

Накопление Cf^{252} в центральном канале реактора СМ-2

В. Д. ГАВРИЛОВ, Ю. С. ЗАМЯТНИН, В. В. ИВАНЕНКО, Г. Н. ЯКОВЛЕВ

УДК 621.039.531:621.039.572

Одной из актуальных задач в области получения трансплутониевых элементов (ТПЭ) является разработка неdestructивных методов контроля процессов их накопления в облучаемых образцах. Высокий удельный выход нейтронов при спонтанном делении Cf^{252} дает возможность контролировать его накопление по нарастанию нейтронной активности облучаемой ампулы, периодически извлекаемой из канала реактора. Исследование таких ампул выполняется, как правило, в условиях высокого γ -фона, поэтому одним из главных требований, предъявляемых к детектору нейтронов, является его малая чувствительность к γ -излучению. В настоящей работе излагаются основные результаты применения активационных детекторов для контроля накопления Cf^{252} в центральном канале реактора СМ-2.

Выход нейтронов из ампул определялся по активации золотых и индиевых фольг в водном бассейне. Предварительная калибровка фольг выполнялась полоний-бериллиевым и калифорниевым источниками известной активности. Измерения наведенной β -активности проводились на 2л-пропорциональном счетчике; пространственное распределение нейтронов определялось до расстояний 40—50 см от оси ампулы. Поскольку источники имели небольшие размеры (10—15 мм), а ампулы являлись протяженными источниками (~ 250 мм), при калибровке проводилась имитация равномерно протяженного источника. Имитация обеспечивалась возвратно-поступательным движением калибровочного источника с амплитудой колебаний, равной длине активной части ампулы.

Неравномерность распределения стартового вещества в ампулах и различие в плотности нейтронного потока реактора приводят к неравномерному накоплению калифорния по высоте ампулы. Знание пространственного распределения нейтронов от точечного источника позволяет расчетным путем оценить погрешность, возникающую при исследовании протяженного источника с неравномерным распределением активности. Наши расчеты показали, что смещение максимума накопления калифорния по высоте ампулы на 20—30 мм относительно геометрического центра дает погрешность $\sim 3\%$ а двух-, трехкратное превышение накопления калифорния в центре относительно концов — $\sim 10\%$. Для секционных ампул с дискретным

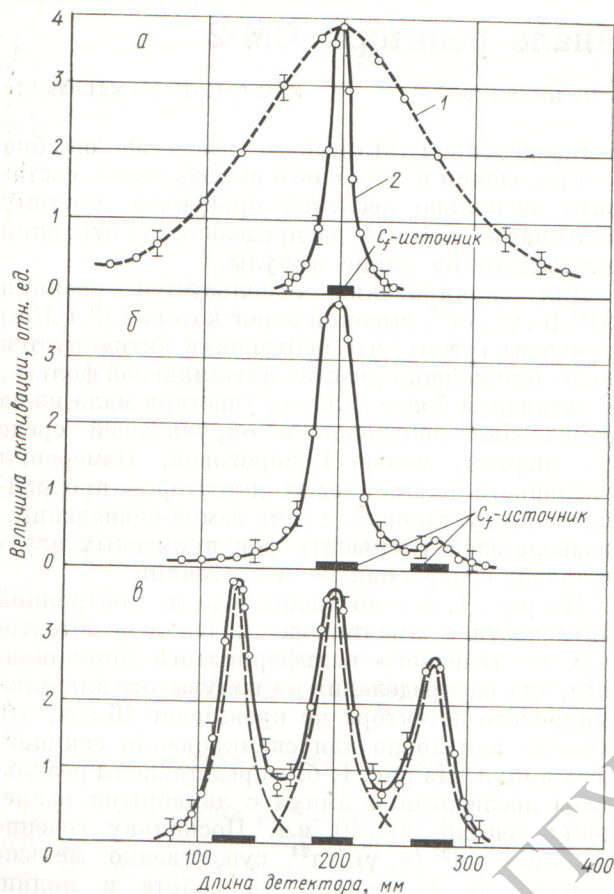
распределением стартового вещества ошибка в определении нейтронного выхода может составить несколько десятков процентов, поэтому необходимо изучить распределение нейтронной активности по длине ампулы.

Для сканирования используется реакция $\text{Al}^{27}(n, \gamma)\text{Na}^{24}$, высокий порог которой (3,1 Мэв) приводит к тому, что нейтронами активируется лишь ближайший участок алюминиевой фольги, а активация более далеких участков мала из-за замедления нейтронов в окружающей среде до энергии, меньшей пороговой. Измерения активности алюминиевых детекторов проводились на установке гамма-гамма-совпадений, позволившей уменьшить фон примесных излучателей, содержащихся в алюминии.

На рис. 1, а дано распределение нейтронной активности в алюминиевом и золотом детекторах от точечного калифорниевого источника. Ширина распределения на полувысоте для алюминиевого детектора не превышает 16 мм, что вполне достаточно для сканирования секционных ампул. На рис. 1, б, в представлены результаты исследования ампул с линейными размерами секций 30—40 мм. Поскольку сечение реакции $\text{Al}^{27}(n, \gamma)\text{Na}^{24}$ существенно меньше сечений (n, γ) -реакций на золоте и индии, использование алюминиевых детекторов целесообразно для исследования образцов, содержащих более 50 мкг Cf^{252} .

Комбинированное использование активационных детекторов обеспечило получение кривых нарастания нейтронной активности в ампулах при интегральных нейтронных потоках от $0,5 \times 10^{22}$ до $7,0 \cdot 10^{22}$ нейтр/см² (рис. 2). Регистрируемая нейтронная активность обусловлена трансплутониевыми элементами, накапливающимися в процессе облучения. На начальной стадии облучения, когда Cf^{252} в образцах мало, большой вклад в суммарную нейтронную активность дают Sm^{244} , на конечной стадии Cf^{254} .

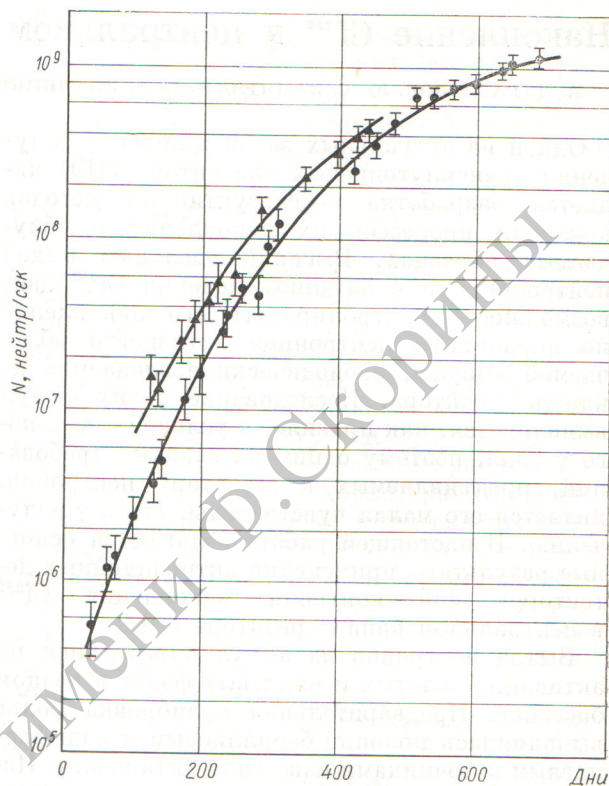
Доля нейтронов спонтанного деления Cf^{254} , измеренная в дополнительном эксперименте по соотношению скоростей α -распада и спонтанного деления для калифорниевой фракции, полученной при облучении Pu^{242} интегральным потоком $6 \cdot 10^{22}$ нейтр/см², составила 21% общего числа регистрируемых нейтронов. Исходя из этой величины расчетным путем были внесены поправки на содержание Cf^{252} на различных этапах облучения. Кривые, представленные на



Р и с. 1. Активация золотых (1) и алюминиевых детекторов (2) калифорниевыми источниками: а — калифорниевый источник (длина 12 мм); б, в — секционные ампулы (длина 30 мм).

рис. 3, характеризуют накопление Cf^{252} из Pu^{242} и Am^{243} . Погрешности в определении количества Cf^{252} на начальном этапе облучения обусловлены в основном неточностью расчета содержания Sm^{244} в образцах. Сближение кривых, соответствующих накоплению калифорния из Pu^{242} и Am^{243} , представляется логичным, так как выгоранием Pu^{242} за счет реакции (n, f) можно пренебречь.

Целесообразно сравнить экспериментальные кривые накопления Cf^{252} с расчетными [1, 2]. Следует иметь в виду, что возможен сдвиг экспериментальных и расчетных кривых из-за неточного знания интегральных потоков. Кроме того, изменение плотности нейтронного потока в канале реактора по высоте ампулы приводит к тому, что количество Cf^{252} , образовавшегося в центре и на концах ампулы, может отличаться в несколько раз. В таких условиях общий ход



Р и с. 2. Нейтронный выход при спонтанном делении трансплутониевых элементов, образующихся в результате облучения 1 г Pu^{242} и Am^{243} в центральном канале реактора СМ-2: Δ — Am^{243} , $\bullet$ — Pu^{242} .

накопления Cf^{252} во всей ампуле нельзя описать усредненным значением нейтронного потока. Поэтому можно говорить только о качественном согласии экспериментальных и расчетных кривых (см. рис. 3).

Скорость накопления Cf^{252} в реакторе СМ-2 может быть сопоставлена с аналогичными данными, опубликованными для высокопоточного реактора HFIR [3]. Из сравнения кривых накопления можно сделать вывод, что для реактора HFIR не наблюдается такого увеличения скорости накопления Cf^{252} , как на СМ-2, которого можно было бы ожидать исходя из соотношения плотностей нейтронных потоков. Этот факт, очевидно, можно объяснить большей жесткостью спектра нейтронов в реакторе СМ-2.

Авторы выражают благодарность В. А. Ануфриеву, А. Д. Кусовникову, А. И. Кушнarenко, В. Г. Полухову, Г. И. Романову и Э. С. Шевцовой за помощь при выполнении отдельных этапов работы.

Поступила в Редакцию 17/XI 1972 г.

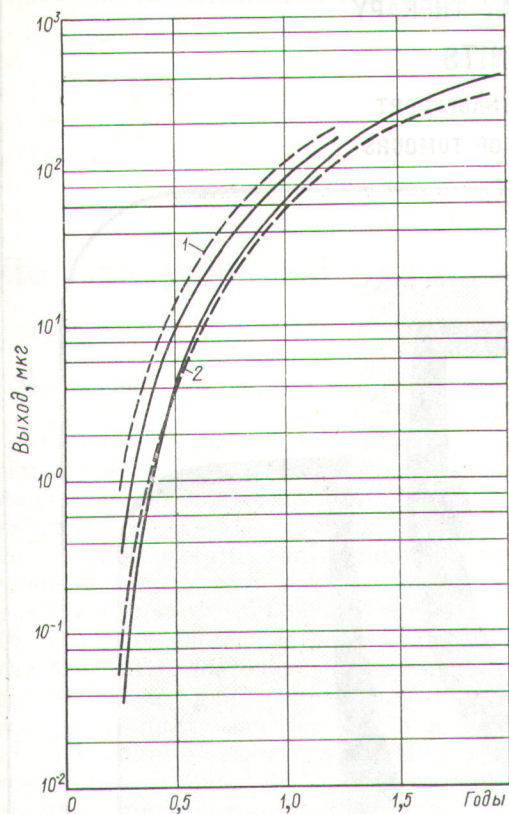


Рис. 3. Накопление Cf^{252} при облучении 1 г Pu^{242} и Am^{243} в центральном канале реактора СМ-2: 1 — Am^{243} ; 2 — Pu^{242} ; — — — — — расчет.

ЛИТЕРАТУРА

1. Давиденко В. А. и др. «Атомная энергия», 1972, т. 33, вып. 4, с. 815.
2. Габескирия В. Я. и др. Препринт НИИАР, П-110, 1971.
3. Baybarz R. Transuranium Elements, Vienna, IAEA, 1970, v. 8, p. 327.