

(12) МЕЖДУНАРОДНАЯ ЗАЯВКА, ОПУБЛИКОВАННАЯ В СООТВЕТСТВИИ С
ДОГОВОРом О ПАТЕНТНОЙ КООПЕРАЦИИ (РСТ)

(19) Всемирная Организация
Интеллектуальной Собственности
Международное бюро



(43) Дата международной публикации
22 апреля 2010 (22.04.2010)

РСТ

(10) Номер международной публикации
WO 2010/044697 A1

- (51) Международная патентная классификация:
E21B 43/26 (2006.01)
- (21) Номер международной заявки: PCT/RU2009/000503
- (22) Дата международной подачи:
30 сентября 2009 (30.09.2009)
- (25) Язык подачи: Русский
- (26) Язык публикации: Русский
- (30) Данные о приоритете:
2008140628 14 октября 2008 (14.10.2008) RU
- (71) Заявитель (только для GB, JP, NL): ШЛЮМБЕРЖЕ
ХОЛДИНГС ЛИМИТЕД (SCHLUMBERGER
HOLDINGS LIMITED); Крейгмуир Чэмберс а.я. 71
Род Таун, Тортола, Tortola (VG).
- (71) Заявитель (только для AL, AU, AZ, BG, CO, CZ, DE,
DK, GQ, GR, HU, ID, IE, IL, IT, KR, KZ, LT, MX, MY,
NO, NZ, OM, PL, RO, SI, SK, TD, TM, TN, TR, TT, UZ,
ZA): ШЛЮМБЕРЖЕ ТЕХНОЛОДЖИ Б.В.
(SCHLUMBERGER TECHNOLOGY B.V.) [NL/NL];
Паркштраат, 83-89, Гаага, 2514, The Hague (NL).
- (71) Заявитель (только для CA): ШЛЮМБЕРЖЕ
КАНАДА ЛИМИТЕД (SCHLUMBERGER CANA-
DA LIMITED) [CA/CA]; О Клэр Плэйс 1 7 Флор,
525-3 Авеню С.В. Калгари, Алберта, T2P 0G4, Calgary
(CA).
- (71) Заявитель (только для FR): СЕРВИСЕС
ПЕТРОЛИЕРС ШЛЮМБЕРЖЕ (SERVICES
PETROLIERS SCHLUMBERGER) [FR/FR]; 42 рю
Сент Доминик, Париж, 75007, Paris (FR).
- (71) Заявитель (для всех указанных государств, кроме AL,
AU, AZ, BG, CA, CO, CZ, DE, DK, FR, GB, GQ, GR,
HU, ID, IE, IL, IT, JP, KR, KZ, LT, MX, MY, NL, NO,
NZ, OM, PL, RO, SI, SK, TD, TM, TN, TR, TT, US, UZ,
ZA): ПРАД РИСЕЧ ЭНД ДЕВЕЛОПМЕНТ
ЛИМИТЕД (PRAD RESEARCH AND DEVELOP-
MENT LIMITED); Крейгмуир Чэмберс а.я. 71 Род
Таун, Тортола, Tortola (VG).
- (72) Изобретатели; и
(75) Изобретатели/Заявители (только для US):
БОРОНИН, Сергей Андреевич (BORONIN, Sergey
Andreevich) [RU/RU]; ул. Винницкая, 17-164, Москва,
119192, Moscow (RU). ОСИПЦОВ, Андрей
Александрович (OSIPTSOV, Andrei Aleksandrovich)
[RU/RU]; Балаклавский пр-кт, 8А-125, Москва,
117639, Moscow (RU).
- (74) Агент: АРХИПОВА Вера Николаевна (ARKHIPO-
VA, Vera Nikolaevna); ООО "Технологическая
компания Шлюмберже" пер. Огородная слобода, д.
5А, Москва, 101000, Moscow (RU).
- (81) Указанные государства (если не указано иначе, для
каждого вида национальной охраны): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN,
KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA,
MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG,
NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC,
SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR,
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) Указанные государства (если не указано иначе, для
каждого вида региональной охраны): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), евразийский (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD,
RU, TJ, TM), европейский патент (AT, BE, BG, CH,
CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Опубликована:

- с отчётом о международном поиске (статья 21.3)
- до истечения срока для изменения формулы изобретения и с повторной публикацией в случае получения изменений (правило 48.2(h))

(54) Title: METHOD FOR HYDRAULICALLY FRACTURING A LOW PERMEABILITY SUBSURFACE FORMATION

(54) Название изобретения : СПОСОБ ГИДРОРАЗРЫВА МАЛОПРОНИЦАЕМОГО ПОДЗЕМНОГО ПЛАСТА

(57) Abstract: The invention relates to hydraulic fracturing in low permeability subsurface formations. The method for hydraulically fracturing a low permeability subsurface formation involves pumping a hydraulic fracturing fluid containing proppant particles into a crack produced in the subsurface formation in such a way that a turbulent fluid flow is formed in the crack.

(57) Реферат: Изобретение относится к области гидравлического разрыва в малопроницаемых подземных пластах. Способ гидроразрыва малопроницаемого подземного пласта предусматривает закачку в трещину, созданную в подземном пласте, гидроразрывной жидкости, содержащей частицы проппанта, при этом в процессе закачки обеспечивают турбулентный режим течения жидкости в трещине.



WO 2010/044697 A1

СПОСОБ ГИДРОРАЗРЫВА МАЛОПРОНИЦАЕМОГО ПОДЗЕМНОГО ПЛАСТА

Настоящее изобретение относится к области гидравлического разрыва в малопроницаемых подземных пластах и может найти применение, в частности, на нефтяных и газовых месторождениях.

Гидравлический разрыв является основным технологическим процессом увеличения проницаемости призабойной зоны продуктивного пласта за счет образования трещин или расширения и углубления в нем естественных трещин. Для этого в ствол скважины, пересекающей подземный пласт, закачивается гидроразрывная жидкость под высоким давлением. Пластовое отложение пород или горная порода принуждается к растрескиванию и разрыву. Расклинивающий наполнитель (проппант) закачивается в трещину для предотвращения смыкания трещины после снятия давления на пласт и, тем самым, для обеспечения улучшенной добычи извлекаемой текучей среды, то есть нефти, газа или воды.

Таким образом, проппант используется для удержания стенок трещины на расстоянии друг от друга для создания проводящего канала в пласте по направлению к стволу скважины. Наряду с транспортом частиц проппанта вдоль трещины происходит также поперечная миграция частиц, приводящая к формированию концентрированного вертикального слоя в середине трещины. Это явление приводит к значительному увеличению скорости осаждения частиц, что, в свою очередь, приводит к снижению проводимости трещины после ее закрытия. Был предложен целый ряд методик для разрешения этой проблемы, основанных на различных физических механизмах.

В патенте WO2007086771 предложены методы гидравлического разрыва грунта, которые обеспечивают улучшение проводимости трещины благодаря формированию прочных скоплений проппанта, равномерно распределенных по всей длине разлома. Один из этих методов включает: первую стадию, во время которой происходит введение в скважину гидроразрывной жидкости, содержащей загустители для создания в грунте трещины; и вторую стадию, во время которой происходит периодическое введение проппанта в гидроразрывную жидкость с целью его доставки в созданную трещину. Это нужно для формирования скоплений проппанта в трещине, чтобы предотвратить ее закрытие и для создания каналов для жидкости между этими скоплениями. Вторая стадия или ее этапы включает дополнительное введение либо упрочняющего, либо связующего материала, или обоих, таким образом, увеличивая прочность скоплений проппанта, образованных в гидроразрывной жидкости.

Патент US 7228904 связан с увеличением проводимости трещин в грунте с помощью уплотнения проппанта в специальные структуры. Частицы состава с определенной концентрацией предлагается добавить к гидроразрывной жидкости вместе с обычными частицами проппанта, чтобы сформировать крепкую структуру, которая не сомнется при закрытии трещины.

Патент US7004255 предлагает методы закупорки естественных или искусственно созданных трещин в грунте с целью уменьшения потока жидкостей. Составы этой смеси в основном инерционных частиц разных размеров, которые оставляют минимальный проток для жидкостей, когда частицы упакованы в трещине. Если разлом может закрываться на частицы, то частицам не нужно заполнять ширину разлома перед закрытием, чтобы вызвать закупорку.

Патент US20040206497 предлагает метод, повышающий добычу углеводородов из подземного грунта. Богатый углеводородами грунт, окружающий скважину, разрывают с помощью гидроразрывной жидкости для создания одной или более трещин. В грунте имеется более и менее проницаемая зона с трещинами, развивающимися по обеим зонам. Зона с низкой проницаемостью может содержать большую концентрацию углеводородов, нефти и газа, чем зона с высокой проницаемостью, в которой углеводороды могут вообще отсутствовать. Проппант выборочно размещается в трещинах, с использованием жидкости-носителя с преобладанием проппанта, помещаемого в менее проницаемую зону. Допускается закрытие трещины на проппант для создания по меньшей мере одного канала с высокой проводимостью в зоне с низкой проницаемостью. При использовании этого метода, общая производительность зоны с низкой проницаемостью увеличивается по сравнению с общей производительностью зоны с высокой проницаемостью, таким образом увеличивая выработку углеводородов из богатого им грунта. Выборочное размещение проппанта может произойти за один этап, когда наполнитель может "всплывать" в жидкости-носителе к верхней части разлома. В качестве альтернативы, при двойном этапе размещения проппанта вязкая гидроразрывная жидкость может иметь менее плотную жидкость-носитель с проппантом, вводимую в верхнюю часть менее проницаемой зоны с большим содержанием углеводородов.

Патент US20070209795 предлагает использовать легковесные частицы полиамидов для обработки грунта, включая гидравлический разрыв и методы контроля песка, такие как заполнение гравием. Частицы полиамида имеют специфическую плотность (ASG) примерно между 1.05 и 2.0 и стабильны при температурах до 500° C. Частицы полиамида можно

использовать в сочетании с наполнителем, что впоследствии увеличит прочность и температурную устойчивость результирующего состава. Проводимость трещины можно увеличить с помощью размещения частиц полиамида с малой плотностью в виде монослоя.

Патент US 20080032898 связан с увеличением проводимости трещины путем значительного увеличения (до 100%) длины трещины, заполненной проппантом. Это предлагается достигнуть путем осуществления одной или более стадий закачки проппанта, по меньшей мере одна из которых содержит сверхлегкий проппант. Первая стадия закачки может состоять из несколько типов проппанта, как минимум одна из которых является сверхлегким проппантом. В качестве альтернативы, можно осуществлять последовательные стадии введения проппанта, при этом, по меньшей мере одна из них должна содержать сверхлегкий расклинивающий наполнитель.

Все вышеперечисленные патенты предлагают методы снижения скорости оседания частиц в трещине гидроразрыва путем использования более легких частиц, однако ни одно из изобретений не позволяет избежать поперечной миграции частиц, которая происходит при ламинарном течении.

Техническим результатом настоящего изобретения является увеличение проводимости трещины после ее закрытия за счет предотвращения поперечной миграции частиц проппанта внутри трещины и снижения скорости их осаждения путем достижения турбулентного режима течения в трещине гидроразрыва.

Этот технический результат достигается тем, что способ гидроразрыва малопроницаемого подземного пласта предусматривает закачку в трещину, созданную в подземном пласте, гидроразрывной

жидкости, содержащей частицы проппанта, при этом в процессе закачки обеспечивают турбулентный режим течения жидкости в трещине.

Турбулентный режим течения обеспечивают посредством закачивания гидроразрывной жидкости с вязкостью менее 0.01 Па·с со скоростью закачки не менее 8 м³/мин, причем жидкость содержит частицы проппанта, радиус σ которых определяется выражением

$$\sigma < 0.02w \sqrt{\frac{\rho_f}{\rho_p}}$$

в случае, если частицы проппанта тяжелее жидкости ($\rho_p > \rho_f$), или выражением

$$\sigma > 0.03w \sqrt{\frac{\rho_f}{\rho_p}}$$

в случае, если частицы проппанта легче жидкости ($\rho_p < \rho_f$), где w - ширина трещины, ρ_f и ρ_p плотности жидкости и проппанта.

Предварительно может быть осуществлено закачивание в скважину маловязкой гидроразрывной жидкости, не содержащей проппанта, для того, чтобы открыть и расширить гидравлическую трещину в грунте.

Процесс гидроразрыва может дополнительно включать в себя закачивание специальной гидросмеси с проппантом, покрытым резиновой оболочкой, которая предотвращает утечку проппанта обратно в скважину во время и после ее закрытия.

При указанных выше условиях в трещине обеспечивается турбулентный режим течения, что подтверждается теоретическими исследованиями воздействия проппанта на устойчивость потока в гидравлической трещине. Крупномасштабные вихри, вызванные турбулентностью, взвешивают частицы так, что их распределение поперек трещины становится более равномерным, что, в конечном счете,

предотвращает образование слоя проппанта в центральной части канала и, в итоге, снижает скорость осаждения проппанта.

Процесс гидроразрыва может включать в себя три стадии введения разных жидкостей в грунт: (1) закачивание в скважину маловязкой жидкости, не содержащей частиц проппанта, для того, чтобы открыть и расширить гидравлическую трещину в грунте; (2) закачивание жидкости с частицами, имеющими специфические характеристики; и (3) закачивание специальной гидросмеси с проппантом, покрытым резиновой оболочкой, которая предотвращает утечку проппанта обратно в скважину во время и после ее закрытия.

В зависимости от плотности и размеров вещества частиц, имеется несколько вариантов удовлетворения вышеуказанных критериев и обеспечения турбулентного режима потока внутри трещины. Допустим, что ширина трещины w равна 1 см. Тогда размер и плотность частиц могут быть следующими: (1) маленькие и тяжелые частицы проппанта (радиус $\sigma < 0.1$ мм и плотность вещества $\rho_p > 3000$ кг/м³ или радиус $\sigma < 0.2$ мм и плотность вещества $\rho_p > 1000$ кг/м³); (2) большие и сверхлегкие частицы проппанта (радиус $\sigma > 0.5$ мм и плотность вещества $\rho_p < 1000$ кг/м³).

В качестве частиц могут быть использованы частицы из любого материала, который как правило применяется в нефтесервисной индустрии как расклинивающий агент, например, песок, керамические частицы, гранулы полимера, частицы стекла, и т.д. В качестве маловязкой жидкости может использоваться вода либо водный раствор полимера, а также любая другая маловязкая жидкость, как правило используемая при проведении гидроразрыва.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ гидроразрыва малопроницаемого подземного пласта, включающий закачку гидроразрывной жидкости, содержащей частицы проппанта, через скважину в трещину, созданную в подземном пласте, отличающийся тем, что в процессе закачки обеспечивают турбулентный режим течения жидкости в трещине.

2. Способ гидроразрыва малопроницаемого подземного пласта по п.1, отличающийся тем, что турбулентный режим течения обеспечивают посредством закачивания гидроразрывной жидкости с вязкостью менее 0.01 Па·с со скоростью закачки не менее 8 м³/мин, причем жидкость содержит частицы проппанта, радиус σ которых определяется выражением

$$\sigma < 0.0173w \sqrt{\frac{\rho_f}{\rho_p}}$$

в случае, если частицы проппанта тяжелее жидкости ($\rho_p > \rho_f$), или выражением

$$\sigma > 0.0387w \sqrt{\frac{\rho_f}{\rho_p}}$$

в случае, если частицы проппанта легче жидкости ($\rho_p < \rho_f$), где w - ширина трещины, ρ_f и ρ_p плотности жидкости и проппанта.

3. Способ гидроразрыва малопроницаемого подземного пласта по п. 1, отличающийся тем, что предварительно осуществляют закачивание в скважину маловязкой гидроразрывной жидкости, не содержащей проппанта.

4. Способ гидроразрыва малопроницаемого подземного пласта по п. 1, отличающийся тем, что после закачки гидроразрывной жидкости с частицами проппанта в трещину закачивают гидросмесь с проппантом, покрытым резиновой оболочкой.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/RU 2009/000503

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

E21B 43/26 (2006.01)
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

E21B 43/00, 43/16-43/27

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

RUPAT, RUPTO, WIPO, RUPAT_OLD, RUPAT_NEW, RUABRU, PatFT, EAPATIS, PAJ, PCT, USPTO, Esp@senet

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	US 7302849 B2 (SCHLUMBERGER TECHNOLOGY CORPORATION) 04.12.2007, col. 1, lines 46-61, col. 21, lines 61-67, col. 22, lines 1-7	1 3-4
Y	US 6776235 B1 ((SCHLUMBERGER TECHNOLOGY CORPORATION) 17.08.2004, col. 1, lines 47-67, col. 4, lines 39-42, col. 6, lines 11-21	3-4
Y	RU 2309971 C1 (OBSHESTVO S OGRANICHENNOI OTVETSTVENNOSTJU "FORES") 10.11.2007, the abstract	4
A	SU 1827007 A3 (A.V. BAKULIN et al.) 07.07.1993, col. 11, lines 21-28, col. 12, lines 23-31	1-4



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

20 January 2010 (20.01.2010)

Date of mailing of the international search report

25 February 2010 (25.02.2010)

Name and mailing address of the ISA/

RU

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

ОТЧЕТ О МЕЖДУНАРОДНОМ ПОИСКЕ

Международная заявка №
PCT/RU 2009/000503

А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ:

E21B 43/26 (2006.01)

Согласно Международной патентной классификации МПК

В. ОБЛАСТЬ ПОИСКА:

Проверенный минимум документации (система классификации с индексами классификации):

E21B 43/00, 43/16-43/27

Другая проверенная документация в той мере, в какой она включена в поисковые подборки:

Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если, возможно, используемые поисковые термины):

RUPAT, RUPTO, WIPO, RUPAT_OLD, RUPAT_NEW, RUABRU, PatFT, EAPATIS, PAJ, PCT, USPTO, Esp@cenet

С. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ:

Категория*	Цитируемые документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
X Y	US 7302849 B2 (SCHLUMBERGER TECHNOLOGY CORPORATION) 04.12.2007, кол. 1, строки 46-61, кол. 21, строки 61-67, кол. 22, строки 1-7	1 3-4
Y	US 6776235 B1 ((SCHLUMBERGER TECHNOLOGY CORPORATION) 17.08.2004, кол. 1, строки 47-67, кол. 4, строки 39-42, кол. 6, строки 11-21	3-4
Y	RU 2309971 C1 (ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "ФОРЭС") 10.11.2007, реферат	4
A	SU 1827007 A3 (А.В. БАКУЛИН и др.) 07.07.1993, кол. 11, строки 21-28, кол. 12, строки 23-31	1-4

☐ последующие документы указаны в продолжении графы С.

☐ данные о патентах-аналогах указаны в приложении

* Особые категории ссылочных документов:

A документ, определяющий общий уровень техники и не считающийся особо релевантным

E более ранняя заявка или патент, но опубликованная на дату международной подачи или после нее

L документ, подвергающий сомнению притязание (я) на приоритет, или который приводится с целью установления даты публикации другого ссылочного документа, а также в других целях (как указано)

O документ, относящийся к устному раскрытию, использованию, экспонированию и т.д.

P документ, опубликованный до даты международной подачи, но после даты испрашиваемого приоритета

T более поздний документ, опубликованный после даты международной подачи или приоритета, но приведенный для понимания принципа или теории, на которых основывается изобретение

X документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает новизной или изобретательским уровнем, в сравнении с документом, взятым в отдельности

Y документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает изобретательским уровнем, когда документ взят в сочетании с одним или несколькими документами той же категории, такая комбинация документов очевидна для специалиста

& документ, являющийся патентом-аналогом

Дата действительного завершения международного поиска: 20 января 2010 (20.01.2010)

Дата отправки настоящего отчета о международном поиске: 25 февраля 2010 (25.02.2010)

Наименование и адрес ISA/RU

ФГУ ФИПС

РФ, 123995, Москва, Г-59, ГСП-5, Бережковская наб., 30,1

Факс: (499) 243-3337

Уполномоченное лицо:

В. Гришанов

Телефон № (499) 240-25-91