

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ КУБОВЫХ ОСТАТКОВ  
ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ АЭС**

А.П. Шеховцова

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

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

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

E-mail: nesssheh@gmail.com

**INVESTIGATION OF PLASMA TREATMENT OF LIQUID RADIOACTIVE VAT  
RESIDUE FROM NPP**

A.P. Shekhovtsova

Scientific Supervisor: Associate Prof., PhD A.G. Karengin

National Research Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: nesssheh@gmail.com

***Abstract.** This article presents results of thermodynamic modeling of plasma treatment process of liquid radioactive vat residue generated at NPP in the form of optimal composition (water-salt organic compositions). The calculations are performed in a wide range of temperatures (300-4000 K) and mass fractions of air plasma coolant (0.1-0.9). The results of the research could be used in the development of energy-efficient technologies of plasma treatment of evaporation products of liquid radioactive waste from NPP (particularly in the form of the vat residue).*

В ходе эксплуатации атомных реакторов на АЭС накоплены и размещены в пристанционных хранилищах огромные объемы продуктов выпарки жидких радиоактивных отходов в виде кубовых остатков. В настоящее время хранилища многих АЭС заполнены на 80-90 %.

Применяемые методы отверждения таких отходов многостадийны, требуют значительных энерго- и трудозатрат, экологически небезопасны и не обеспечивают значительного сокращения объемов конечного радиоактивного продукта [1].

Плазменная обработка является одностадийным, гибким и наиболее универсальным методом получения из диспергированных водно-солевых растворов металлов как простых, так и сложных оксидов металлов многоцелевого назначения [2]. 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 данная технология требует значительных энергозатрат на их обработку (до 4 МВт·ч/т).

Существенное снижение энергозатрат может быть достигнуто при плазменной обработке кубовых остатков в виде оптимальных по составу горючих водно-солеорганических композиций [3].

В работе представлены результаты термодинамического моделирования процесса плазменной обработки кубовых остатков, имеющих следующий характерный химический состав (таблица 1):

Таблица 1

Характерный химический состав кубового остатка для реактора типа ВВЭР[1]

Показатель	Содержание, г/л
Общее солесодержание	300 – 400
Азотнокислый натрий и калий	200 –250
Оксалат натрия ( $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ )	25 – 28
Соединения борной кислоты в пересчете на $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$	50 – 60
Карбонат натрия $\text{Na}_2\text{CO}_3$	20 – 25
Едкий натр $\text{NaOH}$	25 – 30
Органические вещества, включая СПАВ	30 – 40
Взвешенные вещества (шлам)	5 – 10
Содержание сухих веществ в уплотненном слое шлама	200

На первом этапе были проведены расчеты показателей горения различных по составу водно-солеорганических композиций (ВСОК) на основе кубовых остатков и этанола, и определен состав горючей композиции, имеющей низшую теплоту сгорания не менее 8,4 МДж/кг [4]: ВСОК: (80% кубовый остаток: 20% этанол).

Для определения оптимальных режимов исследуемого процесса проведены расчёты равновесных составов газообразных и конденсированных продуктов плазменной обработки кубовых остатков в виде ВСОК в воздушной плазме. Для расчётов использовалась лицензионная программа «TERRA».

На рисунках 1,а и 1,б представлены характерные равновесные составы газообразных и конденсированных продуктов плазменной обработки кубового остатка при массовой доле воздушного плазменного теплоносителя 50%.

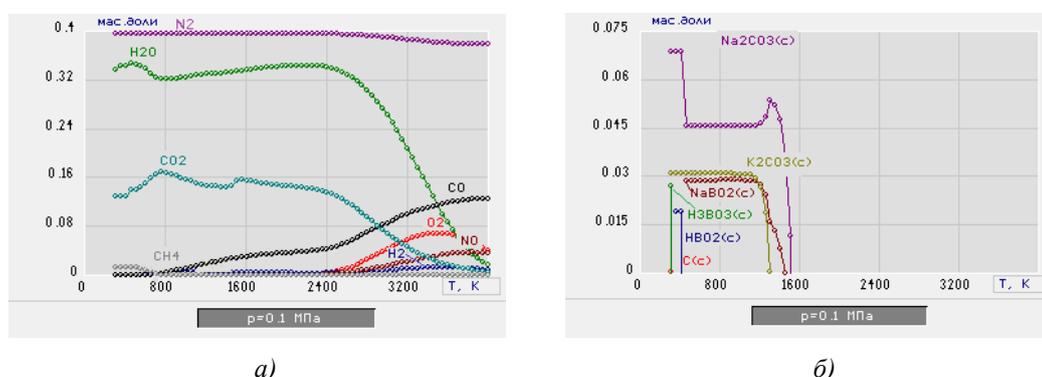


Рис. 1. Равновесный состав газообразных (а) и конденсированных (б) продуктов плазменной переработки кубовых остатков в воздушной плазме(50% Воздух : 50% ВСОК)

Из анализа равновесных составов следует, что при массовой доле воздушного плазменного теплоносителя 50% основными газообразными продуктами плазменной обработки горючих отходов переработки кубовых остатков в виде ВСОК при температурах до 1500 К являются  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , и  $\text{CO}_2$ .

В интервале температур 800-1500 К образуются сложные соединения  $\text{HBO}_2$ ,  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{BO}_2$  и  $\text{K}_2\text{CO}_3$  в конденсированной фазе, а также незначительное количество сажи  $\text{C}(\text{c})$ .

На рисунках 2,а и 2,б представлены характерные равновесные составы газообразных и конденсированных продуктов плазменной переработки кубового остатка при массовой доле воздушного плазменного теплоносителя 70%.

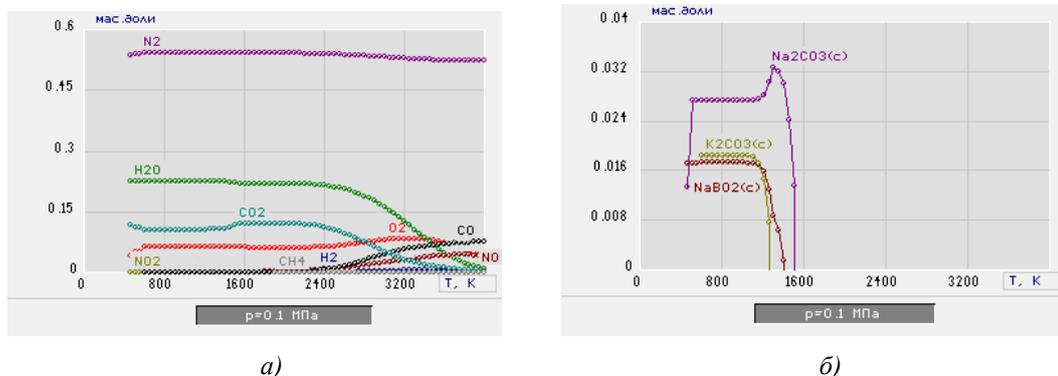


Рис.2. Равновесный состав газообразных (а) и конденсированных (б) продуктов плазменной переработки кубовых остатков в воздушной плазме(70% Воздух : 30% ВСОК)

Увеличение массовой доли воздушного теплоносителя до 70% не приводит к существенному изменению состава газообразных продуктов, но приводит к полному исчезновению сажи С(с), НВО<sub>2</sub>, Н<sub>3</sub>ВО<sub>3</sub> в составе конденсированных продуктов.

Отсутствие сажи С(с) и незначительное количество СО, NO, NO<sub>2</sub> указывает на то, что процесс плазменной обработки ВСОК при массовой доле воздушного плазменного теплоносителя 70 % будет идти в экологически безопасном режиме.

Таким образом, на основе результатов термодинамического моделирования исследуемого процесса показано, что их обработка в виде оптимальных по составу ВСОК может обеспечить не только их одностадийную и энергоэффективную обработку в воздушной плазме, но и позволит многократно сократить объемы отходов в виде кубовых остатков.

Результаты проведенных исследований могут быть использованы при разработке энергоэффективной технологии плазменной обработки продуктов выпарки жидких радиоактивных отходов АЭС в виде кубовых остатков.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рябчиков Б.Е. Очистка жидких радиоактивных отходов. – М.: ДеЛи принт, 2008. – 512 с.
2. Туманов Ю.Н., Плазменные и высокочастотные процессы получения и обработки материалов в ядерном топливном цикле. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 760 с.
3. Karengin A. G., Karengin A. A., Novoselov I. Y., Tundeshev N. V. Calculation and Optimization of Plasma Utilization Process of Inflammable Wastes after Spent Nuclear Fuel Recycling // Advanced Materials Research. – 2014. - Vol. 1040. - P. 433-436.
4. Бернадинер, М. Н. Огневая переработка и обезвреживание промышленных отходов / М. Н. Бернадинер, А. П. Шурыгин. – М.: Химия, 1990. – 304 с.