

РАСЧЕТ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПЛАЗМЕННОЙ УТИЛИЗАЦИИ ИЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ БАССЕЙНОВ-ХРАНИЛИЩ ЖРО

Орешкин Е.А.^{1,2}, Каренгин А.А.¹

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

¹Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

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

E-mail: egor_oresh@mail.ru

Концепция замкнутого ядерного топливного цикла предусматривает утилизацию образующихся радиоактивных отходов, обеспечивающих их длительное хранение.

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

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.

Переработка радиоактивных иловых отложений (ИЛО) направлена на извлечение радионуклидов или выделение фракции отходов с наибольшим содержанием радионуклидов. Известны сорбционные, электрохимические, химические способы переработки и механическая классификация [1-5]. Для стабилизации грунтов и илов и их перевода в устойчивые формы, препятствующие миграции радионуклидов из отходов, используются различные способы высокотемпературной переработки с получением керамических и стеклоподобных матриц [6,7]. Их общим недостатком является многостадийность и высокая стоимость переработки ИЛО.

В связи с этим представляет интерес процесс прямой плазменной утилизации ИЛО с получением твердых продуктов (простые и сложные оксиды металлов), включающих магнитную окись железа, что позволит применить магнитную сепарацию для эффективного извлечения из водных суспензий этих твердых продуктов.

В данной работе рассмотрена возможность плазменной утилизации таких отходов в виде горючих водно-органических композиций (ВОК).

Как показано в работе [8], плазменная утилизация отходов в виде оптимальных по составу водно-органических композиций (ВОК), имеющих адиабатическую температуру горения $T_{ад} \approx 1200$ °С, обеспечивает их более эффективную и экологически безопасную утилизацию.

На рисунке 1 показано влияние содержания дизельного топлива (ДТ) и иловых отложений (ИЛО) на адиабатическую температуру горения ВОК различного состава.

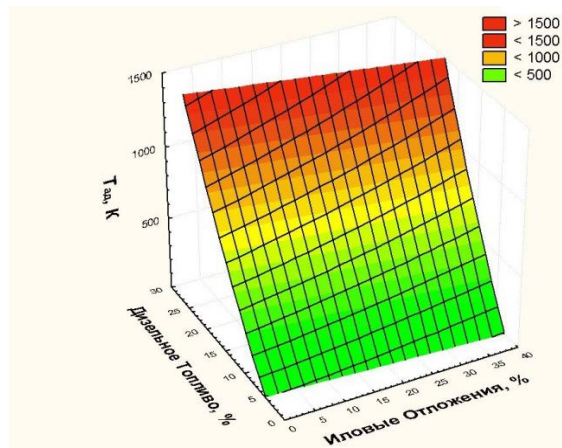


Рис. 1 – Влияние содержания дизельного топлива и иловых отложений на адиабатическую температуру горения водно-органических композиций

В результате проведенных расчетов определена следующая оптимальная по составу водно-органическая композиция с максимальным содержанием иловых отложений 40% (15% ДТ : 45% Вода : 40% ИЛО).

Для определения оптимальных режимов исследуемого процесса проведены расчеты равновесных составов газообразных и конденсированных продуктов плазменной утилизации ИЛО в воздушной плазме. Для расчетов использовалась лицензионная программа «TERRA». Расчеты проведены при атмосферном давлении (0,1 МПа), широком диапазоне рабочих температур (300÷4000 К) и для различных массовых долей воздушного плазменного теплоносителя (10÷95%).

На рисунке 2 представлены характерные равновесные составы основных конденсированных железосодержащих продуктов, полученных в процессе плазменной утилизации оптимальной композиции ВОК с максимальным содержанием иловых отложений (40%) при массовой доле воздушного плазменного теплоносителя 45%.

Из анализа полученных равновесных составов следует, что при рабочих температурах до 1000 К основными конденсированными продуктами являются простые и сложные оксиды металлов, включая магнитную окись железа $Fe_3O_4(c)$. Отсутствие сажи $C(c)$ и незначительное количество CO , NO и NO_2 указывают на то, что процесс прямой плазменной утилизации ИЛО в

виде водно-органической композиции в воздушной плазме при массовой доле воздушного теплоносителя 45% идёт в оптимальном режиме с получением в конденсированной фазе магнитной окиси $Fe_3O_4(c)$.

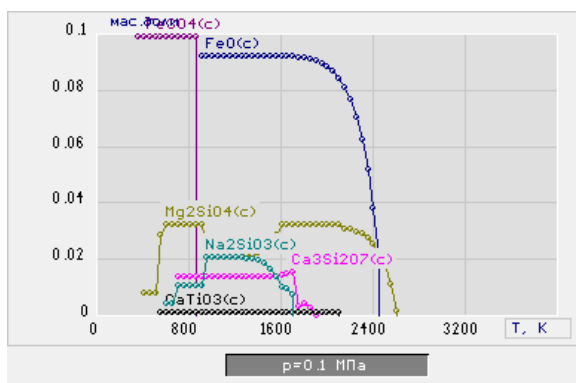


Рис. 2 – Равновесный состав конденсированных продуктов плазменной утилизации иловых отложений в виде оптимальной горючей ВОК (45% Воздух : 55% ВОК)

Увеличение массовой доли воздуха свыше 70% приводит к образованию немагнитной окиси железа $Fe_2O_3(c)$ в продуктах плазменной утилизации иловых отложений в воздушной плазме.

На рисунке 3 показано влияние содержания дизельного топлива и рабочей температуры на удельные энергозатраты на процесс прямой плазменной утилизации иловых отложений в виде водно-органических композиций различного состава.

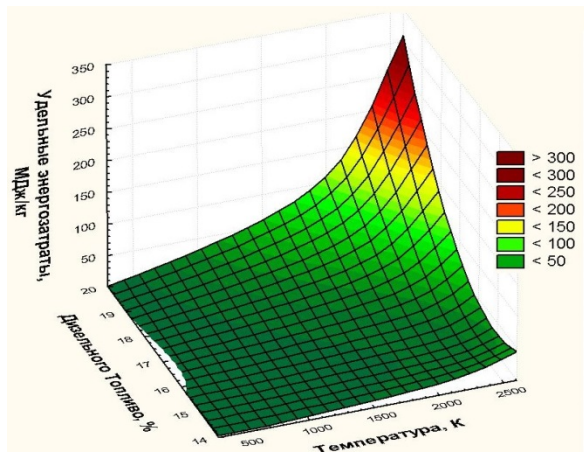


Рис. 3 – Влияние содержания дизельного топлива и рабочей температуры на удельные энергозатраты на процесс плазменной утилизации иловых отложений в воздушной плазме

С учётом полученных результатов могут быть рекомендованы для практической реализации процесса плазменной утилизации иловых отложений в воздушной плазме следующие

режимы, обеспечивающие получение в составе твердых продуктов магнитной окиси железа:

- интервал рабочих температур 1200 ± 100 К;
- водно-органическая композиция ВОК (15%ДТ : 45% Вода : 40% ИЛО);
- массовое отношение фаз (45% воздух : 55% ВОК).

Список использованной литературы:

1. Дмитриев С.А., Стефановский С.В. Обращение с радиоактивными отходами. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2000, с.12-20.
2. Овчаренко Е.Г., Майзель И.Л., Карасев Б.В. Модифицированный вспученный перлит для локализации радионуклидов. Пром. и граждан. Строительство, 1994, №8, с.19-21.
3. Прозоров Л.Б. и др. Разработка и оптимизация процесса реагентного электрокинетического обезвреживания территорий с локальным загрязнением радиоактивными элементами и тяжелыми металлами. Итоги научной деятельности за 1999 г. – М.: Институт эколотехнологических проблем, 2000, т.1, вып.7, с.58-60.
4. Шингарев Н.Э. и др. Способы обращения с илами водоемов – хранилищ радиоактивных отходов. Экология и промышленность России. – 2000. – №3. – С. 43-45.
5. Mesyats G.A. Microexplosions on a cathode aroused by plasma-metal interaction // Journal of Nuclear Materials. – 1984. – Vol. 128-129. – С. P. 618-621.
6. Лифанов Ф.А., Полканов М.А., Качалова Е.А., Кирьянова О.И., Беляева Е.М. Способ переработки радиоактивных и токсичных донных отложений. Пат. РФ №2195727, МКИ6 G21F9/16. №2001119292/06; Заявл. 12.07.2001. – Оpubл. 27.12.2002, БИ №36, с.354-355.
7. Соболев И.А., Хомчик Л.М. Обезвреживание радиоактивных отходов на централизованных пунктах. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – С. 75-78.
8. Каренгин А. Г. , Каренгин А. А. , Кокорев Г. Г. Моделирование и оптимизация процесса плазменной утилизации иловых отложений бассейнов выдержки твэлов // Известия вузов. Физика. - 2013 - Т. 56 - №. 4/2. - С. 155-160.

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).