

## ПЛАЗМЕННАЯ ИММОБИЛИЗАЦИЯ ИЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЖРО

Орешкин Е.А.<sup>1,2</sup>, Новоселов И.Ю.<sup>1</sup>

Научный руководитель: Каренгин А.Г., к.ф.-м.н., доцент

<sup>1</sup>Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

<sup>2</sup>ФГУП «Горно-химический комбинат», 662972, Россия, г. Железногорск, ул. Ленина, 53

E-mail: [egor\\_oresh@mail.ru](mailto:egor_oresh@mail.ru)

За время эксплуатации технологического оборудования накапливается большое количество жидких радиоактивных отходов, которые размещаются в бассейнах-хранилищах. На дне этих бассейнов-хранилищ со временем образуются донные иловые отложения (ИЛО).

После добавления необходимых химических реагентов (силикаты, фосфаты, бораты и др.) эти ИЛО остекловываются или цементируются с последующим захоронением [1]. Эта технология многостадийна, экологически небезопасна, требует значительных энергозатрат и химических реагентов.

Существенное снижение энергозатрат может быть достигнуто при плазменной утилизации ИЛО в виде оптимальных по составу горючих водно-органических композиций (ВОК) с получением твердых дисперсных продуктов (простые и сложные оксиды металлов), включающих магнитную окись железа, что дает возможность использовать магнитную сепарацию для их эффективного извлечения и последующей плазменной иммобилизации в расплавах хлоридов металлов, стойких к радиационному облучению [2,3].

Это уменьшит стоимость утилизации и иммобилизации ИЛО за счет сокращения количества операций процесса, объема емкостного оборудования, затрат химических реагентов, энерго- и трудозатрат, а также даст возможность извлечения из хранящихся отходов образующихся со временем ценных и благородных металлов.

В представленной работе рассмотрены ИЛО, имеющие следующий модельный состав: вода (65÷90%), железо (3÷17%), кремний (2,8÷8,5%), кальций (0,2÷3,2%), магний (1÷2,8%), натрий (0,7÷1,9%), фосфор (0,1÷0,9%) и др.

На рис. 1 представлены характерные равновесные составы конденсированных продуктов плазменной иммобилизации дисперсных продуктов плазменной утилизации модельных ИЛО в расплаве хлорида натрия.

Из анализа равновесных составов следует, что при температурах 1050÷1100 К образуется в конденсированной фазе смесь простых и сложных оксидов металлов в расплаве хлорида натрия.

На рис. 2 представлена схема лабораторного плазменного стенда «Высокочастотный факельный плазматрон на базе генератора ВЧГ8-60/13», на котором проведены исследования процесса плазменной иммобилизации твердых дисперсных продуктов плазменной утилизации модельных ИЛО.

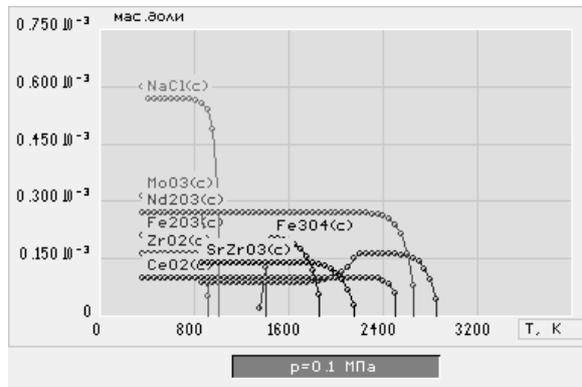


Рис. 1 – Равновесные составы конденсированных продуктов плазменной иммобилизации ИЛО в расплаве хлорида натрия

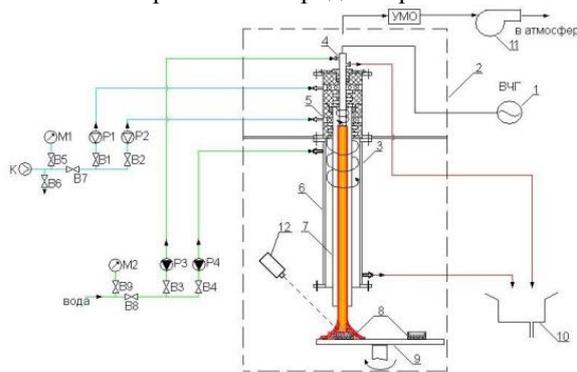


Рис. 2 – Схема лабораторного плазменного стенда «Высокочастотный факельный плазматрон на базе генератора ВЧГ8-60/13»:

Плазменный стенд включает высокочастотный генератор ВЧГ8-60/13 (колебательная мощность до 60 кВт, рабочая частота 13,56 МГц), ВЧФ-плазматрон для генерирования потоков неравновесной воздушной плазмы с температурой до 5000 К, а также вспомогательное оборудование, регулирующие устройства и приборы контроля.

В таблице 1 приведены режимы работы генератора ВЧГ и ВЧФ-плазматрона, позволяющие регулировать в широких пределах среднюю температуру воздушной плазменной струи, генерируемую ВЧФ-плазматроном.

Из порошков простых и сложных оксидов металлов, полученных при плазменной утилизации ВОК на основе модельных ИЛО и хлорида натрия готовились образцы различного состава. Полученные образцы порошков массой 100 г (рис. 3) помещались в тигель из кварцевого стекла, который помещался под воздушную

плазменную струю, генерируемую ВЧФ-плазмотроном, для осуществления процесса плазменной иммобилизации.

Таблица 1. Режимы работы генератора ВЧГ и ВЧФ-плазмотрона

U <sub>a</sub> , кВ	I <sub>a</sub> , А	I <sub>c</sub> , А	P <sub>стр</sub> , кВт	m <sub>пр</sub> ·10 <sup>-3</sup> , кг/с	H <sub>г</sub> , кДж/кг	T <sub>стр</sub> , К
11,0	2,5	1,2	10,4	3,4	4200	2600
11,0	2,7	1,2	12,3	3,4	4200	2800
10,5	3,3	1,2	19,8	3,4	5820	3500
10,6	3,3	1,2	20,4	3,4	6000	3550
10,6	3,3	1,2	20,6	3,4	6060	3600



Рис. 3 Плазменная иммобилизация твердых дисперсных продуктов ИЛО в расплаве хлорида натрия в воздушной плазме ВЧФ-разряда.

В процессе опытов с помощью переносного инфракрасного пирометра определялась температура нагретой поверхности расплава хлорида натрия.

В таблице 2 представлены характерные результаты плазменной иммобилизации образцов дисперсных продуктов в расплаве хлорида натрия в условиях воздушной плазмы ВЧФ-разряда.

Таблица 2. Режимы плазменной иммобилизации дисперсных продуктов в расплаве хлорида натрия

T <sub>стр</sub> , К	T <sub>обр</sub> , °С	m <sup>n</sup> <sub>обр</sub> , г	m <sup>к</sup> <sub>обр</sub> , г	t <sub>оп</sub> , мин
3500	850	100,0	18,4	5
3500	860	100,0	14,6	10
3500	870	100,0	9,8	15
3500	900	100,0	4,7	20

При температуре поверхности расплава хлорида натрия менее 750 °С процесс плазменной иммобилизации образцов твердых дисперсных продуктов протекает с низкой интенсивностью. Повышение мощности воздушной плазменной струи приводит к повышению температуры нагретой поверхности расплава до 850÷900 °С и существенному повышению интенсивности процесса плазменной иммобилизации.

Из анализа полученных результатов следует, что за первые 5 мин происходит испарение более

80% от исходной массы образца расплава хлорида калия. Через 10 мин масса образца расплава снижается до 14,6 г (потери 85,4%), через 15 мин – до 9,8 г (потери 90,2%), через 20 мин – до 4,7 г (потери 95,3%).

На рис. 4 представлен образец продукта плазменной иммобилизации твердых дисперсных продуктов плазменной утилизации модельных ИЛО в расплаве хлорида натрия в условиях воздушной плазмы ВЧФ-разряда.



Рис. 4 – Образец продукта плазменной иммобилизации твердых дисперсных продуктов ИЛО в расплаве хлорида натрия в воздушной плазме ВЧФ-разряда.

Результаты проведенных исследований могут быть использованы при создании технологии плазменной иммобилизации иловых отложений различных ЖРО в расплавах хлоридов металлов, стойких к радиационному облучению, которая даёт возможность извлечения из хранящихся отходов образующихся со временем ценных и благородных металлов.

Список литературы

1. Дмитриев С.А., Стефановский С.В. Обращение с радиоактивными отходами. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2000, с.12-20.
2. Пантелеев Ю.А., Александрук А.М., Никитина С.А., Макарова Т.П., Петров Е.Р., Богородицкий А.Б., Григорьева М.Г. Аналитические методы определения компонентов жидких радиоактивных отходов. – Л.: Труды Радиового института им. В. Г. Хлопина, 2007. – Т. XII. – С. 124-147.
3. Скачек М.А. Обращение с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами АЭС. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 448 с.

Работа выполнена при финансовой поддержке в рамках реализации государственного задания Минобрнауки России на 2014÷2016 годы по теме «Исследование и оптимизация процессов плазменной переработки отходов замкнутого ядерного топливного цикла» (Код темы № 2031).