УДК 622.276

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ГАЗОГИДРАТОВ

ASSESSMENT OF THE POSSIBILITY OF DEVELOPING GAS HYDRATE DEPOSITS

Онофриенко Сергей Александрович
старший преподаватель кафедры
нефтегазовые техника и технологии,
Южно-Российский государственный политехнический
университет (НПИ) имени М.И. Платова
13050465@mail.ru

Никульников Ярослав Вячеславович
студент кафедры нефтегазовые техника и технологии,
Южно-Российский государственный политехнический
университет (НПИ) имени М.И. Платова
niku61ar@gmail.com

Аннотация. В статье показана актуальность разработки технологий добычи газогидратов; обозначены главные проблемы и особенности существующих технологий разработки газогидратов, проведена оценка возможности разработки месторождений газогидратов в ближайшем десятилетии.

Ключевые слова: газовые гидраты, нуклеация, кристаллическая решетка, разгерметизация, тепловой метод, технология введения ингибитора, метод замены гидратообразователя.

Onofrienko Sergey Aleksandrovich
Senior Lecturer of the Department of Oil and Gas Techniques and Technologies,
Platov South Russian State Polytechnic University (NPI)
13050465@mail.ru

Nikulnikov Yaroslav Vyacheslavovich
Student of the Department of Oil and Gas Techniques and Technologies.
Platov South Russian State Polytechnic University (NPI).
niku61ar@gmail.com

Annotation. The article shows the relevance of developing technologies for the extraction of gas hydrates; the main problems and features of existing technologies for the development of gas hydrates are identified; an assessment of the possibility of developing gas hydrate deposits in the next decade is carried out.

Keywords: gas hydrates, nucleation, crystal lattice, depressurization, thermal method, inhibitor introduction technology, hydrate former replacement method.

Введение

Одной из наиболее важных тенденций, наблюдаемых в настоящее время в мировой нефтедобывающей отрасли, является снижение добычи традиционных углеводородов. Сокращение запасов традиционной нефти вынуждает нефтяные компании обращать все большее внимание на альтернативные источники углеводородов.

Газовые гидраты – относительно новый, однако потенциально значимый источник природного газа, способный значительным образом повлиять на обеспечение растущих потребностей мировой экономики в отношении тепловых и энергетических ресурсов. В данной статье рассмотрены основные известные технологии добычи газогидратов, а также проведена оценка перспективы разработки месторождений газогидратов с учётом существующих на данный момент технических и технологических возможностей в нефтегазовой отрасли [1].

Основное содержание работы

Нуклеация – это процесс образования очень малого кристалла, зародыша, из которого далее растет макроскопический кристалл гидрата. В пластах горных пород гидраты могут быть как распределены в виде микроскопических включений, так и образовывать крупные частицы, вплоть до протяжённых пластов многометровой толщины.

В связи с этим, в настоящее время выделяют три основных типа кристаллов:

- Массивные кристаллы. Формируются за счёт сорбции газа и воды на всей поверхности непрерывно растущего кристалла;
- Вискерные кристаллы. Возникают при туннельной сорбции молекул к основанию растущего кристалла;
- Гель-кристаллы. Образуются в объёме воды из растворённого в ней газа при достижении условий гидратообразования.

По разным оценкам, в природных гидратах содержится от 2000 до 5000 трлн м^3 газа. Значительная часть этих газовых ресурсов расположена в океане и арктических широтах, где соблюдены все необходимые условия для гидратообразования.

В структуре газогидратов молекулы воды образуют каркас-решётку, в котором имеются полости молекулярного размера. Установлено, что полости каркаса обычно являются 12-, 14-, 16- и 20-гранниками, немного деформированной формы, в которых и размещаются молекулы газов или легколетучих жидкостей. Комбинируясь между собой в определённом порядке, образуют определённую структуру, в зависимости от которой гидрат и приобретает свою классификацию: КС – кубическая, ТС – тетрагональная или ГС – гексагональная структура соответственно (рис. 1).

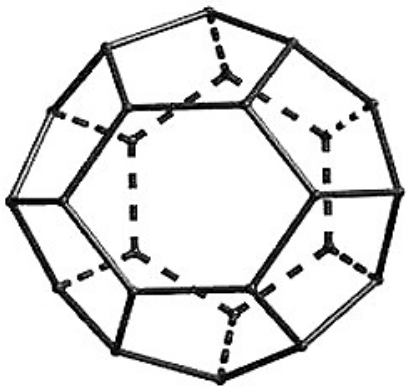

Рисунок 1 – Строение полостей кристаллической решётки газогидрата

В общем виде состав газовых гидратов описывается формулой:

$$M \cdot n\mathrm{H_2O},$$

где M – молекула газа-гидратообразователя; n – число молекул воды, приходящихся на одну включённую молекулу газа (переменное число, зависящее от типа гидратообразователя, давления и температуры).

Благодаря своей клатратной структуре единичный объём газового гидрата может содержать до 160–180 объёмов чистого газа, что означает, что плотность самого гидрата выше плотности воды и льда, образующих его.

Так как кристаллический каркас гидратов построен из связанных водородными связями молекул воды, в этом каркасе есть полости молекулярного размера, в которых и размещаются молекулы гидратообразователей. Все основные существующие на данный момент технологии по добыче газа из газогидратов базируются на разделении гидратообразователя и молекул воды.

Основные технологии воздействия на призабойную зону пласта, применяемые на месторождениях газовых гидратов:

- Технология понижения давления (разгерметизация).

Ключевая особенность метода состоит в создании пониженного давления в скважине (меньше уровня фазового равновесия газогидрата), что приводит к снижению давления, оказываемого на газогидрат и последующему распадению газогидрата на составляющие его газ и воду.

Достоинства метода: невысокие затраты; простота процесса; быстрая добыча больших объемов.

Недостатки метода: образовавшаяся в процессе распада вода в условиях низких температур может образовывать газогидратные пробки в колоннах насосно-компрессорных труб и препятствовать движению добываемого скважиной газа.

- Технология нагревания (тепловой метод).

Отличительной особенностью метода является то, что при нагревании пласта, содержащиеся в нём газогидраты также разлагаются на составляющие его газ и воду. Различают множество способов нагрева пласта в зависимости от подвода тепла: впрыскивание теплоносителя; циркуляция горячей воды; нагрев паром; прямой нагрев электричеством.

Достоинства метода: простота процесса.

Недостатки метода: высокие затраты энергии; постоянное увеличение количества подводимой теплоты и необходимость наличия сложных технических решений, т.к. при разложении газогидратов большое количество телпа поглощается реакцией.

- Технология введения ингибитора в пласт (метод химического воздействия).

В данном случае введение ингибитора в пласт также рассматривается как способ нарушения фазового равновесия газогидрата. В качестве ингибитора могут выступать такие растворы как: хлорид кальция, бромид кальция, этанол, метанол, гликоль, соляные растворы

Достоинства: возможность контроля скорости протечения реакции и, как следствие, последующей скорости добычи выделенного газа; предотвращение повторного образования гидратов в процессе движения газа по трубам скважины.

Недостатки: высокая стоимость раствора-ингибитора; медленное протекание реакции; потенциальная экологическая опасность ингибиторов [2].

- Технология замены гидратообразователя (метод замещения на CO_2).

Метод замещения CO_2 является одним из новых способов разработки газогидратных месторождений. Его принцип действия отличается от основных методов, так как он не направлен на простое разложение гидрата на его составляющие.

Основной принцип метода заключается в целенаправленном замещении одного гидратообразователя в структуре гидрата (метана) на другой (CO_2). Это возможно потому, что гидраты CO_2 существуют при тех же температурных условиях, что и гидрат метана, однако гидраты CO_2 остаются стабильными при более низком давлении.

Преимущества метода: экологичность; потенциальная экономическая выгода.

Недостатки метода: низкая эффективность существующего процесса замещения молекул-структурообразователей; необходимость доработки и тщательного исследования технологии [3].

Анализ перспектив добычи газогидратов в ближайшие 10 лет позволяет выявить следующие тенденции:

Существующие технологии добычи газогидратов в 1,5–2 раза дороже добычи традиционной природного газа, что, главным образом, обуславливается отсутствием рентабельной технологии добычи. В ближайшие 10 лет запуск полноценных коммерческих проектов по добыче газогидратов крайне маловероятен, однако вполне возможно появление отдельных пилотных исследовательских проектов по развитию технологий добычи гидратов.

Ключевым фактором успеха станет способность снизить себестоимость добычи до конкурентоспособного уровня с традиционными источниками газа, что потребует значительных научных и технологических прорывов [4].

Заключение

Научные исследования, свзанные с природными газогидратами захватывали интерес учёных в прошлом. Сейчас же мир уже имеет многие представленные технологии по добыче природных гидратов газа, но даже современные методы имеют ряд своих недостатков, таких как высокий риск возникновения аварии, необходимость больших затрат на энергию или высокая стоимость раствора ингибитора.

Учитывая положительные прогнозы научных деятелей и возрастающее внимание коммерческих и государственных организаций к проблемам добычи газогидратов, можно с уверенностью сказать: газогидраты – один из перспективнейших источников энергии, хотя пока и относится к альтернативным.

Список литературы:

1. Анализ технологий разработки месторождений газогидратов и новые пути мышления / Сян Хуа [и др.] // Учёные записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. – 2018. – Т. 4(70). – № 4. – С. 289–310.

2. Зырин В.О. Современные технологии разработки газогидратных залежей // European Science. – 2015. – № 2(3). – С. 17–19.

3. Васильева З.А. Разработка газогидратных залежей с использованием геоприродных факторов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2021. – № 3-1. – С. 238–251.

4. А.Е. Воробьев. Экспертная оценка мировых запасов аквальных залежей газогидратов / Е. Воробьев, Е.В. Чекушина, Ю.И. Разоренов. // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2012. – № 6. – С. 104–106.

List of references:

1. Analysis of gas hydrate field development technologies and new ways of thinking / Xiang Hua [et al.] // Scientific Notes of V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Geography. Geology. – 2018. – Vol. 4 (70). – № 4. – P. 289–310.

2. Zyrin V.O. Modern technologies of gas hydrate deposits development // European Science. – 2015. – № 2(3). – P. 17–19.

3. Vasilieva Z.A. Development of gas hydrate deposits using geo-natural factors // Mining information and analytical bulletin. – 2021. – № 3-1. – P. 238–251.

4. Vorobyev A.E. Expert assessment of the world reserves of aquatic gas hydrate deposits / E. Vorobyev, E.V. Chekushina, Yu.I. Razorenov. // Izvestiya vysshee obrazovaniya vysshee obrazovaniya. North Caucasian region. Technical sciences. – 2012. – № 6. – P. 104–106.