

Изв. АН СССР, сер. физ., 1971, т. 35, № 11, с. 2202-2206

H-175

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P6-5617

1017/2-71



Е.Наджаков, Б.Бочев, Ц.Венкова,
З.Шчегловски, Т. Куцарова, Р.Калпакчиева

НОВЫЕ ИЗОТОПЫ ИРИДИЯ

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ

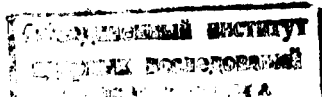
1971

P6-5617

Е.Наджаков, Б.Бочев, Ц.Венкова,
З.Шчегловски, Т.Кударова, Р.Каллакчиева

НОВЫЕ ИЗОТОПЫ ИРИДИЯ

Направлено в Изв. АН СССР (сер.физ.)



1. Введение

Настоящая работа является продолжением программы изучения далеких нейтронодефицитных изотопов на ускорителях тяжелых ионов ОИЯИ, при выполнении которой ранее были найдены новые изотопы вольфрама и рения /1,2,3,4/. Так как и изотопы осмия также достаточно далеко изучены /5,6/, то нам представилась возможность изучать иридий по генетической связи с дочерними изотопами, удаляясь от полосы стабильности. Исследуемая нами область изотопов (Ir , $A = 180$) интересна тем, что в то время как число протонов близко к магическому, нейтроны заполняют оболочку наполовину. Для получения нейтронодефицитных изотопов особенно удобны реакции составного ядра с тяжелыми ионами, так как они дают изотопы с атомными номером, равным или меньшим выбранному ($Z = 77$), что облегчает радиохимию.

Далее, систематика периодов полураспада (см., например, /7/) показывает, что в области возможных поисков (таблица 1) ожидаемые периоды доступны для нашей быстрой радиохимии - они порядка нескольких минут.

2. Методика

Использовались следующие реакции составного ядра с испарением нейтронов:



Эксперименты проводились на ускорителе У-300. Применялась толстая мишень / $\approx 11 \text{ мг.см}^{-2}$ / из окиси гольмия - естественного, так как он моноизотопен. Энергия ионов ${}^{22}\text{Ne}$ выбиралась $\approx 155 \text{ Мэв}$, а ${}^{20}\text{Ne} \approx 125 \text{ Мэв}$. На толстой мишени это обеспечивало, как можно рассчитать пользуясь методом /2/, испарение нейтронов с числом $x = 4-8$ и со значительно меньшим выходом $\chi = 3,9$, что означает появление изотопов с $A = 183-179$ и возможность появления

$A = 184, 178$ для ${}^{22}\text{Ne}$, а также $x = 4-6$ и с меньшим выходом $\chi = 3,7$, что означает появление изотопов с $A = 181-179$ и возможность появления изотопов с $A = 182, 178$ для ${}^{20}\text{Ne}$.

Известные изотопы ${}^{183}\text{Ir}$ и ${}^{182}\text{Ir}$ для реакции с ${}^{22}\text{Ne}$ использовались для проверки методики в соответствующих опытах, а их отсутствие или уменьшение при использовании ${}^{20}\text{Ne}$ - для контроля и получения более чистых опытов на новые изотопы. Ток ионного пучка достигал 40 мка, время облучения $\approx 30 \text{ мин}$.

Радиохимически чистый иридий выделялся методом восстановления с помощью иридиевого носителя. Выделение проводилось обычно спустя 20-30 мин после конца облучения. В некоторых из опытов вся активность изучалась на германиевом гамма-спектрометре с 4096-

Таблица 1

Цепочки распада изотопов исследуемой области

$^{184}_{\text{Jr}}$	$\xrightarrow{3.2\text{h}}$	$^{184}_{\text{Os}}$ (stable)					
$^{183}_{\text{Jr}}$	$\xrightarrow{0.9\text{h}}$	$^{183}_{\text{Os}}$	$\xrightarrow{9.9\text{h}}$	$^{183}_{\text{Re}}$	$\xrightarrow{71\text{d}}$		
			$\xrightarrow{12\text{h}}$				
$^{182}_{\text{Jr}}$	$\xrightarrow{15\text{m}}$	$^{182}_{\text{Os}}$	$\xrightarrow{22\text{h}}$	$^{182}_{\text{Re}}$	$\xrightarrow{127\text{h}}$	$^{182}_{\text{W}}$ (stable)	
		$^{181}_{\text{Os}}$	$\xrightarrow{27\text{m}}$	$^{181}_{\text{Re}}$	$\xrightarrow{18\text{h}}$	$^{181}_{\text{W}}$	$\xrightarrow{140\text{d}}$
		$^{180}_{\text{Os}}$	$\xrightarrow{25\text{m}}$	$^{180}_{\text{Re}}$	$\xrightarrow{2.4\text{m}}$	$^{180}_{\text{W}}$ (stable)	
		$^{179}_{\text{Os}}$	$\xrightarrow{8\text{m}}$	$^{179}_{\text{Re}}$	$\xrightarrow{20\text{m}}$	$^{179}_{\text{W}}$	$\xrightarrow{5.2\text{m}}$
							$^{179}_{\text{Tc}}$ $\xrightarrow{600\text{d}}$
		$^{178}_{\text{Os}}$	$\xrightarrow{5\text{m}}$	$^{178}_{\text{Re}}$	$\xrightarrow{15\text{m}}$	$^{178}_{\text{W}}$	$\xrightarrow{21.5\text{d}}$

-канальным анализатором при разрешении до 4 кэв и чувствительном объеме до 30 см³, калиброванном по энергии и абсолютной эффективности. Измерения проводились в течение нескольких суток для идентификации по генетической связи с дочерними изотопами с периодами до 24 часов.

В других опытах применялся известный метод накопления и выделения дочерних препаратов осмия из иридия через определенные равные интервалы времени. Эти препараты мы изучали таким же образом, как и иридиевые препараты, прослеживая в них распад дочерних осмиевых и рениевых изотопов. По убыванию активностей дочерних изотопов, экстраполированных на конец выделения в последовательных дочерних препаратах, восстанавливался распад материнских иридиевых изотопов с их периодами.

В опытах третьего типа был предложен и применен новый метод восстановления распада и периодов материнских изотопов, названный нами "вилкой". Радиохимически чистый иридий в растворе разделялся по объему на четыре равные части. Каждая из них делилась на иридиевый и осмиевый препарат через время, которое возрастало по линейному закону для последующих частей. Далее иридиевые и осмиевые препараты мы изучали описанным образом, прослеживая в них распад дочерних осмиевых и рениевых изотопов и экстраполируя их активность на конец выделения. По убыванию их активностей в последовательных иридиевых препаратах можно восстановить распад материнских иридиевых изотопов с их периодами. Изменение активностей в последовательных осмиевых препаратах может служить контролем качества химического разделения. Важное преимущество метода "вилки" заключается в том, что он не может симулировать наличие материнского иридиевого изотопа из-за плохого химического разделения дочернего осмиевого или рениевого, как это может случиться при использовании метода "накопления".

При обработке спектров определялись энергии пиков E_γ и абсолютные интенсивности гамма-лучей I_γ (кванты/мин) препаратов (после определения площадей пиков (имп), деления на время измерения (имп/мин) и деления на абсолютные эффективности). Определялись зависимости I_γ от времени после конца облучения для разных энергий E_γ и препаратов в различных опытах. Всего было обработано около 250 в среднем 2000-канальных спектров для разных препаратов в 6 опытах (5 - с ^{22}Ne и 1 - с ^{20}Ne). Далее для каждого пика с энергией E_γ строилась кривая распада и определялся период полураспада $T_{1/2}$ и интенсивность I_γ^0 в конце облучения. Во многих случаях выделялись по две компоненты с разными $T_{1/2}$ и I_γ^0 . Эти данные сводились в исходные таблицы для идентификации.

3. Идентификация известных изотопов

Идентификация проводилась путем сравнения с литературными данными: 1) периодов $T_{1/2}$; 2) энергий пиков E_γ ; 3) относительных интенсивностей I_γ (полученных из I_γ^0 умножением на постоянный фактор). Обращалось внимание на то, чтобы I_γ оставались постоянными в разных опытах.

$A = 184$ не наблюдается.

$A = 183$, Результаты можно увидеть в таблицах 2,3. Они представляют собой суммарные таблицы наблюдаемых известных изотопов ^{183}Ir (0,9 час) и ^{188}Os (12 час) из разных препаратов и опытов. ^{183}Ir наблюдается только в иридиевых препаратах (дано соотношение интенсивностей), ^{188}Os - в иридиевых и осмиевых препаратах. Кроме того $A = 183$ не наблюдается в опыте с ^{20}Ne , как и должно быть.

Таблица 2

^{183}Ir . $T_{1/2} = 56 \pm 15$ мин (наши данные), 0,9 час ^{/9/} .
 (а) - ссылка ^{/9/} , (б) - ссылка ^{/10/} .
 */ - наверно аннигиляционный пик

^{183}Ir

НАШИ ДАННЫЕ		ДААННЫЕ (а)и(б)	
E_{γ} [keV]	J_{γ}	E_{γ} [keV]	J_{γ}
236	100	240	—
511 [*]	199	510 ?	—

Таблица 3

^{183}Os . $T_{1/2} = 12 \pm 2$ час (наши данные), 15 мин ^{/9/} .
 (с) - ссылка ^{/11/}

^{183}Os

НАШИ ДАННЫЕ		ДААННЫЕ (с)	
E_{γ} [keV]	J_{γ}	E_{γ} [keV]	J_{γ}
115	28	114,4	27
166	11	167,9	10
382	100	381,8	100

Таблица 4

^{182}Ir . $T_{1/2} = 15,5 \pm 2,5$ мин (наши данные), 15 мин^{/9/}.

(а) - ссылка^{/9/}, (б) - ссылка^{/10/}

182_{Ir}

НАШИ ДАННЫЕ		ДАННЫЕ (б)		ДАННЫЕ (а)	
E_{γ} [keV]	J_{γ}	E_{γ} [keV]	J_{γ}	E_{γ} [keV]	J_{γ}
127	62	133±5	—	127	—
274	100	278±5	—	273	—

Таблица 5

^{182}Os . $T_{1/2} = 21 \pm 2$ час (наши данные), 22 час^{/9/}.

(а) - ссылка^{/9/}, (д) - ссылка^{/12/}, */ - часть этой интенсивности принадлежит ^{181}Re , ** / - возможно

включает интенсивность нехорошо разрешенного пика

494 кэВ

182_{Os}

НАШИ ДАННЫЕ		ДАННЫЕ (а)		ДАННЫЕ (д)	
E_{γ} [keV]	J_{γ}	E_{γ} [keV]	J_{γ}	E_{γ} [keV]	J_{γ}
133	74	—	—	130,8	65
180	830	180	7	180,2	680
263	166	263	1,4	263,2	135
274	39 [*]	—	—	274,3	34
—	—	374,9	—	379,2	18
—	—	—	—	494	4
498	13 ^{**}	—	—	498,8	9
511	1000	509,9	10	509,9	1000

A = 182. Результаты приведены в таблицах 4,5. Наблюдается ^{182}Ir (15 мин) - найдены соотношения интенсивностей- и ^{182}Os (22 час), первый - в иридиевых препаратах, второй - в иридиевых и осмиевых препаратах. A = 182 наблюдается значительно слабее в опыте с ^{20}Ne , как и должно быть.

A = 181. Результаты приведены в таблицах 6,7. Иридий неизвестен. Наблюдаются ^{181}Os (105 мин) и ^{181}Re (18 час) в иридиевых и осмиевых препаратах и в несколько раз слабее в опыте с ^{20}Ne . Для ^{181}Re найдены относительные интенсивности гамма-пиков.

A = 180. Результаты приведены в таблице 8. Иридий неизвестен. Наблюдаются ^{180}Os (25 мин) плюс ^{180}Re (2,4 мин) с общим периодом первого изотопа в иридиевых и осмиевых препаратах, включительно и в опыте с ^{20}Ne .

A = 179. Результаты приведены в таблицах 9,10. Иридий неизвестен. Наблюдаются ^{179}Os (8 мин) и ^{179}Re (20 мин) в иридиевых и осмиевых препаратах, включительно и в опыте с ^{20}Ne .

A = 178 не наблюдается.

Везде ошибки в определении E_γ составляют ± 1 кэв и на перекрывающихся пиках до ± 2 кэв, а в I_γ - на интенсивных пиках 20%, на слабых - до 50%.

4. Идентификация новых изотопов

Она проводилась: 1) по убыванию активностей дочерних изотопов в последовательных осмиевых препаратах по химии "накопление"; 2) по убыванию активностей дочерних изотопов в последовательных иридиевых препаратах по химии "вилка"; 3) по возрастанию интенсивностей линий дочерних изотопов в иридиевых препаратах - там где это возможно наблюдать; и 4) по прямому наблюдению пиков иридиевого изотопа, кото-

^{181}Os . $T_{1/2} = 104 \pm 10$ мин (наши данные), 105 мин ^{/13/}
 (e) - ссылка ^{/13/}, */ - принято

^{181}Os

НАШИ ДАННЫЕ		ДАнные (e)	
E_{β} [keV]	J_{β}	E_{β} [keV]	J_{β}
120	72	118,0	64
236	220*	238,7	220

Таблица 7

^{181}Re . $T_{1/2} = 20 \pm 2$ час (наши данные), 18 час ^{/9/}.
 (a) - ссылка ^{/9/}, (b) - ссылка ^{/10/}, */ - интенсивности
 конверсионных линий, **/ - часть этой интенсивности
 принадлежит ^{182}Os .

^{181}Re

НАШИ ДАННЫЕ		ДАнные (a) и (b)	
E_{β} [keV]	J_{β}	E_{κ} [keV]	J_{κ} *)
110	66	109,9	1000
115	330	113	200
144	20	144,3	70
152	12	154,4	12
166	21	163,9	12
197	8	197	37
252	38	252	35
274	27**)	276	15
296	28	295,9	4
319	44	318,6	35
360	180	360,7	160
366	1000	365,5	2750
408	12	408,7	2
442	145	441,8	13
638	70	639	36
824	510	822,6	0,5

Таблица 8

$^{180}\text{Os} + ^{180}\text{Re}$. $T_{1/2} = 24 \pm 2$ мин (наши данные),
 25 мин соотв. 2,4 мин ^{/6/}. (f) - ссылка ^{/6/}
 (g) - ссылка ^{/5/}.

$^{180}\text{Os} + ^{180}\text{Re}$

НАШИ ДАННЫЕ		ДААННЫЕ (f)		ДААННЫЕ (g)	
E_{γ} [keV]	J_{γ}	E_{γ} [keV]	J_{γ}	E_{γ} [keV]	J_{γ}
104	30	104	31	104	20
824	13	824	11	816	9
902	100	902	100	892	100

Таблица 9

^{179}Os . $T_{1/2} = 9 \pm 2$ мин (наши данные), 8 мин ^{/6/}
 (f) - ссылка ^{/6/}

^{179}Os

НАШИ ДАННЫЕ		ДААННЫЕ (f)	
E_{γ} [keV]	J_{γ}	E_{γ} [keV]	J_{γ}
166	33	165,6	~ 34
218	100	218,9	100
307	60	(303,6)	~ 24
~ 591	~ 80	594,6	?

Таблица 10

^{179}Re . $T_{1/2} = 20 \pm 4$ мин (наши данные), 20 мин^{/9/}

(f) - ссылка^{/6/}, (g) - ссылка^{/5/}, (h) - ссылка^{/14/}

* / - возможно включает интенсивность пика 415 кэВ

^{179}Re

НАШИ ДАННЫЕ		ДАННЫЕ(f)		ДАННЫЕ(g)		ДАННЫЕ(h)	
E_{β}	J_{β}	E_{β}	J_{β}	E_{β}	J_{β}	E_{β}	J_{β}
120	29	120,1	27	119	19	119,8	23
166	16	168,0	10	—	—	169,0	11
189	25	189,1	28	188	20	189,5	28
222	19	222,1	13	222	24	—	—
242	12	242	12	—	—	241	8
290	100	290,0	100	290	100	290,0	100
296	26	296,3	28	—	—	296,4	24
307	18	309,1	21	—	—	308,7	17
360	17	358	9	—	—	—	—
402	25	401,7	26	405	26	401,1	20
413	14 ^{a)}	412	65	—	—	—	—
—	—	415,6	38	418	38	414,6	35
429	99	430,2	104	432	83	429,3	99
465	22	464,9	16	—	—	465	10
477	25	477,5	34	480	35	477,1	28
496	22	498,6	25	500	26	498,2	13

рые приписывались ему из данных ротационных полос дочернего осмиевого изотопа, полученных по мгновенным гамма-лучам и электронам конверсии непосредственно в реакциях - в одном случае. Идентификация по химии была проведена и для известных изотопов ^{183}Ir и ^{182}Ir для проверки самой химии.

Контроль по известным изотопам:

A = 183. Результаты по химиям "накопление" и "вилка" показаны на рис. 1. Оба метода дают в пределах точности эксперимента совпадающие результаты. Среднее всех экспериментальных результатов для периода ^{183}Ir по двум методам химической обработки получалось приписыванием отдельным значениям определенных весов после оценки их точностей. Из всех химических определений получилось значение 50 ± 10 мин, которое хорошо совпадает с нашим прямым определением 58 ± 15 мин и с литературным значением 0,9 час.

A = 182. Результаты по химическим определениям показаны на рис. 2. Среднее значение для периода ^{182}Ir из химических определений $15,0 \pm 1,5$ мин совпадает с нашим прямым определением $15,5 \pm 2,5$ мин и с литературным значением 15 мин.

Новые изотопы

A = 181. Результаты по химическим определениям показаны на рис. 3. Здесь наблюдается и возрастание интенсивностей ^{181}Os в немногих случаях, один из которых показан на рис. 6. Из результатов химических определений и возрастных можно заключить, что мы наблюдаем новый изотоп ^{181}Ir с периодом полураспада $T_{1/2} = 10 \pm 2$ мин. Интересно отметить, что по систематике ^{17/} для этого изотопа ожидается период = 7 мин.

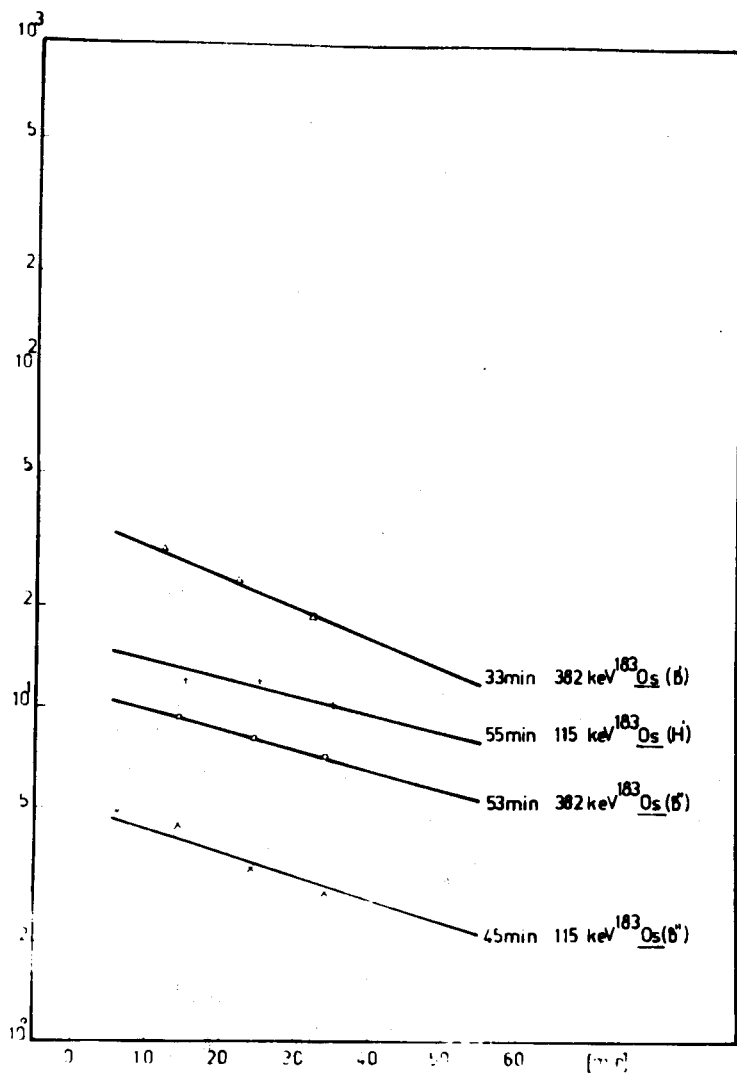
^{183}Ir 

Рис. 1. Распад ^{183}Ir по убывающей интенсивности линий дочерних изобаров, (H) - в химии "накопление", (B) - в химии "выделение", H', " , B', " - означают разные опыты.

^{182}Ir

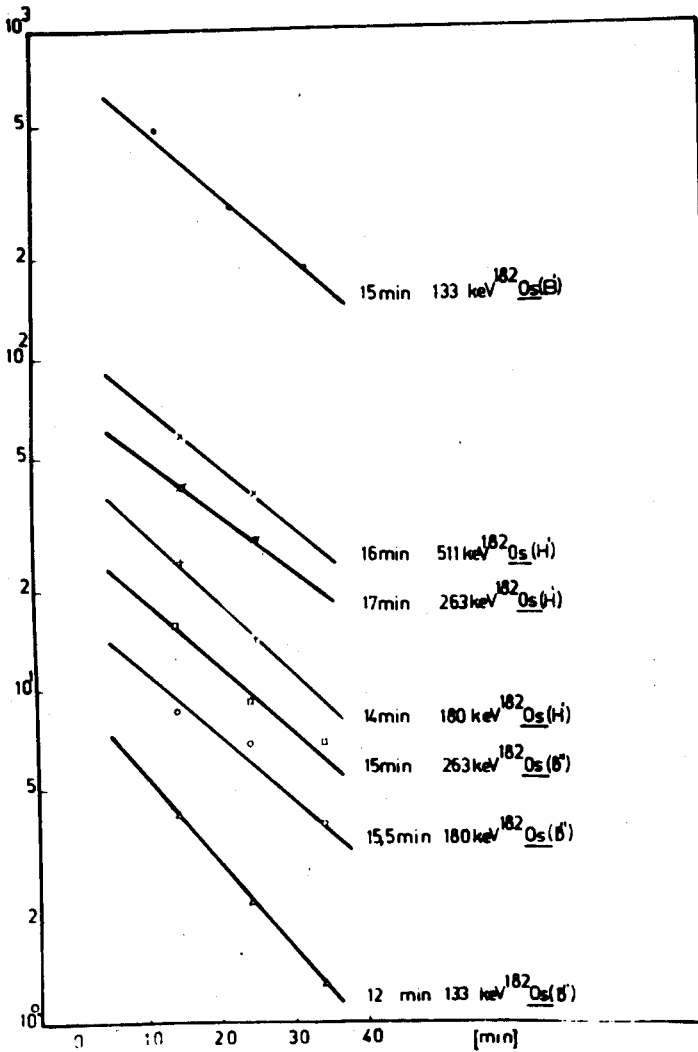


Рис. 2. Распад ^{182}Ir по убыванию интенсивностей линий дочерних изобаров. (H) - в химии "накопление", (B) - в химии "вилка", H', "", B', "" - означают разные опыты.

A = 180. Результаты по химическим определениям показаны на рис. 4. Наблюдается и возрастание интенсивностей ^{180}Os - один из случаев показан на рис. 6. В иридиевых препаратах наблюдается и пик с энергией 133 кэв и $T_{1/2} \approx 8$ мин. Эта энергия соответствует переходу 132,2 кэв между ротационными уровнями ^{180}Os , который наблюдался непосредственно в реакции по мгновенным гамма-лучам и электронам конверсии^{/8/}. Соответствующий переход в ^{182}Os - это 126,9 кэв^{/8/} который наблюдался нами как 127 кэв при распаде ^{182}Ir (табл. 4). Следующему переходу в ^{180}Os , по данным^{/8/}, отвечает энергия 276,3 кэв которая не будет хорошо разрешаться от 273,3 кэв ^{182}Os , или от пика 274 кэв, наблюдаемого нами при распаде ^{182}Ir (табл. 4). По совпадению энергии с данными^{/8/} и периода - с данными рис. 4 и 6 мы заключаем, что переход 133 кэв можно приписать распаду ^{180}Ir и что он связан с переходом $2^+ \rightarrow 0^+$ между уровнями основной ротационной полосы ^{180}Os . На основании данных химических определений, возрастных и прямого наблюдения перехода 133 кэв мы заключаем, что наблюдаем новый изотоп ^{180}Ir с $T_{1/2} = 6,5 \pm 1,5$ мин. По систематике ожидается ≈ 4 мин.

A = 179. Результаты химических определений показаны на рис. 5. Из них заключаем, что наблюдаем новый изотоп ^{179}Ir с $T_{1/2} = 4 \pm 1$ мин. По систематике ожидается ≈ 2 мин.

Авторы считают приятным долгом благодарить Г.Н. Флерова за предоставление времени на ускорителе и внимание к работе, Ю.Ц. Оганесяна и его группу за поддержку и интерес. Мы благодарны также С. Илиеву и М. Джаровой за помощь при проведении опытов и обработке результатов.

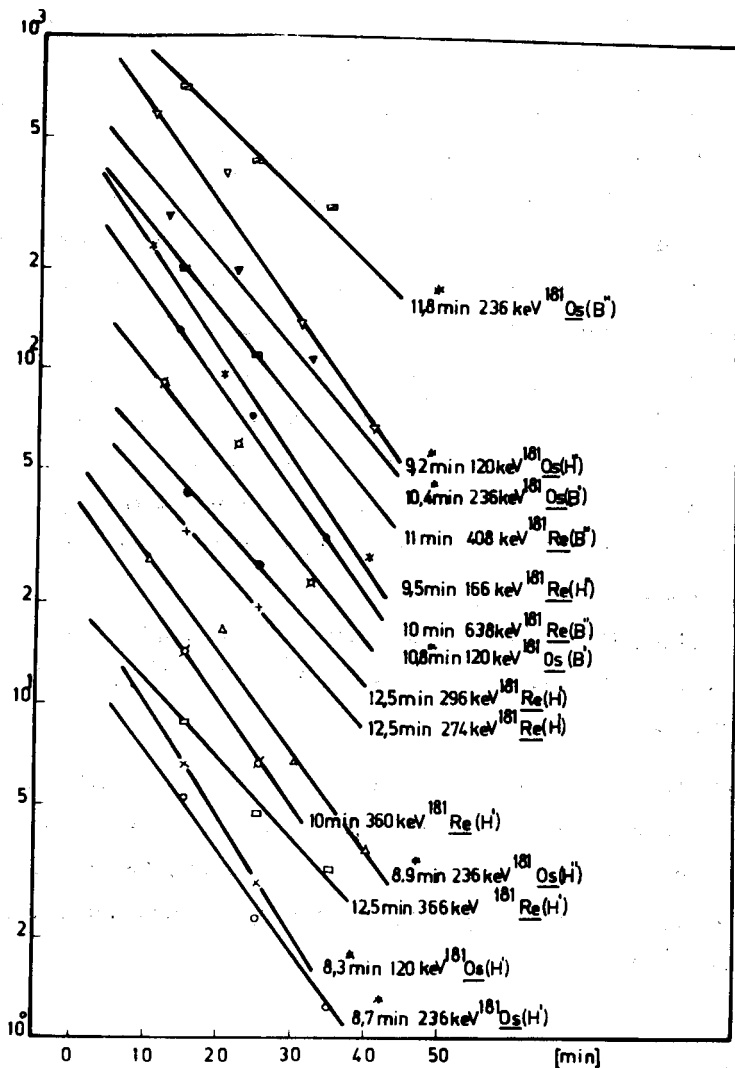
^{181}Ir 

Рис. 3. Распад ^{181}Ir по убыванию интенсивностей линий дочерних изобаров. (H) - в химии "накопление", (B) - в химии "вилка", H', "", NB', "" означают разные опыты; * - в период внесена поправка, учитывающая то, что интенсивности дочерних изобаров отнесены на рисунке к концу облучения, тогда как их нужно отнести к концу химического разделения.

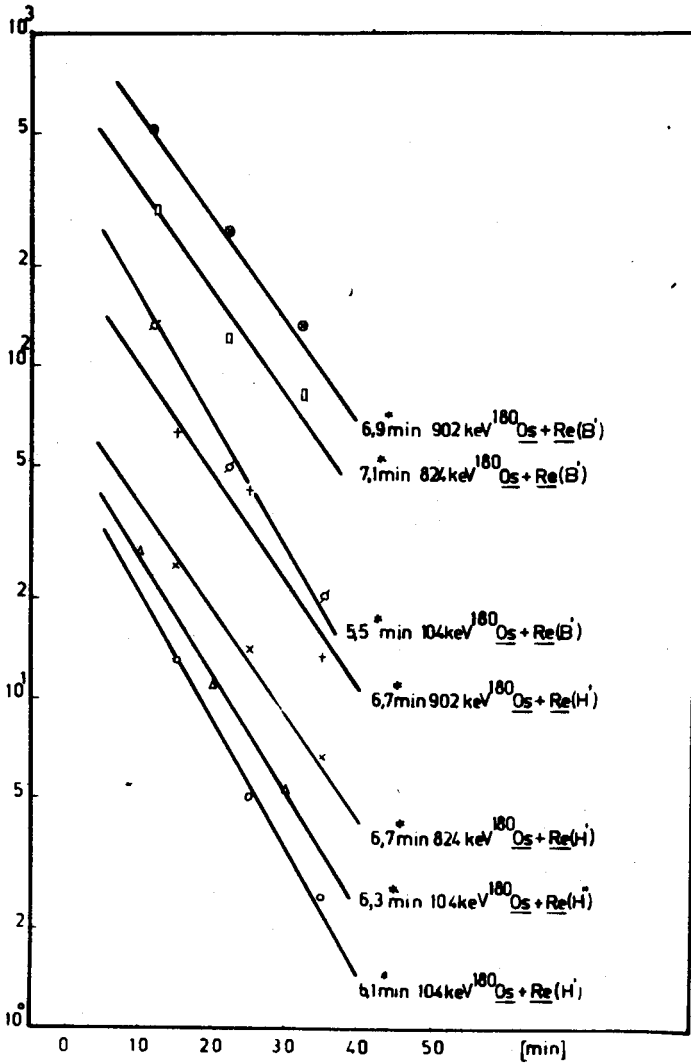
^{180}Ir 

Рис. 4. Распад ^{180}Ir по убыванию интенсивностей линий дочерних изоботов. (H) - в химии "накопление", (B) - в химии "вилка", H', B', - означают разные опыты, * - см. подпись к рис. 3.

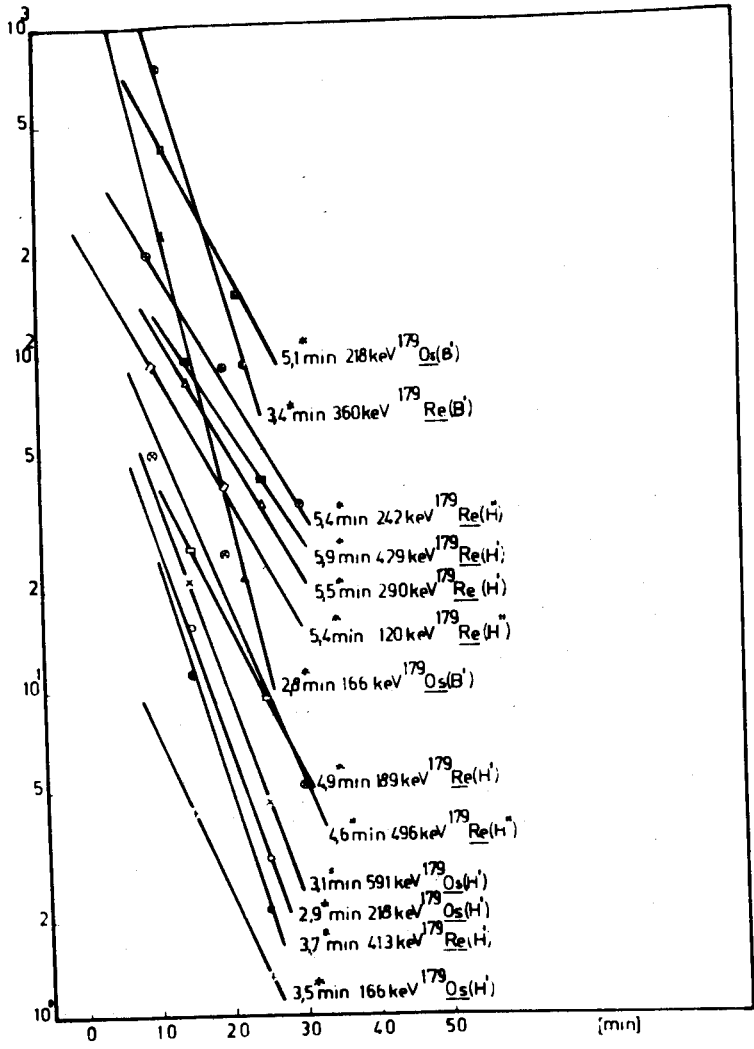


Рис. 5. Распад ^{179}Ir по убыванию интенсивностей линий дочерних изобаров. (H) - в химии "накопление", (B) - в химии "вилка", H', "", B', "" означают разные опыты, * - см. подпись к рис. 3.

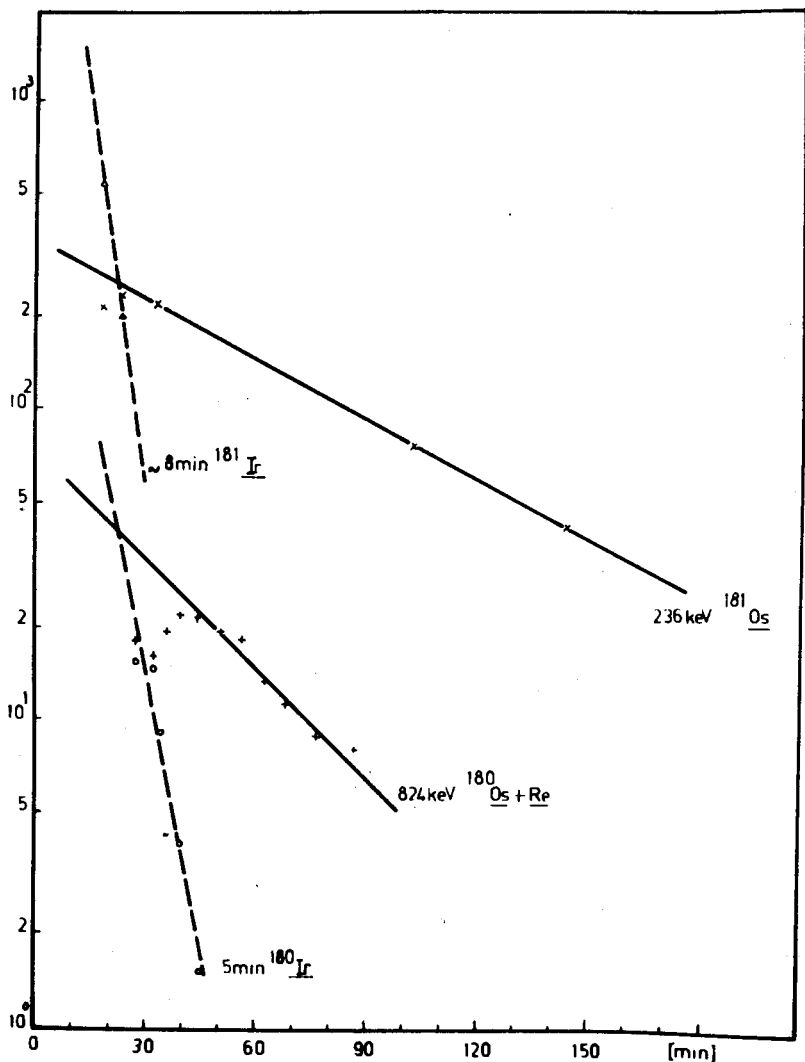


Рис. 6. Распад ^{181}Ir и ^{180}Ir по возрастанию интенсивностей линий дочерних изобаров в иридиевых препаратах.

Л и т е р а т у р а

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 Р-2910, Дубна 1966.
4. Е. Наджаков, Б. Бочев, Г. Пфреппер, Х. Райчев, Т. Кушарова, Н. Ненов, В.И. Фоминых, М.И. Фоминых, С. Бакарджиев. Препринт ОИЯИ 6-4006, Дубна 1968.
5. Б.Н. Беляев, В.И. Гудов, Б.А. Гвоздев, Л.М. Крижанский, Б.С. Усиков. *Изв. АН СССР сер.физ.*, 32, 59, 1968.
Б.Н. Беляев, В.И. Гудов, Л.М. Крижанский, Б.С. Усиков. *Ядерная физика* 7, 720, 1968.
6. Р. Арльт, К.Я. Громов, Н.Г. Зайцева, Ли Чун Хи, З. Малек, Г. Музиоль, Х. Штрусный. *Изв. АН СССР сер. физ.*, 34, 703, 1970.
Препринт ОИЯИ Р6-4635, Дубна, 1969.
7. Р. Арльт, З. Малек, Г. Музиоль, Х. Штрусный. *Изв. АН СССР сер. физ.*, 33, 1232, 1969. Препринт ОИЯИ Р6-4234, Дубна 1968.
8. J. Burde, R.M. Diamond, F.S. Stephens *Nuclear Physics* A92, 306, 1967.
9. C.M. Lederer, J.M. Hollander, I. Perlman. *Table of Isotopes*. 6-th ed., New York, 1968.
10. Б.С. Джелепов, Л.К. Пекер, В.О. Сергеев. *Схемы распада радиоактивных ядер. $A \geq 100$* , Москва 1963.
11. А.И. Ахмаджанов, Р. Брода, В. Валюшь, И. Звольски, Й. Молнар, Э.В. Рындина, Дж. Саломев, А. Хрынкевич. *Изв. АН СССР сер. физ.*, 34, 740, 1970.

12. А.И. Ахмаджанов, Р. Брода, В. Валюсь, И. Звольски, Й. Молнар, Я. Стычень, В.И. Фоминых, А. Хрынкевич, В.М. Цупко-Ситников, Изв. АН СССР сер. физ., 34, 777, 1970. Препринт ОИЯИ 6-4471 Дубна 1969.
13. А.И. Ахмаджанов, Р. Брода, В. Валюсь, И. Звольски, Й. Молнар. Препринт ОИЯИ Р6-5017, Дубна 1970.
14. K.J. Hofstetter, R.Y. Daly. Phys.Rev., 152, 1050, 1966.

Рукопись поступила в издательский отдел
11 февраля 1971 года.