

## Клатратообразование в системе $H_2$ – ТГФ – $H_2O$

*Титов Дмитрий Дмитриевич*

*студент*

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,*

*Химический факультет, Москва, Россия*

*E-mail: mitymsu@msn.com*

Клатратные гидраты – это соединения включения, каркас которых образован молекулами воды («хозяин») и содержит полиэдрические пустоты, доступные для внедрения молекул «гостя». Долгое время считалось, что молекулы малого радиуса, например,  $H_2$  не могут образовывать гидрат. Однако в 2002 соединение  $H_2$ - $H_2O$  с кубической структурой II (КС-II) было синтезировано при 2200 атм и температуре 249 К [1]. Равновесие в системе  $H_2$  –  $H_2O$  были детально изучены в [2]. В работе [3] было показано, что водород содержащие фазы на основе водного каркаса могут быть получены и при более мягких условиях (50 атм и 280 К) для гидрата тетрагидрофурана (ТГФ). Позднее появились сведения о возможности получения двойного гидрата  $H_2$ -ТГФ- $H_2O$ , в котором содержание водорода может достигать 3,8 масс. % в том случае, если часть молекул ТГФ будет замещена на водород [4].

Целью настоящей работы является исследование растворимости водорода в гидрате ТГФ в зависимости от давления, содержания ТГФ и температуры. Для исследования были выбраны растворы ТГФ- $H_2O$  различной концентрации: 10,53; 19,04; 19,23; 21,05; и 23,53 масс. %. Все образцы были исследованы методом ДСК с целью определения закономерностей процесса клатратообразования в бинарной системе ТГФ- $H_2O$ . Для насыщения водородом использовали установку, позволяющую проводить синтез при давлении водорода до 2000 атм. Предварительно все образцы выдерживались сутки при температуре 255 К для полного протекания реакции гидратообразования. Закристаллизованный образец измельчали, помещали в автоклав, который затем вакуумировали и заполняли водородом. По мере ступенчатого повышения давления водорода фиксировали установление равновесия в системе и с помощью уравнения состояния для сильно сжатого водорода рассчитывали содержание водорода в гидрате. Для образцов с различным содержанием ТГФ были построены кривые абсорбции и десорбции водорода в интервале температур от 248 до 263 К и давлений до 2000 атм и кинетические кривые, описывающие динамику достижения равновесия при различных давлениях и концентрациях водорода.

### Литература

1. Mao, W. L., Mao, H. K., Goncharov, A. F., et al. (2002) Hydrogen clusters in clathrate hydrate // *Science*, vol. 297, p. 2247–2249.
2. Efimchenko, V.S., Antonov V.E., Barkalov O.I., et al. (2006) Phase transitions and equilibrium hydrogen content of phases in the water-hydrogen system at pressures to 1.8 kbar // *High pressure research*, vol. 26, № 4, p. 439–443.
3. Florusse, L. J., Peters, C. J., Schoonman J., et al. (2004) Stable low-pressure hydrogen clusters stored in a binary clathrate hydrate // *Science*, vol. 306, p. 469–471.
4. Lee, H., Lee, J., Kim, D., et al. (2005) Tuning clathrate hydrates for hydrogen storage // *Nature*, vol. 434, p. 743–746.

---

Тезисы доклады основаны на материалах исследований, проведенных в рамках гранта Российского Фонда Фундаментальных Исследований (грант № 06-03-33046)