



Рис. Результаты адаптации модели по дебиту жидкости, дебиту нефти и обводненности

#### Литература

1. Закревский К.Е. Геологическое 3D моделирование. – М.: Изд-во «ИПЦ МАСКА», 2009. – 376 с.
2. Закревский К.Е., Романова Н.В. Особенности построения геологических моделей залежей пласта Ю1 Западной Сибири // Вестник ЦКР Роснедра. 2010. № 5. С. 36-41.

## СИСТЕМЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ГИДРАТООБРАЗОВАНИЯ, ПРИ ДОБЫЧЕ И ПОДГОТОВКЕ ГАЗА

Н.Е. Федоров

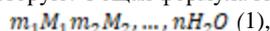
Научный руководитель профессор П.Н. Зятиков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Транспорт природного газа, соответствующего по содержанию влаги требованиям СТО Газпром 089-2010, обычно не сопровождается серьезными рисками гидратообразования, если в газотранспортной системе нет «узких мест». «Узкими местами» могут быть надземные участки газопроводов, воздушные переаоды, участки с недостаточным заглублением и повышенной глубиной промерзания грунта в зимнее время. На этих участках проблема гидратообразования может проявиться даже в южных регионах страны, не говоря уже о северных. Следует отметить, что реально возможный процесс гидратообразования в трубопроводах часто маскируется профилактическими заливками метанола, в итоге не фиксируется характерный для гидратных отложений перепад давления и тем самым не выявляется наличие гидратного режима в газотранспортной системе.

### Гидраты в природном газе

Газовые гидраты – клатратные соединения, состоящие из кристаллической решетки, образованной молекулами воды, в которую включены молекулы газа-«гостя». По наружному виду газовые гидраты похожи на снег или лед. Область их термодинамической стабильности включает как положительные, так и отрицательные температуры по Цельсию. Экспериментальными исследованиями установлено, что гидраты могут образовывать две кубические структуры: так называемую первую и вторую. Общая формула гидрата обеих структур:



где  $M_1, M_2, \dots, M$  – молекулы газов «гостей»;  $m_1, m_2, \dots, m$  – число молекул газов «гостей», приходящую на  $n$  молекул воды

Типичные температуры образования гидратов – ниже +15-20°C, однако при умеренных давлениях (до 10-30 МПа), характерным для промысловых систем, гидраты природных газов существуют где температура достигает до 20-25°C. При давлении приблизительно равной 500МПа, максимальная температура, которая может существовать гидрат метана составляет 47,7°C [1].

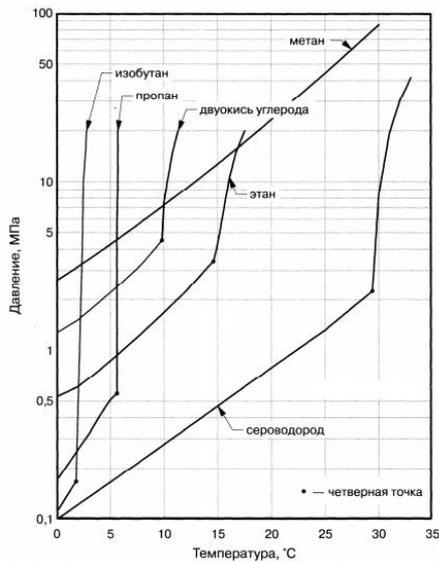


Рис. 1 Кривые гидратообразования для некоторых компонентов природного газа

### Условия образования гидратов

Есть три необходимых условия для образования гидратов:

1. Благоприятные термобарические условия. Для образования гидратов способствует сочетание низкой температуры и высокого давления. Термобарические кривые для рассматриваемых гидратообразующих веществ изображены на рисунке 1.

2. Наличие гидратообразующего вещества. К гидратообразующим веществам относятся  $CH_4$ ,  $C_2H_6$ ,  $CO_2$  и др.

3. Достаточное количество воды. Воды должно быть необходимое количество для образования газовых гидратов, т.е. ни слишком много, и ни слишком мало.

Газовые гидраты могут формироваться при температурах выше точки замерзания воды, это зависит от хим. состава газа и от точного значения температуры и давления образования гидратов.

Для предотвращения образований газовых гидратов, достаточно исключить одно из трех условий. Удаление из смеси гидратообразующие вещества зачастую невозможно, так как полезным продуктом в случае с природным газом являются гидратообразующие вещества. Вследствие этого для борьбы с гидратообразованием мы уделяем внимание на два других фактора [2].

Разработка и совершенствование существующих или новых методик для предупреждения или борьбы с гидратообразованием является актуальной задачей в целях минимизации себестоимости добычи и транспорта газа.

### Установка для теплофизического воздействия для предотвращения гидратообразования

Создание экспериментальной установки для борьбы с гидратообразованиями аэромеханическими методами является целью данной разработки. В реальных условиях пропускная способность установки должна быть до 5000 м<sup>3</sup>/час газа. На рисунке 2 предложена схема моделирования процесса борьбы с гидратообразованием, которая включает баллон с сжатым газом, эжектор с кольцевым соплом и приёмной воронкой, циклон с форбункером и с его подогревом.

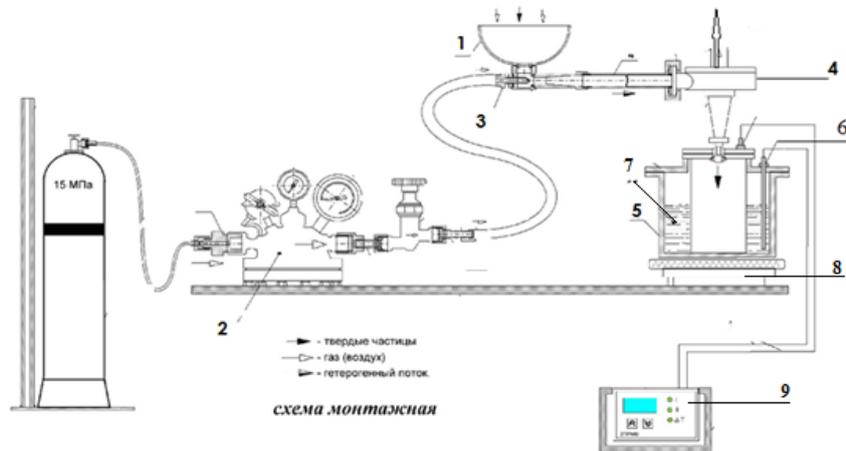


Рис. 2 Экспериментальный стенд улавливания гидратов:

1 – воронка приемная; 2 – регулятор давления; 3 – эжектор; 4 – циклон; 5 – форбункер; 6 – датчик температуры; 7 – теплоноситель; 8 – источник тепла; 9 – устройство КИПА

В рамках физического моделирования экспериментальной установки, решались основные задачи, такие как:

- расчет подачи гидратов на установку, обеспечивающие их смешение и максимальную степень улавливания в результате прохождения через циклон;

- оптимальные конструктивные параметры установки и определение тепловых и газодинамических потоков внутри установки;

- определение оптимальных рабочих параметров работы установки – дисперсности гидратов, температуры теплоносителя, объема расплавленных гидратов, расходов исходных гидратов температуры и давления на установке и иных характеристик, действующие на процесс удаления гидратов.

### Механизм разрушения и удаления гидратов на экспериментальной установке

С дисперсностью частиц от 1-3 мм в приемную воронку 1 сыпется лед (который по свойствам максимально похож к кристаллам гидратов). Из баллона с сжатым газом через регулятора давления 2 подается воздух с необходимым давлением на эжектор 3. В следствии эжекционного эффекта образуется движение газового потока с кристаллами льда по транспортирующей трубе, далее в циклон 4 поступает двухфазный поток, который отделяет

твердую примесь потока, и отправляет его вниз в форбункер 5 с теплоносителем 7, где лед разрушается. Газ продолжает движение дальше, где выходит из системы. Схема экспериментальной установке представлена на рисунке 2.

**Таблица**

**Результаты эксперимента по удалению льда**

Р давление подачи, атм	Lc, мм	t, время засыпания льда, сек	Концентрация частиц, гр/сек	Масса льда, гр	T <sub>1</sub> , температура воздуха в форбункере, °С	T <sub>2</sub> , температура теплоносителя, °С	m <sub>1</sub> масса вылетевшего льда после прохождения циклона, гр
1	5	60	2,50	150	45	67	~1,23
		90	1,66				~0,67
		120	1,25				~0,14
2	5	60	2,50	150	45	67	~1,76
		90	1,66				~1,23
		120	1,25				~0,87
3	5	60	2,50	150	45	67	~2,10
		90	1,66				~1,67
		120	1,25				~1,13

Исследования показали высокую эффективность предложенного метода. Данная экспериментальная установка удаляет лед на >98,6% в зависимости от концентрации и давления подачи газа.

**Литература**

1. Бык С.Ш. Газовые гидраты / С.Ш. Бык, Ю.Ф. Макогон, В.И. Фомина. – М.: Недра, 1980. – 296 с.
2. Чухарева Н.В. Проектирование, сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газохранилищ. – Т.: 2010. – 30 с.

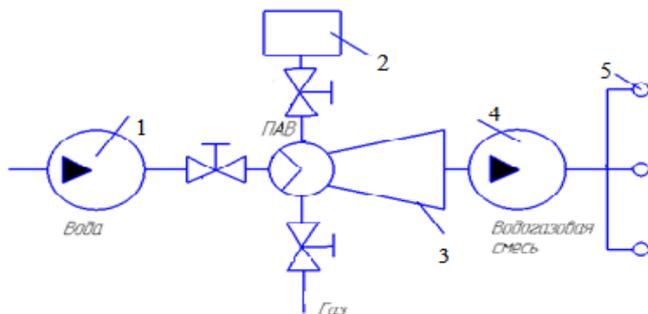
**АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ВОДОГАЗОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА  
ПРОДУКТИВНЫЕ ПЛАСТЫ**

**А.С.Финаев**

Научный руководитель старший преподаватель Ю.А.Максимова

**Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия**

Водогазовое воздействие на продуктивные пласты с целью повышения нефтеотдачи в последнее время приобретает все больший интерес. Это связано с тем что данная технология сочетает в себе технологию заводнения и метод закачки углеводородного газа в пласт.



**Рис. 1** Принципиальная схема технологии водогазового воздействия на нефтяные пласты: 1,4 – Электроцентробежные насосы; 2 – ёмкость с поверхностно-активными веществами; 3 – эжектор; 5 – нагнетательные скважины

Согласно различным исследованиям введение технологии водогазового воздействия увеличивает коэффициент извлечения нефти на 10-15% по отношению к технологии заводнения. Также интерес к данному методу обусловлен тем что при водогазовом методе вовлекаются в разработку запасы нефти, которые сосредоточены в низкопроницаемых коллекторах, в которых коэффициент нефтеизвлечения при обычном заводнении составляет не больше 30%. Вызвано это тем что коэффициентом вытеснения водой не велик [4].

Метод водогазового воздействия предусматривает закачку в пласт в различных сочетаниях воды и газа. Газ может применяться как углеводородный, так и неуглеводородный [2].

Технологии водогазового воздействия:

- смешивающееся вытеснение;
- несмешивающееся вытеснение;
- попеременная закачка оторочек воды и газа;
- сочетание водогазового воздействия с пенообразующими полимерами.

Технологии по месту образования водогазовой смеси можно разбить на три группы:

- совместная закачка воды и газа с образованием водогазовой смеси на устье скважины;
- совместная закачка воды и газа с образованием водогазовой смеси в стволе скважины;
- совместная закачка воды и газа с образованием водогазовой смеси в пласте.

Применение водогазового воздействия на пласт при совместных или последовательных закачках углеводородного, углекислого и разных других газов для того чтобы повысить нефтеотдачу, эффективен далеко не