

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЛАЗМЕННОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЖИДКИХ  
РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ, СОДЕРЖАЩИХ ОБЛУЧЕННЫЙ ГРАФИТ**

Е.В. Беспала<sup>1</sup>, Д.О. Чубреев<sup>1</sup>, Ю.Р. Беспала<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>ФГУП «Горно-химический комбинат», 662972, Россия, г. Железногорск, ул. Ленина, д. 53

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г. Томск,  
пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: [bespala\\_evgeny@mail.ru](mailto:bespala_evgeny@mail.ru)

При эксплуатации уран-графитовых реакторов (УГР), а также во время планово-предупредительного ремонта и в процессе выполнения ремонтно-восстановительных работ графитовой кладки образовывались графитовые радиоактивные отходы (РАО) [1]. Для исключения возможности выхода радиоактивных веществ (РВ) за пределы реакторного пространства (РП) применялась специальная система пылеподавления, принцип действия которой основан на втягивании и осаждении дисперсных графитовых частиц в емкости большого объема. Концентрирование и перемещение пыли, состоящей из облученного графита, в указанную емкость осуществлялось с помощью проточной воды. В результате происходило накопление жидких радиоактивных отходов (ЖРО), содержащих помимо графита, продукты коррозии трубопровода, а также другого оборудования и различных технологических систем. Также в такие емкости могли попадать продукты деления, активации и актиноиды, что особенно характерно для зарубежных УГР, эксплуатировавшихся в начале прошлого века.

При проведении мероприятий, направленных на вывод из эксплуатации УГР, требуется кондиционирование РАО, образующихся в результате его работы, включая ЖРО, содержащие облученный реакторный графит. В работах [2,3] показано, что для этих целей можно использовать высокотемпературные термические методы дезактивации графитовых РАО, например, плазменные. Ранее было показано, что в низкотемпературной инертной плазме возможно практически полное удаление продуктов деления, активации и некоторых актиноидов с поверхности облученного реакторного графита. При этом главным преимуществом указанного метода является незначительное образование вторичных РАО.

Предлагается использовать низкотемпературную плазму для переработки ЖРО, содержащих облученный реакторный графит, с целью дезактивации и снижения объема. Однако экспериментальные работы на данном этапе исследования затруднены в силу больших дозовых нагрузок на персонал. Поэтому целесообразно проводить математическое моделирование процесса плазмохимической переработки графитсодержащих пульп.

На начальном этапе исследований с помощью термодинамического моделирования равновесного состава продуктов реакции, протекающих при заполнении емкостей смесью воды и облученного графита, проводили оценку возможных химических соединений, в которых могут находиться радионуклиды ( $^{14}\text{C}$ ,  $^{36}\text{Cl}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{154}\text{Eu}$ ,  $^{244}\text{Cm}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ,  $\Sigma\text{U}$ ,  $\Sigma\text{Pu}$ ), содержащиеся в образующихся ЖРО. Показано, что большая часть указанных радионуклидов находится в форме оксидов и, в меньшей степени, хлоридов. При этом данные радиоактивные изотопы практически не образуют устойчивых химических соединений между друг другом.

На следующем этапе исследований определяли возможные химические соединения, которые могут образовываться при плазменной переработке ЖРО, содержащих облученный реакторный графит, при исполь-

зовании различного плазмообразующего газа. Определено, что в широком диапазоне температур при использовании инертных и химически активных газов с наибольшей вероятностью образуются оксиды радиоактивных веществ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Adamov E.O., Gragunov Yu.G., Slobodchikov A.V., Mikhailov M.N., Petrov A.A., Ukharov S.G., Burlakov E.V., Asmolov V.G., Chernikov O.G., Bystrikov A.A., Kudryavtsev K.G., Lozhnikov I.N., Kharakhnin S.N. Service life restoration technology for RBMK: design, implementation, and assimilation experience // Atomic energy. – 2017. – Vol. 123. – No. 5. – P. 293–301.
2. Kashcheev V.A., Ustinov O.A., Yakunin S.A., Zagumennov V.S., Pavlyuk A.O., Kotlyarevskiy S.G., Bepala E.V. Technology and facility for incinerating irradiated reactor graphite // Atomic Energy. – 2017. – V. 122. – № 4. – P. 252–256.
3. Bepala E.V., Myshkin V.F., Pavlyuk A.O., Novoselov I. Yu. Heat and mass transfer in cesium evaporation from graphite surface in argon // Atomic Energy. – 2017. – V. 122. – P. 400–405.