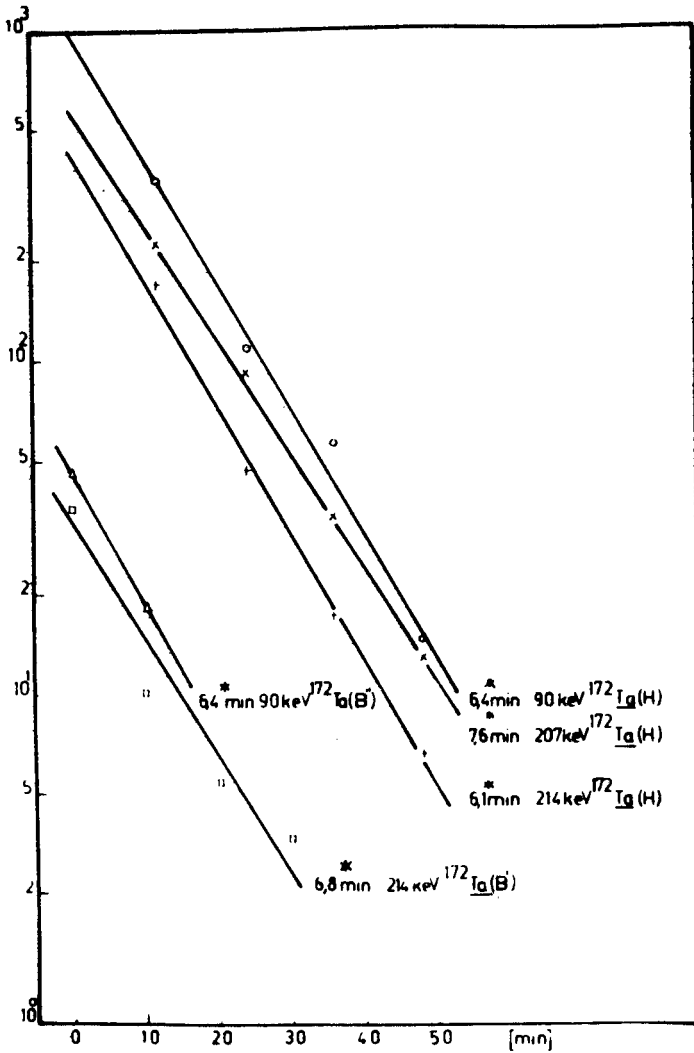


Рис. 2. Распад  $^{172}\text{W}$  по убыванию интенсивностей линий дочерних изобаров. / Н / - в химии "накопление", / В / - в химии "вилка", В', В'' - означают разные опыты, \*/ - в значение периода полураспада внесена поправка, учитывающая то, что интенсивности дочерних изобаров на рисунке отнесены к концу облучения, тогда как их нужно отнести к концу химического разделения.

$^{171}\text{W}$

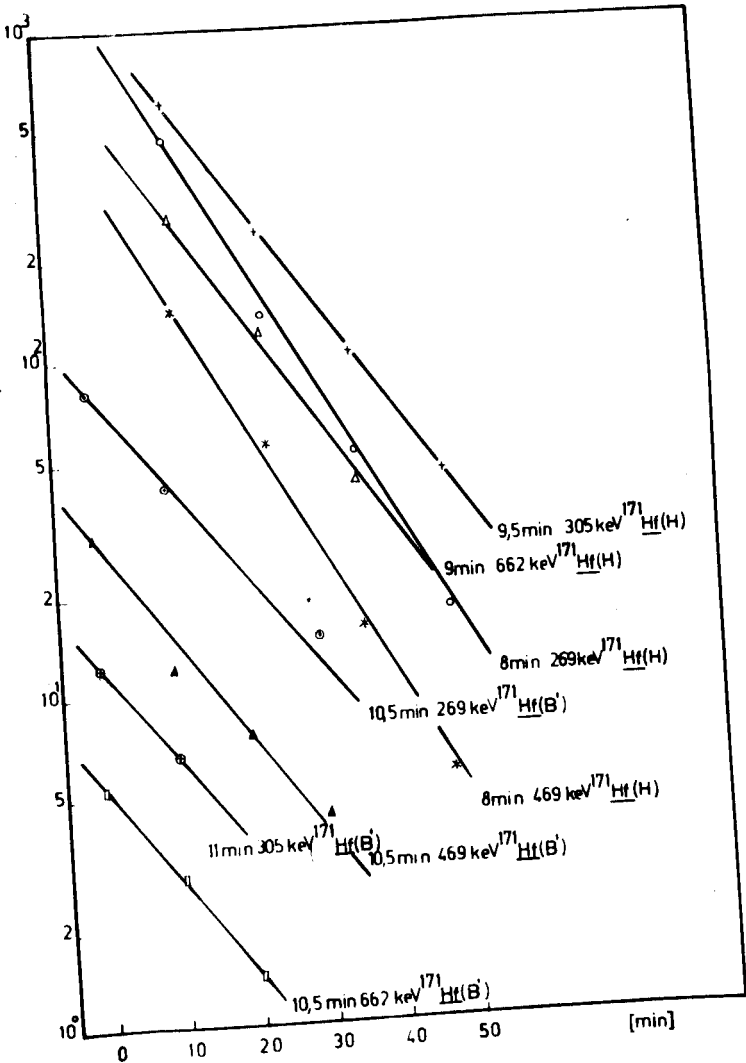


Рис. 3. Распад  $^{171}\text{W}$  по убыванию интенсивностей линий дочерних изобаров. / H / - в химии "накопление", / B / - в химии "вилка", B', B'' - означают разные опыты.



$^{170}\text{W}$

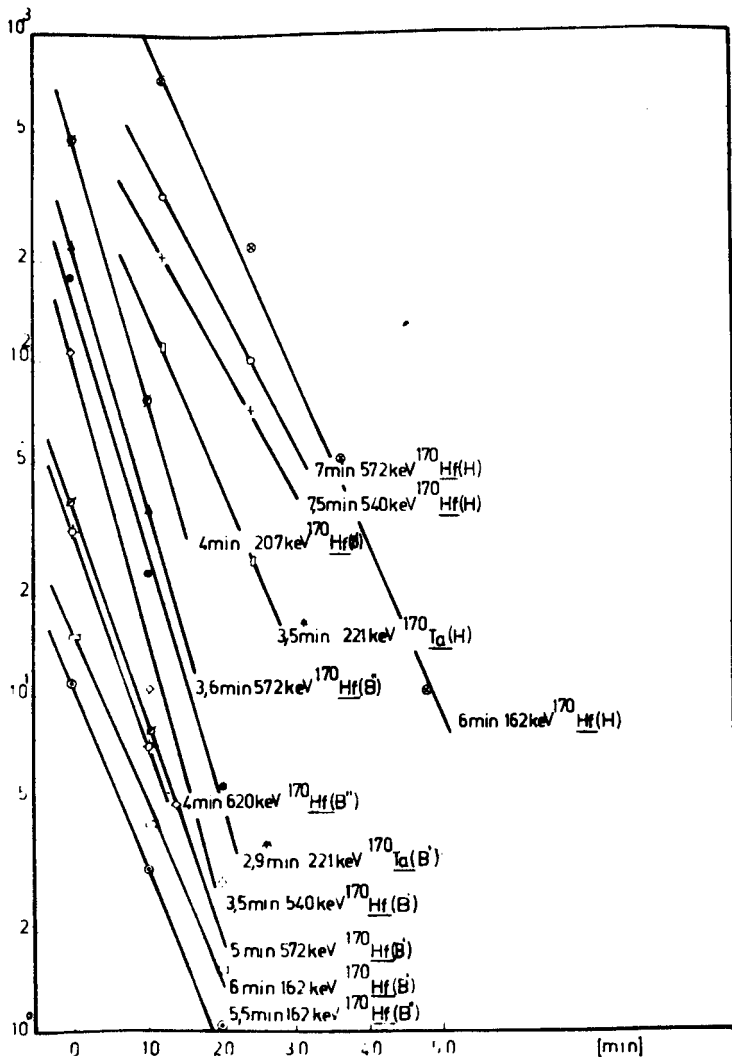


Рис. 4. Распад  $^{170}\text{W}$  по убыванию интенсивностей линий дочерних изобаров. / Н / - в химии "накопление", / В / - в химии "вилка", В', В'' - означают разные опыты, \* / - см. подпись к рис. 2.

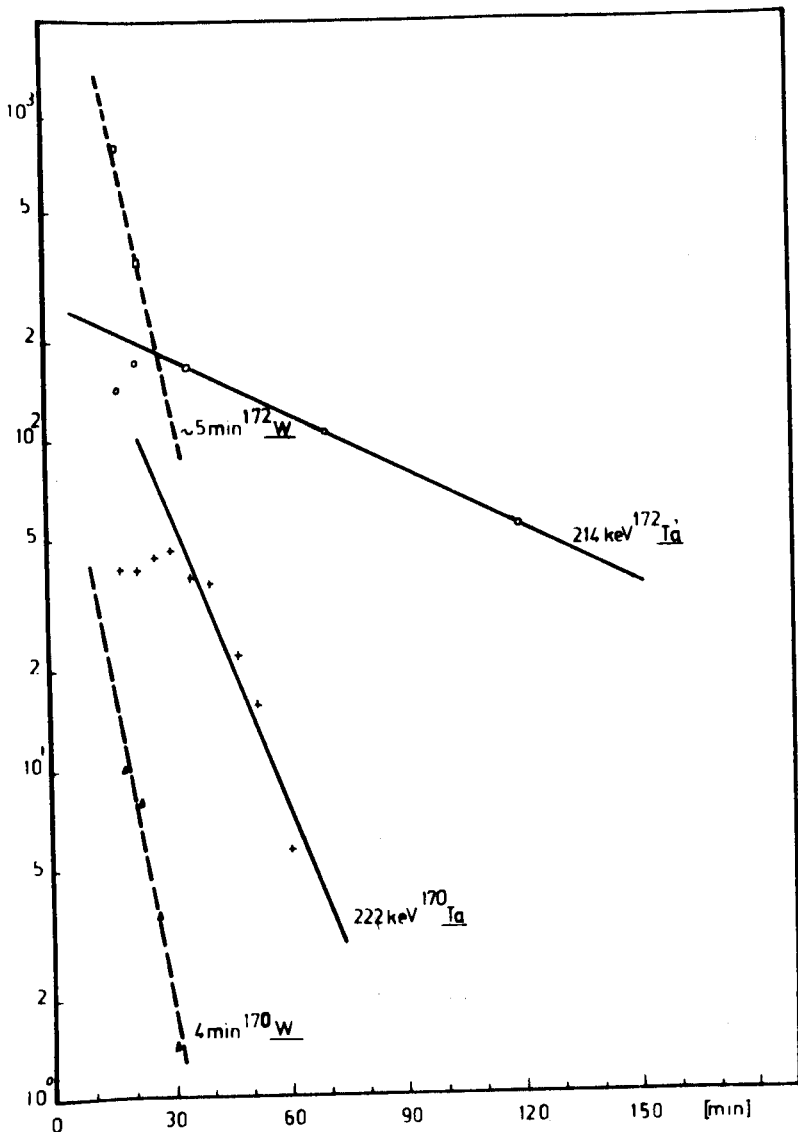


Рис. 5. Кривые распада  $^{172}\text{W}$  и  $^{170}\text{W}$ , полученные на основании данных по возрастанию интенсивностей линий дочерних изобаров в вольфрамовых препаратах.