

дистиллированной водой, поэтому при необходимости для эксплуатации топливного картриджа возможно использование морской воды для проведения процесса.

Полученные результаты говорят о возможности разработки прототипов компактных водо-

родных картриджей на основе гидрида лития. При правильном конструкторском решении можно регулировать скорость выделения водорода, и соответственно получать необходимое количество энергии при эксплуатации топливных элементов в различных условиях.

### Список литературы

1. Назаров Р.С., Куц С.Д., Кравченко О.В., Фокина Э.Э., Тарасов Б.П. Водород-генерирующие материалы для источников водорода гидролизного типа // *Альтернативная энергетика и экология. Научно-технический центр ТАТА, Саров, 2010.* – Т.6. – С.26–32.
2. Guarnieri M., Alotto P., Moro F. Modeling the performance of hydrogen-oxygen unitized regenerative proton exchange membrane fuel cells for energy storage. // *Journal of Power Sources. 2015.* – №30. – P.23–32.
3. Kim J., Kim T. Compact PEM fuel cell system combined with all-in-one hydrogen generator using chemical hydride as a hydrogen source // *Applied Energy, 2015.* – №15. – P.945–953.
4. Симагина В.В., Нецкина О.В., Комова О.В. Гидридные материалы – компактная форма хранения водорода для портативных топливных элементов // *Альтернативная энергетика и экология (ISJASS), 2007.* – №10. – С.54–64.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РУТИЛИЗИРУЮЩИХ ДОБАВОК ВВОДИМЫХ В ГИДРАТИРОВАННЫЙ ДИОКСИД ТИТАНА ПРИ ТЕРМООБРАБОТКЕ

А.Л. Лаштур

Научный руководитель – к.т.н., доцент А.С. Кантаев

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, all1@tpu.ru*

Диоксид титана рутильной формы получить достаточно просто, нужно лишь подобрать рутилизирующую добавку, которая обеспечит более легкую перекристаллизацию анатаза в рутил при более низкой температуре. Гидратированный диоксид титана (ГДТ) имеет сложный состав молекул и может содержать переменное количество связанных с титаном гидроксильных групп. При термообработке ГДТ протекают процессы дегидратации и полиморфного превращения анатаза в рутил. При этом температурные интервалы, в которых реализуется указанные процессы, в значительной степени зависят от условий получения ГДТ, размера его кристаллов, наличия примесей и других параметров.

При выполнении работы были проведены кинетические исследования термообработки ГДТ с добавлением и без добавления рутилизирующей добавки при различных температурах. Навески для анализа массой 11 г растворяли в соляной кислоте и добавляли металлический цинк (Zn), в качестве рутилизирующей добавки. Температура сушки варьировалась от 100 до

230 °С, время термообработки от 1 до 3 ч.

При термообработке ГДТ без и с добавлением рутилизирующей добавки были получены данные для построения кинетических кривых.

В температурном интервале 150–230 °С (рис. 1А) энергия активации процесса составляет величину 2356,3 Дж/моль.

Зависимость степени удаления влаги из осадка от времени и температуры для данного процесса выглядит следующим образом:

$$\alpha = 1 - \left( 1 - 2,4 \cdot \exp\left(-\frac{2356,3}{R \cdot T}\right) \cdot t \right)^3$$

Процесс протекает в внутри диффузионной области реагирования, что обусловлено плотной структурой гидратированного диоксида титана и сложностью выделения паров воды через слой ГДТ. Интенсифицировать процесс можно путем механического перемешивания.

При сушке ГДТ в интервале 150–230 °С (рис. 1В) энергия активации процесса равна 1107,8 Дж/моль.

В данном интервале степень удаления влаги

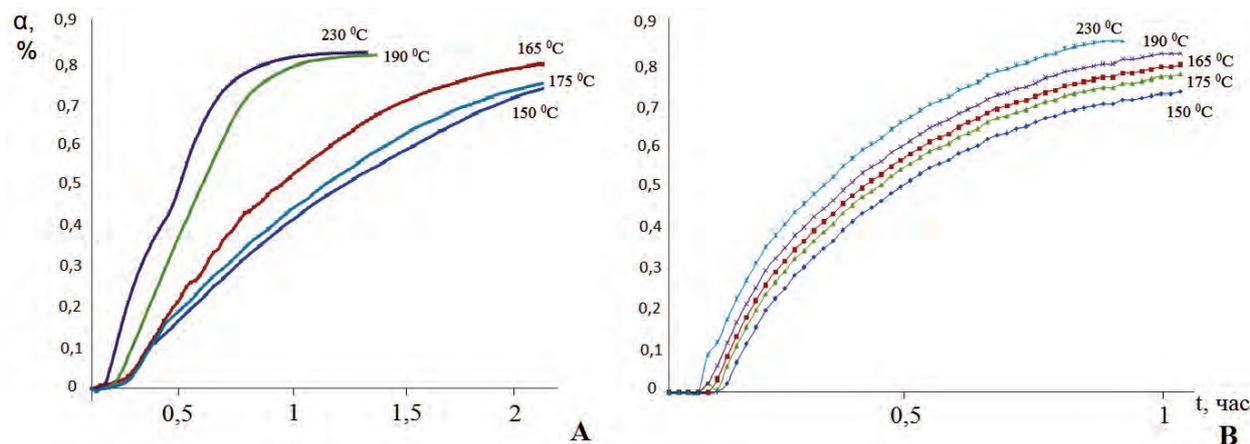


Рис. 1. Зависимость степени испарения воды из ГДТ от времени при различной температуре: А – без добавления рутилизирующей добавки; В – с добавлением рутилизирующей добавки

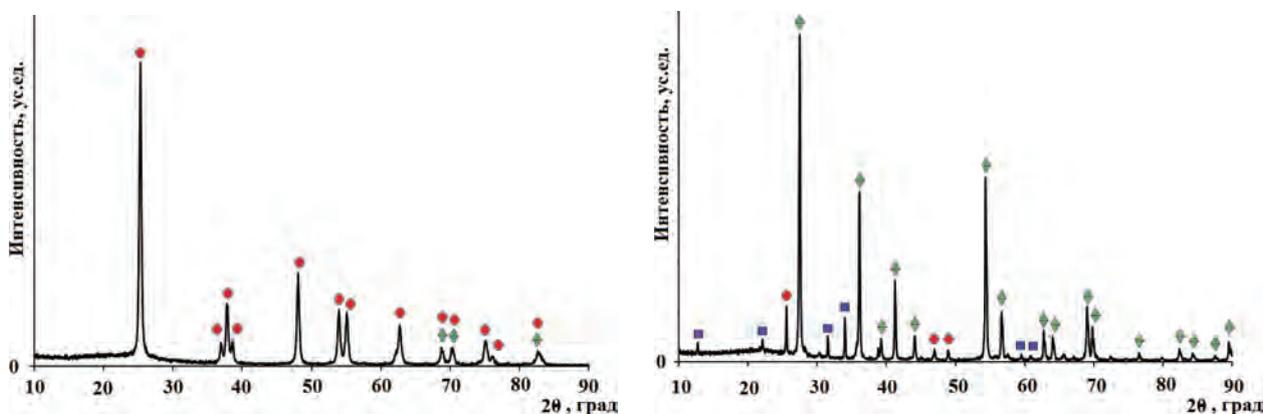


Рис. 2. Рентгенограммы образцов без (I) и с (II) добавлением рутилизирующей добавки:  $\blacklozenge$  –  $\text{TiO}_2$  (рутил),  $\bullet$  –  $\text{TiO}_2$  (анатаз),  $\blacksquare$  –  $\text{Zn}_2\text{SiO}_4$  (виллемит)

можно определить по формуле:

$$\alpha = 1 - \left( 1 - 2,4 \cdot \exp\left(-\frac{1107,8}{R \cdot T}\right) \cdot t \right)^3$$

Процесс протекает в внутри диффузионной области реагирования и лимитируется диффузией продуктов реакции в порах. Способ интенсификации процесса – организация перемешивания.

Образцы, полученные после термообработ-

ки, исследовали с помощью рентгенофазового анализа (РФА) на рентгеновском дифрактометре XRD-7000S. Результаты исследованных образцов показали, что в результате термообработки происходит перекристаллизация анатазной формы в рутильную.

Введение рутилизирующей добавки в ГДТ снижает температуру термообработки и способствует образованию рутильных центров кристаллизации.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ХЛОРИДА АММОНИЯ НА PH РАСТВОРОВ ХЛОРИДОВ ЛАНТАНА И ЦЕРИЯ

Т.И. Лемешенко

Научный руководитель – к.х.н., доцент Н.Б. Егоров

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, til1@tpu.ru.

Редкоземельные элементы (РЗЭ), а также скандий и иттрий используют в самых разных областях современной техники – в радиоэлек-

тронике, приборостроении, атомной технике, машиностроении, химической промышленности, в металлургии и т.д. Поэтому в мире имеет-