



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ(21)(22) Заявка: **2012133791/03, 07.08.2012**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
07.08.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **07.08.2012**(45) Опубликовано: **20.02.2014** Бюл. № 5(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2096603 C1, 20.11.1997. RU 2164290 C2, 20.03.2001. RU 2191169 C1, 20.10.2002. RU 2347069 C2, 20.02.2009. US 6148911, 21.11.2000. WO 2011/161569 A2, 29.12.2011.**

Адрес для переписки:

**350072, г.Краснодар, ул. Московская, 2,
ФГБОУ ВПО "КубГТУ", отдел
интеллектуальной и промышленной
собственности, Начальнику ОИПС Л.В.
Разведской**

(72) Автор(ы):

**Запорожец Евгений Петрович (RU),
Шостак Никита Андреевич (RU),
Антониади Дмитрий Георгиевич (RU),
Савенок Ольга Владимовна (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

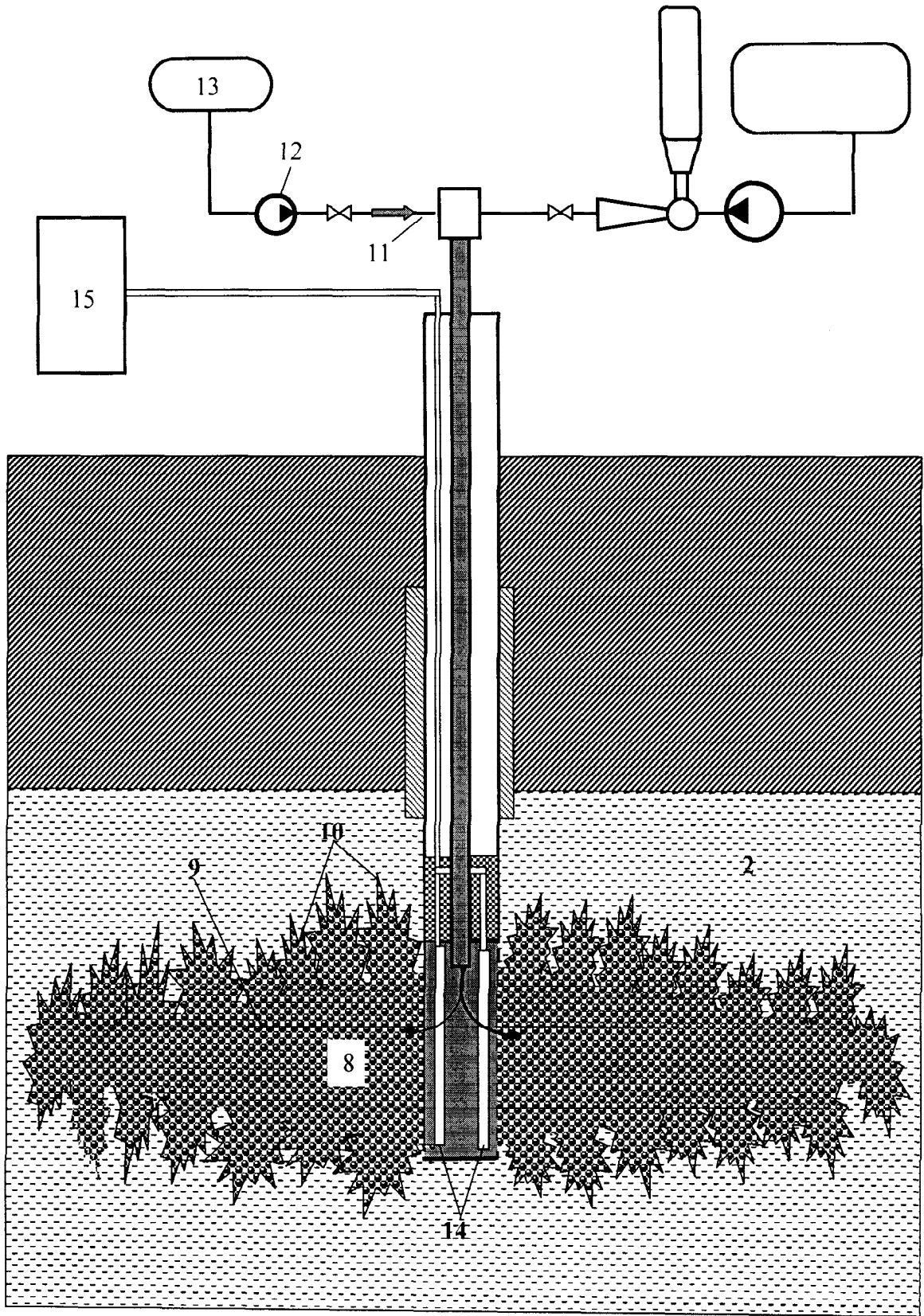
**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Кубанский государственный
технологический университет" (ФГБОУ
ВПО "КубГТУ") (RU)**

(54) СПОСОБ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАЗРЫВА ПЛАСТА

(57) Реферат:

Изобретение относится к области добычи углеводородов и может быть применено для интенсификации притока флюида к скважине за счет образования трещин в продуктивном пласте. Способ включает закачку в пласт смеси жидкости разрыва с расклинивающим агентом, в качестве расклинивающего агента применяют газовые кристаллогидраты, закачку производят при термобарических условиях существования последних, после

разрыва пласта газовые кристаллогидраты разлагают с выделением из них газовой фазы, дополнительно расклинивающей макро- и микротрещины разрыва пласта. При этом закачку смеси жидкости разрыва с расклинивающим агентом, разрыв пласта и разложение кристаллогидратов производят одно- или многократно. Технический результат заключается в повышении проницаемости пласта при гидроразрыве. 3 з.п. ф-лы, 5 ил.



Фиг.5



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
E21B 43/267 (2006.01)
C09K 8/80 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: 2012133791/03, 07.08.2012

(24) Effective date for property rights:
07.08.2012

Priority:

(22) Date of filing: 07.08.2012

(45) Date of publication: 20.02.2014 Bull. 5

Mail address:

350072, g.Krasnodar, ul. Moskovskaja, 2, FGBOU
VPO "KubGTU", otdel intellektual'noj i
promyshlennoj sobstvennosti, Nachal'niku OIPS
L.V. Razvedskoj

(72) Inventor(s):

Zaporozhets Evgenij Petrovich (RU),
Shostak Nikita Andreevich (RU),
Antonjadi Dmitrij Georgievich (RU),
Savenok Ol'ga Vadimovna (RU)

(73) Proprietor(s):

Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego
professional'nogo obrazovaniya "Kubanskij
gosudarstvennyj tekhnologicheskij universitet"
(FGBOU VPO "KubGTU") (RU)

(54) METHOD OF FORMATION HYDRAULIC FRACTURING

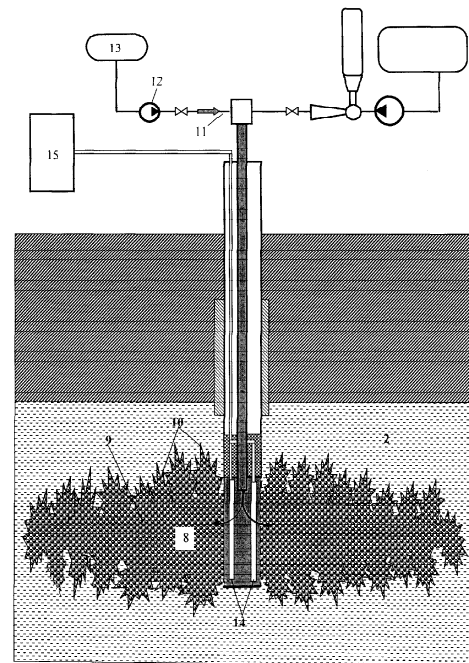
(57) Abstract:

FIELD: mining.

SUBSTANCE: method includes filling formation with mixture of fracturing liquid with proppant agent. As proppant agent gas crystallohydrates are used. Filling is performed under thermobaric conditions of existence of gas crystallohydrates. After formation fracture gas crystallohydrates are decomposed with extraction of gaseous phase additional to splitting macro and micro-cracks of formation fracture. Filling of fracturing liquid mixture with proppant agent, formation fracture and crystallohydrates decomposition are performed one or several times.

EFFECT: improving formation permeability during hydraulic fracturing.

4 cl, 5 dwg



RU 2 507 389 C1

RU 2 507 389 C1

Изобретение относится к области добычи углеводородов и может быть использовано для интенсификации притока флюида к скважине за счет образования трещин в продуктивном пласте.

5 Известен способ гидравлического разрыва пласта, включающий закачку в пласт жидкости и разрыв пласта повышением забойного давления с созданием трещины заданного размера, снижение забойного давления ниже давления разрыва пласта, закачку суспензии с закрепляющим материалом и закачку продавочной жидкости с темпом, обеспечивающим подъем забойного давления выше давления разрыва пласта, 10 причем жидкость разрыва закачивают в объеме, обеспечивающем создание трещины длиной, превышающей радиус прискважинной зоны пласта сниженной проницаемости, используют суспензию с закрепляющим материалом в виде геля и закачивают ее в объеме, большем объема созданной трещины (Патент RU №2164290, E21B 43/26, опубл. 20.03.2001).

15 Общим признаком известного и предлагаемого способов является закачка в пласт жидкости и разрыв ею пласта.

Основным недостатком указанного способа является использование суспензии с закрепляющим материалом в виде геля и закачивание ее в объеме, большем объема 20 созданной трещины. Гель заполняет трещины разрыва и тем самым приводит к снижению притока из пласта (дебита) флюида, т.е. к уменьшению эффективности процесса добычи углеводородов.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату к предлагаемому является способ гидравлического разрыва пласта, включающий 25 закачку в пласт смеси жидкости разрыва с расклинивающим агентом, причем в качестве расклинивающего агента используют газонаполненные гранулы, плотность которых близка к плотности жидкости разрыва и обеспечивает возможность удерживания расклинивающего агента во взвешенном состоянии в жидкости разрыва, 30 при этом в качестве последней используют жидкость, совместимую с породой и флюидом пласта, например воду или нефть (Патент RU №2096603, E21B 43/26, опубл. 20.11.1997).

Общим признаком известного и предлагаемого способа является закачка в пласт смеси жидкости разрыва с расклинивающим агентом.

35 Основным недостатком указанного способа является использование в качестве расклинивающего агента газонаполненных гранул, после разрушения которых и выделения из них газа остаются алюмосиликатные частицы и полимерные пленки, забивающие поры пласта и уменьшающие его проницаемость для прохождения 40 добываемого флюида. Т.е. это приводит к уменьшению эффективности процесса добычи углеводородов.

Задачей, решаемой изобретением, является увеличение эффективности процесса добычи углеводородов. Техническим результатом является повышение проницаемости 45 пласта при гидроразрыве.

Технический результат достигается тем, что в качестве расклинивающего агента применяют газовые кристаллогидраты, закачку производят при термобарических 50 условиях существования последних, после разрыва пласта газовые кристаллогидраты разлагают с выделением из них газовой фазы, дополнительно расклинивающей макро- и микротрещины разрыва пласта, причем закачку смеси жидкости разрыва с расклинивающим агентом, разрыв пласта и разложение кристаллогидратов производят одно- или многократно.

Кроме того, применяют кристаллогидраты углеводородных или/и

неуглеводородных газов.

Кроме того, кристаллогидраты разлагают, добавляя в смесь жидкости разрыва с расклинивающим агентом антигидратный реагент или/и изменяя ее термобарические параметры.

5 Кроме того, многократную закачку смеси жидкости разрыва с расклинивающим агентом, разрыв пласта и разложение кристаллогидратов производят с формированием в пласте термических или/и барических волн.

10 Технический прием, заключающийся в том, что в качестве расклинивающего агента применяют газовые кристаллогидраты, приводит к высокой фильтрации смеси из жидкости разрыва и кристаллогидратов в пласт. Высокая проницаемость обусловлена тем, что частицы кристаллогидратов имеют тонкодисперсную структуру и легко разрушаются в поровых каналах и капиллярах под действием продавливающего давления. Кроме того, кристаллогидраты являются соединением воды и газа, которые
15 после разложения кристаллогидратов не закупоривают поры продуктивного пласта.

Технический прием, заключающийся в том, что закачку производят при термобарических условиях существования газовых кристаллогидратов, приводит к созданию оптимальных условий для: фильтрации в поры пласта смеси жидкости
20 разрыва и кристаллогидратов, процесса гидроразрыва, т.к. смесь жидкости и кристаллогидратов несжимаема и интенсивно воздействует на твердую породу, разрушая последнюю. Это в конечном итоге повышает проницаемость пласта при гидроразрыве.

25 Технический прием, заключающийся в том, что после разрыва пласта газовые кристаллогидраты разлагают с выделением из них газовой фазы, дополнительно расклинивающей макро- и микротрещины разрыва пласта, приводит к увеличению проницаемости пласта.

30 Технический прием, заключающийся в том, что закачку смеси, разрыв пласта и разложение кристаллогидратов производят одно- или многократно, дает возможность управлять процессом гидроразрыва пласта, создавая в нем разветвленную сеть макро- и микротрещин.

Технический прием, заключающийся в применении кристаллогидратов углеводородных или/и неуглеводородных газов, дает возможность производить
35 расклинивание газовой фазой макро- и микротрещин, выбирая для этого оптимальное термобарическое воздействие на твердую породу пласта за счет использования индивидуальных термобарических параметров разложения кристаллогидратов индивидуальных газов. Т.е., применяя кристаллогидраты из индивидуальных газов,
40 выбирают необходимые температуры и давления для расклинивания макро- и микротрещин. На фиг.1 представлены равновесные термобарические кривые кристаллогидратов из газов: азота (N_2), аргона (Ar), метана (CH_4), двуокиси углерода (CO_2), этана (C_2H_6) [Истомин В.А., Якушев В.С. Газовые гидраты в природных условиях. - М.: Недра. - 1992. - 235 с.; Макогон Ю.Ф. Газовые гидраты,
45 предупреждение их образования и использование. - М.: Недра. - 1985. - 232 с.]. Из этих графиков видно, что при температурах от 263 К (-10°C) до 300 К (17°C) давления разложения кристаллогидратов газов азота (N_2) - от 10,0 до 50,0 МПа и более; аргона (Ar) - от 7,0 до 50,0 МПа и более; метана (CH_4) - от 1,8 до 20,0 МПа; двуокиси
50 углерода (CO_2) - от 1,9 до 4,5 МПа; этана (C_2H_6) - от 0,3 до 3,5 МПа. Используя кристаллогидраты указанных газов, возможно подбирать в достаточно широком диапазоне термобарические условия воздействия газовой фазы на пласт.

Технический прием, заключающийся в том, что кристаллогидраты разлагают,

добавляя в смесь жидкости разрыва с расклинивающим агентом антигидратный реагент или/и изменяя термобарические ее параметры, дает возможность управлять процессом разложения кристаллогидратов, т.е. управлять термобарическими параметрами газовой фазы, расклинивающей макро- и микротрещины.

5 Использование только антигидратного реагента позволяет уменьшить энергетические затраты на разложение кристаллогидратов. На фиг.2, 3 представлены графики параметров (давления и температуры) разложения кристаллогидратов метана [Справочник по транспорту горючих газов. - М.: Государственное научно-
10 техническое издательство нефтяной и горно-топливной литературы // под ред. К.С.Зарембо. - 1962. - С.193]. На фиг.3 графики параметров разложения кристаллогидратов метана от действия 10% водных растворов антигидратных реагентов: аммиака - 1; метанола - 2; этилового спирта и хлористого кальция - 3; нормального пропилового спирта - 4; ацетона - 5. Из графиков на фиг.2 видно, что,
15 подбирая антигидратные реагенты, можно изменять параметры процесса разложения гидратов в довольно широком диапазоне: температуру от минус 4 до плюс 17°C, а давление от 10 до 70 МПа. На фиг.3 представлены графики, отражающие влияние концентрации метилового спирта в водном растворе на параметры разложения
20 кристаллогидратов метана. Из графиков на фиг.3 следует, что изменяя концентрацию водного раствора метанола от 0 до 25%, возможно изменять параметры процесса разложения гидратов: температуры от минус 7 до плюс 77°C и давления от 10 до 70 МПа.

25 Совместное применение антигидратного реагента и изменения термобарических параметров смеси жидкости разрыва с расклинивающим агентом позволяет интенсифицировать разложение газовых гидратов и увеличить скорость выделения из них газовой фазы, расклинивающей макро- и микротрещины. Изменение только лишь термобарических параметров смеси жидкости разрыва с расклинивающим агентом
30 позволяет снизить эксплуатационные затраты, связанные с приобретением, доставкой, хранением, охраной, и пр. антигидратных реагентов.

Технический прием, заключающийся в том, что многократную закачку смеси жидкости разрыва с расклинивающим агентом, разрыв пласта и разложение кристаллогидратов производят с формированием в пласте термических или/и
35 барических волн, позволяет интенсифицировать указанными волнами разрушение породы пласта и образование в нем дополнительных макро- и микротрещин, т.е. повысить его проницаемость и увеличить, в конечном итоге, эффективность процесса добычи углеводородов.

40 Авторам неизвестно из существующего уровня техники увеличение эффективности процесса добычи углеводородов путем повышения проницаемости пласта при гидроразрыве подобным образом.

На фиг.4 и 5 представлены схемы, иллюстрирующие технологическую и техническую стороны реализации способа гидравлического разрыва пласта.

45 Гидравлический разрыв пласта по предлагаемому способу осуществляется следующим образом.

50 Гидравлический разрыв пласта (фиг.4) производят закачкой насосом 1 в пласт 2 смеси 3 жидкости разрыва 4 из емкости 5 с расклинивающим агентом 6, подаваемым из контейнера 7 и повышением забойного давления. При этом в качестве расклинивающего агента применяют газовые кристаллогидраты (см. фиг.1), закачку производят при термобарических условиях (температурах и давлениях - см. фиг.1) существования последних. После разрыва 8 пласта 2 газовые кристаллогидраты

разлагают (фиг.5) с выделением из них газовой фазы 9, дополнительно расклинивающей макро- и микротрещины 10 разрыва 8 пласта 2. Причем (фиг.4, 5) закачку смеси 3 жидкости разрыва 4 с расклинивающим агентом 6, разрыв 8 пласта 2 и разложение кристаллогидратов производят одно- или многократно.

5 Применяют кристаллогидраты углеводородных [например, (см. фиг.1) метана (CH_4 этана (C_2H_6)] или/и неуглеводородных газов [например, азота (N_2), двуокиси углерода (CO_2)].

10 Кристаллогидраты разлагают, добавляя в смесь жидкости разрыва с расклинивающим агентом антигидратный реагент или/и изменяя ее термобарические параметры.

15 Кристаллогидраты разлагают, добавляя в смесь 3 жидкости разрыва 4 с расклинивающим агентом 6 антигидратный реагент 11 насосом 12 из емкости 13. Кристаллогидраты разлагают, также изменяя термобарические условия (например, нагревом в призабойной зоне смеси 3 жидкости разрыва 4 с расклинивающим агентом 6 с помощью нагревательного кабеля 14 электрогенерирующей установки 15 до температуры больше температуры существования газовых кристаллогидратов). При этом увеличивается давление газовой фазы 9, расклинивающей макро- и микротрещины 10.

20 Многократную закачку смеси 3 жидкости разрыва 4 с расклинивающим агентом 6, разрыв 8 пласта 2 повышением забойного давления (фиг.4) и разложение кристаллогидратов (фиг.5) производят с формированием в пласте термических или/и барических волн. Указанные волны интенсифицируют разрушение породы пласта 2 и образование в нем дополнительных макро- и микротрещин 10, т.е. способствуют повышению его проницаемости, что, в конечном итоге, увеличивает эффективность процесса добычи углеводородов.

Реализация способа иллюстрируется примерами.

30 ПРИМЕР 1

35 Гидравлический разрыв пласта (фиг.4) на забое скважины глубиной 2300 м с пластовым давлением 19 МПа производят закачкой насосом 1 в пласт 2 смеси жидкости разрыва 3 («ClearWater») в объеме 120 м^3 из емкости 5 с расклинивающим агентом 6, подаваемым из контейнера 7, и повышением забойного давления до 45 МПа. При этом в качестве расклинивающего агента применяют газовые кристаллогидраты метана (CH_4) в объеме 40 м^3 , закачку производят при давлении 30 МПа и температуре 25°C . После разрыва 8 пласта 2 газовые кристаллогидраты метана разлагают (фиг.5). Кристаллогидраты разлагают, добавляя в смесь жидкости разрыва с расклинивающим агентом 25% водный раствор метанола, при забойном давлении 34 МПа, которое установилось после разрыва пласта. При этом из кристаллогидратов выделяется газовая фаза 9 в объеме $18,8 \text{ м}^3$. В связи с хорошей проникающей способностью газовая фаза дополнительно расклинивает макро- и микротрещины 10 разрыва 8 пласта 2 на 12,7%.

45 ПРИМЕР 2

50 Гидравлический разрыв пласта (фиг.4) на забое скважины глубиной 2300 м с пластовым давлением 19 МПа производят в холодных атмосферных условиях закачкой насосом 1 в пласт 2 смеси жидкости разрыва 3 («ClearWater») в объеме 120 м^3 из емкости 5 с расклинивающим агентом 6, подаваемым из контейнера 7 и повышением забойного давления до 45 МПа. При этом в качестве расклинивающего агента применяют газовые кристаллогидраты азота (N_2) в объеме 40 м^3 , закачку

производят при давлении 30 МПа и температуре 5°С. После разрыва 8 пласта 2 газодые кристаллогидраты метана разлагают (фиг.5). Кристаллогидраты разлагают, добавляя в смесь жидкости разрыва с расклинивающим агентом 25% водный раствор метанола, при забойном давлении 34 МПа, которое установилось после разрыва

5 пласта. При этом из кристаллогидратов выделяется газовая фаза 9 в объеме 18,8 м³. В связи с хорошей проникающей способностью газовая фаза дополнительно расклинивает макро- и микротрещины 10 разрыва 8 пласта 2 на 12,9%.

ПРИМЕР 3

10 Гидравлический разрыв пласта (фиг.4) производят по примеру 1, а кристаллогидраты разлагают (фиг.5) нагревом до 30°С с помощью нагревательного кабеля 14 электрогенерирующей установки 15. При этом увеличивается давление газодой фазы 9 до 55 МПа (экстраполяция равновесной линии на фиг.1 условно не показывает на эти параметры). Под воздействием этого давления, газодой фаза

15 проникает в макро- и микротрещины 10 и расклинивает их, увеличивая объем трещин примерно на 15%.

ПРИМЕР 4

20 Гидравлический разрыв пласта (фиг.4) производят по примеру 1, а кристаллогидраты разлагают (фиг.5), добавляя в смесь жидкости разрыва 3 с расклинивающим агентом 6 25% водный раствор метанола и нагревая ее до 30°С с помощью нагревательного кабеля 14 электрогенерирующей установки 15. При этом скорость разложения газодых кристаллогидратов увеличивается в 2,5-3,2 раза за счет чего расширение газодой фазы в макро- и микротрещинах 10 носит ударный характер.

25 Вследствие этого разрушение и расклинивание трещин происходит более интенсивно, увеличивая объем трещин примерно на 17%.

ПРИМЕР 5

30 Гидравлический разрыв пласта (фиг.4) производят в течение 4 часов с частотой 30 мин многократными: закачкой под давлением 30 МПа смеси 3 жидкости разрыва 4 единичным объемом 20-30 м³ с расклинивающим агентом 6 объемом 7-10 м; повышением забойного давления (фиг.4) до 45 МПа в течение 5-7 минут; разложением кристаллогидратов (фиг.5) воздействиями раствором метанола и нагревом по

35 примерам 1-4. При таких условиях в пласте формируются барические волны с амплитудой 74 МПа и термические волны с амплитудой 60°С. Указанные волны интенсифицируют образование в пласте 2 дополнительных макро- и микротрещин 10 на 23%-27%. Это способствует повышению проницаемости пласта, что, в конечном итоге, увеличивает эффективность процесса добычи углеводородов.

Формула изобретения

1. Способ гидравлического разрыва пласта, включающий закачку в пласт смеси жидкости разрыва с расклинивающим агентом, отличающийся тем, что в качестве расклинивающего агента применяют газодые кристаллогидраты, закачку производят

45 при термобарических условиях существования последних, после разрыва пласта газодые кристаллогидраты разлагают с выделением из них газодой фазы, дополнительно расклинивающей макро- и микротрещины разрыва пласта, причем закачку смеси жидкости разрыва с расклинивающим агентом, разрыв пласта и

50 разложение кристаллогидратов производят одно- или многократно.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что применяют кристаллогидраты углеводородных или/и неуглеводородных газодых.

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что кристаллогидраты разлагают, добавляя в

смесь жидкости разрыва с расклинивающим агентом антигидратный реагент или/и изменяя ее термобарические параметры.

5 4. Способ по п.1, отличающийся тем, что многократную закачку смеси жидкости разрыва с расклинивающим агентом, разрыв пласта и разложение кристаллогидратов производят с формированием в пласте термических или/и барических волн.

10

15

20

25

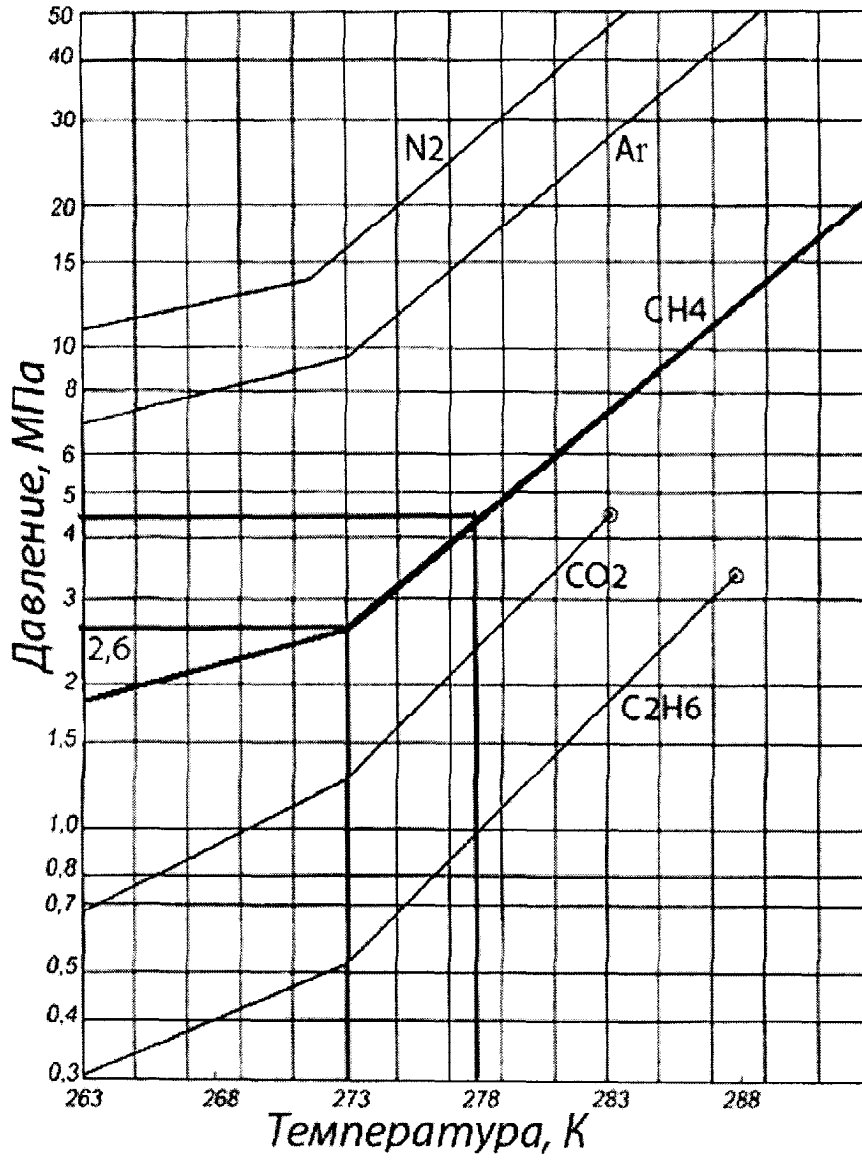
30

35

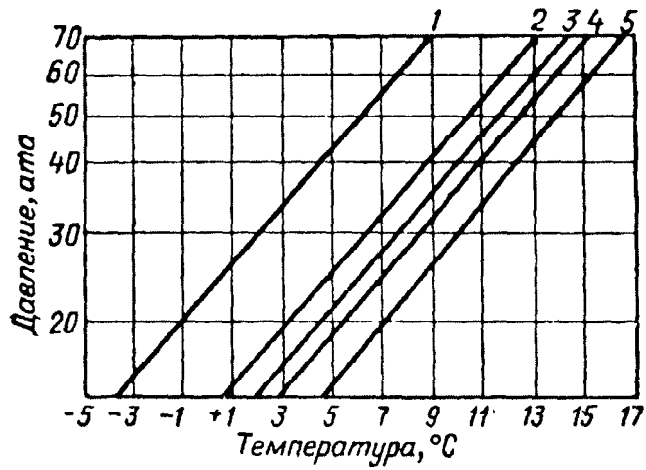
40

45

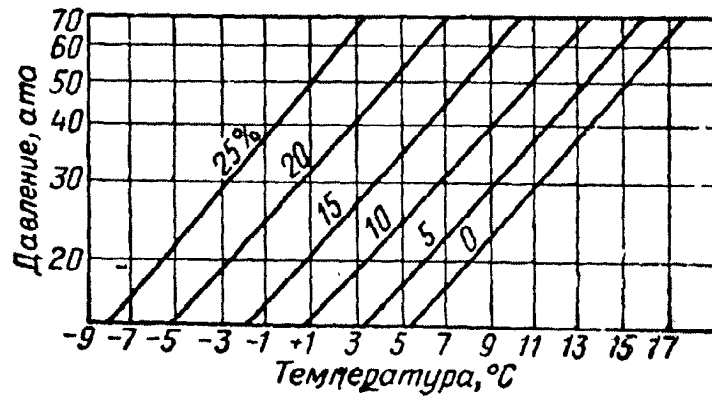
50



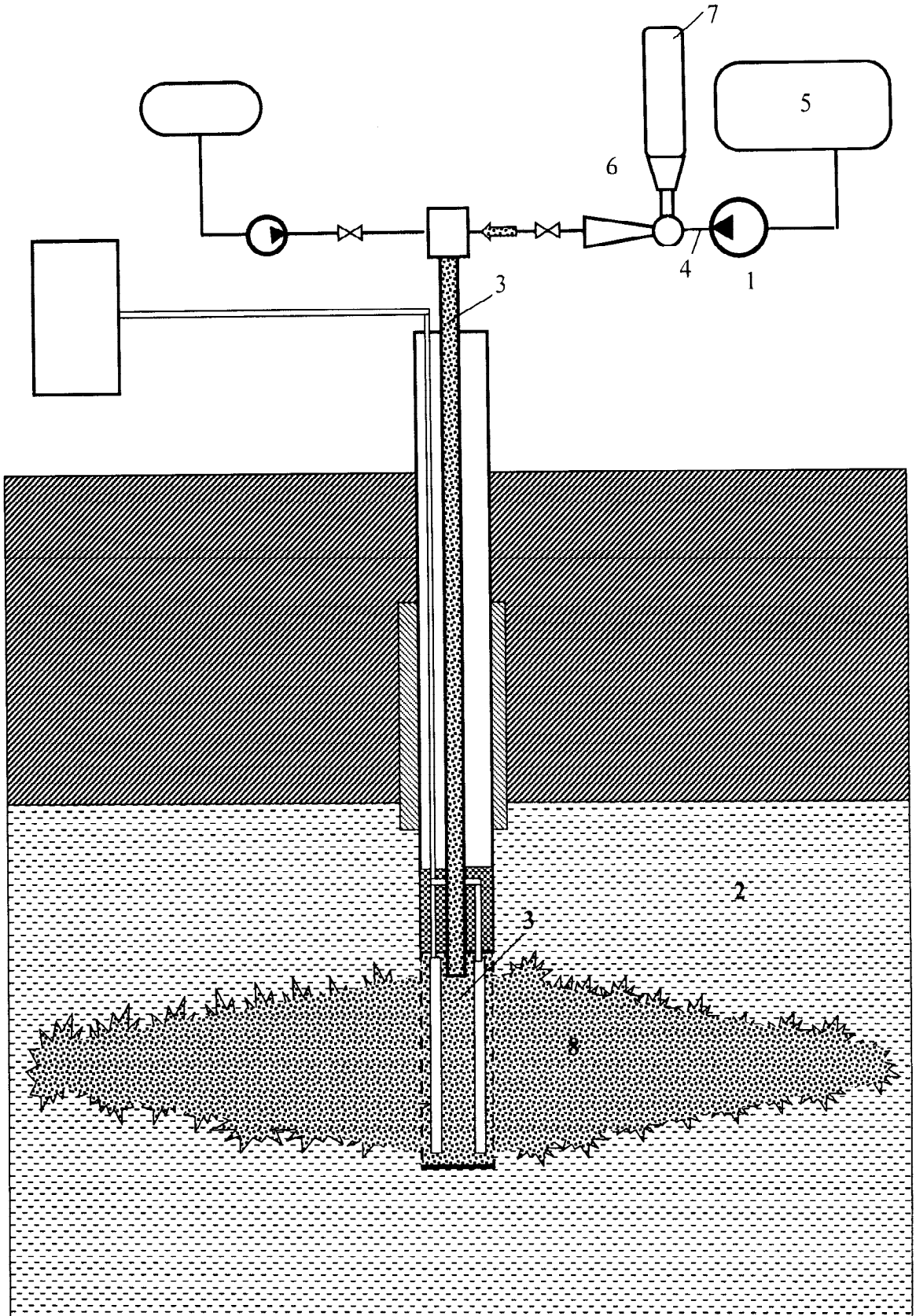
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг.3



Фиг.4