

2. Саранча А.М. Развитие сотовых телефонов // Заметки ученого. – 2021. – № 5-2. – С. 101-104.
3. Лазарева О.О. Состояние рынка сотовых телефонов и перспективы его развития // Дни науки-2017. – Новосибирск: Сибирский университет потребительской кооперации, 2017. – С. 145-147.
4. Зубарев Ю.Б. Мобильный телефон и здоровье. – Издание 6-е, переработанное. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Первое экономическое издательство", 2021. – 288 с. – ISBN 978-5-91292-372-2. – DOI 10.18334/9785912923722.

Научный руководитель: Е.В. Титов, д.т.н., в.н.с., доцент АлтГТУ им. И.И. Ползунова.

ИММОБИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ ОТРАБОТАВШЕГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА В РАСПЛАВАХ ХЛОРИДОВ МЕТАЛЛОВ В УСЛОВИЯХ НЕРАВНОВЕСНОЙ ВОЗДУШНОЙ ПЛАЗМЫ

А.Е. Тихонов¹, И.Ю. Новоселов²
Томский политехнический университет^{1,2}
ИЯТШ^{1,2}, группа А1-09¹

По действующей технологической схеме отходы переработки отработавшего ядерного топлива (ОЯТ), оставшиеся после первого экстракционного цикла без урана и плутония, содержат различные нерадиоактивные продукты деления (РЗЭ, молибден и др.), конструкционные материалы (цирконий, железо, никель, хром, марганец и др.) и имеют следующий модельный состав: HNO_3 – 18,0 %, H_2O – 81,43 %, Fe – 0,07 %, Mo – 0,1 %, Nd – 0,11 %, Y – 0,06 %, Zr – 0,058 %, Na – 0,04 %, Se – 0,039 %, Cs – 0,036 %, Co – 0,031 %, Sr – 0,026 % [1]. Эти отходы выпариваются и после добавления необходимых химических реагентов (силикаты, фосфаты, бораты и др.) направляются на операцию остекловывания или цементирования с последующим захоронением [2, 3]. Применяемая технология многостадийна, экологически небезопасна, требует значительных энергозатрат, химических реагентов и исключает возможность извлечения из этих отходов образующихся со временем ценных и благородных металлов [4].

Существенное снижение энергозатрат может быть достигнуто при плазменной утилизации отходов переработки ОЯТ в виде оптимальных диспергированных водно-органических композиций с получением твердых дисперсных продуктов в виде простых и сложных оксидов металлов, включая магнитную окись железа, что дает возможность использовать магнитную сепарацию для их эффективного извлечения из водных суспензий [5] и последующего осуществления процесса плазменной иммобилизации в расплавах хлоридов металлов, стойких к радиационному облучению [6]. Это даёт возможность радикально уменьшить стоимость утилизации и иммобилизации отходов переработки ОЯТ за счет сокращения количества переделных операций, объёма емкостного оборудования, затрат химических реагентов, энерго- и трудозатрат, а также даёт

возможность извлечения из хранящихся отходов образующихся со временем ценных и благородных металлов.

На рисунке 1 представлены характерные равновесные составы конденсированных продуктов плазменной иммобилизации в условиях воздушной плазмы твердых дисперсных продуктов, полученных при плазменной утилизации модельных отходов переработки ОЯТ, в расплавах хлоридов калия (а) и натрия (б).

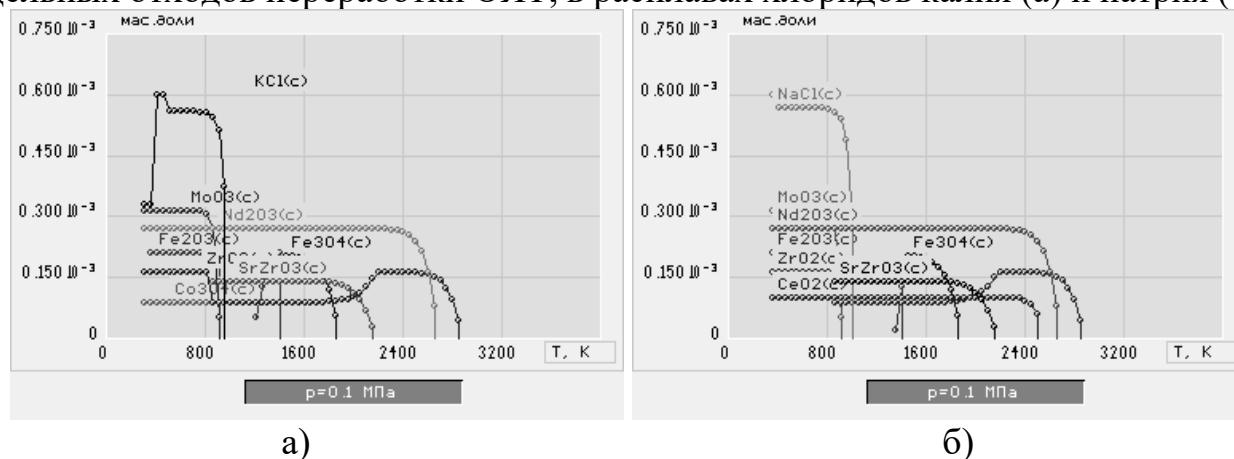


Рис. 1. Равновесные составы конденсированных продуктов плазменной иммобилизации твердых дисперсных продуктов в расплавах хлоридов калия (а) и натрия (б)

Из анализа равновесных составов следует, что при температурах 1050–1100 К образуется в конденсированной фазе смесь простых и сложных оксидов металлов (MoO_3 , Nd_2O_3 , Fe_2O_3 , CeO_2 , ZrO_2 , SrZrO_3 , Y_2O_3 и др.) в расплавах хлоридов калия (а) или натрия (б).

На рисунке 2 представлена схема лабораторного плазменного стенда – высокочастотный факельный (ВЧФ) плазмотрон на базе генератора ВЧГ8-60/13, на котором проведены исследования процесса плазменной иммобилизации в условиях воздушной плазмы ВЧФ-разряда твердых дисперсных продуктов, полученных при плазменной утилизации модельных отходов переработки ОЯТ.

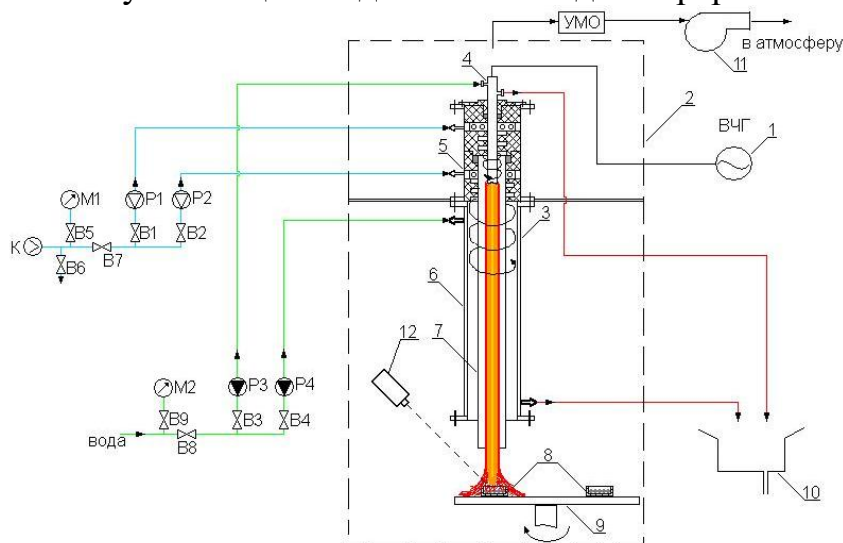


Рис. 2. Схема лабораторного плазменного стенда «Высокочастотный факельный плазмотрон на базе генератора ВЧГ8-60/13»: 1 – высокочастотный генератор ВЧГ8-60/13; 2 – технологический блок; 3 – плазмотрон;

4 – водоохлаждаемый медный электрод; 5 – узел ввода плазмообразующего и охлаждающего газа; 6 – корпус плазмотрона; 7 – кварцевая разрядная камера; 8 – тигель; 9 – подставка; 10 – слив охлаждающей воды; 11 – вытяжной вентилятор; 12 – инфракрасный пирометр; УМО – узел мокрой отчистки; К – компрессор; М1, М2 – манометры; Р1–Р4 – ротаметры; В1–В9 – вентили.

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

Высокочастотный генератор ВЧГ размещён в экранированном металлическом шкафу, обеспечивающем надёжную защиту от электромагнитного излучения, и предназначен для питания электромагнитной энергией ВЧФ-плазмотрона.

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

Таблица 1. Режимы работы генератора ВЧГ и ВЧФ-плазмотрона

№	U _a , кВ	I _a , А	I _c , А	P _{стр} , кВт	m _{пл} · 10 ⁻³ , кг/с	H _т , кДж/кг	T _{стр} , К
1	11,0	2,5	1,2	10,4	3,4	4200	2600
2	11,0	2,7	1,2	12,3	3,4	4200	2800
3	10,5	3,3	1,2	19,8	3,4	5820	3500
4	10,6	3,3	1,2	20,4	3,4	6000	3550
5	10,6	3,3	1,2	20,6	3,4	6060	3600

Из порошков простых и сложных оксидов металлов, полученных при плазменной утилизации оптимальных по составу диспергированных водно-органических композиций на основе модельных отходов переработки ОЯТ, и хлоридов калия (или натрия) готовились образцы различного состава. Полученные образцы массой 100 г помещались в тигель 8 из кварцевого стекла (Ø=90 мм и h=120 мм), основной объём которого до h=90 мм был заполнен асбестом и имел углубление по центру. Далее тигель помещался на подставку 9 под воздушную плазменную струю, генерируемую ВЧФ-плазмотроном, для осуществления процесса плазменной иммобилизации.

В процессе опытов с помощью переносного пирометра 12 (диапазон измеряемых температур 600–2200 °С, погрешность ±1 %) определялась температура нагретой поверхности образующегося расплава хлорида калия при плазменной иммобилизации образцов твердых дисперсных продуктов.

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

Таблица 2. Режимы плазменной иммобилизации образцов твердых дисперсных продуктов в расплаве хлорида калия в условиях воздушной плазмы ВЧФ-разряда

№	T _{стр} , К	T _{обр} , °С	m ^н _{обр} , г	m ^к _{обр} , г	t _{оп} , мин
1	3500	850	100,0	18,4	5
2	3500	860	100,0	14,6	10
3	3500	870	100,0	9,8	15
4	3500	900	100,0	4,7	20

При температуре поверхности расплава хлорида калия 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 и унос 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 %).

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

ЛИТЕРАТУРА:

1. 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. – 147 с.
2. Скачек М.А. Обращение с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами АЭС. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 448 с.
3. Никифоров А.С. и др. Обезвреживание жидких радиоактивных отходов. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 184 с.
4. Туманов Ю.Н. Плазменные и высокочастотные процессы получения и обработки материалов в ядерном топливном цикле: настоящее и будущее. – М.: Физматлит, 2003. – 759с.
5. Власов В.А., Каренгин А.Г., Каренгин А.А., Шахматова О.Д. Моделирование процесса плазменной утилизации отходов переработки отработавшего ядерного топлива // Известия вузов. Физика. – Т. 55, 2012. – №11/2. – С. 377–382.

6. Власов В.А., Каренгин А.Г., Каренгин А.А., Побережников А.Д. Расчет и оптимизация процесса прямой плазменной иммобилизации отходов переработки отработавшего ядерного топлива // Известия вузов. Физика. – Т. 55, 2012. – №11/2. – С. 373–376.

Научный руководитель: И.Ю. Новоселов, ассистент ИЯТШ ТПУ.

РЕСУРСНАЯ БАЗА ДЛЯ БИОЭНЕРГЕТИКИ КИТАЯ

Тянь Цзявэй

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

В настоящее время, с развитием экономики мира очень быстро растет объем отходов. По оценкам Всемирного банка, по мере урбанизации стран, их экономического развития и роста численности населения образование отходов увеличится с 2,01 млрд. тонн в 2016 году до 3,40 млрд. тонн в 2050 году [1]. Поэтому необходимо минимизировать отходы, то есть реализовать замкнутый ресурсный цикл. Одним из направлений решения этой задачи является развитие биоэнергетики.

В 2017 году мировая отрасль производства биоматериалов и энергии из биомассы превысила 1 триллион долларов США, а в США - 400 млрд. долларов США. «Организация экономического сотрудничества и развития» (ОЭСР) прогнозирует, что в 2030 году примерно 35% мировой химической и другой промышленной продукции будет производиться из биомассы. Биоэнергетика заняла первое место по важности среди возобновляемых энергий. Соединенные Штаты планируют, что энергия от биомассы будет составлять 30% транспортного топлива к 2030 году, а такие страны, как Швеция и Финляндия, планируют примерно к 2040 году полностью заменить автомобильные топлива на нефтяной основе с топливом из биомассы [2].

Экономика и энергетика Китая имеет наиболее существенные темпы развития в последнее десятилетие и это определяет интерес к перспективам использования новых технологий.

Цель исследования – выявление ресурсного потенциала для биоэнергетики Китая.

Задачами являются:

1. Классификация исходного сырья, которое учитывается при оценке ресурсного потенциала;
2. Оценка среднегодовых объемов биоресурсов Китая;
3. Оценка потенциала выработки электроэнергии с использованием биотоплива в Китае.

Хотя исследование биоэнергетики в Китае началось относительно поздно, но быстро развивалось. Отрасль биоэнергетики Китая преобладает переработку электроэнергии, дополненное другими видами использования биомассы. В прошлом году установленная мощность на биомассе в Китае увеличилась на 5,43 млн. кВт, а совокупная установленная мощность достигла 29,52 млн. кВт;