

МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ИНЖЕКЦИИ УГЛЕКИСЛОТЫ В МЕТАНОГИДРАТНЫЙ МАССИВ С ПОСЛЕДУЮЩИМ ИЗВЛЕЧЕНИЕМ ГАЗА

Иманов Л.В., студент

Дударева О.В.к.ф.-м.н., ассистент

*Белова С.В., ассистент, преподаватель кафедры Бирского
филиала БашГУ*

г. Бирск, ФГБОУ ВО Бирский филиал БашГУ

Традиционные источники энергии на нашей планете ограничены, при этом их потребление все время растет. По некоторым прогнозам эти ресурсы могут быть исчерпаны уже через 100-200 лет. Это поднимает вопрос о поиске альтернативных источников минеральной энергии. В последние годы все большую популярность приобретает изучение газогидратов, которые могут быть использованы в качестве источников углеводородного сырья

Газовые гидраты – это твердые кристаллические соединения молекул газа и воды, которые образуются при условии низких температур и высокого давления. При повышении температуры или понижении давления эти соединения распадаются на газ, из которого состоит газогидрат, и воду. Внешне представляют собой ледяную массу, т.е. напоминают снег или рыхлый лед. По структуре молекулы воды образуют ажурный каркас, внутри которого находится молекула горящего газа (рис.1) [1].

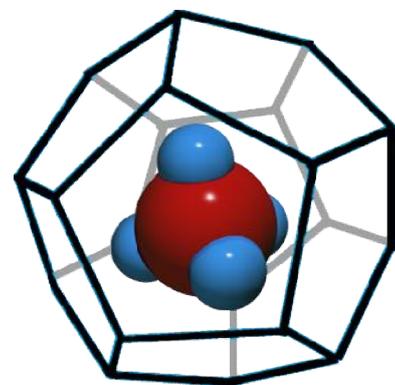


Рис. 1. Молекула метана в метановом гидрате

Добыча газогидратов является наиболее перспективным из всех известных альтернативных способов получения горючих газов. Обусловлено это в первую очередь тем, что гидраты распространены по всему миру, а их большая часть встречается в Мировом океане. Организмы, обитающие в

водах морей и океанов, умирая, падают на дно и разлагаются. Известно, что при разложении органических отходов выделяется газ метан. При определенных термобарических условиях на дне морских глубин из воды и метана образуются газогидраты. Вторым, но немаловажным фактором, является то, что сами газогидраты являются очень богатыми источниками горючего газа: из одной единицы объема гидрата метана можно получить около 160 единиц объема газа метана. Это свойство позволяет полагать, что метаногидраты это очень высококонцентрированный топливный ресурс.

Одним из вариантов и наиболее перспективным способом добычи гидрата метана на данный момент является инжекция других газов в газогидратный массив, с дальнейшим выводом горючего газа и консервацией замещающего газа. Нами будет рассмотрена математическая модель процесса замещения метана жидким диоксидом углерода в массиве, наполненном гидратом метана [3].

Пусть полубесконечный газогидратный массив заполнен метаном и его гидратом (рис.2). Температура и давление в массиве удовлетворяет условию существованию метана и гидрата метана. Через границу $x = 0$ под давлением p_e и температуре T_e вводится жидкая двуокись углерода. При закачке CO_2 образуются две области: первая область занята диоксидом углерода и его гидратом, а вторая метаном и гидратом метана. Весь процесс замещения происходит на подвижной фронтальной границе x_s .

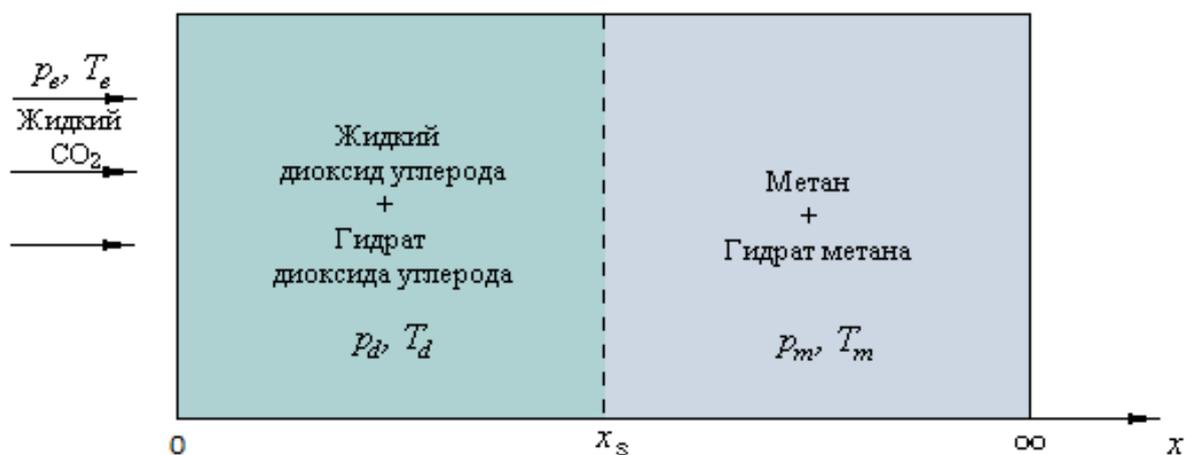


Рис. 2. Схема областей, формируемых при закачке диоксида углерода

Начальные и граничные условия запишем в виде:

$$t = 0 \ (x \geq 0): S_g = S_{gm0}, S_h = S_{hm0}, T = T_0, p = p_0,$$

где S_{gm0} , S_{hm0} – насыщенности газа метана и гидрата метанасоответственно, T_0 и p_0 температура и давление, удовлетворяющие существованию метана и его гидрата.

Процесс описывается следующими уравнениями:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho_i S_i) + \frac{\partial}{\partial x}(\rho_i S_i v_i) = 0, \quad \rho C \frac{\partial T_i}{\partial t} + \rho_i C_i S_i v_i \frac{\partial T_i}{\partial x} = \lambda \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial T_i}{\partial x} \right),$$

$$S_i + S_{hi} = 1, \quad \rho C = \rho_i C_i S_i + \rho_{hi} C_{hi} S_{hi}, \quad S_i v_i = - \frac{k_i}{\mu_i} \frac{\partial p_i}{\partial x},$$

$$\rho_d = \rho_{0d} e^{\beta(p_d - p_{0d})}, \quad \rho_m = \frac{p_m}{R_g T_m}.$$

Рассмотренный нами способ примечателен тем, что параллельно с добычей метана происходит консервация углекислого газа. Таким образом, решается проблема уменьшения доли парниковых газов в атмосфере и их хранения.

В ходе изучения данной темы, мы выяснили, что представляют собой гидраты, какими свойствами они обладают и выявили некоторые способы их практического применения. Несмотря на то, что исследование газовых гидратов началось относительно недавно, активные разработки и исследования в этой области идут полным ходом и будут расти с каждым годом[2].

Литература

1. Истомин В.А., Якушев В. С. Газовые гидраты в природных условиях. – М.; Недра, 1992. – 236 с.
2. Макогон Ю.Ф. Газогидраты. История изучения и перспективы освоения // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2010, №2, с. 5-21.
3. Шагапов В. Ш., Хасанов М. К. Режимы восстановления метана из газогидрата при инъекции “теплого” диоксида углерода в пористую среду // Теплофизика высоких температур. 2017, том 55, №5, с. 753-761.