

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ АГЕНТОВ НА ДОИЗВЛЕЧЕНИЕ ВЫПАВШЕГО В ПЛАСТЕ КОНДЕНСАТА НА УРЕНГОЙСКОМ НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

*Т.Д. Островская, И.М. Шафиев, А.С. Рассохин,
А.С. Ершов, А.А. Томиленко*

Уренгойское нефтегазоконденсатное месторождение (НГКМ) – крупнейшее месторождение ОАО «Газпром» – разрабатывается в режиме истощения, что сопровождается большими потерями конденсата в пласте, выпадением его в жидкую фазу. При этом в первую очередь конденсируются его самые ценные фракции – дизельное топливо и авиакеросин. Дальнейшая эксплуатация в режиме истощения обеспечит коэффициент извлечения конденсата из недр Уренгойского месторождения 0,45. Таким образом, около половины ресурсов конденсата составят безвозвратные потери.

В настоящее время пластовое давление в I объекте разработки рассматриваемого месторождения приближается к условиям максимальной конденсации. На текущий момент при отборе конденсата из первого эксплуатационного объекта в 27,5 % пластовые потери уже составили 41,5 % от начальных запасов конденсата в объекте.

При достижении условий максимальной конденсации в залежи начинается процесс прямого испарения выпавшего конденсата, его частичного перехода в газовую фазу. При этом испаряются преимущественно легкие фракции. Данный период эксплуатации месторождения благоприятен для реализации методов воздействия на пласт различными агентами с целью доизвлечения перешедших в жидкую фазу углеводородов C_{5+} . В ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

с целью исследования степени влияния различных агентов на процесс перехода в газообразное состояние углеводородов, выпавших в жидкую фазу в процессе разработки, была проведена серия экспериментов по физическому моделированию процессов фазовых переходов под воздействием метана, этана, пропан-бутановой смеси и диоксида углерода.

Экспериментальные термодинамические исследования осуществляли с помощью PVT-установки Chandler 3000-GL (Chandler Engineering, США) согласно [1, 2]. Критические параметры использованных агентов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Критические параметры агентов

Компонент	Критический параметр		
	температура, К	давление, бар	плотность, кг/м ³
CH ₄	190,55	46,41	162
C ₂ H ₆	305,50	49,13	212
CO ₂	304,19	73,83	468
C ₃ H ₈	370,00	42,64	225
C ₄ H ₁₀	425,17	37,96	228

Эксперименты проводили на рекомбинированных пробах I эксплуатационного объекта разработки Уренгойского НГКМ. В PVT-установку загружали пробу газа и конденсата из расчета начального потенциального содержания конденсата в пластовом газе 74,6 г/м³ с последующим приведением системы к термобарическим пластовым условиям объекта: давление – 22,2 МПа, температура – 60,8 °С.

После рекомбинации проводили опыты по дифференциальной конденсации пластового газа до достижения текущего пластового давления – 14,8 МПа. Далее в систему добавляли растворители в количестве 0,4 моля (метан, углекислый газ, этан, пропан-бутановая смесь) с последующим созданием равновесных условий. Затем оценивали влияние каждого агента на растворение выпавшего конденсата путем проведения опытов по дифференциальной конденсации и определения плотности жидкой фазы на конечной стадии снижения пластового давления (0,1 МПа).

Результаты экспериментов представлены в табл. 2 и на рис. 1, 2.

Таблица 2

Результаты дифференциальной конденсации пластового газа

Фоновый опыт

Давление, МПа	22,20	20,4	18,03	14,97	11,34	6,58	3,27	0,10
Пластовые потери, см ³ /м ³	0	4,0	12,9	30,9	41,7	42,2	39,6	34,9

Опыт с добавлением метана

Давление, МПа	22,20	20,61	18,80	15,00	12,07	9,06	5,78	2,90	0,10
Пластовые потери, см ³ /м ³	0	4,0	9,5	29,9	37,9	39,0	37,9	35,0	31,6

Опыт с добавлением этана

Давление, МПа	22,20	20,51	18,18	16,79	16,16	15,12	15,10	12,95	9,72	6,42	2,93	0,10
Пластовые потери, см ³ /м ³	0	3,5	13,0	21,1	24,6	30,0	30,0	31,3	30,9	29,1	26,0	23,0

Опыт с добавлением пропан-бутановой смеси

Давление, МПа	22,20	20,17	18,36	15,07	14,14	10,99	7,50	4,95	2,63	0,10
Пластовые потери, см ³ /м ³	0	4,1	8,7	17,5	429,7	440,7	420,7	380,4	355,2	44,4

Опыт с добавлением углекислого газа

Давление, МПа	22,20	21,25	19,00	17,58	16,19	15,12	14,97	14,24	13,32	11,91	10,49	8,43	6,65	3,20	0,10
Пластовые потери, см ³ /м ³	0	2,0	8,3	15,5	24,9	30,5	30,5	31,7	32,8	33,6	34,0	33,9	32,9	30,0	27,0

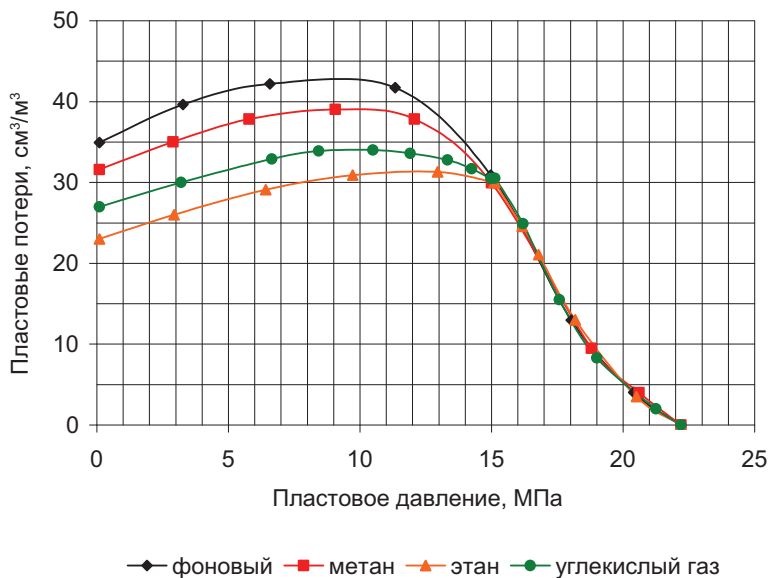


Рис. 1. Пластовые потери при закачке агентов

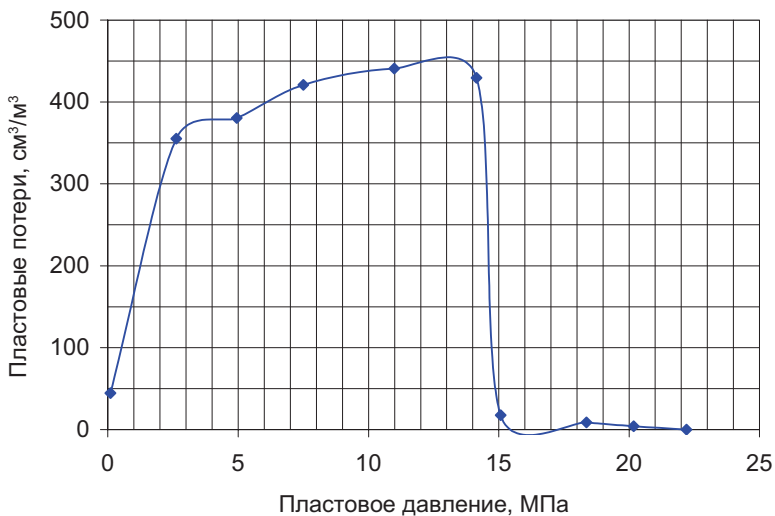


Рис. 2. Пластовые потери при закачке пропан-бутана

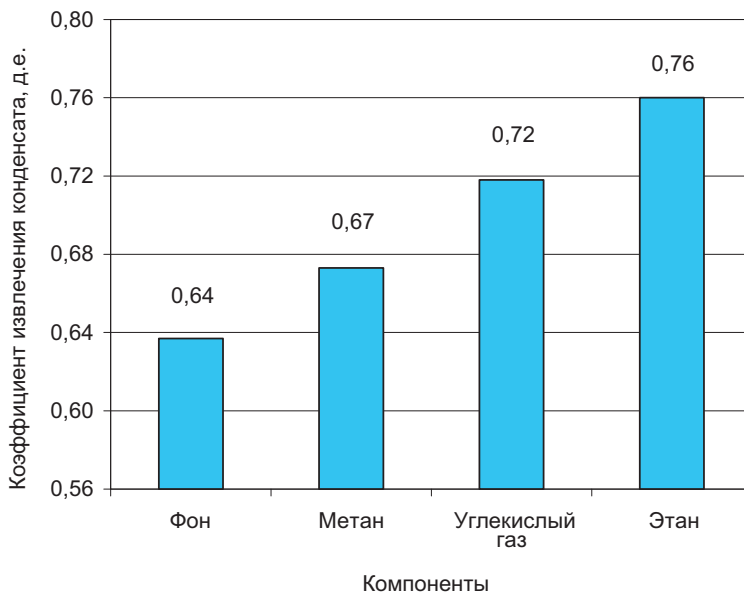


Рис. 3. Коэффициенты извлечения конденсата из недр

В фоновом опыте без добавок агентов пластовые потери конденсата составили $34,9 \text{ см}^3/\text{м}^3$. Плотность выпавшего конденсата – $799 \text{ кг}/\text{м}^3$.

В результате закачки метана пластовые потери снизились до $31,6 \text{ см}^3/\text{м}^3$. Плотность выпавшего конденсата составила $794,3 \text{ кг}/\text{м}^3$.

При добавке агентов углекислого газа и этана пластовые потери составили соответственно 27 и 23 $\text{см}^3/\text{м}^3$, плотности фракции C_{5+} соответственно равны $793,6 \text{ кг}/\text{м}^3$ и $785 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Эксперимент по изучению влияния пропан-бутановой смеси на извлечение выпавшего ретроградного конденсата показал, что при текущих пластовых условиях данный растворитель преимущественно находится в жидком состоянии и резко увеличивает количество жидкой фазы. Испарение происходит только на завершающей стадии проведения эксперимента по дифференциальной конденсации при давлении в системе менее 2 МПа.

Для оценки влияния различных агентов на фазовые превращения углеводородов C_{5+} были выполнены расчеты величин коэффициентов извлечения конденсата из недр (рис. 3).

Как видно из приведенных результатов, степень влияния растворителей на испарение выпавшего ретроградного конденсата неодинакова. Физическое моделирование воздействия на процесс испарения углеводородов C_{5+} различных агентов (метан, углекислый газ, этан, пропан-бутановая смесь) показало, что наибольшее влияние оказывает этан, затем по эффективности испарения следуют углекислый газ и метан. Эксперимент по изучению влияния пропан-бутановой смеси на извлечение выпавшего ретроградного конденсата эффекта не дал.

Список литературы

1. Инструкция по комплексному исследованию газовых и газоконденсатных пластов и скважин / под ред. Г.А. Зотова, З.С. Алиева. – М.: Недра, 1980. – 301 с.
2. Р Газпром 2-3.3-303-2009. Руководство по исследованию природных газоконденсатных систем с целью подсчета балансовых и извлекаемых запасов компонентов природного газа, проектирования, анализа и контроля за разработкой месторождений ОАО «Газпром». – М.: Газпром экспо, 2009. – 39 с.