

УДК 553.981

ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПРИМИРОВАННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА НА ГАЗОЗАПРАВОЧНЫХ СТАНЦИЯХ Г. ЯКУТСКА**Калачева Л.П., Федорова А.Ф.***ФГБУН «Институт проблем нефти и газа СО РАН», Якутск, e-mail: lpko@mail.ru*

Исследована проблема образования гидратов на узлах газораздаточных колонн заправочных станций, вызывающее снижение давления КПП. Расчетным и экспериментальным методами исследован состав гидратов природного газа Средневилюйского ГКМ. Установлено, что низкие зимние температуры приводят к снижению равновесного давления гидратообразования природного газа, следовательно, и к изменению состава гидратов. При понижении температуры в твердой фазе накапливаются пропан и изобутан, так как эти углеводороды образуют гидраты при более низком равновесном давлении, чем природный газ. Таким образом, образование гидратов на газораздаточных колоннах заправочных станций обусловлено изменением состава гидратов с понижением температуры.

Ключевые слова: компримированный природный газ, газозаправочные станции, гидратообразование, состав гидратов

PROBLEMS OF COMPRESSED NATURAL GAS USAGE AT YAKUTSK GAS FILLING STATIONS**Kalacheva L.P., Fedorova A.F.**

The problem of hydrates formation on the units of gas distribution columns of the gas filling stations, causing the pressure decrease of the compressed natural gas (CNG) was investigated. The composition of natural gas hydrates of the Sredneviluy gas and condensate field was studied by computational and experimental methods. It was found that the low winter temperatures lead to lowering the equilibrium pressure of the natural gas hydrate formation, hence, to the change of the hydrates composition. When the temperature is lowered in the solid phase propane and isobutane are accumulated since these hydrocarbons form hydrates at a lower equilibrium pressure than the natural gas does. Thus, the formation of hydrates in the gas distribution columns of the gas filling stations is due to changes in the composition of the hydrates with decreasing of the temperature.

Keywords: compressed natural gas, gas filling stations, hydrates formation, hydrate composition

В настоящий момент распространилась практика использования в качестве моторного топлива природного газа в газифицированных населенных пунктах. Переход на газ имеет особое значение для предприятий – владельцев автотехники в Республике Саха (Якутия), экономика которой зависит от северного завоза. В частности, началось использование компримированного природного газа (КПП) в транспортном парке и расширения сети газозаправочных станций. Компримированный природный газ – это сжатый природный газ, используемый в качестве моторного топлива вместо бензина, дизельного топлива и пропана. Он дешевле традиционного топлива, а вызываемый продуктами его сгорания парниковый эффект меньше по сравнению с обычными видами топлива, поэтому он безопаснее для окружающей среды. Сжатый природный газ в качестве топлива имеет ряд преимуществ. Во-первых, метан (основной компонент природного газа) легче воздуха, в случае аварийного выброса он быстро испаряется, в отличие от тяжелого пропана, накапливающегося в естественных и искусственных углублениях и создающего опасность взрыва. Во-вторых, метан не со-

держит вредных примесей (свинец, сера) разрушающе действующих на детали камеры сгорания двигателя. В-третьих, сжатый природный газ не токсичен в малых концентрациях, не вызывает коррозии металла, не оставляет копоти, ухудшающей экологию и снижающей КПД.

В 2007 году в г. Якутске силами предприятия ООО «Сахаметан» была введена в эксплуатацию автомобильная газонакопительная компрессорная станция (АГНКС-1). В качестве исходного газа на АГНКС-1 используется природный газ Средневилюйского газоконденсатного месторождения, который транспортируется в г. Якутск по магистральному газопроводу «Средневилюйское ГКМ-Якутск». Проектная выработка КПП составляет 1140 см³/ч, в сутки имеется возможность отпустить порядка 27000 м³ газа. На АГНКС-1 ежедневно заправляется до 150 автотранспортных средств, объем заправки – 5500-6000 м³/сутки. На КПП переведен автопарк таких предприятий, как МУП «Якутская пассажирская автотранспортная компания», ОАО «Якутский хлебокомбинат», ОАО «Якутская птицефабрика», а также автомобили многих государственных и частных предприятий.

Проблемой использования компримированного природного газа в транспортном парке Республики являются низкие зимние температуры окружающего воздуха (до -50 градусов). В частности, одной из них является образование гидратов на узлах газораздаточных колонн заправочных станций, вызывающее снижение давления КПП. Для изучения процесса гидратообразования на АГНКС-1 и исследования их состава были получены гидраты природного газа Средневиллюйского ГКМ.

Средневиллюйское газоконденсатное месторождение находится на территории Виллюйского улуса Республики Саха (Якутия) в 70 километрах к востоку от г. Виллюйска и в 410 километрах к северо-западу от столицы Республики г. Якутска. Месторождение открыто в 1965 г. и по величине запасов углеводородного сырья относится к крупным. Начальные запасы газа категории BC_1 составляли 180,257 млрд. m^3 , конденсата (извлекаемые) $BC_1 - 8458$ тыс. тонн, $C_2 - 30$ тыс. тонн. Опытнo-промышленная эксплуатация Средневиллюйского газоконденсатного месторождения была начата в 1975 году. В промышленную разработку оно было введено в 1986 году. Добыча газа в настоящее время составляет порядка 1,5 млрд. m^3 в год. Средневиллюйское ГКМ в настоящее время служит основной сырьевой базой для газоснабжения центральных районов Республики Саха (Якутия) и г. Якутска [1]. Протяженность магистральных газопроводов со Средневиллюйского газоконденсатного месторождения до Якутска составляет 2 270 км.

Целью работы является исследование условий образования и состава техногенных гидратов природного газа Средневиллюйского ГКМ.

Компонентный состав природного газа Средневиллюйского ГКМ и полученные газообразные продукты при разложении гидратов анализировали методом газодсорбционной хроматографии по ГОСТ 23781-87 на программно-аналитическом комплексе «GS2010Plus» (Shimadzu). Компонентный состав природного газа Средневиллюйского ГКМ приведен в табл. 1.

Расчетная часть. На основании компонентного состава природного газа Средневиллюйского ГКМ были рассчитаны равновесные давления гидратообразования и составы гидратов в зависимости от температуры по методу Слоана [2].

На рис. 1 показана зависимость изменения равновесного давления гидратообразования газа Средневиллюйского ГКМ от температуры. Установлено снижение равновесного давления гидратообразования природного газа с понижением температуры. Если при 278 К равновесное давление гидратообразования равно 19,14 атм, то при 227 К процесс гидратообразования может протекать при атмосферном давлении.

Для выяснения причин снижения равновесного давления гидратообразования при отрицательных температурах, был рассчитан состав гидратов природного газа, который представлен в табл. 2.

Таблица 1

Компонентный состав природного газа Средневиллюйского ГКМ

Компоненты	Содержание, % мол.
CH_4	92,6
C_2H_6	5,23
C_3H_8	1,21
изо- C_4H_{10}	0,10
н- C_4H_{10}	0,12
C_2H_4	0,002
O_2	0,05
CO_2	0,05
N_2	0,58

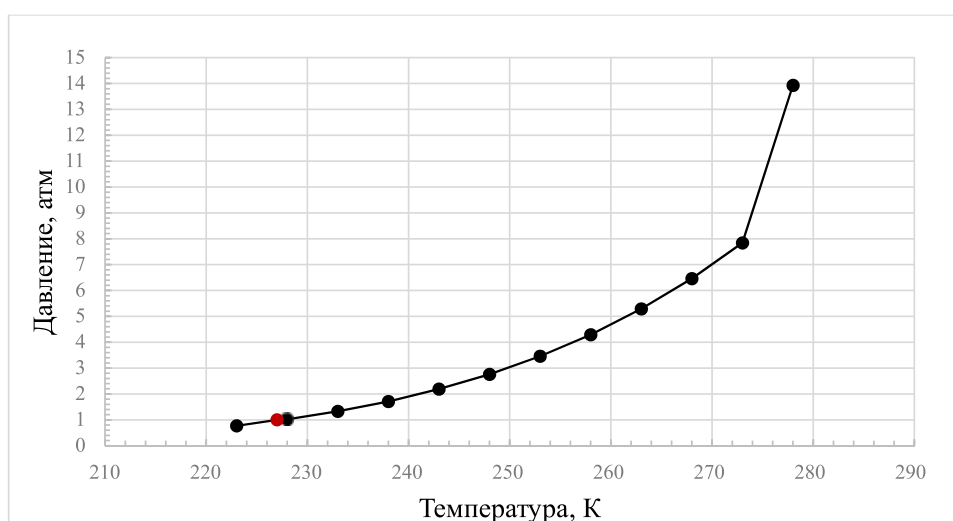


Рис. 1. Изменение давления гидратообразования природного газа Средневилуйского ГКМ от температуры

Таблица 2

Состав гидратов природного газа в зависимости от температуры

Т, К	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	изо-C ₄ H ₁₀	н-C ₄ H ₁₀
278	64,0	5,66	25,7	3,21	0,36
273	62,1	5,59	28,2	3,64	0,39
268	61,6	5,29	28,8	3,77	0,38
263	61,2	4,99	29,4	3,89	0,38
258	60,9	4,68	30,0	4,00	0,37
253	60,6	4,37	30,5	4,11	0,35
248	60,3	4,06	30,9	4,22	0,34
243	60,1	3,76	31,4	4,32	0,33
238	60,0	3,46	31,7	4,42	0,31
233	59,9	3,17	32,1	4,51	0,30
228	59,8	2,89	32,4	4,59	0,28
223	59,8	2,62	32,6	4,67	0,27

Установлено, что понижение температуры гидратообразования приводит к снижению концентрации метана, этана, н-бутана и к повышению концентрации пропана и изобутана. Таким образом, при низких температурах в твердой фазе концентрируются более тяжелые компоненты природного газа.

Экспериментальная часть. Гидраты природного газа Средневилуйского ГКМ были синтезированы при T=278 К и давлении

19,6 МПа при соотношении объемов воды и газа 1:800 в ячейке высокого давления. По мере образования газовых гидратов давление в ячейке начинало медленно падать до установления некоторого постоянного значения, что свидетельствовало о завершении процесса перехода системы «газ – вода» в гидрат. Из кривой зависимости давления в ячейке от времени видно, что формирование гидратов закончилось через четверо суток (рис. 2).

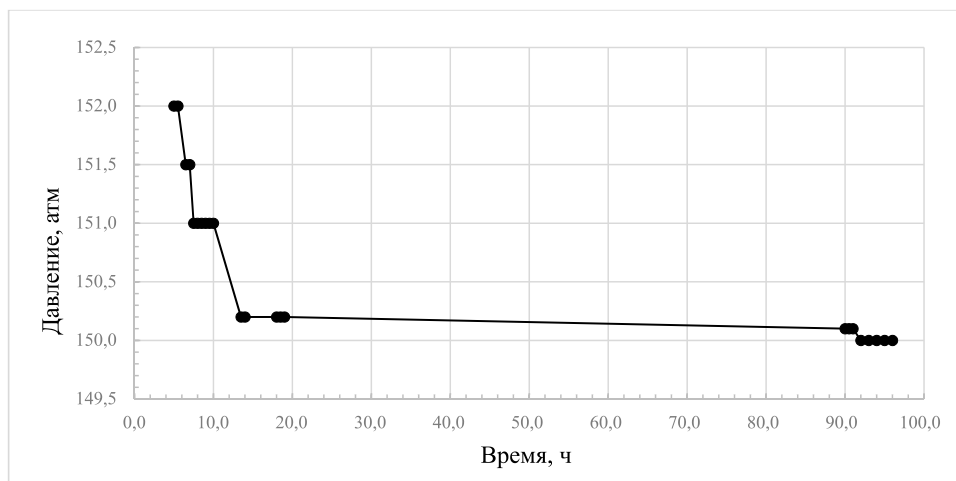


Рис. 2. Изменение давления гидратообразования от времени

После завершения гидратообразования камеры были вскрыты. Весь объем камеры был заполнен нитевидными висцерными кристаллами белого цвета. На рисунке 3а представлены фотографии гидратов, полученных из природного газа Средневилюйского ГКМ. Доказательством того, что эти кристаллы действительно гидраты природного газа, является их горение (рис. 3б).

Для количественной оценки объема и компонентного состава газа, заключенного в гидрат, проводили их разложение при $T=298\text{ K}$

и давлении 1 атм. В результате разложения гидратов был получен газ объемом 7,525 л. Компонентный состав газа, выделившийся при разложении гидратов, приведен в таблице 3. Так как гидрат синтезировали при давлении, превышающем равновесное давление практически в 10 раз, то в составе гидрата преобладают метан и этан, а содержание пропана в 5 раз меньше. При высоком давлении синтеза гидратов молекулы метана и этан заполняют малые полости гидрата, поэтому их концентрация в полученном гидрате выше.

а



б



Рис. 3. Синтезированные гидраты природного газа Средневилюйского ГКМ и их горение

Таблица 3

Компонентный состав гидратов природного газа Средневилюйского ГКМ

Компоненты	Содержание, % мол.	
	Эксперимент 278 К, 193,5 атм	Расчет 278 К, 13,93 атм
CH ₄	78,9	64,0
C ₂ H ₆	14,6	5,66
C ₃ H ₈	5,60	25,7
изо-C ₄ H ₁₀	0,54	3,21
н-C ₄ H ₁₀	0,23	0,36

Низкие зимние температуры окружающей среды приводят к снижению равновесного давления гидратообразования природного газа Средневилюйского ГКМ, следовательно, и к изменению состава гидратов. При понижении температуры в твердой фазе накапливаются пропан и изобутан, так как эти углеводороды образуют гидраты при более низком равновесном давлении, чем природный газ. Таким образом, образование гидратов на газораздаточных колон-

нах заправочных станций обусловлено изменением состава гидратов с понижением температуры.

Список литературы

1. Сивцев А.И. Потенциальные зоны заводнения залежи Т1-III Средневилюйского газоконденсатного месторождения // Нефтегазовое дело: электронный научный журн. – 2009 – №1. – URL: <http://www.ogbus.ru> (дата обращения: 19.03.2015).
2. Sloan E.D., Koh C.A. Clathrate hydrates of natural gases: Third Edition. - NY: CRC Press, 2007. – 721 p.