

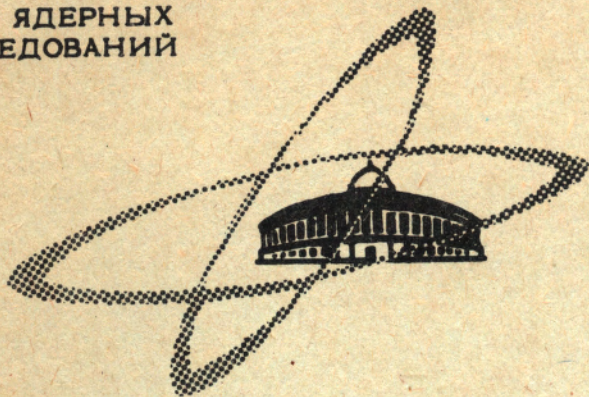
A-828

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна.

Изв. АН СССР, сер. физич. 1969

19/II-69  
т. 33, № 8, с. 1232-1243



P6 - 4234

Р. Арльт, З. Малек, Г. Музиоль, Х. Штрусный

НОВЫЕ НЕЙТРОНОДЕФИЦИТНЫЕ ИЗОТОПЫ Ta  
С МАССОВЫМИ ЧИСЛАМИ  $A = 167 \div 171$ .

СИСТЕМАТИКА  
ЗНАЧЕНИЙ ПЕРИОДОВ ПОЛУРАСПАДА  
ДЕФОРМИРОВАННЫХ  
НЕЙТРОНОДЕФИЦИТНЫХ ЯДЕР  
В ОБЛАСТИ  $150 < A < 190$

1968

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

Р6 - 4234

Р.Арльт, З.Малек, Г.Музиоль, Х.Штрусный

4694/2 пр  
НОВЫЕ НЕЙТРОНОДЕФИЦИТНЫЕ ИЗОТОПЫ Та  
С МАССОВЫМИ ЧИСЛАМИ  $A = 167 \div 171$ .

СИСТЕМАТИКА  
ЗНАЧЕНИЙ ПЕРИОДОВ ПОЛУРАСПАДА  
ДЕФОРМИРОВАННЫХ  
НЕЙТРОНОДЕФИЦИТНЫХ ЯДЕР  
В ОБЛАСТИ  $150 < A < 190$

Направлено в "Известия АН СССР"



## 1. В в е д е н и е

Взгляд на таблицу схем распада изотопов /1/ показывает, что в настоящее время сведения о свойствах короткоживущих нейтронодефицитных ядер тантала очень ограничены. Для самого легкого из известных,  $^{172}\text{Ta}$ , не только мало изучена схема распада, но даже по одному из основных параметров, периоду полураспада, имеются весьма различные данные, укладывающиеся в пределах  $24 \text{ мин} \leq T_{1/2} \leq 44 \text{ мин}$  /2,3,4/.

Целью настоящей работы является уточнение значения периода полураспада изотопа  $^{172}\text{Ta}$  и поиски изотопов тантала с массовым числом  $A < 172$ .

## 2. Экспериментальная методика

Нейтронодефицитные изотопы тантала были получены в реакции глубокого расщепления при облучении на внешнем пучке протонов синхротрона ОИЯИ с энергией 660 Мэв двух различных мишеней – из окиси ртути (5 гр) и концентрированной ренийевой кислоты (2 мл). Интенсивность пучка составляла  $\approx 5 \cdot 10^{11}$  протонов/сек. Время облучения выбиралось в пределах от 3 до 30 минут. Для транспортировки мишеней в химическую лабораторию применялась пневматическая почта /5/.

Мишени из  $\text{HgO}$  и  $\text{HReO}_4$  растворялись при нагревании в концентрированной азотной кислоте. Танталовые продукты реакции глубокого расщепления сорбировались в течение одной минуты на поверхности стекла, как это было предложено Вдовенко при отделении  $^{95}\text{Zr}$  от  $^{95}\text{Nb}$  /6/ (для количественной сорбции тантала использовалась стеклянная вата).

Стекло промывалось концентрированной  $\text{HNO}_3$  и водой, а тантал смывался с поверхности стекла смесью плавиковой и серной кислот ( $0,4 \text{ M HF}$ ,  $6 \text{ M H}_2\text{SO}_4$ ). Полная очистка производилась путем экстрагирования метилбутилкетонем <sup>/7/</sup>. При таких условиях в органическую фазу переходит 99,5% тантала. Органическая фаза промывалась смесью плавиковой и серной кислот и использовалась непосредственно в качестве препарата для измерения  $\gamma$ -спектров. Время, необходимое для получения препарата, считая с момента окончания облучения, составляло 4–6 минут. Для идентификации изотопов тантала по генетической связи с дочерними изобарами нами были проведены 4 сеанса облучения. Время облучения выбиралось от 3-х до 30 минут, время накопления дочерних изобаров во фракции тантала от 4-х до 20 минут. Дочерние изобары вымывались из органической фазы смесью  $\text{HF}$  и  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Число выделенных препаратов при этом составляло от 4-х до 7. В качестве посуды для радиоактивных жидких препаратов служили стандартизированные для нашего спектрометра тефлоновые капсулы объемом  $3 \text{ см}^3$  <sup>/8/</sup>.

Измерения  $\gamma$ -спектров производились на  $\gamma$ -спектрометре с  $\text{Ge(Li)}$ -детектором коаксиального типа с чувствительным объемом  $6,4 \text{ см}^3$  и энергетическим разрешением 4,5 кэВ для  $\gamma$ -перехода  $^{60}\text{Co}$  с энергией 1332 кэВ. Измерительная техника и методика обработки спектров подробно описаны в работе <sup>/8/</sup>.

### 3. Экспериментальные результаты

Для определения периода полураспада  $^{172}\text{Ta}$  измерялся спад интенсивности  $\gamma$ -перехода с энергией 214 кэВ, относящийся к ротационной полосе основного состояния  $^{172}\text{Hf}$ . Результат измерения периода полураспада  $^{172}\text{Ta}$  равен:  $T_{1/2} = (47 \pm 4)$  мин. Это значение совпадает со значением, полученным в работе <sup>/4/</sup>.

Идентификация  $^{171}\text{Ta}$  производилась по генетической связи с дочерними изобарами  $\text{Hf}$  <sup>/9/</sup> и  $\text{Lu}$  <sup>/1/</sup>. Для этой цели мишень облучалась 15 и 30 минут, время накопления и последовательного выделения дочерних продуктов составляло 15 и 20 минут, соответственно. На рис.1

изображены кривые распада  $^{171}\text{Ta}$ , построенные по спаду интенсивности  $\gamma$ -переходов с энергией 662 кэВ ( $^{171}\text{Hf}$ ) и 741 кэВ ( $^{171}\text{Lu}$ ) в последовательно выделявшихся через каждые 20 минут препаратах  $\text{Hf}$ . Для периода полураспада  $^{171}\text{Ta}$  было получено значение  $(25 \pm 2)$  мин. Это означает, что активность, убывающая с периодом полураспада 24 мин., которая была найдена авторами работ /2,3/ и приписана ими распаду  $^{172}\text{Ta}$  была идентифицирована неправильно.

На рис. 1 показана также кривая распада  $^{173}\text{Ta}$ , построенная по убыванию интенсивности  $\gamma$ -перехода с энергией 296 кэВ  $^{173}\text{Hf}$  в последовательно выделенных из танталовой фракции препаратах  $\text{Hf}$ . Полученное значение периода полураспада  $^{173}\text{Ta}$ , равное 3,3 часа, хорошо совпадает с литературным значением /1/, что свидетельствует о правильности проведения химических операций.

Интересно заметить, что нам не удалось идентифицировать  $\gamma$ -переходы во фракции тантала, спад интенсивности которых происходил бы с периодом полураспада  $(25 \pm 2)$  мин. Рассматриваемый при этом интервал энергий заключен в пределах от 70 до 800 кэВ. Это говорит о том, что основная часть распадов  $^{171}\text{Ta}$  происходит либо в основное состояние, либо на высокоэнергетические уровни  $^{171}\text{Hf}$ .

$\gamma$ -спектры дочерних изобаров  $^{171}\text{Hf}$  и  $^{171}\text{Lu}$  изображены на рис. 2б.

Для идентификации более легких изотопов тантала нами были проведены 4 опыта со временем облучения от 3 до 15 минут и временем накопления и последовательного выделения дочернего гафния от 4 до 6 минут.

По полученным в различных опытах результатам анализа  $\gamma$ -спектров последовательно выделенных препаратов  $\text{Hf}$  из танталовой фракции период полураспада  $^{170}\text{Ta}$  определяется равным  $(7,0 \pm 0,5)$  мин. Типичные кривые распада  $^{170}\text{Ta}$ , построенные по спаду интенсивности  $\gamma$ -переходов распада  $^{170}\text{Lu}$  /1/ и  $^{170}\text{Hf}$  /10/ в последовательно через каждые 20 и 6 минут выделяемых препаратах, изображены на рис. 1 и 3, соответственно.

Наличие изотопа  $^{169}\text{Ta}$  доказано таким же образом по дочерним изобарам  $^{169}\text{Lu}$  и  $^{169}\text{Yb}$ . Период полураспада его составляет  $(5,0 \pm 0,5)$  мин.

Кривые распада  $^{169}\text{Ta}$ , построенные по спаду интенсивности  $\gamma$ -переходов  $^{169}\text{Yb}$  с энергиями 109, 178, 198 и 308 кэВ в последовательно выделявшихся каждые 5 минут препаратах  $\text{Hf}$ , изображены на рис. 4.

Идентификация  $^{168}\text{Ta}$  тем же способом - по спаду интенсивности  $\gamma$ -переходов  $^{168}\text{Lu}$  с энергиями 88 и 199 кэВ - привела к результату  $(2,5 \pm 1,2)$  мин для периода полураспада. Соответствующая кривая распада  $^{168}\text{Ta}$  изображена на рис. 5.

Наконец, мы смогли идентифицировать наличие изотопа  $^{167}\text{Ta}$  во фракции тантала.

В последовательно через каждые 4 минуты выделяемых из танталовой фракции препаратах гафния мы наблюдали  $\gamma$ -переходы  $^{167}\text{Lu}$  с энергией 239 кэВ и  $^{167}\text{Yb}$  с энергиями 106, 113 и 176 кэВ. По убыванию интенсивности этих переходов мы определили период полураспада  $^{167}\text{Ta}$  равным  $(2,9 \pm 1,5)$  мин (рис. 5).

Для наглядности мы приводим на рис. 2 а, б  $\gamma$ -спектры первого из дочерних препаратов, выделенных из танталовой фракции и измеренных спустя 2 мин, 51 мин, 6,3 часа, 3,6 дня и 20,4 дня после выделения из танталовой фракции. На рис. 2а изображены также  $\gamma$ -спектры второго дочернего препарата, измеренные спустя 2 и 72 мин после выделения.<sup>х)</sup>

$\gamma$ -спектр танталовой фракции, выделенной из рениевой мишени после 10-минутного облучения, измерен через 7 минут после конца облучения и изображен на рис. 6. Предварительные данные о  $\gamma$ -спектре приведены в табл. 1.

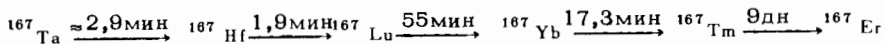
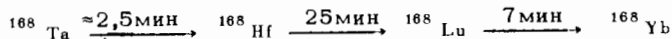
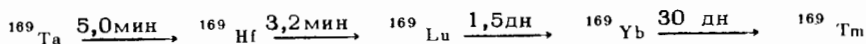
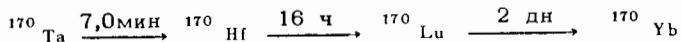
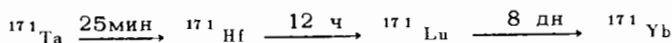
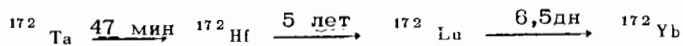
Для  $^{172}\text{Ta}$  идентификация  $\gamma$ -переходов по периоду распада убывания интенсивности довольно проста. В случае  $^{170}\text{Ta}$  можно при идентификации использовать тот факт, что  $\gamma$ -переходы с энергиями 101 и 221 кэВ известны /11/ из реакции  $^{165}\text{Ho} (^{11}\text{B}, n) ^{170}\text{Hf}$  как переходы ротационной полосы основного состояния  $^{170}\text{Hf}$ . На рис. 3 изображены кривые спада интенсивности этих переходов во фракции тантала.

Для идентификации  $\gamma$ -переходов с энергиями 369 и 493 кэВ мы построили кривые убывания их интенсивности в танталовой фракции и в гафниевой фракции (рис. 7). В танталовой фракции интенсивность обоих

х)  $\text{Hf-1}$  и  $\text{Hf-2}$  выделялись из танталовой фракции последовательно один за другим через 6 мин.

$\gamma$  - переходов сначала возрастает, а потом спадает с периодом полураспада ( $5,0 \pm 0,5$ ) мин, в то время как в гафниевой фракции наблюдается только спад интенсивности, причем с периодом полураспада 3,2 мин. Отсюда можно заключить, что данные  $\gamma$  - переходы возникают при распаде  $^{169}\text{Hf}$ . Это подтверждается и тем фактом, что отношение интенсивности этих переходов одинаковое в танталовой и гафниевой фракциях.

С учетом наших результатов цепочки распада короткоживущих нейтрондефицитных изотопов Ta имеют следующий вид:



Полученные нами результаты о периодах полураспада изотопов Ta хорошо вписываются в систематику значений периодов полураспада, обсуждаемую в следующей главе.

#### 4. Систематика значений периода полураспада деформированных нейтронодефицитных ядер в области

$$150 < A < 190$$

Большой интерес при изучении структуры атомного ядра представляет экспериментальное исследование все более короткоживущих ядер, находящихся все дальше от полосы стабильности. Этим и объясняется появление большого числа научных работ, и, в частности, настоящего исследования, по получению и идентификации пока неизвестных ядер различными методами. В этой связи представляет интерес систематика одного из основных параметров ядер - периода полураспада, - она может служить как для выявления общих и частных закономерностей, так и для предсказания периода полураспада пока неизвестных ядер. Таким образом, систематика может стать важным критерием для планировки экспериментов и понимания полученных результатов.

В этой работе мы приведем часть нашей систематики значений периода полураспада ядер, касающейся только нейтронодефицитных деформированных ядер в диапазоне  $150 < A < 190$ . На рис. 8 представлены известные в настоящее время значения периода полураспада ядер в зависимости от массового числа  $A$  для нечетных ядер. Здесь соединены между собой кривыми значения периода полураспада четырех групп нечетных ядер: нечетные и четные изотопы ( $Z = \text{const}$ ) и нечетные и четные изотопы ( $N = \text{const}$ ). Следуя за периодом полураспада нечетных изотопов и нечетных изотонов, мы замечаем в районе массового числа  $A \approx 165$  следующую особенность: ядра с массовыми числами  $A=157, 159$  и  $161$ ; находящиеся на кривой изотопов с  $Z = 67$ , распадаются с более коротким периодом полураспада, чем можно было ожидать, судя по ходу кривых соседних изотопов с  $Z = 65, 69$  и  $71$ . То же самое наблюдается для изотонов с  $N = 95$  и  $A=163, 165$  и  $167$  и изотонов с  $N = 97$  и  $A=165, 167$  и  $169$ . Разница между действительным и ожидаемым по ходу соседних кривых значениями периода полураспада достигает одного порядка. Это объясняется тем, что вероятность распада указанных изотопов и изотонов определяется главным образом ядерными переходами незадержанного разрешенного типа ( $4,4 \leq \log ft \leq 4,8$ ) между состояниями с нильс-



соновскими характеристиками  $7/2^- [523]$  и  $5/2^- [523]$ . Описанное поведение кривых повторяется также для других ядер, между которыми возможны указанные переходы (табл. 2). Ускоренный распад ядер незадержанными разрешенными переходами ведет к образованию некой "долины" значений периода полураспада в зависимости от массового числа  $A$ , как видно по кривым в верхней половине рис. 8.

Подобный эффект снижения значения периода полураспада до величины ниже ожидаемой по ходу соседних кривых наблюдается при распаде ядер, для которых возможны незадержанные разрешенные переходы между нильссоновскими характеристиками  $7/2^- [514]$  и  $9/2^- [514]$ . Однако здесь снижение не столь существенно, как в случае переходов между состояниями  $7/2^- [523]$  и  $5/2^- [523]$ . Примеры приведены также в табл. 2.

На рис. 9 представлены известные в настоящее время значения периода полураспада четно-четных и нечетно-нечетных ядер в зависимости от массового числа  $A$ . Здесь также соединены между собой кривыми значения периода полураспада четных и нечетных изотопов и изотонов. Незадержанные разрешенные  $\beta$ -переходы между состояниями с нильссоновскими характеристиками  $7/2^- [523]$  и  $5/2^- [523]$  здесь также определяют скорость распада. Образование "долины" в районе  $A \approx 164$  можно объяснить ими же. Соответствующие ядра перечислены в табл. 3. В районе массовых чисел  $A=178$  и  $180$  для изотонов с  $N = 105$  определяющими скорость  $\beta$ -распада становятся незадержанные разрешенные переходы между состояниями с нильссоновскими характеристиками  $7/2^- [514]$  и  $9/2^- [514]$ .

Систематику значений периодов полураспада, приведенную на рис. 8 и 9, можно использовать для ориентировочных предсказаний о периодах полураспада ближайших к известным неизвестных ядер, экстраполируя кривые по аналогии с соседними. В табл. 4 перечислены наши оценки периода полураспада ряда неизвестных активностей. Для оценки достоверности значений периодов полураспада, полученных при экстраполяции кривых, которые показаны на рис. 8 и 9, мы сопоставляем в табл. 5 измеренные нами периоды полураспада короткоживущих изотопов тантала с оцененными. Расхождения во всех случаях находятся в пределах

+ 300%. После окончания нашей работы мы получили сведения о периодах  $\tau$  полураспада изотопов  $^{184}\text{Hg}$  и  $^{184}\text{Au}$ , составляющими 32 сек и 1,0 мин, соответственно  $\tau/19$ . Эти значения хорошо совпадают с нашей оценкой в табл. 4.

В заключение авторы благодарят профессора К.Ф. Александра за критические замечания при чтении рукописи.

#### Л и т е р а т у р а

1. C.M.Lederer., J.M.Hollander, I.Permann. Table of Isotopes, New York, 1967.
2. F.D.S. Butement and G.V. Briscoe. J. Inorg. Nucl. Chem., 20, 171 (1961).
3. K.T. Faler, I.O. Rasmussen. Phys. Lett., 4, 207 (1960).
4. Hussein Abou-Leila. C.R. Acad. Sc. Paris, 252, 303 (1964).
5. Р. Арльт, В. Быстров, Г. Музиоль, П. Паатеро, Х. Штрусный. Препринт ОИЯИ, 13-3922, Дубна, 1968.
6. В. М. Вдовенко, Л. Н. Лазарев, Я. С. Хворостин. Радиохимия, 1,364 (1959).
7. А. И. Бусев, В. Г. Типцова, В. П. Иванов. Практическое руководство по аналитической химии редких элементов. Москва, 1966, стр. 393.
8. Р. Арльт, С. Кадыкова, А. Калинин, В. Моисеева, Г. Музиоль, М. Омельяненко, Ю. Прокофьев, Б. Семенов, А. Синаев, Н. Чистов, Х. Штрусный, Г. Эльснер. Препринт ОИЯИ, Р6-3773, Дубна, 1968.
9. J. Gizon, A. Jourdan, M. Peyrard et I. Valentin. Journal de Physique, 28, 249 (1967).
10. I.P. Husson. Journal de Physique, 28, 271 (1967).
11. F.S. Stephens, N.L. Lark and R.M. Diamond. Nucl. Phys., 63, 82 (1965).
12. J. Zylicz, P.G. Hansen, H.L. Nielson and K. Wilsky. Arkiv för Fysik., 36 Nr. 72, 643 (1967).
13. T. Tamura. Nucl. Phys., A115, 193 (1968).
14. P. Paris. Journal de Physique, 28, 388 (1967).
15. P.L. Daly and K.I. Hofstetter. Contributions: International Conference on Nuclear Structure 7-13 Sept. 1967, Tokio, Japan.

16. Р. Арльт, З. Малек, Г. Музиоль, Г. Пфреппер, Х. Штрусный. Препринт ОИЯИ, Р6-4235, Дубна, 1968.
17. Р. Арльт, Н.Г. Зайцева, Ли Чун Хи, Г. Музиоль, Х. Штрусный. Программа и тезисы докладов IXX ежегодного совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра, Ереван, 1969.
18. R.F.A.Goudsmit, J.Kouijn and F.W.N. de Boev. Contributions International Conference on Nuclear Structure , 7-13 Sept. 1967. Tokio, Japan.
19. Private communication A.Kjelberg, CERN.

Рукопись поступила в издательский отдел

29 декабря 1968 года.

Таблица 1

Данные о  $\gamma$ -переходах короткоживущих изотопов Ta

| $E_\gamma$ | (кэВ) | $I_\gamma$ | $T_{1/2}$ (мин) | Идентификация         |
|------------|-------|------------|-----------------|-----------------------|
| 76         |       |            | < 5             |                       |
| 124        |       |            | $\leq 5$        |                       |
| 154        |       |            | < 5             |                       |
| 192        |       |            | $\leq 3$        |                       |
| 95         |       |            | 47              | $^{172}\text{Ta}$     |
| 214        |       |            | 47              | $^{172}\text{Ta}$     |
| 101        |       | I          | 7               | $^{170}\text{Ta}$     |
| 221        |       | I, I5      | 7               | $^{170}\text{Ta}$     |
| 370        |       | I3         | 5               | $^{169}\text{Hf}$     |
| 494        |       | I00        | 5               | $^{169}\text{Hf}$     |
| 986        |       | -          | ~ 8             | ( $^{170}\text{Ta}$ ) |

Таблица 2  
 Нечетные ядра рассматриваемой области, между  
 которыми происходит незадержанный разрешенный  
 $\beta$  - распад

| Ядерный переход                                     | Нильссоновские состояния |   | Литература |
|---|--------------------------|---|------------|
|   | начальное                | конечное  |            |
| $^{159}\text{Ho} \longrightarrow ^{159}\text{Dy}$   |                          |   | 12         |
| $^{161}\text{Ho} \longrightarrow ^{161}\text{Dy}$   | $7/2^- [523]$            | $5/2^- [523]$   | 12         |
| $^{163}\text{Ho} \longrightarrow ^{163}\text{Dy}$   |                          |   | 12         |
| $^{163}\text{Er} \longrightarrow ^{163}\text{Ho}$   |                          |   | 12         |
| $^{165}\text{Er} \longrightarrow ^{165}\text{Ho}$   |                          |   | 12         |
| $^{165}\text{Yb} \longrightarrow ^{165}\text{Tm}$   | $5/2^- [523]$            | $7/2^- [523]$   | 13, 14     |
| $^{167}\text{Yb} \longrightarrow ^{167}\text{Tm}$   |                          |   | 12         |
| $^{169}\text{Hf} \longrightarrow ^{169}\text{Lu}$   |                          |   | 16         |
| $^{179}\text{W} \longrightarrow ^{169}\text{Ta}$    |                          |   | 12         |
| $(^{181}\text{Os} \longrightarrow ^{181}\text{Re})$ | $7/2^- [514]$            | $9/2^- [514]$   | 17, 18     |
| $^{165}\text{Tm} \longrightarrow ^{165}\text{Er}$   |                          |   | 12         |
| $^{163}\text{Tm} \longrightarrow ^{163}\text{Er}$   | $1/2^+ [411]$            | $3/2^+ \begin{matrix} 1/2^+ [411] \\ 7/2^- [523] \\ 5/2^- [523] \end{matrix}$ | 12         |

Таблица 3

Четно-четные и нечетно-нечетные ядра рассматриваемой области, между которыми происходит незадержанный разрешенный бета-распад

| Ядерный переход   | Нильссоновские состояния                                     |  | Литература     |
|---|--|--|----------------|
|   | начальное  | конечное   |                |
| $^{166}\text{Tb} \rightarrow ^{166}\text{Tm}$<br>$^{164}\text{Tb} \rightarrow ^{164}\text{Tm}$  | $0^+$  | $1^+ \begin{matrix} 7/2^- [523] \\ 5/2^- [523] \end{matrix}$                               | 12<br>12       |
| $^{164}\text{Tm} \rightarrow ^{164}\text{Er}$<br>$^{164}\text{Ho} \rightarrow ^{164}\text{Dy}$<br>$^{162}\text{Ho} \rightarrow ^{162}\text{Dy}$ | $1^+ \begin{matrix} 7/2^- [523] \\ 5/2^- [523] \end{matrix}$ | $0^+$  | 12<br>12<br>12 |
| $^{162}\text{Ho} \rightarrow ^{162}\text{Dy}$   | $6^- \begin{matrix} 7/2^- [523] \\ 5/2^+ [642] \end{matrix}$ | $5^- \begin{matrix} 5/2^- [523] \\ 5/2^+ [642] \end{matrix}$                               | 12             |
| $^{160}\text{Ho} \rightarrow ^{160}\text{Dy}$   | $5^+ \begin{matrix} 7/2^- [523] \\ 3/2^- [521] \end{matrix}$ | $4^+ \begin{matrix} 5/2^- [523] \\ 3/2^- [521] \end{matrix}$                               | 12             |
| $^{166}\text{Tm} \rightarrow ^{166}\text{Er}$   | $2^+ \begin{matrix} 1/2^+ [411] \\ 5/2^+ [642] \end{matrix}$ | $3^+ \begin{matrix} 1/2^+ [411] \\ 7/2^- [523] \\ 5/2^- [523] \\ 5/2^+ [642] \end{matrix}$ | 12             |
| $^{178}\text{Ta} \rightarrow ^{178}\text{Hf}$   | $1^+ \begin{matrix} 9/2^- [514] \\ 7/2^- [514] \end{matrix}$ | $0^+$  | 12             |
| $^{178}\text{Ta} \rightarrow ^{178}\text{Hf}$   | $7^- \begin{matrix} 7/2^+ [404] \\ 7/2^- [514] \end{matrix}$ | $8^- \begin{matrix} 7/2^+ [404] \\ 9/2^- [514] \\ 7/2^+ [514] \\ 9/2^- [624] \end{matrix}$ | 12             |
| $^{180}\text{Re} \rightarrow ^{180}\text{W}$  | $1^- \begin{matrix} 7/2^- [514] \\ 5/2^+ [402] \end{matrix}$ | $2^- \begin{matrix} 9/2^- [514] \\ 5/2^+ [402] \end{matrix}$                               | 15             |

Таблица 4

Периоды полураспада некоторых ядер, полученные  
методом экстраполяции кривых образующих сеток  
(рис. 9 и 10)

| Ядро              | $T_{1/2}$ (мин) |
|-------------------|-----------------|
| $^{145}\text{Tb}$ | $\sim 0,4$      |
| $^{151}\text{Er}$ | $\sim 0,08$     |
| $^{155}\text{Er}$ | $\sim 4$        |
| $^{157}\text{Tm}$ | $\sim 1,5$      |
| $^{155}\text{Tm}$ | $\sim 0,15$     |
| $^{161}\text{Yb}$ | $\sim 4$        |
| $^{159}\text{Yb}$ | $\sim 0,8$      |
| $^{163}\text{Lu}$ | $\sim 2$        |
| $^{161}\text{Lu}$ | $\sim 0,3$      |
| $^{171}\text{W}$  | $\sim 0,9$      |
| $^{175}\text{Os}$ | $\sim 1$        |
| $^{173}\text{Os}$ | $\sim 0,12$     |
| $^{171}\text{Re}$ | $\sim 0,8$      |
| $^{179}\text{Ir}$ | $\sim 2$        |
| $^{181}\text{Ir}$ | $\sim 4$        |
| $^{160}\text{Yb}$ | $\sim 3,5$      |
| $^{164}\text{Hf}$ | $\sim 2$        |
| $^{170}\text{W}$  | $\sim 2$        |
| $^{174}\text{Os}$ | $\sim 1$        |
| $^{184}\text{Au}$ | $\sim 2,5$      |
| $^{184}\text{Hg}$ | $\sim 0,5$      |
| $^{190}\text{Tl}$ | $\sim 2,5$      |

Таблица 5

Сравнение экспериментального значения периодов  
полураспада короткоживущих изотопов тантала с  
оцененными

| Ядро              | $T_{I/2}$ эксп. (мин) | $T_{I/2}$ оцен. (мин) |
|-------------------|-----------------------|-----------------------|
| Ta <sup>172</sup> | $47 \pm 4$            | ~30                   |
| Ta <sup>171</sup> | $25 \pm 2$            | ~40                   |
| Ta <sup>170</sup> | $7,0 \pm 0,5$         | ~7                    |
| Ta <sup>169</sup> | $5,0 \pm 0,5$         | ~6                    |
| Ta <sup>168</sup> | $2,5 \pm 1,2$         | ~2,5                  |
| Ta <sup>167</sup> | $2,9 \pm 1,5$         | ~1                    |



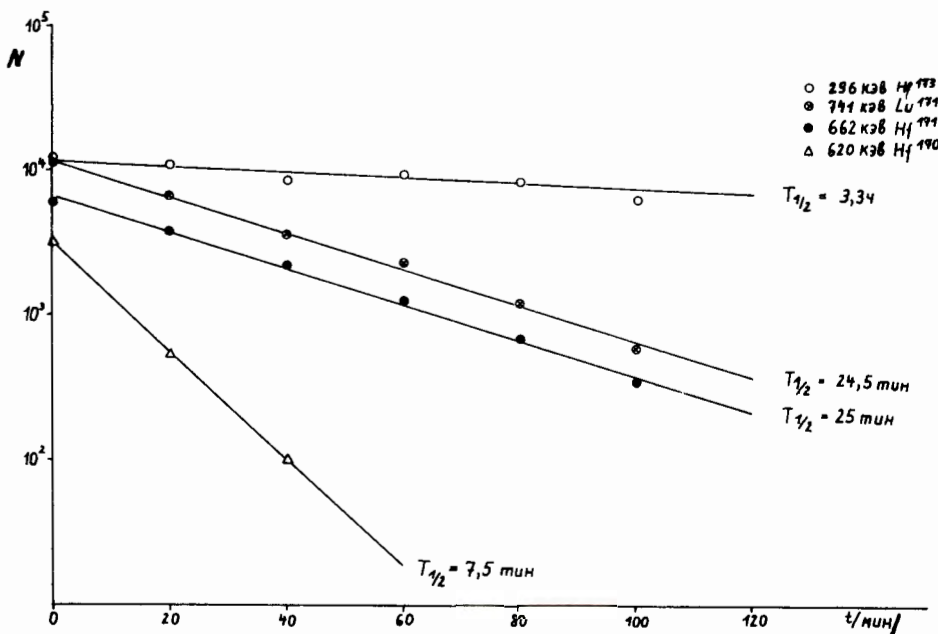


Рис.1. Кривые распада изотопов <sup>170</sup>Ta, <sup>171</sup>Ta и <sup>173</sup>Ta, построенные по убыванию интенсивности  $\gamma$ -переходов распада изобаров <sup>170</sup>Hf (572 кэВ), <sup>171</sup>Hf (662 кэВ), <sup>171</sup>Lu (741 кэВ) и <sup>173</sup>Hf (296кэВ).

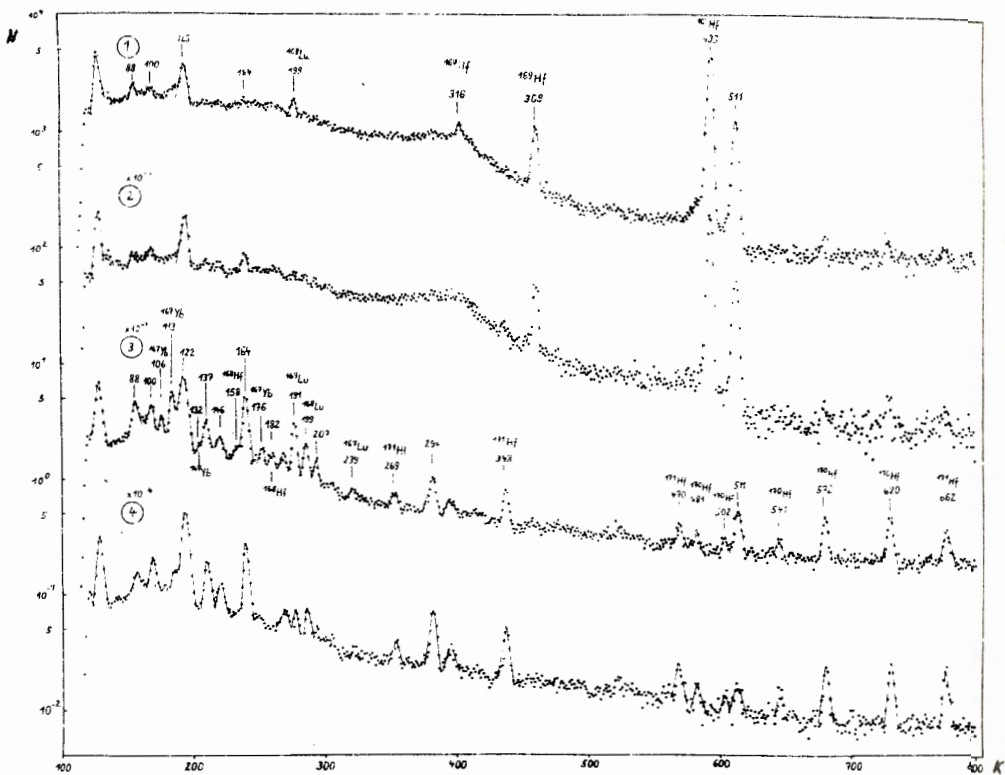


Рис.2а.1 и 2 -  $\gamma$ -спектры Hf-1 и Hf-2 , измеренные через 2 мин после выделения из танталовой фракции; 3 и 4 -  $\gamma$ -спектры Hf-1 и Hf-2 , измеренные соответственно через 51 и 72 мин после выделения.



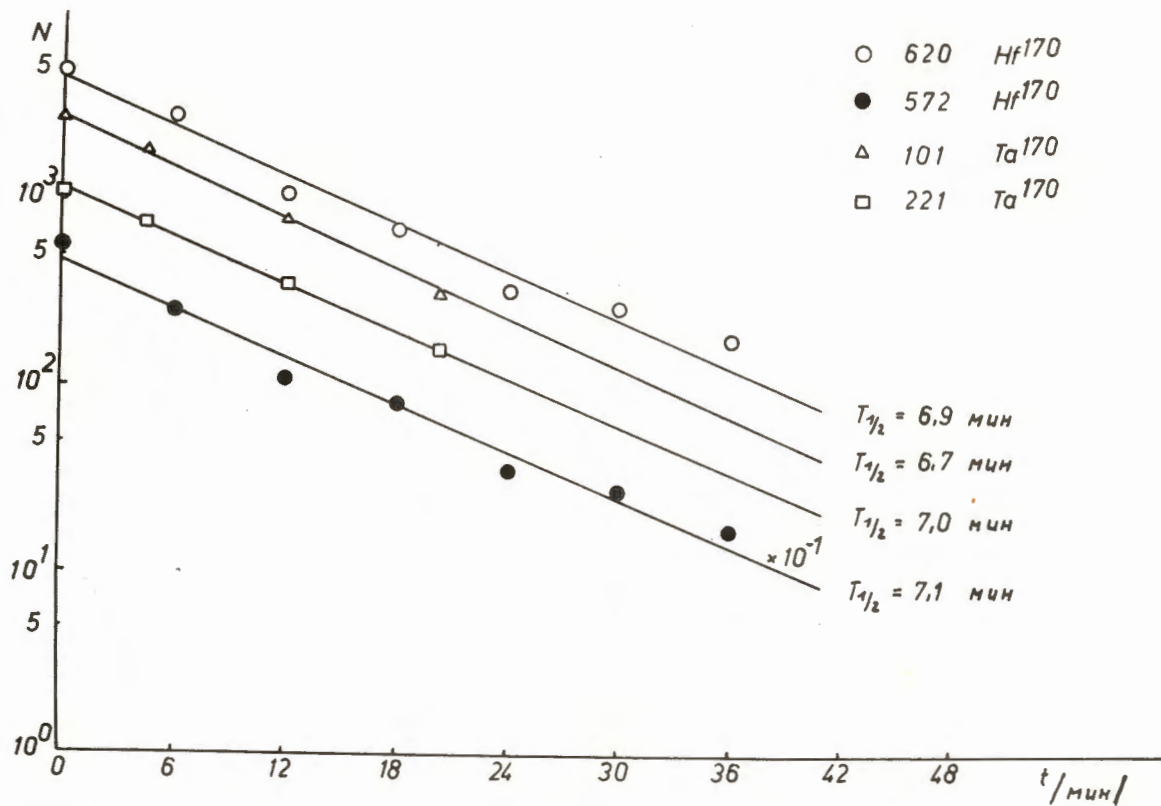


Рис.3. Кривые распада  $^{170}\text{Ta}$ , построенные по спадку интенсивностей  $\gamma$ -переходов распада  $^{170}\text{Hf}$  с энергией 572 и 620 кэв и распада  $^{170}\text{Ta}$  с энергией 101 и 221 кэв.

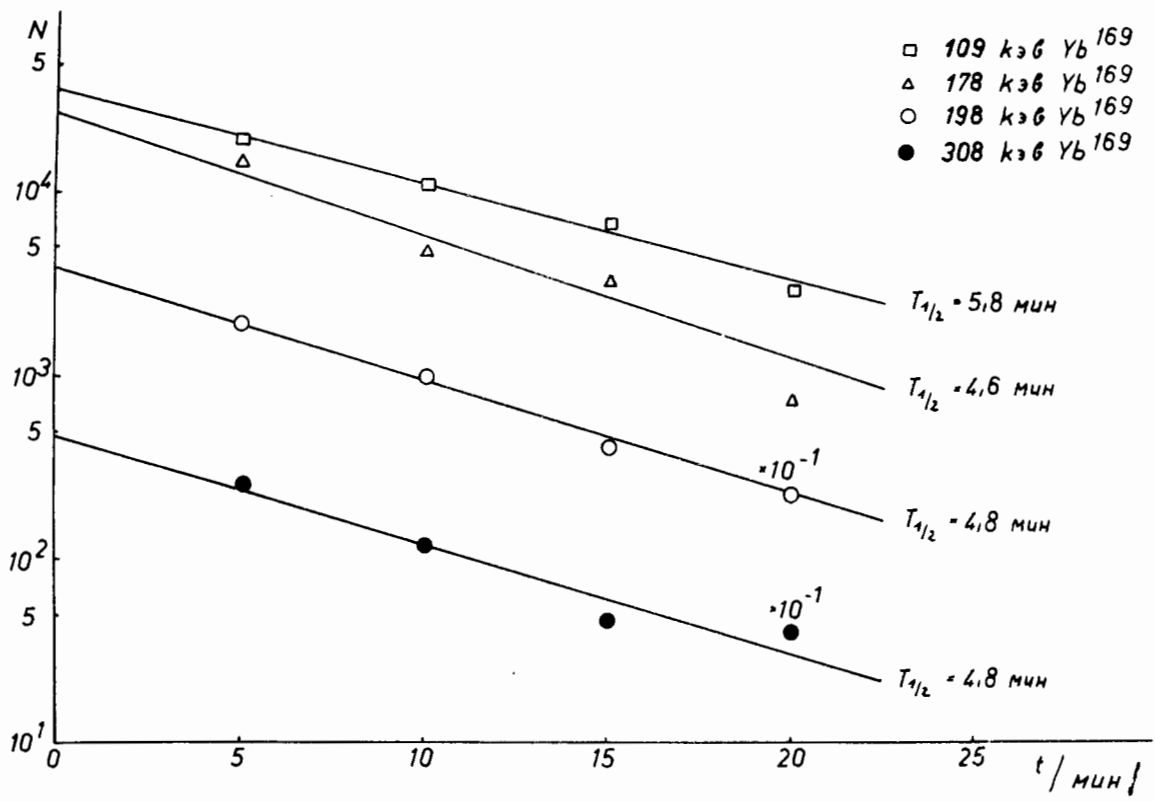


Рис.4. Кривые распада изотопа  $^{169}Tm$ , построенные по убыванию интенсивностей  $\gamma$ -переходов  $^{169}Yb$  (109, 178, 198 и 308 кэВ).

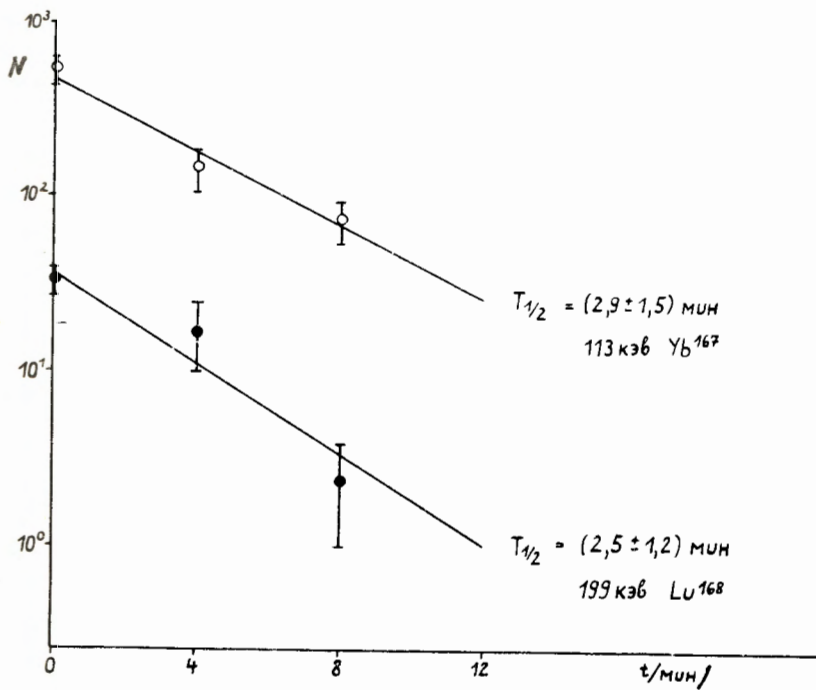


Рис.5. Кривые распада  $^{168}\text{Ta}$  и  $^{167}\text{Ta}$ , построенные по убыванию интенсивностей  $\gamma$ -переходов распада  $^{168}\text{Lu}$  (199 кэВ) и  $^{167}\text{Yb}$  (113 кэВ).

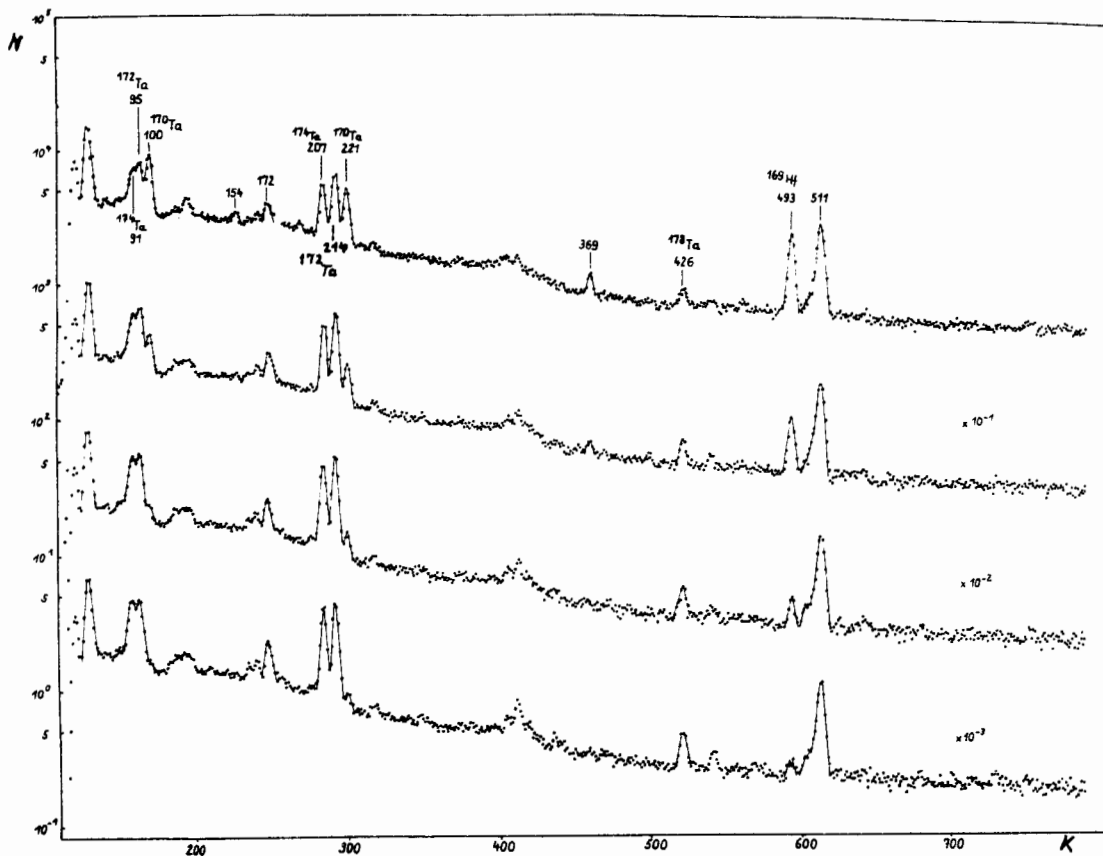


Рис.6.  $\gamma$  - спектр танталовой фракции, измеренный через 7 мин после конца облучения. Продолжительность измерения 10 мин, интервал времени между измерениями 11,5 мин.

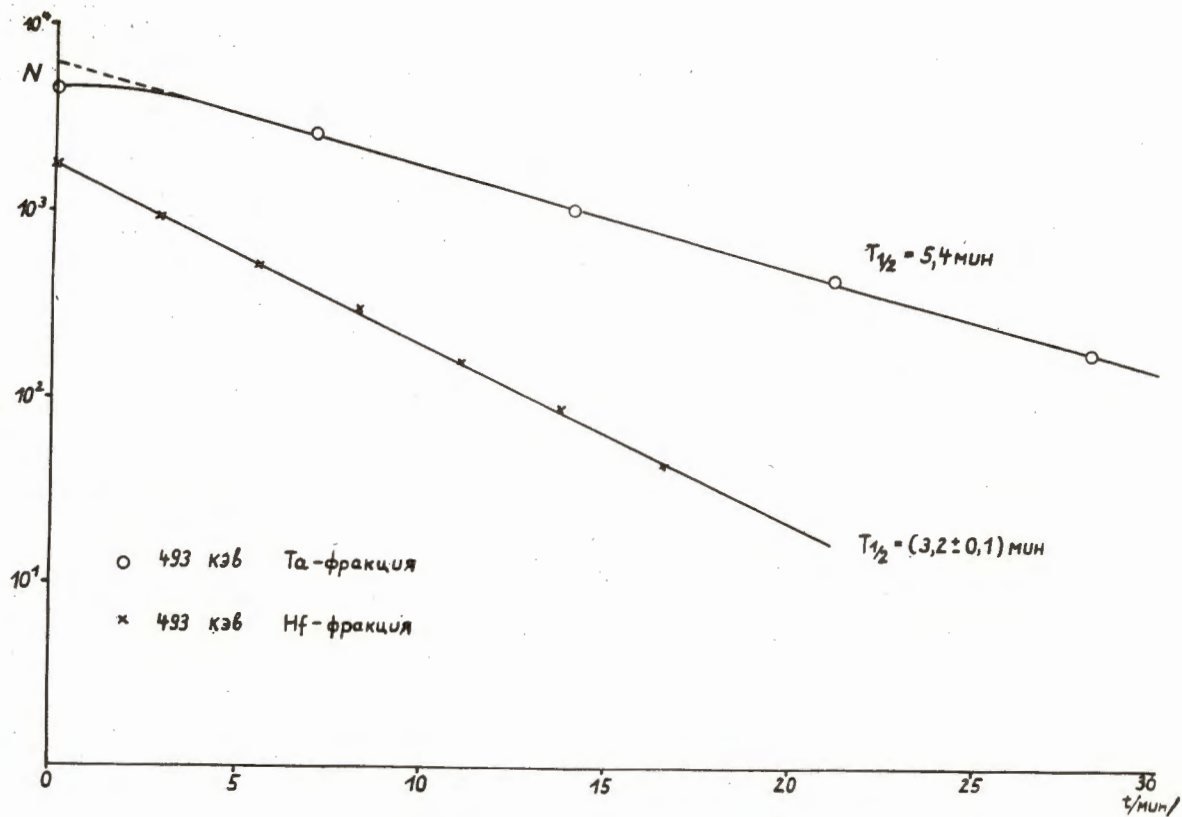


Рис.7. Спад интенсивности  $\gamma$ -перехода с энергией 493 кэв во фракциях Та и Нф.



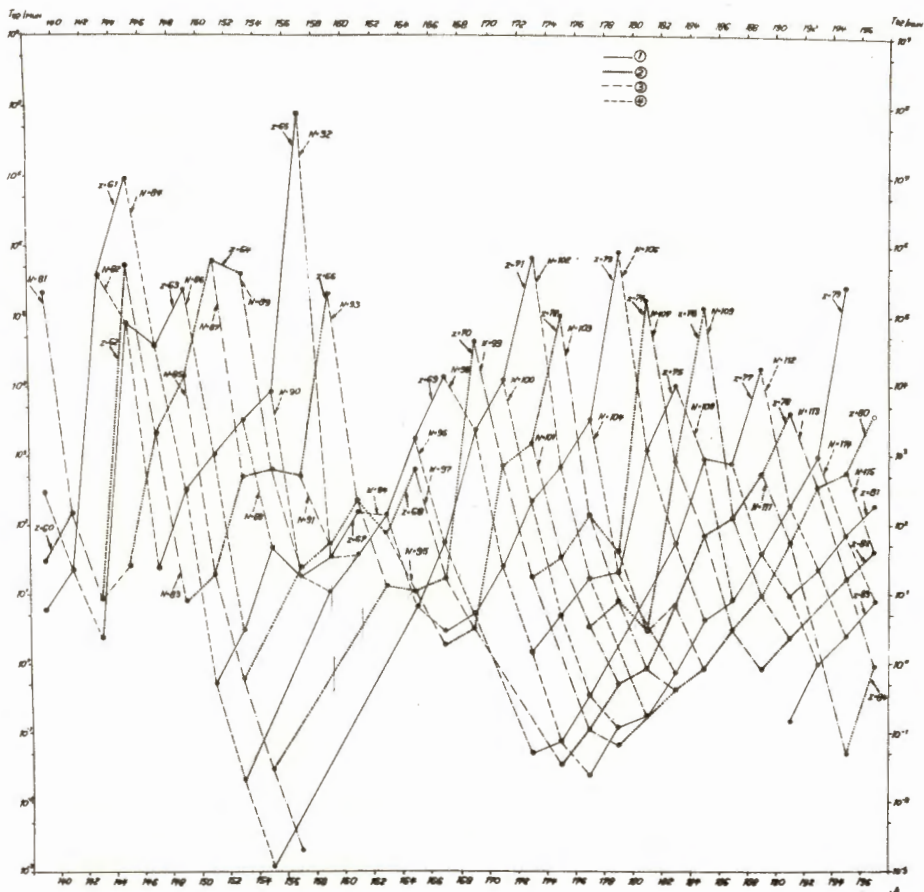


Рис.8. Систематика значений периода полураспада нейтронодефицитных ядер с нечетным  $A$  в области  $150 < A < 190$ .

| Кривая    | Z               | N                | Ядро           |
|-----------|-----------------|------------------|----------------|
| 1 —————   | const, нечетное | четное           | нечетно-четное |
| 2 .....   | const, четное   | нечетное         | четно-нечетное |
| 3 -.-.-.- | четное          | const., нечетное | четно-нечетное |
| 4 -----   | нечетное        | const., четное   | нечетно-четное |

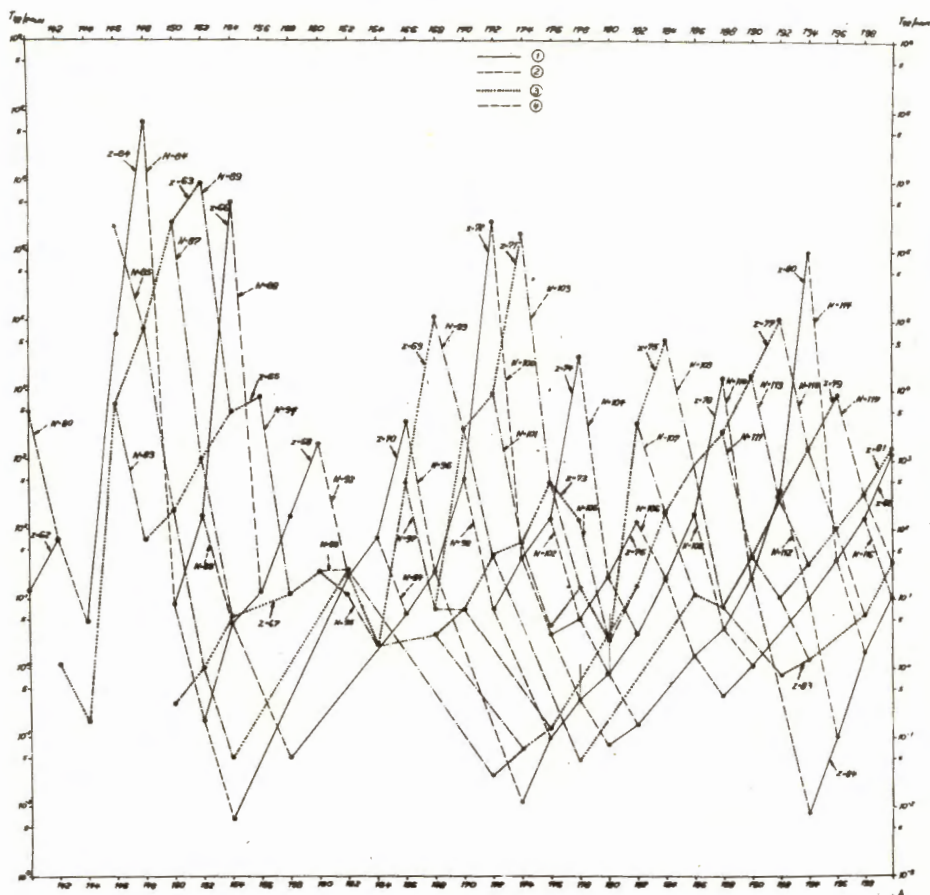


Рис.9. Систематика значений периода полураспада нейтронодефицитных ядер с четным  $A$  в области  $150 < A < 190$ .

| Кривая        | Z                | N                | Ядро             |
|---------------|------------------|------------------|------------------|
| 1 —————       | const., четное   | четное           | четно-четное     |
| 2 - - - - -   | четное           | const., четное   | четно-четное     |
| 3 . . . . .   | const., нечетное | нечетное         | нечетно-нечетное |
| 4 - . - . - . | нечетное         | const., нечетное | нечетно-нечетное |