

# CHEMICAL SCIENCES

## FEATURES OF FORMATION OF GAS HYDRATES IN GAS PIPELINES

**Mobie Andeol Aurele Wilfried,**

*2nd year Master's student, Integrated development of hydrocarbon deposits, Astrakhan State Technical University*

**Kutlusurina G.**

*Astrakhan State Technical University, Supervisor PhD, Associate Professor*

## ОСОБЕННОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ ГАЗОГИДРАТОВ В ГАЗОПРОВОДАХ

**Мобие Андеол Орель Уилфрид**

*Студент 2-ого курса магистратуры, Комплексное освоение месторождений углеводородов, Астраханский государственный технический университет*

**Кутлусурина Г.В.**

*Астраханский государственный технический университет, научный руководитель к.т.-м.н., доцент*

### Abstract

The article describes various conditions and mechanisms for the formation of hydrates in a pipeline.

### Аннотация

В статье описаны различные условия и механизмы образования гидратов в трубопроводе.

**Keywords:** methane, gaseous methane, hydrates, temperatures, pressures, gas pipeline, thermobaric conditions.

**Ключевые слова:** метан, газообразный метан, гидраты, температуры, давления, газопровод, термобарические условия.

Гидратообразование характерно для всех магистральных газопроводов, за исключением тех, по которым транспортируют осушенный газ с точкой росы паров воды ниже минимальной рабочей температуры. В условиях недостаточной осушки газа от паров воды, как правило, образуются гидраты. Их образование представляет собой реакцию кристаллизации молекул воды и углеводородов. Эта реакция происходит при транспортировке нефтяных отходов и происходит в многофазной среде, состоящей из газа, жидких или растворенных углеводородов, жидкой воды и иногда твердых (например, песчаных) частиц [1].

Газогидраты представляют собой тип вставочного соединения, в котором молекулы воды, связанные водородными связями, создают сеть полостей, достаточно больших для захвата молекул газа. При определенных условиях давления и температуры эти молекулы газа, захваченные взаимодействиями сил типа Ван-дер-Ваальса, способны термодинамически стабилизировать структуру, которая в противном случае была бы разрушена силами притяжения между молекулами воды [2].

При добыче природного газа могут образовываться и другие гидраты. Чем больше увеличивается длина молекулы углеводородов (бутан, пентан

и др.), тем менее устойчивыми становятся образующиеся гидраты. Гидраты природного газа характеризуются более низким давлением (25 МПа, компрессия 1/170) и более высокой температурой, чем сжиженный природный газ или природный газ для транспортных средств (сжатый природный газ [3].

Низкие температуры и высокие давления в технологических системах способствуют образованию процесса гидратообразования. С увеличением давления и снижением температуры в сети сбора скорость образования гидратов на стенках трубопроводов только увеличивается. Обычно гидраты представляют собой крупинки, которые рассредоточены по стенкам трубопровода, однако они могут быть и перемешаны с жидкостью, или представлять собой большие кластера, что значительно осложняет работу трубопровода [4].

Термобарические кривые для гидратообразующих веществ показаны на рисунке 1. Во всех случаях линии равновесия у трехфазных систем, включающих две жидкие фазы, имеют сильный наклон. При небольших изменениях температуры наблюдаются очень значительные изменения значений давления. У метана такой картины не наблюдается.

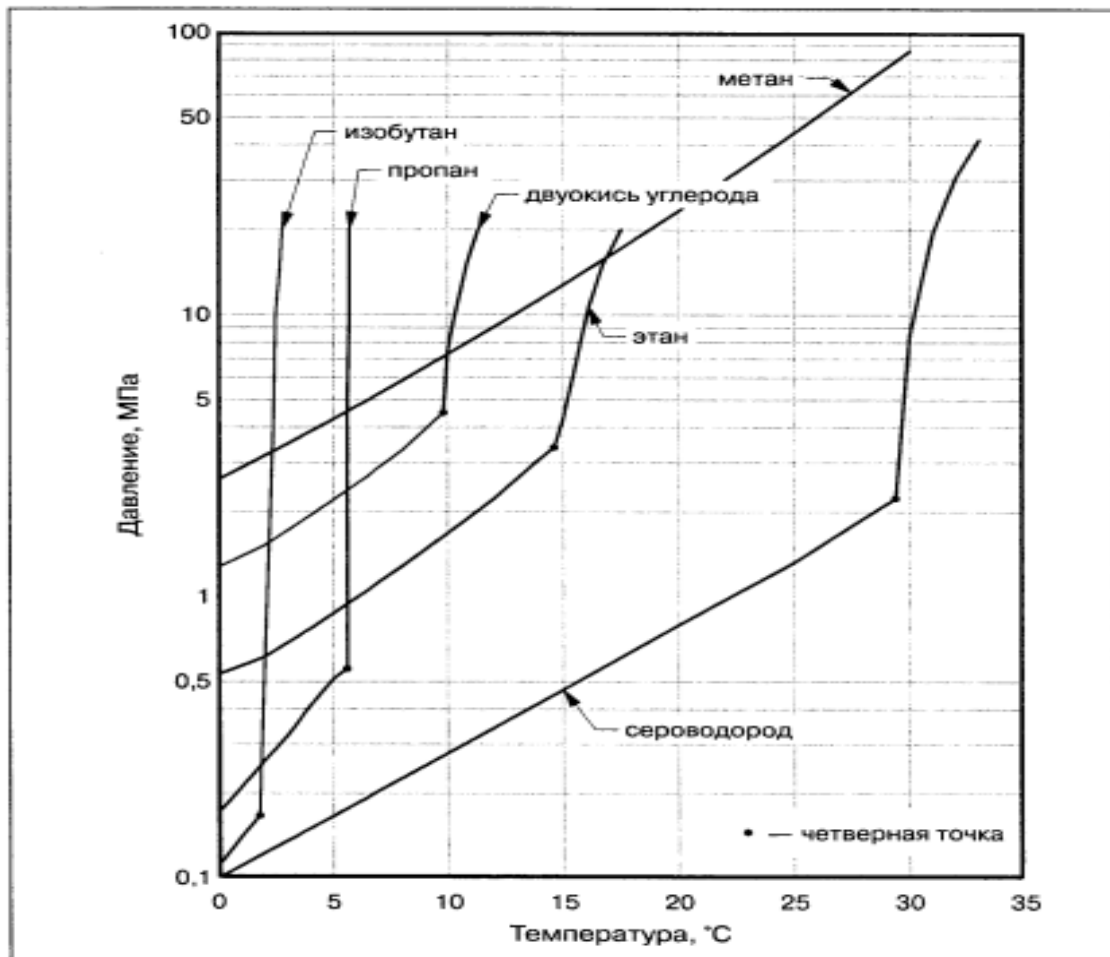


Рисунок.1. Кривые гидратообразования для некоторых компонентов природного газа

Гидраты состоят из двух компонентов: «хозяина» и «гостевой» молекулы. Молекулой-«хозяином» является вода, а «гостем» — углеводороды с низким молекулярным весом, такие как метан, этан, пропан, а также диоксид углерода, азот, кислород и сероводород. Образованию гидратов способствуют «гостевые» молекулы, которые в определенный момент закупориваются внутри молекул «хозяина». Процесс образования гидратов на самом деле более сложный. Если в нефтяном флюиде преобладает маслянистая фракция, то вся жидкость оседает в

нефтяном потоке в виде капель. Устойчивость полученной смеси достигается благодаря наличию природных веществ, содержащихся в нефти. Если посмотреть последовательно процесс образования гидратов, то сначала формируется гидратный налет, обволакивая каждую частицу воды, затем происходит утолщение замерзшей оболочки до полного заполнения частицы воды гидратом, то есть образуется некая пробка (рисунок 2). В дальнейшем образуется все больше гидратов твердой структуры, что затрудняет их удаление из трубопроводов [4].

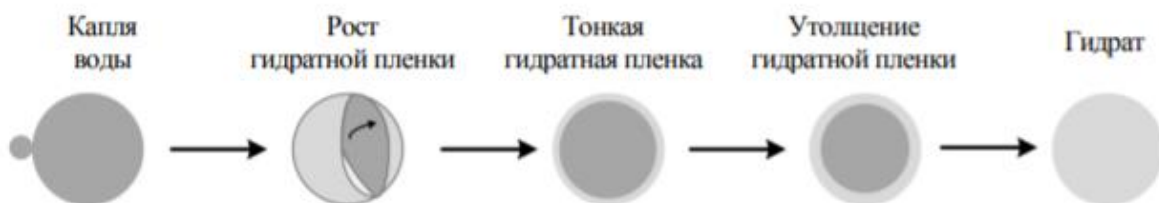


Рисунок.2. Образование гидрата

Для условий гидратообразования необходимы компонент, который выступит катализатором для образования гидратов (природный газ содержащий, влагу), низкая температура и высокое давление

газа. Образование гидрата происходит только при условии, если температура стенки трубопровода меньше температуры гидратообразования [4].

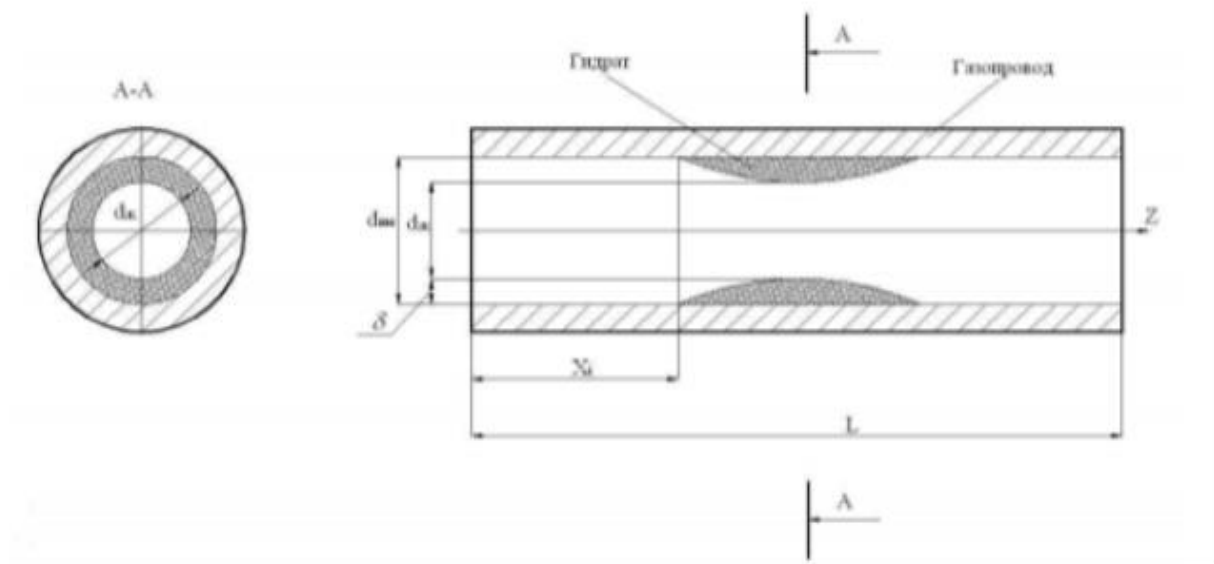


Рисунок.3. Схема газопровода с газогидратным слоем на внутренних стенках

Ускоренному образованию гидратов способствуют следующие явления:

**Турбулентность, высокие скорости потока:** Образование гидратов активно протекает на участке с высокими скоростями потока среды. Это делает дроссельную арматуру особенно чувствительной к образованию гидратов. Во-первых, температура природного газа при прохождении через дроссель, как правило, значительно понижается вследствие эффекта Джоуля-Томсона. Во-вторых, в уменьшенном проходном сечении клапана возникает большая скорость потока [5].

**Перемешивание.** При перемешивании газа в трубопроводе, технологическом резервуаре, теплообменнике и т. п. интенсивность гидратообразования возрастает [5].

**Центры кристаллизации.** Центр кристаллизации представляет собой точку, в которой имеются благоприятные условия для фазового превращения, в данном конкретном случае – образование твердой фазы из жидкой. Центрами кристаллизации для образования гидратов могут быть дефекты трубопроводов, сварные швы, фасонные детали и арматура трубопроводов. Включения шлама, окарины, грязи и песка также являются хорошими центрами кристаллизации [5].

**Свободная вода:** Наличие свободной воды не является обязательным условием для гидратообразования. Это продемонстрировано на фазовой диаграмме давление состава для системы метан + вода. Например, в равномолярной смеси метана и воды

при 10°C и 10 МПа присутствуют только гидратная и газовая фазы – свободная вода отсутствует [5].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Jean-Michel Herri. Etude de la formation de l'hydrate de méthane par turbidimétrie in situ. Génie des procédés. Université Pierre et Marie Curie - Paris VI; Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne, 1996. p26-28.
2. Hung Le Ba. Formation et agglomération de particules d'hydrate de gaz dans une émulsion eau dans huile : Etude expérimentale et modélisation. Génie des procédés. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne, 2009. p25.
3. Albert Pissard, « Les hydrates de méthane : réserve énorme d'énergie et danger climatique potentiel », Bulletin de la Société géographique de Liège, n° 48, 2006, p7.
4. Бринстер, И. Р. Проблема гидратообразования в трубопроводах / И. Р. Бринстер. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2020. — № 52 (342). — С. 107-109.
5. ЧУХАРЕВА Наталья Вячеславовна. Определение условий гидратообразования при транспорте природного газа в заданных технологических условиях эксплуатации промысловых трубопроводов. Расчет необходимого количества ингибиторов для предотвращения загидративания / Методические указания. — Томск: Издательство Томского политехнического университета (ТПУ), 2010. — с 7-8.