



СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

(19) **SU** (11) **1071736** **A**

3(51) E 21 B 43/00

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ **РПФК** К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(21) 3566023/22-03
(22) 18.03.83
(46) 07.02.84. Бюл. № 5
(72) И.М. Фык, Е.С. Бикман, Н.А. Дудко, В.С. Григорьев, М.П. Ковалко и Б.П. Гоцкий
(71) Украинский научно-исследовательский институт природных газов
(53) 622.276(088.8)
(56) 1. Гуревич Г.Р. и др. Разработка газоконденсатных месторождений с поддержанием пластового давления. М., "Недра", 1976, с. 183.
2. Патент США № 3047063, кл. 166-10, опублик. 1962.

(54) (57) СПОСОБ РАЗРАБОТКИ ГАЗОКОНДЕНСАТНОЙ ЗАЛЕЖИ С НЕОДНОРОДНЫМИ ПЛАСТАМИ путем добычи углеводородов через добывающую скважину и закачки сухого газа в залежь через нагнетательную скважину, отличающийся тем, что, с целью увеличения охвата пластов вытеснением сухим газом, перед проведением закачки сухого газа пласт с низкой про-

ницаемостью разрабатывают до снижения давления до величины, определяемой следующим соотношением:

$$P_{\text{пон}} = \sqrt{P_3^2 - \frac{m_2 k_1}{m_1 k_2} (P_3^2 - P_0^2)}.$$

где $P_{\text{пон}}$ - пониженное пластовое давление в низкопроницаемом пласте, МПа,

P_0 - пластовое давление в высокопроницаемом пласте, МПа,

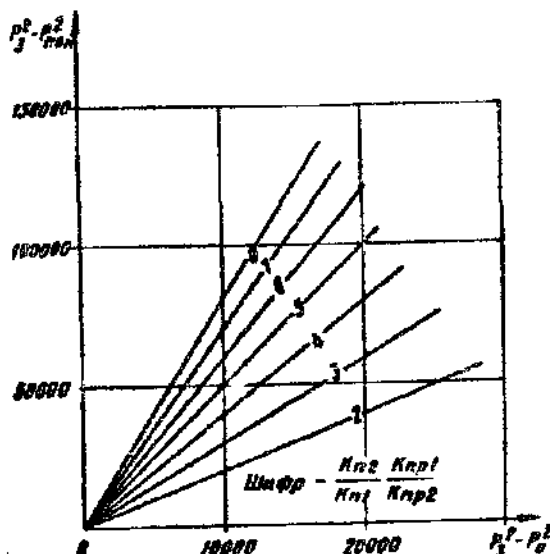
P_3 - давление забойное закачки сухого газа в залежь, МПа;

m_1 - динамическая пористость высокопроницаемого пласта;

m_2 - динамическая пористость низкопроницаемого пласта,

k_1 - проницаемость высокопроницаемого пласта, мД,

k_2 - проницаемость низкопроницаемого пласта, мД.



по **SU** (11) **1071736** **A**

Изобретение относится к газодобы-
вающей промышленности и может быть
использовано при разработке много-
пластовых газоконденсатных место-
рождений, на которых предлагается
применение сайклинг-процесса.

Известен способ разработки га-
зоконденсатной залежи с применением
сайклинг-процесса [1].

Недостатком способа является
неравномерность охвата воздействием
в условиях неоднородных по прони-
цаемости пластов.

Известен также способ газокон-
денсатной залежи с неоднородными
пластами путем добычи углеводородов
через добывающую скважину и закачки
сухого газа через нагнетательную
скважину [2].

Недостатком известного способа
разработки является то, что предла-
гается ухудшать проницаемость пластов
с высокой проницаемостью, что в ус-
ловиях сайклинг-процесса повлечет
снижение приемистости нагнетательных
скважин, увеличение их числа и ос-
ложнения при эксплуатации.

Целью изобретения является увели-
чение охвата пластов вытеснением
сухим газом.

Указанная цель достигается тем,
что согласно способу разработки
газоконденсатной залежи с неоднород-
ными пластами путем добычи углеводо-
родов через добывающую скважину
и закачки сухого газа в залежь через
нагнетательную скважину, перед
проведением закачки сухого газа
пласт с низкой проницаемостью разра-
батывают до снижения давления до ве-
личины, определяемой следующим со-
отношением:

$$P_{\text{пон}} = \sqrt{\frac{P_3^2 - \frac{m_2 K_1}{m_1 K_2} (P_3^2 - P_0^2)}{3}}$$

где $P_{\text{пон}}$ - пониженное пластовое дав-
ление в низкопроницаемом
пласте, МПа;

P_0 - пластовое давление в вы-
сокопроницаемом пласте,
МПа;

P_3 - давление забойное закач-
ки сухого газа в за-
лежь, МПа;

m_1 - динамическая пористость
высокопроницаемого пла-
ста;

m_2 - динамическая пористость
низкопроницаемого пла-
ста;

K_1 - проницаемость высокопро-
ницаемого пласта, МД;

K_2 - проницаемость низкопро-
ницаемого пласта, МД.

Способ осуществляют следующим
образом.

До начала закачки сухого газа
в залежь перфорируют и производят
опережающую разработку только низ-
копроницаемых пластов, снижая пласто-
вое давление в них до величины, обес-
печивающей при сайклинг-процессе рав-
номерность перемещения фронта вы-
теснения сырого газа сухим.

При этом снижение пластового
давления в низкопроницаемых коллек-
торах не должно превышать опреде-
ленного минимума, при котором увели-
чение приемистости за счет увеличения
репрессии на пласт компенсируется
ухудшением фазовой проницаемости
для газа за счет выпадения конденса-
та в фильтрующей части порового
пространства, а повышение конденсатоот-
дачи за счет увеличения коэффициен-
та охвата компенсируется вытесненным
конденсатом в низкопроницаемых кол-
лекторах.

Для определения величины сниже-
ния пластового давления в низкопро-
ницаемых пластах рассмотрим модель
залежи, состоящую из двух пластов
с высокой и низкой проницаемостями.

Время прорыва сухого газа в экс-
плуатационные скважины по наиболее
проницаемому пласту определяется
по формуле

$$t_1 = \frac{\pi m_1 h_1 R^2 P}{q_1 (n+2)}, \quad (1)$$

где m_1 - динамическая пористость;
 h_1 - эффективная мощность, м;
 R - расстояние между эксплуата-
ционными и нагнетательными
скважинами, м;
 h - число нагнетательных сква-
жин;

q_1 - приемистость скважины, м³/с.

Для того, чтобы коэффициент охва-
та по вертикали обоих пластов был
равен единице, необходимо, чтобы
время t_1 прорыва по одному пласту
было равно времени t_2 прорыва по
второму пласту $t_1 = t_2$. Учитывая, что
 $R_1 = R_2$, получим для одной нагнетатель-
ной скважины

$$\frac{m_1 h_1}{q_1} = \frac{m_2 h_2}{q_2} \quad \text{или} \quad q_2 = \frac{m_2 h_2}{m_1 h_1} q_1. \quad (2)$$

Известно, что приемистость равна

$$q = \frac{\pi K h}{\mu \ln \frac{R}{r_c}} (P_3^2 - P_{\text{пон}}^2). \quad (3)$$

Исходя из (3), выражение примет

$$\frac{K_1 h_1}{R} (P_3^2 - P_{\text{пон}}^2) = \frac{m_2 h_2 K_1 h_1}{m_1 h_1 \mu \ln \frac{R}{r_c}} (P_3^2 - P_0^2), \quad (4)$$

где P_3 - давление нагнетания (закач-
ки) на забое, МПа;

P_0 - давление в высокопроницае-
мом пласте, МПа;

$P_{\text{пон}}$ - пониженное давление в низкопроницаемом пласте, обеспечивающее одинаковое время прерыва, МПа.

Принимая, что $\mu_1 = \mu_2$, получим значение пониженного давления в плохом пласте, обеспечивающее равномерный охват вытеснением по обоим пластам

$$P_{\text{пон}}^2 = P_3^2 - \frac{m_2 K_1}{m_1 K_2} (P_3^2 - P_0^2). \quad (5)$$

Из формулы (5) следует, что достижение одинакового коэффициента охвата по двум пластам возможно, если выполняется соотношение

$$\frac{m_2 K_1}{m_1 K_2} = \frac{P_3^2 - P_{\text{пон}}^2}{P_3^2 - P_0^2}, \quad (6)$$

если это соотношение не выполняется, то в пласте с низкой проницаемостью невозможно обеспечить одновременное с высокопроницаемым пластом вытеснение сырого газа сухим.

При расчетах понижения пластового давления в низкопроницаемых пластах учитывают, что его динамическая пористость и фазовая для газа проницаемость зависит от количества выпавшего конденсата в пласте, т.е. $m_2 = f(c)$ и $K_2 = f(c)$. Учитывая, что количество выпавшего конденсата зависит от давления, получим, что $m_2 = f(P_{\text{пл}})$, $K_2 = f(P_{\text{пл}})$.

На чертеже приведена номограмма, позволяющая определять давления, до которых нужно разрабатывать низкопроницаемые пласты, чтобы обеспечить коэффициент охвата пластов вытеснением, равный единице.

Приведенное обоснование показывает, что снижение пластового давления в ухудшенных коллекторах до начала сайклинг-процесса повышает коэффициент охвата залежи вытеснением сырого газа сухим.

Сущность способа заключается в следующем:

до начала сайклинг-процесса перфорируют в скважинах и разрабатывают только пласты с низкой проницаемостью;

достигнув величины заданного давления в низкопроницаемых пластах, дооскрывают перфорацией высокопроницаемые пласты, в которых сохранилось повышенное давление;

производят зачку сухого газа в нагнетательные скважины и отбор из эксплуатационных;

в эксплуатационных скважинах поддерживают забойное давление ниже пониженного давления в низкопроницаемом пласте с целью предупрежде-

ния перетоков или ведут раздельную эксплуатацию пластов.

Рассмотрим технологический эффект от внедрения предлагаемого изобретения. Он состоит из двух составляющих: дополнительной добычи газа до начала сайклинг-процесса и дополнительной добычи конденсата из низкопроницаемых коллекторов в период сайклинг-процесса за счет увеличения коэффициента охвата низкопроницаемых пластов вытеснением.

Приведем необходимые исходные данные для расчетов технологического эффекта от внедрения предлагаемого изобретения.

Наименование параметров	Значение параметра
1	2
Запасы газа горизонта Т-1, млрд. м ³	15,6
Запасы конденсата, млн. т	4,989
Потенциальное начальное содержание конденсата в пластовом газе (данные УкрНИИгаза), г/с т. м ³	458
Общая площадь газоносности, км ²	16,5
Площадь, околонтуренная эксплуатационными скважинами, км ²	10,0
Средняя эффективная мощность продуктивного разреза в пределах площади, околонтуренной скважинами, м	40
Средняя эффективная мощность низкопроницаемых коллекторов, м	15
Средняя эффективная мощность коллекторов, м с повышенной проницаемостью	25
Средний коэффициент пористости	0,17

Продолжение таблицы

1	2
Средний коэффициент пористости низкопроницаемых коллекторов	0,13
Средний коэффициент пористости высокопроницаемых коллекторов	0,19
Средняя проницаемость, МД	114
Средняя проницаемость низкопроницаемых коллекторов, МД	30
Средняя проницаемость высокопроницаемых коллекторов, МД	200
Начальное пластовое давление, МПа	44,7
Давление осуществления сайклинг-процесса, МПа	39,2
Давление нагнетания (забойное) при сайклинг-процессе, МПа	40,9

По значениям пористости, проницаемости и давления нагнетания таблицы, используя номограмму (фиг. 1), находим, что давление, до которого необходимо разработать низкопроницаемые коллекторы, чтобы обеспечить равномерность фронта вытеснения сырого газа сухим, равна 31,86 МПа.

Запасы газа низкопроницаемых коллекторов в пределах площади, околонтурной эксплуатационными скважинами, подсчитанные объемным методом на начало сайклинг-процесса ($P_{пл} = 39,2$ МПа) составляют 4,7 млрд. м³. Для того, чтобы снизить в этих коллекторах давление с 39,2 до 31,86 МПа, необходимо осуществить отбор газа в объеме 560 млн. м³. При этом добыча конденсата, исходя из температуры сепарации - 10°C, давления сепарации 5,39 МПа и среднего удельного выхода конденсата 213 г/ст. м³, составит 119 тыс. т.

Второй составляющей экономической эффективности от внедрения предлагаемого способа является дополнительная добыча конденсата из низкопроницаемых зон, которые при обычном сайклинг-процессе остаются неохваченными

ми вытеснением. Для расчета дополнительной добычи конденсата прежде всего необходимо оценить тот объем газа, который при обычном сайклинг-процессе остается невытесненным из низкопроницаемых зон на момент прорыва сухого газа по высокопроницаемым пластам. Воспользуемся следующей моделью, базирующейся на приведенных данных. Предположим, что закачка сухого газа ведется в центре круга с радиусом 1800 м (исходя из площади 10 км²), а отбор на контуре. Вытеснение газа производят по двум пластам с низкими (верхний) и высокими (нижний) коллекторскими свойствами.

Время прорыва сухого газа в эксплуатационные скважины определяется формулой

$$t = \frac{\pi m h R^2 \left(\frac{P}{Z} \right)}{q_1 (n+2)} \quad (1)$$

За это время радиус фронта вытеснения сырого газа сухим составит 800 м, т.е. площадь, замещенная сухим газом в низкопроницаемых коллекторах, составит 2 км². Таким образом, площадь, невытесненная сухим газом, составит 8 км².

Объем газа, замещенного сухим в низкопроницаемых коллекторах, составляет 943 млн. м³. Это обеспечивает добычу конденсата из них в количестве 213 тыс. т (при удельном выходе конденсата 232,5 г/ст. м³).

Если оставшийся невытесненным объем газа (3,757 млрд. м³) разработать на истощение, то добыча конденсата составит 415,3 тыс. т. Если же применить предлагаемый способ и снизить давление в низкопроницаемых коллекторах с 39,2 до 31,86 МПа, а потом осуществить сайклинг-процесс, то добыча конденсата составит 662 тыс. т.

Из приведенных расчетов следует, что если осуществить просто сайклинг-процесс, то суммарная добыча конденсата из низкопроницаемых коллекторов горизонта Т-1 в пределах площади, околонтурной скважинами, составит 628 тыс. т. Если же применить предлагаемый способ, то суммарная добыча конденсата из низкопроницаемых коллекторов достигнет 781 тыс. т.

Следовательно, дополнительная добыча конденсата от внедрения предлагаемого изобретения составит 153 тыс. т. Положительный эффект от внедрения предлагаемого способа заключается также в опережающей добыче газа из низкопроницаемых коллекторов до начала сайклинг-процесса в объеме 560 млн. м³.

Среднегодовой экономический эффект от внедрения предлагаемого изобретения составит 250 тыс.руб.,

а суммарный экономический эффект за весь срок разбавки - 6,3 млн. руб.

Редактор В.Данко

Составитель И.Лопикова
Техред В.Далекорей

Корректор О.Тигор

Заказ 85/25

Тираж 564

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР
по делам изобретений и открытий
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Филиал ППП "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4

