

На втором этапе провели опыты по испытанию различных способов волоксидации на необлученных фрагментах в условиях механического воздействия на реакционную камеру с частотой 1 встряхивание в секунду.

Результаты опытов показывают, что две необлученные таблетки, помещенные в циркониевую оболочку, в течение двух с половиной часов при температуре  $450 \pm 30^\circ\text{C}$  в газовой среде (об. %):  $\text{N}_2 - (69 \div 75)$ ;  $\text{O}_2 - (17 \div 19)$ ;  $\text{CO}_2 - (0 \div 10)$ ;  $\text{H}_2\text{O} - (4 \div 6)$  при встряхивании с частотой 1 раз в секунду и объемной скорости обмена газовой фазы 30 объемов в час, переходят в порошок  $\text{U}_3\text{O}_8$  на 98,9- 99,3%.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Б.В. Громов, В.И. Савельев, В.Б. Шевченко. "Химическая технология облученного ядерного топлива". М., Энергоатомиздат, 1983 г.

### ДЕСУБЛИМАЦИЯ РАДИОНУКЛИДОВ С ПОВЕРХНОСТИ ГРАФИТА В РАВНОВЕСНОЙ ГЕЛИЕВОЙ ПЛАЗМЕ

С.В. Макаревич, И.А. Ушаков, Е.Ю. Давыдов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: makarevich@tpu.ru

Наиболее актуальной экологической проблемой является проблема накопления твердых радиоактивных отходов (ТРО), образующихся в ядерном топливном цикле при получении электроэнергии. При этом качественный состав таких отходов, как правило, зависит от параметров и условий эксплуатации ядерных реакторов. Так для некоторых графитовых отходов характерно наличие в них продуктов деления, наиболее опасными среди которых являются  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{36}\text{Cl}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{154}\text{Eu}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  и др. При этом большая часть этих радионуклидов обладает достаточно большой подвижностью и коэффициентом диффузии, что накладывает дополнительные ограничения при выборе способа захоронения облученного графита. В связи с этим требуется разработка методов дезактивации ТРО, обеспечивающих снижение активности радионуклидов до минимально значимой величины.

Существует несколько лабораторных методов утилизации облученного реакторного графита: традиционное сжигание и сжигание в кипящем слое, пиролиз с помощью перегретого водяного пара, лазерное испарение. После сжигания облученного графита с технологическими примесями объем радиоактивных отходов может составлять всего 1-2% от первоначального объема. Однако все перечисленные способы имеют существенный недостаток: образуется газообразный радиоактивный диоксид углерода  $^{14}\text{CO}_2$ . Большинство предлагаемых способов переработки ведут к образованию ещё большего количества РАО, содержащих  $^{14}\text{C}$  и различные неуглеродные нуклиды.

В настоящее время отсутствует технология утилизации облученного ядерного графита, отвечающая современным требованиям и принятая к промышленному применению. Поэтому актуальны теоретические и экспериментальные исследования закономерностей поведения радиоактивных микропримесей в низкотемпературной плазме при переработке графитовых РАО.

В работе представлены результаты математического моделирования процессов тепломассопереноса при воздействии потока гелиевой низкотемпературной плазмы на загрязненные радионуклидами участки графита. В качестве расчетной модели выбрана квазиодномерная математическая модель процесса

теплопереноса при сублимации неуглеродных радионуклидов с поверхности дезактивируемого графита. В качестве расчетной области выбиралась расчетная ячейка бесконечной длины и толщиной области поверхностного загрязнения от 1 мм до 1 мкм. Решалось уравнение теплопередачи с граничными условиями третьего рода при отсутствии тепловых потерь за счет излучения. В качестве переменных параметров выбирались: скорость газа, давление, направление вектора скорости, степень ионизации плазмы, электронная температура, потенциал, концентрация электронов и ионов.

Показано, что при использовании гелиевого теплоносителя увеличивается скорость десублимации радионуклидов с поверхности графита по сравнению с аргоновым теплоносителем.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-38-00382 мол\_а.*

## РАСЧЕТНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТОРОВ РЕЗОНАНСНОГО САМОЭКРАНИРОВАНИЯ ДЛЯ АКТИВАЦИОННЫХ ИНДИКАТОРОВ ПРИ НЕЙТРОННОМ ОБЛУЧЕНИИ

И.В. Прозорова, А.Ю. Алейников, Ю.А. Попов

Институт Атомной Энергии НЯЦ РК,  
Казахстан, Курчатов, ул.Красноармейская, 10, 71100

E-mail: [Prozorova@nnc.kz](mailto:Prozorova@nnc.kz)

Компараторный метод к<sub>0</sub>-стандартизации инструментального нейтронно-активационного анализа (к<sub>0</sub>-ИНАА) требует предварительного знания некоторых характеристик поля нейтронов для определения эффективного поперечного сечения ( $n, \gamma$ ) реакций на изотопах элементов-аналитов. При определении потока или спектра надтепловых нейтронов активационным методом используются активационные индикаторы, спектральная чувствительность которых обусловлена наличием резонансной структуры энергетической зависимости поперечного сечения. При определении скорости ( $n, \gamma$ ) реакции на ядрах элемента-мишени индикатора, когда эпитепловой энергетический интервал сечения реакции элемента содержит резонансы, результат измерения средней скорости реакции активации может быть искажен эффектом самоэкранирования. Физический смысл эффекта самоэкранирования заключается в том, что по мере проникновения нейтронов в глубину индикатора происходит изменение спектра нейтронов, падающих на индикатор. При этом спектр нейтронов оказывается все более и более обедненным нейтронами с резонансными энергиями. В том случае, когда в рассматриваемый энергетический интервал попадают один или несколько особо сильных резонансов, внешние слои индикатора эффективно экранируют всю остальную массу индикатора от нейтронов соответствующих энергий даже при сравнительно небольших толщинах индикатора. Вследствие этого, результат измерения скорости реакции начинает зависеть от толщины индикатора.

Целью данной работы являлось определение поправок на резонансное самоэкранирование активационных индикаторов (АИ) при нейтронном облучении. В результате проведенных расчетных исследований были определены зависимости скорости реакции ( $n, \gamma$ ) для АИ из золота и тантала от толщины АИ, ядерной концентрации и энергии нейтронов. Получены значения факторов резонансного самоэкранирования в материалах АИ.

На первом этапе расчетных исследований определялись зависимости  $G_{res}(t)$  от толщины АИ с помощью программы MCNP5[1]. Далее для аналитических зависимостей, приведенных в литературных источниках, были