

ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

УДК 544.344.01

DOI: 10.17223/00213411/68/6/4

Модель процесса образования конденсатогидратовН.А. Шостак¹, М.А. Самарин¹¹ *Кубанский государственный технологический университет, г. Краснодар, Россия*

Представлена математическая модель процесса образования гидратов сжиженных газов, дающая возможность определять термобарические параметры и основные характеристики процесса, а также рассчитывать молекулярные (молярная масса, плотность) и энергетические (образования гидратов в системах сжиженный газ – вода) параметры процесса с учетом особенностей его кинетики. Достоверность представленной модели была проверена сопоставлением рассчитанных параметров с их известными значениями, а ее точность дает возможность практического применения.

Ключевые слова: *конденсатогидраты, сжиженные газы, фазовые переходы, энергия образования гидратов.*

Введение

История изучения клатратных гидратов насчитывает более 240 лет. Долгие годы их исследование носило сугубо академический характер, что было связано с отсутствием технологической необходимости. С 30-х гг. прошлого века, когда ученые впервые столкнулись с проблемой гидратообразования в системах транспорта и добычи углеводородов, количество исследований стало существенно увеличиваться. Дальнейшее развитие изучения гидратов было посвящено способам технологического применения гидратов: в системах опреснения воды, разделения и концентрирования веществ, получения холода и т.п. Особый вклад в разработку термодинамических моделей гидратов внес Ж.Х. Ван-дер-Ваальс [1–4], а дальнейшее их развитие было продолжено В.Р. Белослудовым [5–8]. Среди современных исследований большое значение имеют работы В.П. Мельникова, А.Н. Нестерова и Б.Д. Иванова (СО РАН) [9–11].

Резюмируя, можно указать, что предупреждение образования и ликвидации техногенных гидратов, а также добыча газа из природных гидратов являются одними из важных проблем нефтяной и газовой промышленности. Их решением и исследованиями в этом направлении в России занимаются научные коллективы: Сибирского отделения РАН, ООО «Газпром ВНИИГАЗ», ФГБОУ ВО «РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина» [12–15], ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет», ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет»; за рубежом: Heriot-Watt University, UK; Sorbonne Universites, France; Universite de Franche-Comte, France; Ecole des Mines de Saint-Etienne, France; Colorado School of Mines, USA; University of Delaware, USA; Osaka University, Japan; National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Japan; Keio University, Japan; Dalian University of Technology, China; University of KwaZulu-Natal, South Africa; National University of Singapore, Singapore.

На сегодняшнем этапе изучения клатратных гидратов одним из направлений является исследование гидратов сжиженных газов (конденсатогидратов). В этом направлении имеется сравнительно малое количество эмпирических и полуэмпирических зависимостей, а также способов расчета, основанных на уравнениях химической термодинамики. Однако для решения широкого спектра физических задач, связанных с гидратообразованием в конденсированных средах, требуется большая проработка вопроса. В настоящей статье представлена модель образования гидратов в системе фазовых состояний сжиженный газ – вода, находящейся в расслоенном состоянии или в виде эмульсий. Основным преимуществом данной модели от уже существующих является то, что она подходит для большинства известных гидратообразователей в сжиженном состоянии и имеет достаточную степень точности, что повышает ее применимость в области инженерных расчетов.