

К-603

1295/2-76

СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА



12/11-76

P6 - 9421

Н.Н.Колесников, А.Г.Демин

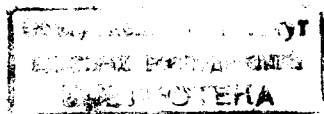
ПЕРИОДЫ ПОЛУРАСПАДА  $T_\alpha$  И  $T_\beta$  ИЗОТОПОВ  
ТРАНСУРАНОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

1975

Р6 - 9421

Н.Н.Колесников, А.Г.Демин

ПЕРИОДЫ ПОЛУРАСПАДА  $T_{\alpha}$  И  $T_{\beta}$  ИЗОТОПОВ  
ТРАНСУРАНОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ



В настоящей работе предлагается систематика периодов  $\alpha$ - и  $\beta$ -распада<sup>х)</sup>, которая используется для прогнозирования радиоактивных свойств изотопов тяжелых элементов и составления таблиц периодов полураспада. Цель составления таблиц состоит в том, чтобы дать ориентацию экспериментаторам при исследовании новых изотопов и особенно при синтезировании новых элементов.

Строгий теоретический расчет полных периодов  $\alpha$ - и особенно  $\beta$ -распада сложен и ненадежен, так как требует сведений о многих деталях структуры ядра<sup>1/</sup>. Поэтому широко распространены эмпирические методы. Они основываются на исследовании либо зависимости периодов  $\alpha$ - и  $\beta$ -распада от  $Z$  и  $N$ , либо связи между периодами и энергиями распада<sup>2-8/</sup>. Последний способ лучше с точки зрения теории и в практическом отношении, однако требует знания точных значений энергии распада для прогнозирования периодов. Как было показано в <sup>9/</sup>, описание энергий связи с точностью, приближающейся к ошибкам эксперимента, возможно при разбиении системы ядер на строго определенные области между магическими и (или) субмагическими членами. Максимальная ошибка в энергиях  $\alpha$ - и  $\beta$ -распада оказывается для рассматриваемой области ядер ( $Z \geq 82$ ) меньше 0,15 МэВ. Параметры энергетической поверхности, а также таблицы энергий распада имеются в <sup>10/</sup>. Эти данные были использованы для вычисления периодов  $\alpha$ - и  $\beta$ -распада.

В случае  $\alpha$ -распада расчет периодов полураспада  $T_\alpha$  производился по формуле:

<sup>х)</sup> Точнее: периодов полураспада относительно  $\alpha$ - и  $\beta$ -распада. Такое упрощение будет применяться и далее.

$$\lg T_{\alpha}^{\circ} = \frac{1,630 \cdot (Z-2)}{\sqrt{Q_{\alpha}}} - \{55 + 0,178(Z-100)\}, \quad (i)$$

согласованной по методу наименьших квадратов для четно-четных ядер с  $Z \geq 90$ . В формуле (I) энергии  $\alpha$  - распада  $Q_{\alpha}$  выражаются в МэВ, а  $T_{\alpha}^{\circ}$  - в сек. Хотя формула (I) дает меньшие расхождения, чем аналогичная формула работы /II/, максимальные отклонения достигают 3-х раз даже для четно-четных ядер, а для нечетных ядер доходят до 2,5 порядков. Однако обращает на себя внимание то, что эти расхождения (запреты) связаны с определенными областями ядер, которые, в свою очередь, коррелированы с субмагическими числами нейтронов  $N_m$  и протонов  $Z_m$ :  $N_m$  = 132, 136, 140, 144, 152 и  $Z_m$  = 88, 92, 100, проявляющимися в энергиях связи тяжелых ядер /8, 9, 12/.

Если ввести аддитивную поправку  $x$  к  $\lg T_{\alpha}^{\circ}$  (вычисленному по формуле (I)) и принять для нее значения, приведенные в табл. I, то максимальное расхождение вычисленных значений с экспериментом снижается до 50% у четно-четных ядер и не превосходит 2-3 раз у ядер нечетных и 3-4 раз у нечетно-нечетных.

При проведении систематики полных периодов  $\beta$  - распада ядер с  $Z \geq 82$  мы будем следовать работе /7/, где было показано, что существует простая связь между периодами  $T_{\beta}$  и энергиями ( $Q_{\beta}$ )  $\beta$ -распада для ядер, не слишком близких к границе  $\beta$ -стабильности. Как и для  $\alpha$  - распада, наиболее простая зависимость между  $T_{\beta}$  и  $Q_{\beta}$  обнаруживается у четно-четных ядер, для которых точки на графике зависимости  $\lg T_{\beta}$  от  $\lg Q_{\beta}$  достаточно хорошо ложатся на прямую линию, загибающуюся при  $Q_{\beta} > 5$  МэВ, причем наклон прямолинейной части этой кривой (кривая  $C_1$  на

рис. I) свидетельствует о разрешенном характере  $\beta$  - распада /7/. Это связано с тем, что четно-четные ядра, распадаясь, превращаются в нечетно-нечетные ядра, имеющие низколежащие уровни с большим разнообразием моментов, поэтому практически всегда найдется такой низколежащий (основной) уровень, на который  $\beta$  - распад окажется разрешенным.

Для ядер нечетного A большая часть точек попадает на кривую  $C_2$  рис. I, остальные - на  $C_1$  или  $C_3$ . Аналогичная, хотя и более сложная картина наблюдается у нечетно-нечетных ядер, у которых большая часть точек попадает на кривую  $C_3$ , а остальные - на  $C_2$  (иногда на  $C_1$ ) и на  $C_4$ .

На том же рис. I нанесены и точки, соответствующие ( $EC + \beta^+$ ) - распаду, которые попадают на те же кривые, что и для  $\beta^-$  - распада. Поскольку для электронного захвата должна была бы наблюдаться отличная от  $\beta^-(\beta^+)$  - распада энергетическая зависимость, факт совпадения графиков для  $\beta^-$  - и ( $EC + \beta^+$ ) - распада следует рассматривать как указание на доминирующую роль  $\beta^+$  - процесса по сравнению с электронным захватом для рассматриваемых ядер. Другой же экспериментальный факт практической ненаблюдаемости вылета позитронов при  $\beta$  - превращениях нейтронодефицитных ядер тяжелых элементов может быть связан с большой вероятностью аннигиляции позитронов (реальных или виртуальных) в плотном электронном облаке тяжелых атомов.

Условимся называть "нормальными" такие  $\beta^-$  - и ( $EC + \beta^+$ ) - распады, для которых зависимость  $T_{\beta}$  от  $Q_{\beta}$  передается кривой  $C_1$  для четно-четных ядер, кривой  $C_2$  для ядер нечетного A и кривой  $C_3$  для нечетно-нечетных ядер. В случае нарушения этого правила точки попадают на верхнюю или же на нижние кривые с иным значением индекса у кривой  $C_i$ . Оказывается,

что такого рода "аномалии" ( $\Delta y$ ) связаны, как и в случае  $\alpha$  - распада, с определенными областями ядер, см. табл. 2. Принимая значения  $\Delta y$ , приведенные в табл. 2, удается оценить (с помощью кривых  $C_1, C_2, C_3, C_4$  рис. I) периоды  $\beta^-$ - и ( $EC + \beta^+$ ) - распада с максимальной ошибкой 1,5-2 раза у четно-четных ядер, до 2-3 раз у ядер нечетного A и до 4-5 раз у нечетно-нечетных ядер, причем ошибки резко снижаются по мере увеличения  $Q_{\beta\pm}$ .

Данные для проводившейся нами систематики периодов  $\beta^-$  и  $\alpha$  - распада были взяты из обзоров /I3/, а также из более поздних работ /I4/.

Систематика была использована для прогнозирования периодов  $\alpha$ - и  $\beta^-$  -распада и для составления на ее основе таблиц периодов полураспада. В таблицах периодов  $\alpha$ - и  $\beta^-$  -распада в первом столбце указывается массовое число изотопа, а во втором - число нейтронов, в третьем столбце приводятся значения периода полураспада  $T_\alpha$  (парциальный период  $\alpha$  - распада), в четвертом дается  $T_\beta$  (парциальный период  $\beta^-$  -распада), в пятом -  $T_{(EC+\beta^+)}$  (парциальный период  $EC + \beta^+$  - распада), а в шестом - полный период  $T$ , учитывающий все возможные типы распада. Для полных периодов приводятся только экспериментальные значения и в тех лишь случаях, когда парциальные периоды не известны или одновременно существенны несколько типов распада. Экспериментальные данные даются с точностью до двух значащих цифр, в скобках после экспериментальных значений указаны ошибки в последней цифре. Скобки для ошибок оставались пустыми в случаях, когда ошибки измерения неизвестны; точка после экспериментального значения означает, что ошибка меньше единицы в последней цифре. Все оцененные значения периодов заключены в скобки. Они приводятся главным образом там, где экспериментальные значения неизвестны. Однако в тех слу-

чаях, когда экспериментальные данные ненадежны или же имеются большие расхождения между вычисленными и экспериментальными значениями, оцененные значения периодов указывались наряду с экспериментальными (при этом результаты систематики помещались в скобках под экспериментальными данными).

Сопоставление нашей систематики с прогнозами Виолы и Сиборга /II/ показывает удовлетворительное согласие до  $Z \sim 100$ , после чего результаты работы /II/ дают сильно заниженные периоды и по сравнению с оценками данной работы и по сравнению с экспериментом /I3, I4/.

Авторы глубоко благодарны Г.Н.Флерову за поддержку работы и Ю.П.Оганесяну за ее стимулирование, ценные советы и дискуссии.

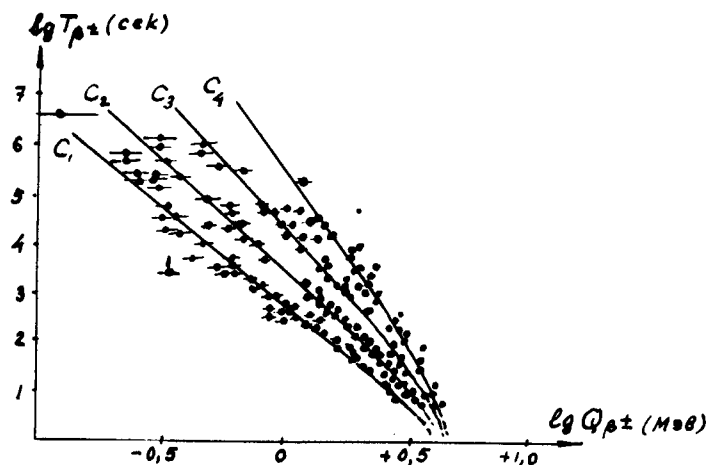


Рис. I. Зависимость  $lg T_{\beta\pm}$  от  $lg Q_{\beta\pm}$ .

Табл. I. Фактор запрета  $\times$  для различных областей ядер

чч-ядра $x/$	
Область	$\times$
$150 \leq N \leq 152$ (кроме $Z < 100$ , $N < 152$ )	+ 0,2
$N > 152, Z > 100$	+ 0,1
1) $Z \leq 94, N < 146$ ; 2) $Z < 100, N > 152$	- 0,1
$N = 146, Z < 100$	- 0,3
в остальных областях	0
чн, нч- и нн-ядра $xx/$	
Область	$\times$
1) $Z = 97, N < 150$ ; 2) $N = 151, 95 < Z \leq 100$	+ 2,6
1) $N = 150, 151$ (кроме $96 \leq Z \leq 100$ ), 153;	
2) $Z = 96, N < 150$ ; 3) $Z \leq 98, 142 \leq N < 152$ ;	+ 1,5
4) $138 \leq N < 140, Z \leq 92$ ; 5) $Z = 90, 134 \leq N < 140$	
$Z = 100, N < 150$	+ 1,1
$Z \geq 100$ (кроме $Z = 101$ ), $N \geq 154$	+ 0,7
1) $N = 152$ ( $Z > 90$ ); 2) $Z \geq 102, N < 152$	
3) $Z = 94, 95, N < 150$ (кроме $N = 141$ )	+ 0,5
$Z = 98$ (кроме $N < 146$ ) 99, 100, $N < 150$	+ 0,2
1) $N = 141, Z < 96$ ; 2) $N < 137, Z = 92, 93$ ; 3) $N \geq 154, Z < 100$	0
1) $Z = 98, 136 \leq N \leq 140$ ; 2) $Z = 98, N < 146$	- 0,3

$x/$  Здесь и далее: четно-четные ядра.

$xx/$  Здесь и далее: четно-четные, нечетно-четные и нечетно-нечетные ядра.

Табл. 2. Аномалии в  $\beta^-$ -и ( $\beta^+\beta^+$ ) - распадах для чн; нч- и нн-ядер ( $Z \geq 90, N \geq 136$ )

Область	$\Delta y$	Примечание
1) $Z = 96$ и $97, 142 < N < 149$		-
2) $Z = 99, 152 < N < 156$		-
3) $Z = 98, 136 \leq N < 142$ (кроме $N = 138$ )	+1	-
4) $N = 141, Z < 94$		(1)
5) $N = 151, 92 < Z \leq 100$		(6)
1) $Z > 100$		(3)
2) $N > 148$ (кроме $N = 152$ ), $Z \leq 98$		(4)
3) $90 \leq Z < 96, N = 147, 148$	-1	(5)
4) $Z = 90, N \leq 148$		-
5) $Z = 92, N < 144$		-
6) $Z = 93, 94, 140 \leq N < 144$		(2)
7) $Z = 93, N < 140, 144 < N < 152$		(1)
1) $Z > 100, N > 152$		
2) $N = 147, Z = 91, 95$	-2	(1)
3) $Z = 95, N = 141$		
4) $Z = 93, N = 143$		

(1) - только для нн-ядер, (2) - кроме нн-ядер, (3) - кроме нн-ядер с  $N > 152$ , (4) - кроме нн-ядер с  $Z = 97, N < 152$ , (5) - кроме нн-ядер с  $N = 141$ , (6) - только для чн-ядер.

Таблица 3

Периоды  $\alpha, \beta^-$ -и ( $EC + \beta^+$ ) -распада

Z = 92					
A	N	$T_{\alpha}$	$T_{\beta^-}$	$T_{(EC+\beta^+)}$	T
222	I30	$(5 \cdot 10^{-8} \text{с})$	-	(2м)	
223	I31	$(8 \cdot 10^{-6} \text{с})$	-	(32 с)	
224	I32	$(6 \cdot 10^{-5} \text{с})$	-	(5 м)	
225	I33	$(4 \cdot 10^{-2} \text{с})$	-	(1 м)	
226	I34	(2 с)	-	(25 м)	
227	I35	1,1(I)м	-	(3,5 м)	
228	I36	$\leq 9,6 \text{ м}$ (8,3 м)	-	$\geq 3 \text{ ч}$ (4 д)	9,1(I)м
229	I37	4,8 ч	-	1,2 ч	58(8) м
230	I38	2I д	-	-	
231	I39	210 л	-	4,3 д	4,3( )д
232	I40	72 г	-	-	
233	I41	$1,6 \cdot 10^5 \text{л}$	-	-	
234	I42	$2,5 \cdot 10^5 \text{л}$	-	-	
235	I43	$7,1 \cdot 10^8 \text{л}$	-	-	
236	I44	$2,4 \cdot 10^7 \text{л}$	-	-	
237	I45	$(2,5 \cdot 10^{11} \text{л})$	6,8 д	-	
238	I46	$4,5 \cdot 10^9 \text{л}$	-	-	
239	I47	$(1,6 \cdot 10^{13} \text{л})$	23 м	-	
240	I48	$(5 \cdot 10^{13} \text{л})$	14 ч	-	
241	I49	$(5 \cdot 10^{17} \text{л})$	(6 м)	-	
242	I50	$(2 \cdot 10^{17} \text{л})$	(28 м)	-	

Z = 93					
A	N	$T_{\alpha}$	$T_{\beta^-}$	$T_{(EC+\beta^+)}$	T
223	I30	$(3 \cdot 10^{-6} \text{с})$	-	(12 с)	
224	I31	$(8 \cdot 10^{-5} \text{с})$	-	(1 с)	
225	I32	$(8 \cdot 10^{-4} \text{с})$	-	(23 с)	
226	I33	$(5,6 \cdot 10^{-2} \text{с})$	-	(5 с)	
227	I34	(2 с)	-	(50 с)	
228	I35	(13 с)	-	(40 с)	
229	I36	4,0(2) м	-	(2 м)	

Z = 93

230	I37	4,6(3) м	-	(9 м)	
231	I38	$\sim 84 \text{ ч}$ (12 ч)	-	$\sim 50 \text{ м}$ (25 м)	$\sim 50 \text{ м}$
232	I39	(20 д)	-	15(I)м	
233	I40	$\sim 3,4 \text{ г}$ (10 л)	-	$\approx 35 \text{ м}$ (10 м)	35( )м
234	I41	$> 12 \text{ л}$ (900 л)	-	4,4(I)д	4,4(I)д
235	I42	$8,2 \cdot 10^4 \text{л}$	-	400(10)д	400(10)д
236	I43	$(2,5 \cdot 10^5 \text{л})$	45 ч	43 ч	22(I)ч
237	I44	$2,1 \cdot 10^6 \text{л}$	-	-	
238	I45	$(4 \cdot 10^7 \text{л})$	2,1.д	(4 $10^3 \text{л}$ )	
239	I46	$(4 \cdot 10^8 \text{л})$	2,3.д	-	
240	I47	$(4 \cdot 10^9 \text{л})$	1,1(I)ч	-	
241	I48	$(6 \cdot 10^{11} \text{л})$	16(I)м	-	
242	I49	$(1,3 \cdot 10^{13} \text{л})$	(17 м)	-	
243	I50	$(1 \cdot 10^{15} \text{л})$	(4 м)	-	

Z = 94

226	I32	$(4 \cdot 10^{-3} \text{с})$	-	(1 м)	
227	I33	(3,2 с)	-	(20 с)	
228	I34	(2,2 с)	-	(2 м)	
229	I35	(1,7 м)	-	(45 с)	
230	I36	(2 м)	-	(12 м)	
231	I37	(1,8 ч)	-	(6 м)	
232	I38	$\geq 3 \text{ ч}$ (2,8 ч)	-	$\leq 37 \text{ м}$ (35 м)	36(I) м
233	I39	13 д	-	20 м	20(2)м
234	I40	$\sim 6 \text{ д}$ (5 л)	-	9,6 ч	9,0(5)ч
235	I41	250 д	-	24 м	24( )м
236	I42	2,9 л	-	-	
237	I43	$3,8 \cdot 10^3 \text{л}$	-	51 л	4,6.д
238	I44	(80 л)	-	(25 д)	
239	I45	86.л	-	-	
240	I46	$2,4 \cdot 10^4 \text{л}$	-	-	
240	I46	$6,6 \cdot 10^3 \text{л}$	-	-	
241	I47	$6,3 \cdot 10^5 \text{л}$	$\sim 15 \text{ л}$ (2-300 л)	-	15(I)л
242	I48	$3,9 \cdot 10^5 \text{л}$	-	-	
243	I49	$(1,2 \cdot 10^8 \text{л})$	5,0 ч	-	
244	I50	$8,3 \cdot 10^7 \text{л}$	-	-	

$Z = 94$ 

245	I51	( $1,3 \cdot 10^{11}$ л)	II.ч	-	
246	I52	( $1,2 \cdot 10^{13}$ л)	(3,5 д)	-	
247	I53	( $2 \cdot 10^{13}$ л)	(13 м)	-	

 $Z = 95$ 

228	I33	(0,32 о)	-	(0,8 о)	
229	I34	(3 с)	-	(13 о)	
230	I35	(18 о)	-	(1,5 о)	
231	I36	(6 м)	-	(50 о)	
232	I37	(10 м)	-	(12 о)	
233	I38	(8 ч)	-	(2 м)	
234	I39	(13 ч)	-	(2 м)	
235	I40	(16 д)	-	(9 м)	
236	I41	(32 д)	-	(25 м)	
237	I42	3 г (1,6 г)	-	1,3 ч (1,6 ч)	1,3 ч
238	I43	72 л (13 л)	-	1,9 ч	1,9(I) ч
239	I44	27 л	-	12 ч	12(I) ч
240	I45	$3 \cdot 10^3$ л	-	2,1 д	5I ч
241	I46	$4,3 \cdot 10^2$ л	-	-	
242	I47	( $1,6 \cdot 10^3$ л)	19 ч	4,1 д	16 ч
243	I48	$7,4 \cdot 10^3$ л	-	-	
244	I49	( $2,5 \cdot 10^5$ л)	10.ч	( $10^3$ л)	
245	I50	( $2 \cdot 10^6$ л)	2,0.ч	-	
246	I51	( $4 \cdot 10^7$ л)	39(3) м	-	
247	I52	( $1,6 \cdot 10^8$ л)	24(3) м	-	
248	I53	( $2,5 \cdot 10^9$ л)	(25 м)	-	
249	I54	( $3,2 \cdot 10^7$ л)	(6 м)	-	

 $Z = 96$ 

230	I34	( $2,8 \cdot 10^{-2}$ о)	-	(25 о)	
231	I35	(7 о)	-	(9 о)	
232	I36	(3,2 о)	-	(1 м)	
233	I37	(8 м)	-	(25 о)	
234	I38	(3,3 м)	-	(2,3 м)	

12

 $Z = 96$ 

235	I39	(4 ч)	-	(1,2 м)	
236	I40	(3,2 ч)	-	(17 м)	
237	I41	(10 ч)	-	(4 м)	
238	I42	$\leq 26$ ч (1,9 д)	-	$\geq 2,5$ ч (3 ч)	2,5 ч
239	I43	$\geq 120$ д (120 д)	-	2,9 ч	2,9 ч
240	I44	27 д	-	$\geq 1,5$ г (1,2 г)	27 д
241	I45	7,2 г	-	35 д (10 д)	35(2)д
242	I46	160 д	-	-	
243	I47	29 л	-	$9,1 \cdot 10^3$ л	29(I)л
244	I48	18 л	-	-	
245	I49	$8,5 \cdot 10^3$ л	-	-	
246	I50	$4,8 \cdot 10^3$ л	-	-	
247	I51	$1,6 \cdot 10^7$ л	( $> 10$ л)	-	
248	I52	$3,6 \cdot 10^5$ л	-	-	
249	I53	( $1,2 \cdot 10^7$ л)	64(3)м	-	
250	I54	( $2,5 \cdot 10^3$ л)	(10 л)	-	
251	I55	( $5 \cdot 10^5$ л)	(10 м)	-	
252	I56	( $1,6 \cdot 10^6$ л)	$< 2$ д (40 м)	-	$< 2$ д

 $Z = 97$ 

231	I34	(0,4 с)	-	(0,7 с)	
232	I35	(6 с)	-	( $2 \cdot 10^{-2}$ с)	
233	I36	(50 с)	-	(4 с)	
234	I37	(3 м)	-	(0,2 с)	
235	I38	(30 м)	-	(10 с)	
236	I39	3,1 ч	-	(2 с)	
237	I40	(14 ч)	-	(25 с)	
238	I41	(1 ч)	-	(20 с)	
239	I42	(40 д)	-	(4 м)	
240	I43	(40 д)	-	(4 м)	
241	I44	(25 д)	-	(13 м)	
242	I45	(210 д)	-	(27 м)	

13



$Z = 97$ 

243	I46	130 д	-	4,5 ч	4,5(I)ч
244	I47	8,4 г (2, Ir)	-	4,4 ч	4,4 ч
245	I48	13 л	-	5,0 д	5,0 д
246	I49	(500 л)	-	1,8 д	
247	I50	$1,4 \cdot 10^3$ л	-	-	
248	I51	$(2,8 \cdot 10^5)$ л	23 ч (2 д)	53 ч	16(3) ч
249	I52	$5,9 \cdot 10^4$ л	310 д	-	310 д
250	I53	$(1 \cdot 10^5)$ л	$\sim 3,2$ ч (2 ч)	-	3,2 ч
251	I54	$(1 \cdot 10^3)$ л	57(2) м	-	
252	I55	$(6 \cdot 10^3)$ л	(20 м)	-	
253	I56	$(6 \cdot 10^3)$ л	(5,5 м)	-	

 $Z = 98$ 

234	I36	$(1 \cdot 10^{-2})$ с	-	(9 с)	
235	I37	$(1,4 \cdot 10^{-2})$ с	-	(2 с)	
236	I38	(0,3 с)	-	(20 с)	
237	I39	(0,3 с)	-	(7 с)	
238	I40	(2,2 с)	-	(50 с)	
239	I41	(32 с)	-	(30 с)	
240	I42	1,1 м	-	(4,5 м)	
241	I43	$\approx 3,8$ м (4,2 м)	-	$\approx 3,8$ м (2,5 м)	3,8 м
242	I44	3,4(2) м	-	(14 м)	
243	I45	110 м	-	$\sim 11$ м (15 м)	10 м
244	I46	19 м	-	(12 ч)	
245	I47	2,3 ч	-	62 м	45 м
246	I48	1,5 д	-	$(> 10^3)$ л	
247	I49	(150 л)	-	2,5(2)ч	
248	I50	$2,5(2) \cdot 10^2$ л	-	-	
249	I51	$8,5(1) \cdot 10^2$ л	-	-	
250	I52	15 л	-	-	
251	I53	$9,0(5) \cdot 10^2$ л	-	-	
252	I54	2,7 г	-	-	2,6 г

14

 $Z = 98$ 

253	I55	16 л	18 д	-	18 д
254	I56	53 г	-	-	60(2) д
255	I57	$(1 \cdot 10^3)$ л	(1,5 ч)	-	
256	I58	$(1 \cdot 10^4)$ л	(1,3 д)	-	< 5 ч

 $Z = 99$ 

236	I37	$(7 \cdot 10^{-3})$ с	-	$(\sim 1 \cdot 10^{-3})$ с	
237	I38	$(5 \cdot 10^{-2})$ с	-	(0,4 с)	
238	I39	(0,15 с)	-	$(1 \cdot 10^{-2})$ с	
239	I40	(0,8 с)	-	(3 с)	
240	I41	(8 с)	-	(0,7 с)	
241	I42	(12 с)	-	(23 с)	
242	I43	(15 с)	-	(5 с)	
243	I44	$< 70$ с (20 с)	-	$> 30$ с (1,3 м)	2I(2) с
244	I45	$\sim 15$ м (5,0 м)	-	39(5) с	37(4) с
245	I46	3,3(12) м	-	2,2(6) м	1,3(2) м
246	I47	1,3(3) ч	-	8,3(6) м	7,5(5) м
247	I48	67 м	-	5,0 м	4,7(3) м
248	I49	3,4 д	-	28(5) м	28(5) м
249	I50	$> 10$ д (91 д)	-	1,7(I) ч	1,7(I) ч
250	I51	(20 л)	-	8,3(2) ч	
251	I52	170 д	-	1,4 д	33(I) ч
252	I53	$\sim 140$ л (1,1 г)	$> 19$ л ( $10^4$ л)	(250 л)	$\sim 140$ л
253	I54	20 д	-	-	
254	I55	250 д	(230 д)	$(10^4)$ л	250 д
255	I56	480 д	43 д	-	40(I) д
256	I57	(37 л)	22 м	-	
257	I58	$(1,4 \cdot 10^3)$ л	(1,5 ч)	-	

 $Z = 100$ 

239	I39	$(8 \cdot 10^{-3})$ с	-	(0,3 с)	
240	I40	$(1 \cdot 10^{-2})$ с	-	(II с)	

15

$\bar{N} = 100$ 

241	I41	(0,4 c)	-	4 c	
242	I42	(0,15 c)	-	(22 c)	$8(2) 10^{-4} c / 15/$
243	I43	(0,4 c)	-	(6 c)	
244	I44	(0,25 c)	-	(1 м)	$3,3(5) 10^{-3} c$
245	I45	42(13) c	-	(40 c)	
246	I46	1,6 c	-	(2,3 м)	
247	I47	35(4) c	-	(3,5 м)	
248	I48	$\sim 34 c$ (30 c)	-	(17 м)	34(4) c
249	I49	$\sim 6,5 м$ (21 м)	-	$\sim 4,3 м$ (10 м)	2,6(7) м
250	I50	(27 м)	-	$\geq 34 м$ (3 ч)	30(3) м
251	I51	29 д	-	7,0 ч	7,0(7) ч
252	I52	23 ч	-	-	23(1) ч
253	I53	28 д	-	3,4 д	3,0(2) д
254	I54	3,2 ч	-	-	3,2 ч
255	I55	$\geq 20 ч$ (1,3 д)	-	-	20 ч
256	I56	1,5 д	-	-	2,6 ч
257	I57	80(5) д	-	-	80(5) д
258	I58	54(5) д (6 л)	-	-	
259	I59	(51 г)	(4,5 ч)	-	

 $\bar{N} = 101$ 

241	I40	$(8 \cdot 10^{-2} c)$	-	(0,2 c)	
242	I41	(0,4 c)	-	$(2 \cdot 10^{-2} c)$	
243	I42	(0,4 c)	-	(1,5 c)	
244	I43	(0,7 c)	-	(1 c)	
245	I44	(1,8 c)	-	(5 c)	
246	I45	(14 c)	-	(3 c)	
247	I46	(9 c)	-	(12 c)	
248	I47	35 c	-	9 c	7(3) c
249	I48	(4,2 м)	-	$\geq 24 c$ (1,5 м)	24(4) c
250	I49	(27 м)	-	59 c	56(6) c

16

 $\bar{N} = 101$ 

251	I50	(8,9 ч)	-	(2 м)	4,0(5) м
252	I51	(1,5 д)	-	(5 м)	2,3(8) м
253	I52	(14 ч)	-	(20 м)	
254	I53	(2,9 д)	-	10(3) м	
255	I54	(1 ч)	-	(8 ч)	27(2) м
256	I55	$\sim 32 ч$ (6,5 ч)	-	$\sim 8,5 ч$ (1,5 ч)	3,1(2) ч
257	I56	2,1 д	-	5,5 ч	5,0(3) ч
258	I57	54(5) д	-	(150 д)	
259	I58	(6,4 г)	-	-	
260	I59	(51 г)	(2 г)	-	

 $\bar{N} = 102$ 

243	I41	$(2,2 \cdot 10^{-4} c)$	-	$(1 \cdot 10^{-2} c)$	
244	I42	$(7,9 \cdot 10^{-5} c)$	-	(1 c)	
245	I43	$(2,8 \cdot 10^{-4} c)$	-	(0,9 c)	
246	I44	$(2,8 \cdot 10^{-4} c)$	-	(7 c)	
247	I45	$(6 \cdot 10^{-3} c)$	-	(1 c)	
248	I46	$(3,2 \cdot 10^{-3} c)$	-	(15 c)	
249	I47	$(3 \cdot 10^{-2} c)$	-	(12 c)	
250	I48	(0,25 c)	-	(45 c)	$2,5(5) 10^{-4} c / 15/$
251	I49	0,8(3) c	-	(2 м)	
252	I50	$\sim 3,4 c$ (2,5 c)	-	(2 м)	2,4(2) c
253	I51	95(10) c	-	(6 м)	
254	I52	55(5) c	-	(15 м)	
255	I53	3,3(2) м	-	(25 м)	
256	I54	3,2(2) c	-	(1,5 ч)	
257	I55	26(2) c	-	(5 ч)	
258	I56	(50 c)	-	(1,2 г)	$1,2 \cdot 10^{-3} c$
259	I57	58(5) м	-	(4 д)	58(5) м
260	I58	(47 м)	-	-	
261	I59	(1,9 д)	-	$( > 10^3 л)$	

17

Z = 103

245	I42	(7.10 <sup>-5</sup> c)	-	(0,1 c)	
246	I43	(1.10 <sup>-4</sup> c)	-	(3.10 <sup>-2</sup> c)	
247	I44	(2.10 <sup>-4</sup> c)	-	(0,3 c)	
248	I45	(7,9.10 <sup>-4</sup> c)	-	(9,10 <sup>-2</sup> c)	
249	I46	(3,6.10 <sup>-3</sup> c)	-	(2,5 c)	
250	I47	(2,5.10 <sup>-2</sup> c)	-	(0,5 c)	
251	I48	(0,15 c)	-	( 7 c)	
252	I49	(0,6 c)	-	( 4 c)	
253	I50	( 20 c)	-	(23 c)	
254	I51	( 80 c)	-	(40 c)	
255	I52	≥ 22 c ( 36 c)	-	> 73 c ( 2 M)	22(5) c
256	I53	~ 31 c ( 40 c)	-	> 2,6 M ( 3 M)	31(3) c
257	I54	~ 0,6 c (1,8 c)	+	> 4 c (4,5 M)	0,6(1)c
258	I55	~ 4,2 c (4,5 c)	-	> 84 c (12 M)	4,2(6)c
259	I56	5,4(8)c	-	(25 M)	
260	I57	3,0(5)M	-	(2 M)	
261	I58	(1,4M)	-	(14 M)	
262	I59	(14 M)	-	(3,5M)	
263	I60	(28 M)	-	-	

Z = 104

248	I44	(2,2.10 <sup>-5</sup> c)	-	(0,1 c)	
249	I45	(3,2.10 <sup>-4</sup> c)	-	( 0,1 c)	
250	I46	(2.10 <sup>-4</sup> c)	-	( 1 c)	
251	I47	(3,2.10 <sup>-3</sup> c)	-	(0,2 c)	
252	I48	(6,3.10 <sup>-3</sup> c)	-	( 10 c)	
253	I49	(8.10 <sup>-2</sup> c)	-	(1,2 c)	
254	I50	(6.10 <sup>-2</sup> c)	-	(30 c)	5(2)10 <sup>-4</sup> c/15/
255	I51	(2,5 c)	-	(11 c)	4c/16/
256	I52	(0,6 c)	-	(4 M)	5•10 <sup>-3</sup> c/16/
257	I53	4,5(10)c	-	( 1 M)	

Z = 104

258	I54	(0,1 c)	-	(4 M)	1,1(2).10 <sup>-2</sup> c
259	I55	4,5(15) c	-	(3 M)	
260	I56	(2,8 c)	-	(15 M)	0,1 c
261	I57	65(10) c	-	(15 M)	
262	I58	(2,7 M)	-	(4 M)	
263	I59	(30 M)	-	(1 M)	
264	I60	(33 M)	-	-	

Z = 105

251	I46	(6.10 <sup>-4</sup> c)	-	(9.10 <sup>-2</sup> c)	
252	I47	(2,5.10 <sup>-3</sup> c)	+	(2.10 <sup>-2</sup> c)	
253	I48	(8.10 <sup>-3</sup> c)	-	(0,9 c)	
254	I49	(2.10 <sup>-2</sup> c)	-	(0,15 c)	
255	I50	(0,3 c)	-	( 3 c)	
256	I51	(0,7 c)	-	( 1 c)	
257	I52	( 0,15 c)	-	( 15 c)	
258	I53	( 1 c)	-	(16 c)	
259	I54	(8.10 <sup>-2</sup> c)	-	( 40 c)	
260	I55	~ 1,6 c (0,9 c)	-	(1,9 c)	1,6(3) c
261	I56	1,8(6)c	-	(1,9 M)	
262	I57	40(10) c	+	(30 M)	
263	I58	(50 c)	-	(7 M)	
264	I59	(6,7 M)	-	(23 M)	
265	I60	(42 M)	-	( 35 M)	

Z = 106

254	I48	(4.10 <sup>-4</sup> c)	-	(0,5 c)	
255	I49	(1,8.10 <sup>-3</sup> c)	-	(6.10 <sup>-2</sup> c)	
256	I50	(1,6.10 <sup>-3</sup> c)	-	( 2 c)	
257	I51	(0,1 c)	-	(0,7 c)	
258	I52	( 7.10 <sup>-3</sup> c)	-	(12 c)	
259	I53	( 0,2 c)	-	(5 c)	7(3)10 <sup>-3</sup> c/16/

$Z = 106$ 

260	I54	$(3 \cdot 10^{-3} \text{ c})$	-	(20c)
261	I55	$(8 \cdot 10^{-2} \text{ c})$	-	(11 c)
262	I56	$(8 \cdot 10^{-2} \text{ c})$	-	( 2 M)
263	I57	0,9 c	-	( 30 c)
264	I58	(1,2 c)	-	(4 M)
265	I59	(20 c)	-	(1 M)
266	I60	(32 c)	-	

 $Z = 107$ 

255	I48	$(2,5 \cdot 10^{-4} \text{ c})$	-	$(2 \cdot 10^{-2} \text{ c})$
256	I49	$(3,2 \cdot 10^{-4} \text{ c})$	-	$(2 \cdot 10^{-3} \text{ c})$
257	I50	$(8 \cdot 10^{-3} \text{ c})$	-	( 0,3 c)
258	I51	$(1,3 \cdot 10^{-2} \text{ c})$	-	$(2 \cdot 10^{-2} \text{ c})$
259	I52	$(3 \cdot 10^{-3} \text{ c})$	-	(1,5 c)
260	I53	$(2 \cdot 10^{-2} \text{ c})$	-	( 0,4 c)
261	I54	$(3 \cdot 10^{-3} \text{ c})$	-	( 9 c)
262	I55	$(1,8 \cdot 10^{-2} \text{ c})$	-	( 4 c)
263	I56	$(5 \cdot 10^{-2} \text{ c})$	-	( 18 c)
264	I57	( 0,14 c)	-	(13 c)
265	I58	( 0,9 c)	-	(40 c)
266	I59	( 5 c)	-	(2 M)
267	I60	(20 c)	-	( 3 M)

 $Z = 108$ 

258	I50	$(5 \cdot 10^{-5} \text{ c})$	-	$(7 \cdot 10^{-2} \text{ c})$
259	I51	$(2,2 \cdot 10^{-3} \text{ c})$	-	$(3 \cdot 10^{-3} \text{ c})$
260	I52	$(6 \cdot 10^{-4} \text{ c})$	-	( 1 c)
261	I53	$(8 \cdot 10^{-3} \text{ c})$	-	( 0,3 c)
262	I54	$(1,5 \cdot 10^{-4} \text{ c})$	-	( 5 c)
263	I55	$(3 \cdot 10^{-3} \text{ c})$	-	(1 c)
264	I56	$(2,5 \cdot 10^{-3} \text{ c})$	-	(12 c)
265	I57	$(3,6 \cdot 10^{-2} \text{ c})$	-	(6 c)
266	I58	$(5 \cdot 10^{-2} \text{ c})$	-	(30 c)

 $Z = 108$ 

267	I59	(1,3 c)	-	(15 c)
268	I60	(0,9 c)	-	( 1 M)

 $Z = 109$ 

260	I51	$(2 \cdot 10^{-3} \text{ c})$	-	$(5 \cdot 10^{-4} \text{ c})$
261	I52	$(2,5 \cdot 10^{-4} \text{ c})$	-	$(8 \cdot 10^{-2} \text{ c})$
262	I53	$(1,4 \cdot 10^{-3} \text{ c})$	-	$(3 \cdot 10^{-3} \text{ c})$
263	I54	$(2 \cdot 10^{-4} \text{ c})$	-	(0,5 c)
264	I55	$(1 \cdot 10^{-3} \text{ c})$	-	(0,1 c)
265	I56	$(2,5 \cdot 10^{-3} \text{ c})$	-	( 3 c)
266	I57	$(8 \cdot 10^{-3} \text{ c})$	-	( 0,6 c)
267	I58	$(6 \cdot 10^{-2} \text{ c})$	-	( 8 c)
268	I59	( 0,2 c)	-	( 4 c)
269	I60	(0,6 c)	-	(25 c)

 $Z = 110$ 

261	I51	$(7 \cdot 10^{-4} \text{ c})$	-	$(1 \cdot 10^{-4} \text{ c})$
262	I52	$(8 \cdot 10^{-5} \text{ c})$	-	$(3 \cdot 10^{-2} \text{ c})$
263	I53	$(1 \cdot 10^{-3} \text{ c})$	-	$(1 \cdot 10^{-3} \text{ c})$
264	I54	$(1,5 \cdot 10^{-5} \text{ c})$	-	(0,2 c)
265	I55	$(3 \cdot 10^{-4} \text{ c})$	-	$(9 \cdot 10^{-2} \text{ c})$
266	I56	$(2 \cdot 10^{-4} \text{ c})$	-	(1,5 c)
267	I57	$(2,5 \cdot 10^{-3} \text{ c})$	-	(0,3 c)
268	I58	$(4 \cdot 10^{-4} \text{ c})$	-	( 7 c)
269	I59	$(4,5 \cdot 10^{-2} \text{ c})$	-	(2 c)
270	I60	$(6 \cdot 10^{-2} \text{ c})$	-	(20 c)

Литература

1. K. Takahashi, M. Yamada, T. Kondoh. ADNDT, 12, 101, 1973.
2. И. Перлман, Дж. Расмуссен. "Альфа-радиоактивность", ИИЛ, 1958.
3. C.I. Dake et al. Nucl. Phys., A 151, 609, 1970.
4. P.G. Hausen et al. Nucl. Phys., A 160, 445, 1971.
5. P. Hegnaboj et al. Nucl. Phys., A 163, 277, 1971.
6. G. Andersson. Nucl. Phys., 24, 666, 1961.
7. Н.Н. Колесников, А.П. Крылова, В.К. Каядыбаров. Изв. АН СССР, 27, 132, 1963.
8. Н.Н. Колесников, М.М. Колесникова. Изв. ВУЗов, физика, № 2, 48, 1960.
9. Н.Н. Колесников. Вестник МГУ № 6, 76, 1966; ЖЭТФ, 30, 889, 1956.
10. Н.Н. Колесников, А.Г. Демин. Сообщ. ОИЯИ Р6-9420, Дубна, 1976.
11. V.E. Viola, G.T. Seaborg. J. Inorg. Chem., 28, 741, 1966.
12. Н.Н. Колесников, А.П. Крылова. ЖЭТФ, 33, 274, 1957; 37, 550, 1959; Н.Н. Колесников, С.И. Ларин. ЖЭТФ, 28, 243, 1955; A. Ghiorso, S.G. Seaborg, S.G. Thompson. Phys. Rev., 95, 243, 1954. Н.Н. Колесников, И.Л. Селинов. Изв. АН СССР, 37, 1102, 1973.
13. Ю.С. Замятин. Ядерные константы. Вып. I4., Атомиздат, М., 1974; H. Gauvin et al. EPNO RC-05, Institut de Physique Nucleaire; J.C. Post Actinides Reviews Elsevier Publ. Company. Amsterdam, 1974; В.М. Горбачев, Ю.С. Замятин, А.А. Дбов. Основные характеристики изотопов тяжелых элементов, Атомиздат, М., 1970; Б.С. Джалалов, Л.К. Пекер, В.Р. Сергеев. Схемы распада радиоактивных ядер, Изв. АН СССР, М.-Л., 1963.

14. P. Escola. Phys. Rev. C), 280, 1973; A. Ghiorso et al. Phys. Rev. Lett., 33, 1940, 1974; C.E. Benis et al. Phys. Rev. Lett., 31, 647, 1973; R.J. Silva et al. Nucl. Phys., A 216, 97, 1973; P. Escola et al. Physica Fennica, 8, 357, 1973.
15. V.I. Chepigin et al. JINR Preprint E15-9064, Dubna, 1975.
16. Д.Ц. Оганесян и др. Письма в ЖЭТФ, 20, 580, 1974. Yu. Ts. Oganessian et al. Nucl. Phys. A239, 157, 1975.

Рукопись поступила в издательский отдел  
29 декабря 1975 года.