

порций Sr^{90} —после 20—30-дневной выдержки, т. е. после достижения равновесия Sr^{90} (19,9 года) $\rightarrow \text{Y}^{90}$ (65 час.). Кроме того, были исследованы другие образцы U^{235} , подвергшиеся кратковременному облучению, в которых также определялся выход Sr^{90} .

В последних опытах число делений, происшедших в образце, находилось по количеству другого изотопа стронция— Sr^{89} , выход которого, по литературным данным, принимался равным 5,6% [4]. Результаты измерений приведены в таблице.

Сопоставление выходов Sr^{90} при длительном и кратковременном облучении показывает, что Sr^{90} и его предшественники по цепочке с $A=90$ не имеют значительных сечений поглощения нейтронов.

Из приведенных значений выхода Sr^{90} более надежным является значение $(4,56 \pm 0,08)\%$, найденное в опытах с длительно облученным образцом урана.

ЛИТЕРАТУРА

1. R. J. Powers, A. F. Voight, Phys. Rev. 79, 175 (1950).
2. D. J. Hughes, J. A. Harvey, Neutron Cross Sections. McGraw-Hill Comp., N. Y., 1955.
3. Г. М. Кукавадзе, Л. Л. Гольдин, М. П. Аникина, Б. В. Эршлер, Физические исследования (Доклады советской делегации на Международной конференции по мирному использованию атомной энергии). Изд. АН СССР, 1955, стр. 155.
4. E. P. Steinberg, J. A. Seiler, A. Goldstein, A. Dudley, AEC Declassified Document MDDC-1632, 1948.

Поступила в редакцию 5 XI 1956 г.

О ВЫХОДАХ ИЗОТОПОВ РЕДКИХ ЗЕМЕЛЬ ПРИ ДЕЛЕНИИ Pu^{239} КОТЛОВЫМИ НЕЙТРОНАМИ

Л. М. Крижанский, Я. Малый, А. Н. Мурин, Б. К. Преображенский

В 1956 г. появились краткие предварительные сообщения о масс-спектрометрическом определении выходов некоторых продуктов деления плутония котловыми нейтронами. Флеминг и Тодде определили при этом относительные выходы изотопов ксенона [1], Вайлс, Петруска и Томлинсон—выходы цезия, церия, неодима и самария [2]. Результаты подобных измерений представлены на рисунке сплошной кривой.

Пунктиром проведена кривая выходов по радио-химическим данным.

Нами были также выполнены масс-спектрометрические определения выходов ряда продуктов деления Pu^{239} . При этом, как и в работе [2], мы не отделяли плутоний от продуктов деления и не разделяли последние по фракциям химическим путем, а прямо проводили масс-спектрометрический анализ осадка азотнокислого раствора плутония и его продуктов деления, последовательно меняя (от элемента к элементу) температуру нити источника.

Полученные нами значения относительных выходов изотопов церия, неодима, самария, а также цезия даны в табл. 1—3. Там же для сравнения приведены данные Вайлса и его сотрудников.

Сходимость результатов, полученных нами и Вайлсом во всех случаях, кроме Ce^{140} и Cs^{133} , является хорошей.

Значительно более низкое значение выхода Cs^{133} , полученное нами, может быть объяснено как загрязнениями природным цезием в опытах Вайлса, так и частичной потерей нами предшественника $\text{Cs}^{133} \rightarrow \text{Xe}^{133}$ ($T=5,2$ дня) в процессе облучения.

В случае же Ce^{140} последнее объяснение невозможно, так как среди его предшественников отсутствуют долгоживущие газообразные или летучие элементы. Надо заметить, что интегральный поток нейтронов в наших опытах был значительно больше, чем в опытах Вайлса, достигая $2,7 \cdot 10^{20}$ нейтр./см² при массе мишени 57,4 мг. Благодаря этому содержание церия в препарате достигало 0,5 мг. и возможные загрязнения природным цезием как самой мишени,

*) Измерен по выходу реакции $\text{Co}^{59} (n, \gamma) \text{Co}^{60}$ ($\tau=35$ барн) [3]. Активность Co^{60} определена на 4-счетчике и по γ -активности сравнением с эталонным препаратом радия. Точность определения $1 \pm 2\%$. Практически тот же результат дает непосредственное определение потока по изотопному составу плутония после облучения, измеренному на масс-спектрометре. Поправка на самопоглощение нейтронов в мишени (плутоний) вводилась согласно [4] и [5].

Таблица 1

Относительные выходы изотопов церия и неодима

Изотопы	По данным авторов	По данным работы [2]
$\text{Ce}^{140}/\text{Ce}^{142}$	$0,85 \pm 0,01$	$1,11 \pm 0,02$
$\text{Ce}^{142}/\text{Ce}^{142}$	1,00	1,00
$\text{Ce}^{144}/\text{Ce}^{142}$	$0,79 \pm 0,04^1)^2)$	$0,77 \pm 0,02^1)$
$\text{Nd}^{143}/\text{Nd}^{143}$	1,00 ³⁾	1,00 ³⁾
$\text{Nd}^{144}/\text{Nd}^{143}$	$0,840 \pm 0,006^1)^2)$	$0,836 \pm 0,006^1)$
$\text{Nd}^{145}/\text{Nd}^{143}$	$0,666 \pm 0,002$	$0,681 \pm 0,002$
$\text{Nd}^{146}/\text{Nd}^{143}$	$0,557 \pm 0,002$	$0,561 \pm 0,005$
$\text{Nd}^{148}/\text{Nd}^{143}$	$0,362 \pm 0,005^4)$	$0,379 \pm 0,002$
$\text{Nd}^{150}/\text{Nd}^{143}$	$0,220 \pm 0,002$	$0,219 \pm 0,002$

¹⁾ Введена поправка на распад Ce^{144} ($T=282$ дня).

²⁾ При расчете поправки на распад Ce^{144} учтено выгорание Pu^{239} в процессе облучения.

³⁾ Введена поправка на реакцию $\text{Nd}^{143} (n, \gamma) \text{Nd}^{144}$ ($\tau=334$ барн).

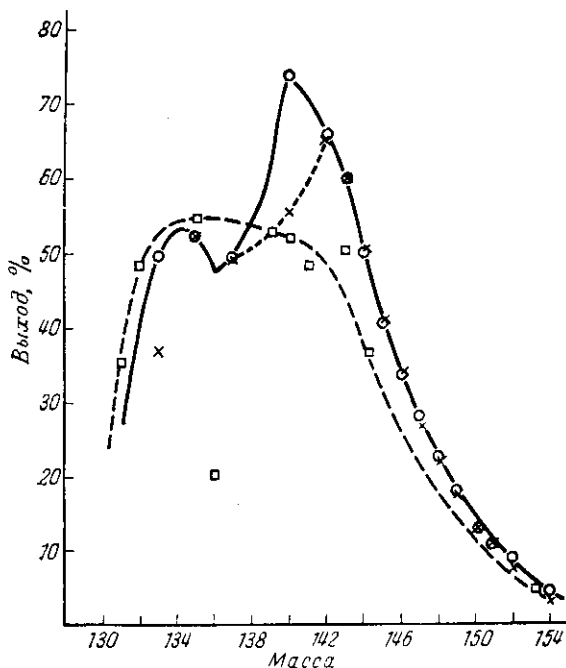
⁴⁾ Введена поправка на загрязнение природным Sm^{148} (см. примечание 4 к таблице 2).

Отношение $\text{Nd}^{148}/\text{Nd}^{142}$ без поправки составляет $0,370 \pm 0,005$.

так и из реактивов не могли иметь существенного значения.

В опытах Вайлса интегральный поток составлял $2,2 \cdot 10^{19}$ нейтр/см² при массе мишени 6 мг, т. е. примерно в 9 раз меньше; таким образом, выход Cs^{140} в этих опытах был почти в 100 раз меньше, и природные загрязнения, возможно, становились заметными.

Полученные нами результаты изображены на рисунке крестиками. Точки, соответствующие выходам Nd^{143} и Cs^{137} , совмещены с точками, соответствующими результатам Вайлса.



Кривая выходов для деления Pu^{239} на тепловых нейтронах в области масс 130—154.

○—по данным работы [2] (сплошная кривая); □—по радиохимическим данным (пунктирная кривая); ×—по данным авторов статьи.

Выход изотопов цезия нормализован по сравнению выходов Cs^{144} и Nd^{144} обычным методом [2]. Выходы изотопов самария (подобно тому как это сделано в работе [2]) нормализованы так, чтобы они лежали на «гладкой» кривой выходов.

Точки, соответствующие выходам изотопов ксенона, на рисунке не приведены, так как их абсолютное значение определяется выходом Cs^{133} , значения которого, полученные в нашей работе и работе Вайлса, сильно расходятся.

Подробное обсуждение результатов с точки зрения сравнения их с теорией Паппаса [6] должно быть отложено до окончания дополнительных опытов. Тем не менее можно подтвердить наличие тонкой структуры в области масс 135—137 в случае деления Pu^{239} тепловыми нейтронами.

Таблица 2

Относительные выходы изотопов самария при делении

Масса	По данным авторов		По данным работы [2]
	с поправкой на загрязнение природным самарием	без поправки на природный самарий	
147	$1,52 \pm 0,04^2)^3$	$1,54 \pm 0,04^2)^3$	$1,56 \pm 0,04^2)^4$
149	1,00	1,00	1,00
151	$0,632 \pm 0,01$	$0,602 \pm 0,02$	$0,610 \pm 0,02$
152	$0,414 \pm 0,01$	$0,465 \pm 0,02$	$0,492 \pm 0,02$
154	$0,160 \pm 0,003$	$0,220 \pm 0,003$	$0,220 \pm 0,009$
148 ¹⁾	—	$0,034 \pm 0,001$	—

¹⁾ Масса 148—за счет загрязнения природным самарием.

²⁾ Введена поправка на распад Pm^{147} ($T=2,52$ года) [2].

³⁾ При введении поправки на распад Pm^{147} учтено выгорание Pu^{239} в процессе облучения.

⁴⁾ В работе [2] поправку на природный самарий не вводили.

Таблица 3

Относительный выход изотопов цезия при делении

Масса	По данным авторов	По данным работы [2]
137	1,00 ¹⁾	1,00 ¹⁾
135	$1,06 \pm 0,10^2$	$1,058 \pm 0,15^2$
133	$0,446 \pm 0,002$	$1,005 \pm 0,005$

¹⁾ Введена поправка на распад Cs^{137} ($T=26,6$ года) [2].

²⁾ Введена поправка на реакцию $\text{Xe}^{135}(n, \gamma) \text{Xe}^{136}$ ($\tau=3,5 \cdot 10^6$ барн).

Поступила в редакцию 29 IX 1956 г.

ЛИТЕРАТУРА

- W. Fleming, H. Thode, Can. J. Chem. 34, 193 (1956).
- D. Wiles, J. Petruska, R. Tomlinson, Can. J. Chem. 34, 227 (1956).
- Д. Юз, Нейтронные исследования на ядерных котлах. Изд. ИЛ, 1954.
- J. Petruska, A. Melaike, R. Tomlinson, Can. J. Phys. 33, 640 (1955).
- K. Case, F. Hoffman, G. Placzek, Introduction to the theory of neutron diffusion. Vol. I Los-Alamos, 1953.
- A. C. Pappas, The distribution of nuclear charge in low energy fission (Доклад № 881, представленный на Международную конференцию по мирному использованию атомной энергии, 1955).