

УДК 628.49

**Г.К. Лавренченко**, доктор техн. наук; **А.В. Копытин**, канд. техн. наук; **А.В. Плесной**, канд. техн. наук

ООО «Институт низкотемпературных энерготехнологий», а/я 188, г. Одесса, Украина, 65026

e-mail: uasigma@mail.ru

ORCID: <sup>1</sup><http://orcid.org/0000-0002-8239-7587>; <sup>2</sup><http://orcid.org/0000-0003-3514-0989>;

<sup>3</sup><http://orcid.org/0000-0002-2127-2991>

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ГАЗОГИДРАТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СФЕРЫ ИХ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

*Растёт интерес к проблемам газовых гидратов метана. Повышенное внимание к ним обусловлено широким распространением гидратосодержащих пластов в морях и районах вечной мерзлоты. Высокая удельная концентрация метана в гидратах (150...180 объёмов метана на один объём воды), их неглубокое залегание под морским дном, начиная с глубин 300...500 м, позволяют рассматривать природные гидраты как реальную альтернативу добываемым сейчас разнообразным углеводородам. Несмотря на большое число открытых месторождений гидратов, промышленная их разработка пока не осуществляется. В будущем эти ресурсы безусловно будут использоваться. Пока лишь сделаны первые шаги в изучении геологии залежей газовых гидратов. Однако в настоящее время проявляется интерес к нескольким разработанным перспективным газогидратным технологиям. Рассматривается транспортировка и хранение природного газа в гидратном состоянии. Зарубежный опыт показывает, что это позволяет на 25 % снизить эксплуатационные затраты по сравнению с доставкой природного газа в сжиженном виде. Исключительно актуальными являются работы по организации добычи метана посредством его вытеснения с помощью CO<sub>2</sub>. При этом может решаться проблема надёжного захоронения диоксида углерода. Перспективно внедрение совмещённых процессов, например, транспорта газа с морских оффшорных месторождений на материк и доставка в обратном направлении газовых гидратов CO<sub>2</sub> для их захоронения в море.*

**Ключевые слова:** Метан. Газовый гидрат. Месторождения гидратов. Добыча гидратов. Фазовая диаграмма системы метан-вода. Гидраты CO<sub>2</sub>. Транспортировка метана в гидратном состоянии.

### 1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время ведутся интенсивные поиски новых источников углеводородного сырья. И, естественно, что при этом обращается внимание на многочисленные месторождения газовых гидратов метана в виде гидратосодержащих пластов в морях и океанах. Если учитывать высокую удельную концентрацию газа в природных гидратах, неглубокое залегание под морским дном, начиная с глубин 300...500 м, то можно рассматривать их в качестве альтернативы добываемым сейчас углеводородам.

Даже минимальные оценки количеств газа (от  $1,8 \cdot 10^{14}$  до  $1 \cdot 10^{15}$  м<sup>3</sup>) в скоплениях природных газовых гидратов (СПГГ) свидетельствуют о наличии колоссальных его потенциальных ресурсов. Согласно тщательно проведённой оценке, результаты которой опубликованы в [1], природные газовые гидраты могут содержать 10 трлн. т углерода, т. е. в два раза больше, чем вместе взятые мировые запасы угля, нефти и

обычного природного газа.

Газогидраты представляют собой молекулярные соединения воды и метана, существующие при низких температурах и высоких давлениях. По внешним признакам газогидраты напоминают лёд, который правильнее было бы называть «горящим льдом» (рис. 1). Газовые гидраты относят к клатратным соединениям воды с низкомолекулярными газами, такими как метан, этан, пропан, бутан, диоксид углерода и др. [2].

Газогидраты формируются путём включения молекул газа легколетучих жидкостей в полости каркаса, построенного молекулами воды, с учётом вполне определённых для каждого компонента газа термодинамических условий. Их характеризуют общей формулой  $M \cdot nH_2O$ . В этой формуле через  $M$  обозначается молекула газа, образующая гидрат при конкретных значениях температуры и давления. При нарушении термодинамического равновесия структура гидрата разрушается, в результате чего он разлагается на газ и пресную воду со значительным поглощением тепла [3].