

RESUME

In the article, based on the review of literature sources, the analysis and choice of the optimal variant of the inflow call at the completion of wells is made to ensure maximum oil recovery of the formation. In the well construction cycle, the completion process is one of the main and technologically complex processes. The quality of this stage in exploratory wells largely depends on the prospectivity of the new field, and in the operational - the debit and its reliability as a long-term object. The widespread local hydraulic fracturing of a reservoir (fracturing) in the oil industry is considered as an effective method of influencing the bottomhole well zone and as a technology that increases the flow of oil. The technology is based on the mechanism of occurrence and propagation of cracks in rocks both with single and multiple hydraulic fractures of the formation. The published fracture treatment works are in most cases vertical type of wells, and the information and experience of hydraulic fracturing in horizontal wells (HS), especially with multiple fracturing (MHF), are rather narrow. This is due to the fact that the processes and theoretical studies of the effectiveness of multistage hydraulic fracturing in horizontal wells under conditions of an anisotropic inhomogeneous reservoir, as well as the determination of the optimum number of stages of fracturing with an estimate of the distances between the created cracks have been little studied. Widely used in the Karachaganak field, the FracPoint technology, based on the opening of the couplings of the hydraulic fracturing system, by dumping a ball of a certain diameter is the most effective method of well development.

УДК 622.279.72

Чурикова Л.А., кандидат технических наук, доцент

Ахметжанова А.А., магистрант

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хан», г.

Уральск, Республика Казахстан

АНАЛИЗ СПОСОБОВ БОРЬБЫ С ГИДРАТООБРАЗОВАНИЕМ ПРИ ДОБЫЧЕ  
ГАЗА НА МЕСТОРОЖДЕНИИ КАРАЧАГАНАК

Аннотация

Процесс образования гидратов зависит от физико-химических характеристик газа и вероятность гидратообразования увеличивается с повышением давления и понижением температуры, снижает дебит скважины на 18-19% для начальной температуры ниже равновесной на 20 К. В настоящее время для предупреждения образования гидратов применяют ингибиторы гидратообразования. На Карачаганакском нефтегазоконденсатном месторождении образованию гидратов способствуют наличие в составе газа сероводорода (3,82%) и углекислого газа (6,57%), при добыче природного газа на месторождении образуются смешанные гидраты.

В статье приведен анализ методов очистки систем добычи газов на промысле, предложено устройство, предотвращающее образование гидратопарафиновых отложений в линейной части промысловых трубопроводов, технологией предусмотрен нагревательный электрод (расходуемый анод), расположенный снаружи защищаемого участка трубопровода, за счет которого обеспечивается снижение гидравлического сопротивления трубопровода, тем самым создавая безгидратный режим работы линейной части промысловых трубопроводов. Работа такого устройства основана на защите промыслового трубопровода за счет действия нагревательного электрода.

*Ключевые слова: образование гидратов, борьба, газовый поток, ингибитор, парафино- гидратные отложения.*

Технология добычи, транспорта, хранения и переработки газа осложнена проблемой газовых гидратов. В общем случае образование газовых гидратов обусловлено наличием в потоке газа водной фазы. Процесс образования гидратов зависит от физико-химических характеристик газа. Вероятность гидратообразования увеличивается с повышением давления и понижением температуры. Образование гидратов в призабойной зоне вызывает падение дебита скважины на 18-19 % для начальной температуры ниже равновесной на 2<sup>0</sup> К [1].

Наиболее благоприятные условия для образования газовых гидратов создаются при неконтролируемом выбросе пластовой воды, поступающей в газотранспортную систему с газом со скважин месторождения. Остро стоят вопросы подготовки газа для его транспортировки по газопроводам большой

протяженности, особенно на участках с высокими скоростями потока среды. Кроме того, гидраты закупоривают частично или полностью проходное сечение трубы, что приводит к возникновению зон с повышенным давлением. Гидратообразование приводит к серьезным осложнениям при эксплуатации газовых месторождений и даже к крупным авариям. Предотвращение этих осложнений при сниженных эксплуатационных затратах является актуальной научно-технической и производственной проблемой. В настоящее время проблема образования гидратов на внутрипромысловых и магистральных трубопроводах очень актуальна. Скопление гидратов в сечении трубы приводит к уменьшению пропускной способности, дополнительной дросселиции потока, а в некоторых случаях и его полной остановке. В связи с возрастающим спросом на природный газ необходимы конструктивные решения, направленные на усовершенствование подотраслей газовой промышленности (добычи, подготовки, транспорта и системы газораспределения), что позволит рационализировать поставку газа на внутриказахстанские нужды и на экспорт для дальнейшего улучшения энергетической и экономической эффективности.

Техногенные газовые гидраты могут образовываться в системах добычи газа: в призабойной зоне, в стволах скважин, в шлейфах и внутрипромысловых коллекторах, в системах промысловой и заводской подготовки газа, а также в магистральных газотранспортных системах. В технологических процессах добычи, подготовки и транспорта газа твердые газовые гидраты вызывают серьезные проблемы, связанные с нарушением протекания этих процессов. К газопромысловым системам, в которых возможно образование техногенных газовых гидратов, относятся:

- призабойная зона скважин, ствол скважины;
- шлейфы и коллекторы;
- установки подготовки газа;
- головные участки магистральных газопроводов;
- газораспределительные станции;
- внутрипромысловые и магистральные продуктопроводы;
- установки заводской обработки и переработки газа.

Цель исследования - исследование условий образования гидратов Карачаганакского газа, с целью создания более эффективных методов и средств борьбы с гидратами.

Наиболее перспективными методами является применение технологий безгидратной защиты шлейфов добывающих скважин от гидратоотложений с эффектом их катодной защиты от коррозии.

Отечественными и зарубежными исследователями были изучены условия образования гидратов, их структура и разработаны меры борьбы с ними.

Образование гидратов в скважинах и промысловых газопроводах и выбор метода борьбы с ними в значительной степени зависят от пластовых температур, климатических условий и режима эксплуатации скважины.

Часто в стволе скважины имеются условия для образования гидратов, когда температура газа при его движении вверх от забоя до устья становится ниже температуры гидратообразования.

Образовавшиеся гидраты могут закупорить скважины, газопроводы, сепараторы, нарушить работу измерительных приборов и регулирующих средств. Часто вследствие образования гидратов выходят из строя штуцера и регуляторы давления, дросселирования газа в которых сопровождается резким понижением температуры.

Для предупреждения гидратообразования необходимо создать режим в соответствии с условием  $P < P_p$  и  $T > T_p$ , причем для призабойной зоны принимаются условия на забое, а для ствола скважины - условия на устье. Если обеспечить безгидратный режим не представляется возможным, то образование гидратов можно предупредить применением ингибиторов гидратообразования. Ингибитор гидратообразования снижает температуру гидратообразования. Основные ингибиторы, применяемые в газовой промышленности - метиловый спирт  $CH_3OH$  (метанол), хлористый кальций, гликоли (этиленгликоль, ди- и триэтиленгликоль)[2].

Ввод ингибитора в скважину осуществляется, в основном, через затрубное пространство или на устье скважины, а также применяется ввод ингибитора в газопровод. Известны и другие методы предупреждения образования гидратов: применение забойных нагревателей, теплоизолированных стволов скважины, гидрофобного покрытия труб. Метанол или другой ингибитор вводят в газопровод каплями с помощью регулировочного вентиля из бачка высокого давления, который расположен над газопроводом. Давление газа в бачке над метанолом и в газопроводе создается одинаковым посредством сообщающей трубки.

Для предотвращения образования гидратов и их ликвидацию можно применить подогрев газа

## Техника гылымдары

путем теплообмена с горячей водой, паром или дымовыми газами. Огневого метод подогрева опасен в пожарном отношении и приводит к порче изоляции труб, поэтому запрещается.

Когда гидратная пробка уже образовалась, то резкое снижение давления в системе приводит к разложению образовавшихся гидратов, которые затем выносятся продувкой через отводы в атмосферу.

На некоторых месторождениях из-за присутствия в газе сероводорода и углекислого газа возможна интенсивная коррозия оборудования. Коррозия зависит от концентрации агрессивных компонентов в газе, давления и температуры среды, скорости потока, минерализации воды, применяемого материала оборудования. При заданном оборудовании ствола скважины наиболее опасным участком, на котором возможна коррозия, является устье.

На Карачаганакском газоконденсатном месторождении (далее КНГКМ) образованию гидратов способствуют наличие в составе газа сероводорода (3,82%) и углекислого газа (6,57%). Так, сероводород может образовать гидрат при давлении всего 0,86 МПа при температуре 21,1<sup>0</sup>С. При добыче природного газа на КНГКМ образуются смешанные гидраты типа C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>\*2CH<sub>4</sub>\*17H<sub>2</sub>O и C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>\*2H<sub>2</sub>S\*17H<sub>2</sub>O, таким образом малые полости в решетке структуры II занимает газ, самостоятельно образующий гидраты структуры I.

Несмотря на то, что гидраты являются неустойчивыми соединениями углеводородов с водой их образование приводит к серьезным нарушениям технологического процесса за счет уменьшения проходного сечения трубопроводов, вплоть до образования сплошной гидратной пробки. Удельный объем воды в гидратном состоянии - 1,26-1,32 см<sup>3</sup>/г (для сравнения, удельный объем воды в состоянии льда - 1,09 см<sup>3</sup>/г).

Для разработки научно обоснованных мероприятий исследованы условия образования гидратов на месторождении Карачаганак.

Хотя экспериментально в лабораторных условиях параметры образования гидратов Карачаганакского газа до настоящего времени не изучены, ВНИИгазом, по результатам экспериментальных исследований и использования различных расчетных методик для определения условий гидратообразования Оренбургского газа, близкого по составу к Карачаганакскому, получены достаточно точные значения параметров гидратообразования Карачаганакского газа.

Для получения более достоверных данных по условиям гидратообразования нами к расчету принят усредненный состав газа, добываемого в настоящее время. Поскольку состав гидратообразующих компонентов отличается незначительно, условия образования гидратов в процессе промышленной подготовки характеризуются практически без снижения точности составом газа сепарации, приведенного в таблице 1.

Таблица 1 - Состав газа сепарации (%мольн.)

Компонент	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	изо- C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	н- C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	н- C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	н- C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	H <sub>2</sub> S	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	
Количество	81,84	3,64	1,74	0,22	0,41	0,12	0,09	0,06	2,54	6,42	0,44

Результаты расчета параметров гидратообразования по методу Трекела и Кемпбела представлены в таблице 2. Точность расчета по температуре составляет ±1<sup>0</sup>С.

Таблица 2 - Условия гидратообразования газа сепарации

1	Р, МПа	3	5	7	10	15	20
2	Температура, °С	13,0	16,5	18,4	20,1	21,6	22,5

Рассчитанная температура гидратообразования для пластовых условий газа относительной плотностью 1,1 г/см<sup>3</sup> при давлении 34,8 МПа составляет 28<sup>0</sup>С, при давлении 53,3 МПа - 29,5<sup>0</sup>С.

Параметры гидратообразования для устьевых условий показаны на рисунке 1.

Рисунок 1 - Равновесные параметры гидратообразования газа со скважин КНГKM

При рабочих условиях ниже кривой, в присутствии свободной влаги, образуются гидраты.

В связи с вышеизложенным, при разработке КНГKM становится необходимостью проведение исследований и разработка мероприятий по предупреждению образования и ликвидации гидратов.

Существующие методы борьбы с гидратами основаны на изменении энергетических соотношений молекул газа - гидратообразователя и воды. Для борьбы с гидратами на КНГKM необходимо выбрать один или сочетать несколько наиболее широко применяемых методов, к которым относятся следующие[3]:

1. Осушка газового потока от влаги методами сорбции или низкотемпературной сепарации с понижением точки росы по воде ниже минимальной технологической температуры, что исключает конденсацию паров воды, следовательно, и образование гидратов.

2. Ввод в газовый поток ингибиторов гидратообразования.

3. Поддержание температуры газового потока выше температуры гидратообразования.

4. Поддержание давления потока ниже давления гидратообразования.

5. Уменьшение плотности газа путем извлечения из него тяжелых углеводородов ( $C_3+B$ ).

## Техника гылымдары

Как правило, процессы техногенного гидратообразования носят негативный характер, связанный, например, с затратами на устранение отложений газогидратов в системах добычи и транспортировки углеводородного сырья (на предупреждение и ликвидацию гидратных пробок уходит до 20% стоимости добычи газа).

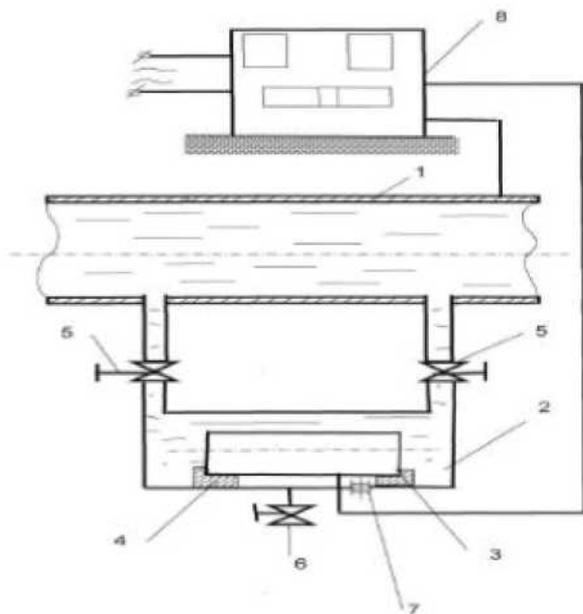
Одним из важнейших аспектов разработки нефтегазовых месторождений является выбор технологических и инженерных решений эксплуатации скважин с целью предотвращения осложнений из-за склеротических процессов, связанных с отложениями гидратов и нефтяных парафинов на внутренних стенках добывающих скважин.

Наиболее вероятным механизмом гидратообразования является кристаллизационный механизм, т.е. в условиях, когда газожидкостный поток в состоянии транспортировать тяжелые компоненты, формирование и дальнейшее наращивание отложений происходят за счет роста кристаллов непосредственно на поверхности подземного оборудования.

Образование гидратов начинается в тех местах, где нефть вступает в контакт с холодными стенками подземного оборудования. Вследствие локального снижения температуры газожидкостного потока в пристенном слое происходит снижение его растворяющей способности по отношению к парафинам и выделение твердой фазы на поверхности труб. Для каждой концентрации растворенных гидратов и парафинов в газонефтяной смеси существует температура, ниже которой начинается выпадение твердой фазы из потока, иными словами гидратопарафиноотложения будут проявляться во всех режимах работы скважины, при которых температура на устье меньше, чем температура начала кристаллизации парафина для конкретного месторождения, а водонефтяная смесь относится к эмульсии типа «вода в нефти»[4].

Одним из актуальных решений, предотвращающим образование гидратопарафиновых отложений в линейной части промысловых трубопроводов, может быть устройство, работа которого основана на том, что нагревательный электрод (расходуемый анод) располагается снаружи защищаемого участка трубопровода (рисунок 2).

Достижение положительного эффекта в используемом устройстве обеспечивается снижением гидравлического сопротивления трубопровода и отсутствием препятствий прохождению очистного устройства (скребка) [5].



1 - трубопровод; 2 - байпас; 3 - расходимый анод; 4 - упор; 5 - задвижки коммутационные; 6 - вентиль дренажный; 7 - устройство уплотнения; 8 - станция катодной защиты

Рисунок 1 - Схема устройства для защиты трубопровода от гидратопарафиновых отложений:

Заключение. Таким образом, применяя в комплексе автоматическое регулирование подачи метанола и технологию безгидратной защиты шлейфов добывающих скважин от гидратоотложений, можно добиться максимального эффекта предупреждения гидратообразования и ликвидации гидратных пробок. К тому же такая технология позволяет защитить промышленные трубопроводы от коррозии.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ширяев Е.В. Методы борьбы с гидратообразованием и выбор ингибитора гидратообразования при обустройстве газового месторождения «Каменномысское море» // Молодой ученый. - 2015. - №17. - С. 323-326.
2. Бухгалтер Э.Б. Метанол и его использование. - М.: Недра, 1986. - 240 с
3. Ахмедов М.И. Технология очистки метанолсодержащих сточных вод нефтегазоконденсатных месторождений // Нефтяное хозяйство. - 2016. - № 5. - С. 106-108.
4. Хорошилов В.А. Предупреждение и ликвидация гидратных отложений при добыче нефти // Нефтепромысловое дело. - М.: ВНИИОЭНГ, 1986, выпуск 15(122). - 55 с.
5. Мурзагулов В.Р. Предупреждение гидратообразования в системах промышленного сбора газа залежей Ямбургского газоконденсатного месторождения // Актуальные вопросы нефтегазовой отрасли в области добычи и трубопроводного транспорта углеводородного сырья. Матер. научн.-практ. семинара 19 января 2009 г. - Уфа, 2009. - С. 12-13.

#### ТҮНІН

Мацалада гидраттардың түзілу процесс газдың физико-химиялық сипаттамаларына байланысты екендігі баяндайды және гидраттың түзілуі температураның түсуімен қысымның кетерілуіне байланысты ұлғаяды, сонымен қатар 20К - дан төмен бастапқы температураға байланысты ұлғаяды дебиті 18-19 пайызға төмендетеді К<sup>рп</sup> уақытта гидраттардың түзілуін алдын алу үшін баяулатыштар (ингибиторлар) қолданылады.

Қарашаған кен орнында гидраттардың түзілуіне газдың құрамында күкіртті сутек (3,82%) және көмірқышқыл газының (6,57%) болуы әсер етеді, Қарашаған мұнай газ- конденсат кен орнында табиғи газ шығару кезінде аралас гидраттар пайда болады.

Мацалада энергетігі газ шығару жүйесін тазалау әдістері талданған, кубыр желісінің желілік белігінде гидрат-парафин шөгінділердің түзілуіне жол бермейтін құрылғы ұсынылған. Технология бойынша кубыр желіші гидравликалық кедергісін төмендету арқылы кубыр желісінің желілік белігінде гидратсыз жұмыс тәртібін тудыратын кубыр желісінің қорғалатын белігінің сыртында орналасқан цинк электрод (жұмсалынатын анод) қолданылады. Бұл құрылғының жұмысы қыздырғыш электрод арқылы кубыр желісін қорғауға негізделген.

#### RESUME

The process of hydrate formation depends on the physico-chemical characteristics of the gas and the probability of hydrate formation increases with increasing pressure and temperature decrease, reduces the flow rate of the well by 18-19% for the initial temperature below the equilibrium temperature by 20 K. At the present time hydrate inhibitors are used to prevent the formation of hydrates, as indicated by the authors. The presence of hydrosulphide (3,82%) and carbon dioxide (6,57%) in the gas field of the Karachaganak field under consideration is facilitated by the formation of hydrates in the Karachaganak field, while mixed hydrates are formed in the extraction of natural gas at the Karachaganak oil and gas field.

The article gives an analysis of methods for cleaning gas production systems in the fishery, proposed a device that prevents the formation of hydrate paraffin deposits in the linear part of field pipelines, the technology provides a heating electrode (sacrificial anode) located outside the protected pipeline section, which reduces the hydraulic resistance of the pipeline, the most creating a non- hydrative mode of operation of the linear part of field pipelines. The work of such a device, highlighted in the article, is based on the protection of the field pipeline due to the action of the heating electrode.