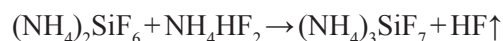
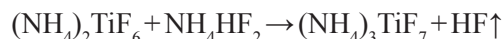


пературы. Исходя из выше описанного можно сделать вывод о потенциальном протекании следующих реакций при температурах ниже 160 °С:



### Список литературы

1. Тулицын А.А., Мухетдинова А.В., Бычинский В.А. Подготовка термодинамических свойств индивидуальных веществ к физико-химическому моделированию высоко-

температурных технологических процессов.– Иркутск: Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2009.– 303с.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СИНТЕЗА СЛОЖНЫХ ОКСИДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ДЛЯ ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА

А.Е. Тихонов, И.Ю. Новоселов

Научный руководитель – ассистент И.Ю. Новоселов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, aet13@tpu.ru

Керамическое ядерное топливо из диоксида урана, имеет ряд существенных недостатков: низкую теплопроводность, высокую хрупкость, склонность к растрескиванию, достаточно короткий цикл использования, ограниченный ресурс изотопа уран-235 [1]. Это стало причиной замедления в последние годы развития атомной энергетики в ряде стран.

Перспективным направлением сегодня является создание дисперсионного ядерного топлива, которое характеризуется отсутствием контактов между частицами делящегося материала благодаря их равномерному распределению в матрице и обладает следующими преимуществами: высокой теплопроводностью и механическими свойствами, более полным выгоранием делящегося материала, высокой радиационной стойкостью и прочностью, локализацией продуктов деления [2].

Общими недостатками применяемых технологий получения сложных оксидных композиций из растворов (как правило, азотнокислых) являются: многостадийность, высокая стоимость переработки сырья, неравномерное распределение фаз, необходимость использования большого количества химических реагентов.

В то же время, технология синтеза оксидов в воздушной плазме обладает следующими преимуществами: одностадийность, гомогенное распределение фаз с заданным стехиометрическим составом, возможность активно влиять на размер и морфологию частиц [3, 4].

Следует отметить, что переработка азотнокислых растворов в плазме достаточно затратна. Для уменьшения энергозатрат прибегают к добавлению в состав растворов органического компонента, который, окисляясь в воздушной плазме, приносит дополнительную энергию, позволяя увеличить расход перерабатываемого раствора и, таким образом, увеличить выход целевого продукта.

В работе было проведено термодинамическое моделирование процесса плазмохимического синтеза сложных оксидных композиций из водно-органических нитратных растворов (ВОНР), состоящих из делящегося материала (включения) и матрицы. В качестве делящегося включения рассматривался диоксид урана, в качестве материала матрицы – оксид магния, ацетон и этанол использовались в качестве органических добавок. Доля топливного включения в целевой сложной оксидной композиции выбиралась в пределах 95%–85%, доля матрицы – в пределах 5%–15%.

По результатам моделирования были рассчитаны оптимальные составы ВОНР на основе нитрата уранила, нитрата магния и этанола (ацетона), а также рассчитаны оптимальные режимы плазменной обработки ВОНР (соотношения ВОНР–воздух). Было показано, что при избытке воздуха, из исходных растворов образуются нецелевые продукты ( $\text{UO}_3$ ,  $\text{U}_3\text{O}_8$ ,  $\text{U}_4\text{O}_9$ ), при недостатке – продукты неполного термического разложения углеводородов ВОНР (сажа). Показано,

что оптимальная доля воздуха варьировалась в промежутке 69%–71%.

Результаты проведенных исследований могут быть использованы для расчета плазмохими-

ческого синтеза сложных оксидных композиций для дисперсионного ядерного топлива.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект №18-19-00136).

### Список литературы

1. Скоров Д.М., Бычков Ю.Ф., Дашковский А.М. Реакторное материаловедение.– М.: Атомиздат, 1979.– 344с.
2. Алексеев С.В., Зайцев В.А., Толстоухов С.С. Дисперсионное ядерное топливо.– М.: Техносфера, 2015.– 248с.
3. Космачев П.В., Власов В.А., Скрипникова Н.К. // Известия вузов. Физика, 2017.– Т.60.– №2.– С.46–50.
4. Новоселов И.Ю., Каренгин А.Г., Шаманин И.В., Алюков Е.С. Плазмохимический синтез нанодисперсных порошков оксидов иттрия и циркония из диспергированных водно-солеорганических композиций // Ползуновский вестник, 2017.– Т.1.– №3.– С.142–148.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ЛИКВИДУСА РАСПЛАВА $KF-KBF_4-B_2O_3-KReO_4$

А.А. Чернышев<sup>1,2</sup>, А.П. Аписаров<sup>1</sup>, С.П. Архипов<sup>1,2</sup>, А.В. Исаков<sup>1</sup>  
Научный руководитель – д.х.н. Ю.П. Зайков<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН  
620990, Россия, г. Екатеринбург, ул. Академическая 20, info@ihte.uran.ru

<sup>2</sup>Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина  
620002, Россия, г. Екатеринбург, ул. Мира 19, a.a.chernyshev@urfu.ru

В последние годы области применения рения расширяются, поэтому возникает необходимость разработки энергоэффективных методов получения металлического рения из промышленно добываемого сырья. В работах Исакова, описан метод получения металлического рения, путем электролиза расплава солей  $KF-KBF_4-B_2O_3$  с добавлением рений содержащего сырья в виде перрената калия [1, 2].

Для модернизации технологии с целью снижения энергозатрат необходимо подобрать параметры ведения электрохимического процесса. Одним из таких параметров является рабочая температура электролита (расплава соли), которая напрямую связана с температурой ликвидуса. Поскольку в литературе отсутствует информация о температуре ликвидуса расплава  $KF-KBF_4-B_2O_3-KReO_4$ , в данной работе были проведены исследования направленные на определение температуры ликвидуса расплава в зависимости от концентрации перрената калия.

Температуру ликвидуса определяли методом дифференциального термического анализа [3] кривых охлаждения, для этого фиксировали изменение температуры расплавленной смеси в зависимости от времени при охлаждении элект-

тролита [4]. Методика измерения температуры первичной кристаллизации расплава описана в работе [4]. Начальную температуру расплава задавали выше на 150 °С предполагаемой точки первичной кристаллизации.

Экспериментальные данные, полученные методом термического анализа по определению температур первичной кристаллизации фторборатного расплава с добавками  $KReO_4$  от 1 до 6 мас. % приведены на рисунке 1.

Из рисунка 1 видно, что добавка перрената калия увеличивает температуру первичной кри-

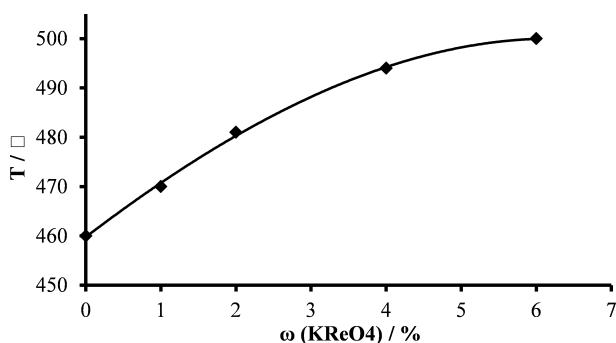


Рис. 1. Температура первичной кристаллизации расплава в зависимости от массовой концентрации перрената калия