

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ АММИАЧНО-ХЛОРИДНЫХ МАТОЧНЫХ РАСТВОРОВ

Никишкин И.Ю.

Научный руководитель: Каренгин А.Г., к.ф.-м.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: nikishkin.il@yandex.ru

За период работы предприятий ядерного топливного цикла накоплены, а также ежегодно образуются огромные объемы низко- и среднеактивных водно-солевых отходов (аммиачные маточные растворы, аммиачно-хлоридные маточные растворы, азотнокислые экстракционные рафинаты, и др.), которые размещают для длительного хранения в бассейнах различного назначения.

В первую очередь направляют на переработку образовавшиеся с течением времени иловые отложения, которые подвергают обезвоживанию, термообработке (выпаривание и прокалка) для уменьшения объема, а затем направляют на цементирование или битумизацию и далее на длительное хранение или захоронение. Данная технология многостадийна и требует значительных трудо- и энергозатрат на обработку таких отходов.

Плазменная обработка диспергированных водных растворов солей или суспензий гидроксидов металлов является одностадийным, гибким и наиболее универсальным методом получения как простых, так и сложных оксидов металлов многоцелевого назначения. Основными достоинствами способа является: высокая скорость процесса; большое число каналов воздействия на физико-химические свойства целевых продуктов; возможность синтеза сложных оксидных соединений, а также высокая химическая активность получаемых целевых продуктов.

Однако плазменная обработка только водно-солевых отходов является дорогостоящим процессом из-за высоких удельных энергозатрат (2-4 МВт·ч/т). Существенное снижение энергозатрат на процесс обработки таких отходов может быть достигнуто при их плазменной обработке в виде оптимальных по составу диспергированных горючих водно-солеорганических композиций (ВСОК).

В работе представлены результаты моделирования процесса обработки в воздушной плазме водно-солевых отходов в виде аммиачно-хлоридных маточных растворов (АХМР), имеющих следующий характерный состав (г/л): $\text{NH}_4\text{NO}_3 - (70 \div 80)$; $\text{CaCl}_2 - 5$; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 - 20$; $\text{NH}_4\text{Cl} - 4$; ПАВ – (0,2÷0,3); U – менее 0,002; H_2O – остальное.

В результате расчетов показателей горючести различных по составу модельных водно-солеорганических композиций на основе этанола (ацетона) и АХМР, обладающих высокой взаимной растворимостью, определены составы ВСОК, имеющие низшую теплотворную способность ($Q_{\text{нр}} \geq 8,4$ МДж/кг) и адиабатическую температуру горения ($T_{\text{ад}} \geq 1200$ °С) и обеспечивающие не только существенное снижение затрат энергозатрат на плазменную обработку СНР (до 0,1 МВт·ч/т), но дополнительное получение тепловой энергии для технологических и бытовых нужд (до 2,0 МВт·ч/т).

По результатам термодинамического моделирования исследуемого процесса плазменной обработки таких отходов в виде горючих ВСОК определены и рекомендованы для практической реализации оптимальные режимы их энергоэффективной и экологически безопасной обработки в воздушной плазме.

С учетом полученных результатов проведены экспериментальные исследования процесса плазменной обработки модельных отходов на плазменном стенде «Плазменный модуль на базе высокочастотного генератора ВЧГ8-60/13-01» (рабочая частота 13,56 МГц, колебательная мощность до 60 кВт), и экспериментально подтверждена возможность энергоэффективной плазменной обработки АХМР в воздушно-плазменном потоке в виде диспергированных горючих композиций.

Результаты проведенных исследований могут быть использованы при создании технологии для эффективной плазменной обработки различных радиационно-загрязненных водно-солевых отходов в виде горючих композиций, а также других жидких радиоактивных отходов создаваемого российского замкнутого ядерного топливного цикла.