

Исследование и обоснование технологии разработки низкопроницаемых коллекторов газоконденсатных месторождений

Кукарский Степан Николаевич, магистрант
Тюменский Индустриальный Университет

Рассмотрены и проанализированы физико-химические процессы, влияющие на эффективность технологии гидравлического разрыва пласта при повышении эффективности разработки низкопроницаемых коллекторов газоконденсатных месторождений.

Ключевые слова: гидравлический разрыв пласта, ачимовские отложения, Уренгойское месторождение.

Ачимовские отложения низкопроницаемых коллекторов Уренгойского месторождения залегают на глубине около 4000 м и имеют сложное геологическое строение в сравнении с другими залежами природного газа. Ачимовские пласты Уренгойского месторождения представляют собой резервуары с очень сложным распределением в них линзовидных тел - низкопроницаемых коллекторов. Ачимовские отложения низкопроницаемых коллекторов Уренгойского месторождения залегают при аномально высоком пластовом давлении (более 600 атмосфер), осложнены тектоническими и литологическими экранами, характеризуются многофазным состоянием залежей природного газа. Разработка труднодоступных ачимовских залежей низкопроницаемых коллекторов Уренгойского месторождения позволит извлекать дополнительные объемы природного газа.

Запасы ачимовских залежей только на территории лицензионного участка "Газпром Добыча Уренгой" составляют более 1 трлн м³ газа и более 400 млн т газового конденсата (по категории С1).

Гидравлический разрыв пласта (основная технологическая составляющая метода Фрекинга) - один из способов интенсификации работы газовых скважин и увеличения приёмистости нагнетательных скважин. Технология гидравлического разрыва пласта заключается в создании высокопроводимой трещины в целевом пласте низкопроницаемых коллекторов газоконденсатных месторождений под действием подаваемой в него под давлением жидкости для обеспечения притока добываемого природного газа к забою скважины. После проведения гидравлического разрыва пласта дебит скважины низкопроницаемых коллекторов газоконденсатных месторождений резко возрастает или существенно снижается депрессия. Технология гидравлического разрыва пласта позволяет «оживить» простаивающие скважины низкопроницаемых коллекторов газоконденсатных месторождений, на которых добыча газа традиционными способами уже невозможна или малорентабельна.

Сущность протекания химического процесса гидравлического разрыва пласта следующая. Гидротационная установка перекачивает воду, чтобы в специальном бассейне смешать чистую воду с индийским гуаром и превратить ее в гель. Далее необходимо добавить в этот раствор стабилизатор глин, так как, если вода без стабилизатора попадёт на глину в пласте, то глина разбухнет и забьёт всю суглинку. Далее необходимо добавить понизитель трения. Полученный гель закачивают в скважину и он разорвёт каменный пласт. Давление, которое созда-

ют насосы и средний расход гелия - это 5,3 м³/мин, будут удерживать пласт разорванным, пока полученная трещина не нафаршируется проппантом, а его уже блендер будет постепенно добавлять в гель, сначала 100 кг/м³ проппанта, до 1300 кг/м³ в конце, и это будет чистый проппант. После гидравлического разрыва пласта давление резко поднимается до 500-550 атмосфер, потом резко падает, потом стабилизируется, то есть в этот короткий промежуток времени происходит разрыв пласта гелем.

Условия протекания самого физического процесса гидравлического разрыва пласта следующие: трещина распространяется перпендикулярно плоскости наименьшего напряжения в пласте; для областей, тектонически ослабленных, гидравлический разрыв пласта происходит при давлениях, меньше горного, ориентация трещины - вертикальная; показателем горизонтальной трещины является давление разрыва, равное или превышающее горное. Горизонтальные трещины получаются в областях активного тектонического сжатия, где наименьшее напряжение вертикально и равно горному.

При определении эффективности технологии гидравлического разрыва пласта для улучшения разработки низкопроницаемых коллекторов скважин большое значение имеют результаты лабораторных исследований пластовой углеводородной системы на газоконденсатную характеристику, задачами которых являются:

1. Изучение в результате проведения лабораторных исследований компонентного состава пластового и добываемого природного газа, его изменения до проведения гидравлического разрыва пласта и после него.

2. Определение в результате проведения лабораторных исследований физико-химических свойств природного газа и газового конденсата до проведения гидравлического разрыва пласта и после него.

3. Оценка фазового состояния до проведения гидравлического разрыва пласта и после него пластовой газоконденсатной системы.

4. Обоснование коэффициента извлечения конденсата из низкопроницаемых коллекторов после проведения гидравлического разрыва пласта.

5. Оптимизация по результатам проведения лабораторных исследований технологического режима разработки низкопроницаемых коллекторов скважин после проведения гидравлического разрыва пласта.

Проведение газоконденсатных лабораторных исследований на ачимовских отложениях низкопроницаемых коллекторов Уренгойского газоконденсатного месторождения до проведения ГРП и после его про-

ведения в настоящее время проводятся методом промышленных отборов через устьевой сепаратор (рис. 1).

На участке 2А Уренгойского газоконденсатного месторождения, разработкой которого занимается ООО «Газпром добыча Уренгой», в ачимовских отложениях низкопроницаемых коллекторов в процес-

се геологоразведочных работ и пробной эксплуатации скважин был выполнен большой объем лабораторных исследований. При этом установлено, что газоконденсатная система залежей природного газа пластов А_{ч34} и А_{ч5} участка 2А, залегающих в условиях АВПД на глубинах 3500-3700 м, недонасыщена углеводородами С_{5НВ}.

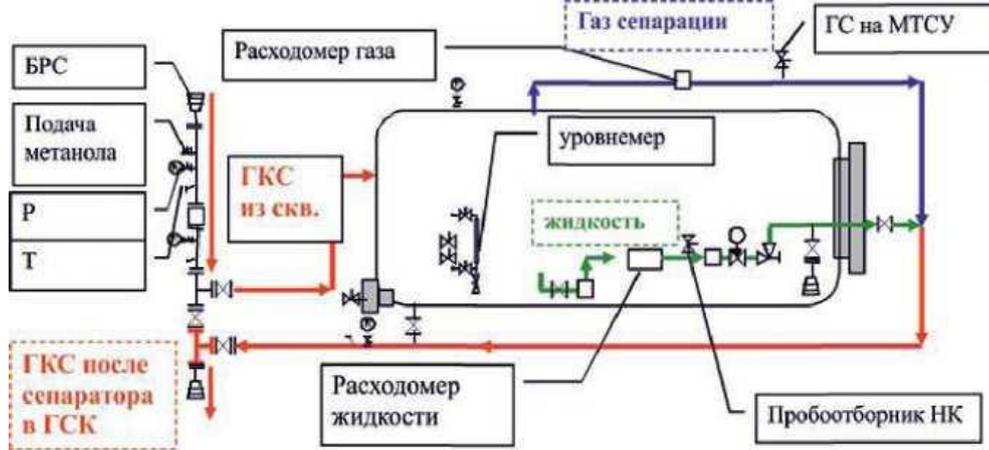


Рис. 1. Схема газоконденсатных лабораторных исследований скважины до проведения ГРП и после его проведения без выпуска природного газа в атмосферу

Основные запасы природного газа и газового конденсата сосредоточены в залежах А_{ч5}. Пластовое давление природного газа в диапазоне 57-61 МПа. Пластовая температура — 106-112°C. Потенциальное содержание С_{5НВ} в пластовом газе пС_{5НВ} равно 370-420 г/м³. Результаты экспериментальных термодинамических исследований рекомбинированных проб газа и конденсата показали, что давление начала конденсации составляет 49-52 МПа, а коэффициент извлечения конденсата из недр — 0,46-0,53. Продуктивные пласты низкопроницаемые — от 1 до 10 мД. Эксплуатация скважин с проектными параметрами возможна только после проведения в них ГРП [1, 2].

Анализ существующих математических методов прогнозирования процесса технологии ГРП для по-

вышения эффективности разработки низкопроницаемых коллекторов в ачимовских отложениях Уренгойского газоконденсатного месторождения показал, что наиболее эффективным является математический метод прогнозирования путем численного моделирования [2]. Основной целью использования модели является поиск расходов и давлений жидкости во всех элементах систем до проведения гидравлического разрыва пласта и после его проведения в зависимости от распределения технических и природных показателей. На рис. 2 представлена модель распределения притоков в скважину с горизонтальным стволом после проведения поинтервального ГРП.

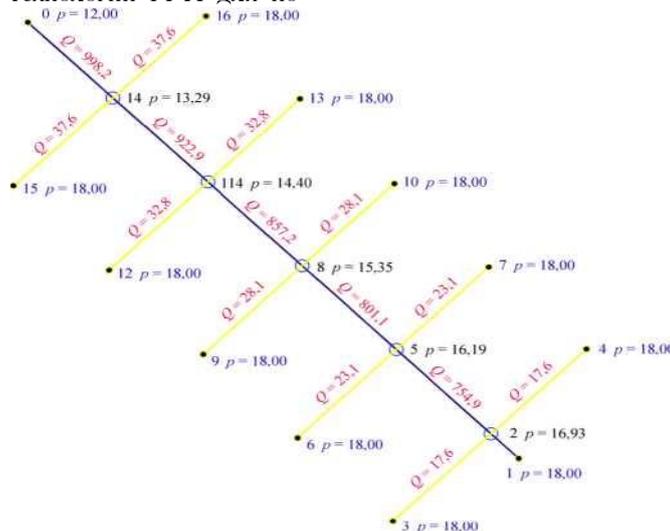


Рис. 2. Модель распределения притоков в скважину с горизонтальным стволом после проведения поинтервального гидравлического разрыва пласта

При создании данной модели распределения притоков в скважину с горизонтальным стволом при разработке низкопроницаемых коллекторов в ачи-

мовских отложениях Уренгойского газоконденсатного месторождения за основу был взят изотропный пласт с давлением 18 МПа, давление на забое

скважины низкопроницаемых коллекторов Уренгойского газоконденсатного месторождения было принято 12 МПа, радиус контура питания 500 м, приток в ствол скважины низкопроницаемых коллекторов Уренгойского газоконденсатного месторождения происходит из трещин, расположенных в ближней части горизонтального ствола [2].

Сопоставление существующих (2017 г.) и смоделированных (прогнозных) показателей разработки эксплуатационного участка 1А и 2А Уренгойского лицензионного участка в случае проведения на фонде скважин гидравлического разрыва пласта при разработке низкопроницаемых коллекторов в ачимовских отложениях представлено в табл. 1, 2.

Таблица 1. Сопоставление существующих и прогнозных показателей в случае проведения на фонде скважин гидравлического разрыва пласта при разработке эксплуатационного участка 1А Уренгойского лицензионного участка

Показатели	факт	прогноз	откл-е абсол.	откл-е относ.
Добыча газа, млрд.м ³ /год	1,02	1,29	0,27	26,5%
Темп отбора природного газа от нач. балансовых запасов, %	0,36	0,46	0,1	27,8%
Конденсатогазовый фактор, г/м ³	336	332	-4	-1,2%
Добыча стабильного конденсата, тыс.т /год	360	446	86	23,9%
Средний дебит природного газа одной скважины, тыс. м ³ /сут.	530	669	139	26,2%
Давление на устье скважин, МПа	15,0	24,9	9,9	66,0%
в т. ч .максимальное	26,2	27,6	1,4	5,3%
минимальное	12,7	23,3	10,6	83,5%
Давление на приеме УКПГ, МПа	12,0	13,63	1,63	13,6%
Коэффициент эксплуатации скважин, д.ед.	0,950	0,969	0,019	2,0%
Коэффициент использования фонда скважин, д.ед.	1	1	0	0,0%

Таблица 2. Сопоставление существующих и прогнозных показателей в случае проведения на фонде скважин гидравлического разрыва пласта при разработке эксплуатационного участка 2А Уренгойского лицензионного участка

Показатели	факт	прогноз	отклонение абсол.	отклонение относ.
Добыча газа, млрд.м ³ /год	0,49	1,51	1,02	208,2%
Темп отбора природного газа от нач. балансовых запасов, %	0,15	0,46	0,31	206,7%
Конденсатогазовый фактор, г/м ³	373	272	-101	-27,1%
Добыча стабильного конденсата, тыс.т /год	195,04	438,32	243,28	124,7%
Средний дебит природного газа одной скважины, тыс. м ³ /сут.	353,0	570,1	217,1	61,5%
Давление на устье скважин, МПа	28,4	19,3	-9,1	-32,0%
в т. ч. максимальное	34,9	28,1	-6,8	-19,5%
минимальное	26,1	15,4	-10,7	-41,0%
Давление на приеме УКПГ, МПа	11,3	12,0	0,7	6,2%
Коэффициент эксплуатации скважин	0,456	0,900	0,444	97,4%
Коэффициент использования фонда скважин	1	1	0	0

Сопоставление существующих (2017 г.) и прогнозных показателей разработки эксплуатационных участков 1А и 2А Уренгойского лицензионного участка в случае проведения на фонде скважин гидравлического разрыва пласта при разработке низкопроницаемых коллекторов в ачимовских отложе-

ниях, можно сделать вывод, что при проведении гидравлического разрыва пласта возможно получить значительный (особенно для 2А - более 200%) прирост в добыче природного газа и стабильного конденсата.

Литература:

1. Белкина В.А. Оценка и прогноз эффективности методов увеличения нефтеотдачи: Учеб. пособие / В.А. Белкина, А.А. Дорошенко // Тюмень, ТюмГНГУ, 2017. 128 с.
2. Некрасов В.И. Гидравлический разрыв пласта: внедрение и результаты, проблемы и решения / В.И. Некрасов, А.В. Глебов, Р.Г. Ширгазин, В.В. Вахрушев // Лангепас-Тюмень. ООО «Лукойл Западная Сибирь». 2018, 234 с.