

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

(19) Всемирная Организация
Интеллектуальной Собственности
Международное бюро

(43) Дата международной публикации
13 декабря 2018 (13.12.2018)



(10) Номер международной публикации
WO 2018/226113 A1

(51) Международная патентная классификация:

E21B 43/267 (2006.01) *E21B 33/12* (2006.01)
E21B 43/14 (2006.01) *C09K 8/92* (2006.01)

(21) Номер международной заявки: РСТ/RU2017/000394

(22) Дата международной подачи:

09 июня 2017 (09.06.2017)

(25) Язык подачи: Русский

(26) Язык публикации: Русский

(71) Заявитель (только для CA): ШЛЮМБЕРЖЕ КА-
НАДА ЛИМИТЕД (SCHLUMBERGER CANADA
LIMITED) [CA/CA]; 125-9 Авеню СИ, Калгари, Аль-
берта, T2G 0P6, Calgary (CA).

(71) Заявитель (только для US): ШЛЮМБЕРЖЕ ТЕК-
НОЛОДЖИ КОРПОРЕЙШН (SCHLUMBERGER
TECHNOLOGY CORPORATION) [US/US]; 300
Шлюмберже Драв, Шугарленд, Техас, 77478, Sugar
Land (US).

(71) Заявитель (только для FR): СЕРВИСЕС ПЕТРО-
ЛИЕРС ШЛЮМБЕРЖЕ (SERVICES PETROLIERS
SCHLUMBERGER) [FR/FR]; 42 рю Сент Доминик, Па-
риж, 75007, Paris (FR).

(71) Заявитель (для всех указанных государств, кро-
ме CA, US): ШЛЮМБЕРЖЕ ТЕКНОЛОДЖИ Б.В.
(SCHLUMBERGER TECHNOLOGY B.V.) [NL/NL];
Паркштраат 83-89, Гаага, 2514 JG, The Hague (NL).

(72) Изобретатели: ДАНИЛЕВИЧ, Елена Владимировна
(DANILEVICH, Elena Vladimirovna); ул. Балтийская,

(54) Title: METHOD FOR TEMPORARILY ISOLATING A WELL INTERVAL, METHOD FOR REPEATED HYDRAULIC FRACTURING OF A FORMATION AND METHOD FOR KILLING A WELL

(54) Название изобретения: СПОСОБ ВРЕМЕННОЙ ИЗОЛЯЦИИ ИНТЕРВАЛА СКВАЖИНЫ, СПОСОБ ПОВТОРНОГО ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА И СПОСОБ ГЛУШЕНИЯ СКВАЖИНЫ



Фиг. 1

AA: INCREASE IN ISIP (atm)
BB: First suspension (variant 1)
CC: First suspension + second suspension (variant 2)
DD: Second suspension (variant 3)
EE: Hydraulic fracture isolation variants

(57) Abstract: A method is proposed for temporarily isolating a well interval comprising: injecting a first suspension into the well, said first suspension containing a viscous carrier fluid, degradable particles and degradable fibres until a first filtering layer is formed; injecting a second suspension into the well, said second suspension containing a viscous carrier fluid, non-degradable particles and degradable fibres until a second filtering layer is formed. The first suspension and the second suspension do not mix when injected into a well. For optimum isolation of an interval, the ratio of the volume of the first suspension to the volume of the second suspension is from 1:5 to 2:1. A method for repeated hydraulic fracturing in an interval having a plurality of hydraulic fractures, and a method

[продолжение на следующей странице]

35-110, Новосибирск, 630058, Novosibirsk (RU). **ПАР-ХОНЮК, Сергей Дмитриевич (PARKHONYUK, Sergey Dmitrievich)**; ул. Николая Зелинского, 24-497, Тюмень, 625016, Tyumen (RU). **СИЛКО, Никита Юрьевич (SILKO, Nikita Yurievich)**; Кольцово, 37-57, Новосибирская область, 630559, Koltsovo (RU).

(74) **Агент: МАРКОВА, Ирина Ивановна (MARKOVA, Irina Ivanovna)**; "Технологическая Компания Шлюм-берже", ул. Зелёная Горка, 1/10, Новосибирск, 630060, Novosibirsk (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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, 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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), евразийский (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), европейский патент (AL, 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, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Опубликована:

— с отчётом о международном поиске (статья 21.3)

for reduced-impact killing of a well are also proposed. The technical result is the absence of clogging of a well and degradation of the isolating layer.

(57) **Реферат:** Предложен способ временной изоляции интервала скважины, содержащий: закачивание в скважину первой суспензии, содержащей вязкую несущую жидкость, деградируемые частицы и деградируемые волокна до формирования первого фильтрующего слоя; закачивание в скважину второй суспензии, содержащей вязкую несущую жидкость, недеградируемые частицы и деградируемые волокна до формирования второго фильтрующего слоя. Первая и вторая суспензии не смешиваются при закачивании в скважину. Для оптимальной изоляции интервала объем первой суспензии относится к объему второй суспензии в пропорции от 1:5 до 2:1. Также предложены способ повторного гидроразрыва в интервале с несколькими трещинами ГРП, и способ щадящего глушения скважины. Технический результат: отсутствие кольматации пласта и деградация образованного изолирующего слоя.

СПОСОБ ВРЕМЕННОЙ ИЗОЛЯЦИИ ИНТЕРВАЛА СКВАЖИНЫ, СПОСОБ ПОВТОРНОГО ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА И СПОСОБ ГЛУШЕНИЯ СКВАЖИНЫ

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

Изобретение относится к нефтегазовой промышленности и может найти применение при стимулировании подземного пласта с помощью операций гидравлического разрыва пласта, в частности, при временной изоляции трещин гидравлического разрыва пласта, при повторном гидравлическом разрыве пласта, а также при глушении скважин.

ПРЕДШЕСТВУЮЩИЙ УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

В практике нефтегазовой добычи используют многозональную стимуляцию нефтеносного пласта, что означает размещение нескольких перфорационных интервалов в стволе обсаженной скважины и создание нескольких трещин в результате гидравлического разрыва пласта (ГРП). При этом в процессе добычи некоторые трещины ГРП теряют свою эффективность и возникает потребность во временной изоляции перфорационного интервала на время проведения повторного ГРП (refrac) или иных ремонтных работ (временное глушение скважины).

Известны способы и композиции на основе деградируемых твердых материалов (обычно смесь твердых частиц и волокон), которые закачивают в виде суспензии в несущей жидкости ко входу в трещину ГРП. Подобный подход описан в патенте US 8167043 или US 8905133. Такой способ обработки скважины известен как «отклонение потока с помощью деградируемой композиции» или DMAD (Degradable Material Assisted Diversion).

Вместе с тем, частицы и волокна из деградируемого материала (гидрализующиеся в скважинных условиях искусственные полимеры, такие как, например, полимолочная кислота – ПМА или полигликолевая кислота – ПГА) не всегда доступны в достаточном количестве или дисперсный состав частиц (распределение по размерам) не позволяет временно изолировать трещины и перфорационные отверстия в скважине.

В патентной заявке US 2016/0290115 “Re-fracturing a fracture stimulating subterranean formation” описан способ размещения временной закупоривающей суспензии,

содержащей вязкую базовую жидкость, недеградируемые частицы, деградируемые частицы и стабилизирующий агент (липкое покрытие на частицах). После размещения временной закупоривающей суспензии проводят повторное ГРП на месте новой перфорации.

С другой стороны, применяемые для временной изоляции при проведении скважинных операций инертные (недеградируемые) частицы в виде размолотых минералов или солей (карбонат кальция, тальк, слюда, мелкодисперсный оксид кремния, графит и пр.) при закачивании в скважину частично повреждают нефтеносный пласт, то есть имеет место кольматация пласта мелкими частицами, имеющими размер близкий к размеру пор. Под эффектом «повреждения пласта» (кольматации) подразумевается инфильтрация мелких инертных частиц в поровое пространство трещины (в частности, в поры между гранулами проппанта) или в поры окружающей породы. Поскольку такие инертные частицы не растворимы в скважинной жидкости или пластовой нефтяной жидкости, то проницаемость окружающей породы и расклиненной трещины ГРП снижается необратимым образом, что ликвидирует эффект от стимулирования скважины.

Далее под термином «изоляция» интервала, перфорации или трещины в породе понимают существенное снижение (в 5 или более раз) притока обрабатываемой жидкости через объект изоляции после размещения изолирующей суспензии в виде фильтрующего слоя. При этом часть жидкости продолжает фильтроваться через фильтрующий слой. Во время проведения скважинных работ, событие изоляции интервала перфорации на фоне стабильно работающего нагнетательного насоса проявляется как резкий скачок давления, поскольку скорость проникновения жидкости гидроразрыва в пласт была снижена. В данном раскрытии, мерой изоляции интервала является разница давления на объекте изоляции (ΔP в барах).

Таким образом, существует потребность в способе, который сочетает преимущества использования деградируемых частиц и недеградируемых частиц для временной изоляции интервала скважины, при этом позволяя избежать негативного воздействия мелких недеградируемых частиц на проводимость трещины ГРП.

При проведении операции глушения скважины, необходимо компенсировать поровое давление породы гидростатическим давлением жидкости глушения, но при этом избежать перетока жидкости между пластом и стволом скважины. Для этого снижают проницаемость трещиноватых интервалов породы или искусственных трещин ГРП. После

глушения и проведения ремонтных работ необходимо восстановить проницаемость призабойной породы, чтобы возобновить добычу нефтесодержащего флюида. Один из способов проведения глушения скважины – использование добавок или блок-составов на основе мелкодисперсной твердой фазы (частиц). Так, на практике применяют блок-состав REABLOCK™ (M-I SWACO, a Schlumberger Company, USA). Этот блокирующий состав для глушения построен на смеси частиц карбонатов различного дисперсного состава. Такие частицы коагулируют проницаемую породу и предотвращают поглощение рабочей жидкости. При последующем запуске скважины необходимо восстановить проницаемость пласта, что достигается кислотной обработкой заглушенной зоны. Но даже кислотная обработка не позволяет полностью восстановить проницаемость, что снижает продуктивность скважины после глушения.

Таким образом, существует потребность в щадящем способе глушения скважины, при которой можно восстановить проницаемость пласта без дополнительных операций по очистке скважины.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ СУЩНОСТИ

Предложен способ временной изоляции интервала скважины. Способ начинают с закачивания в скважину первой суспензии, которая содержит вязкую несущую жидкость, деградируемые частицы и деградируемые волокна до формирования первого фильтрующего слоя. Далее закачивают в скважину вторую суспензию, содержащую вязкую несущую жидкость, недеградируемые частицы и деградируемые волокна до формирования второго фильтрующего слоя. Первая и вторая суспензии не смешиваются и объем первой суспензии относится к объему второй суспензии в пропорции от 1:5 до 2:1.

Формирование второго фильтрующего слоя поверх первого фильтрующего слоя создает двойной изолирующий слой, который надежно изолирует (закупоривает) интервалы ствола скважины с высокой потерей жидкости.

Также предложен способ проведения повторного ГРП. Способ представляет собой закачивание в скважину первой суспензии, содержащую вязкую несущую жидкость, деградируемые частицы и деградируемые волокна до формирования первого фильтрующего слоя. Затем осуществляют закачивание в скважину второй суспензии, содержащей вязкую несущую жидкость, недеградируемые частицы и деградируемые волокна до формирования второго фильтрующего слоя. При этом первая и вторая

суспензии не смешиваются и объем первой суспензии относится к объему второй суспензии в пропорции от 1:5 до 2:1. После чего повышают давление в скважине до уровня выше давления гидроразрыва и проводят ГРП в новом месте или повторный ГРП для выбранной трещины ГРП.

Также предложен способ глушения скважины, в котором закачивают в скважину первую суспензию, содержащую вязкую несущую жидкость, деградируемые частицы и/или деградируемые волокна до формирования первого фильтрующего слоя. Затем в скважину закачивают вторую суспензию, содержащую вязкую несущую жидкость, недеградируемые частицы и деградируемые волокна до формирования второго фильтрующего слоя. Первая и вторая суспензии не смешиваются и объем первой суспензии относится к объему второй суспензии в пропорции от 1:5 до 2:1.

Сформированный двойной фильтрующий слой создает надежную, но щадящую изоляцию для выбранного интервала ствола скважины, что позволяет снизить давление в стволе скважины (глушение скважины).

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

На Фиг.1 изображен график сравнения эффективности операций изоляции трещин ГРП с помощью различных изолирующих композиций, доставленных к месту изоляции.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ

Предложенные способы основаны на закачивании суспензий частиц и волокон в интервалы скважины, где необходимо провести временную изоляцию (уменьшить приток жидкости из ствола скважины в породу). Закачивание порции суспензии через пористую породу приводит к созданию фильтрующего слоя (filter cake), который самоуплотняется со временем. Кроме того, состав сформированного фильтрующего слоя определяет прочность и стабильность фильтрующего слоя. Термины «двойной фильтрующий слой» и «изолирующий слой» следует понимать в рамках данного описания как эквивалентные понятия.

Понятие «щадящая изоляция» в рамках данного раскрытия означает, что со временем материал фильтрующего слоя деградирует и проводимость породы (или трещины ГРП) восстанавливается.

Термин «глушение скважины» (killing a well) означает остановку добычи нефтяной жидкости или притока пластовой жидкости в ствол скважины с помощью различных мер и отличается от операции приостановки скважины с помощью закрытия клапанов в устье скважины (когда высокое давление сохраняется).

Временная изоляция интервала скважины с трещинами ГРП

Способ временной изоляции интервала скважины содержит этапы:

(1) закачивание в скважину первой суспензии, содержащей вязкую несущую жидкость, деградируемые частицы и деградируемые волокна до формирования первого фильтрующего слоя;

(2) закачивание в скважину второй суспензии, содержащей вязкую несущую жидкость, недеградируемые частицы и деградируемые волокна до формирования второго фильтрующего слоя.

Первую и вторую суспензии закачивают последовательно. При этом первая и вторая суспензии не смешиваются и объем первой суспензии относится к объему второй суспензии в пропорции от 1:5 до 2:1.

Сформированный второй фильтрующий слой поверх первого фильтрующего слоя создает двойной изолирующий слой, который надежно изолирует (закупоривает) интервалы ствола скважины с высокой потерей жидкости.

В способе временной изоляции в качестве вязкой несущей жидкости выбирают, например, водный раствор загущающего полимера, эмульсию. Вязкая несущая жидкость выполняет роль носителя для частиц первой и второй суспензий.

Поскольку имеется в виду временный характер изоляции интервала (деградация изолирующего материала в течении нескольких дней), то деградируемые частицы и деградируемые волокна выбирают из класса разлагаемых полимеров, например, полимолочная кислота, полигликоливая кислота и другие разлагаемые полиэфиры.

Второй фильтрующий слой имеет большую устойчивость в водной среде, и в качестве недеградируемых частиц для второй суспензии выбирают, например, карбонат кальция, оксид кремния, алюмосиликаты, бокситы.

Первая суспензия имеет концентрацию деградируемых частиц от 8 до 90 кг/м³ и концентрацию деградируемых волокон от 2 до 12 кг/м³.

Вторая суспензия имеет концентрацию недеградируемых частиц от 15 до 100 кг/м³ и концентрацию деградируемых волокон в интервале от 1 до 4 кг/м³.

Более высокая концентрация частиц в суспензиях приводит к трудностям работы насосного и смесительного оборудования (закупорка частицами узких мест в оборудовании).

В первой суспензии деградируемые волокна имеют длину от 3 до 10 мм.

В первой суспензии деградируемые частицы имеют размер в интервале от 0.01 до 5 мм.

Во второй суспензии (закачивают для создания второго фильтрующего слоя) недеградируемые частицы имеют размер в интервале от 0.01 до 1 мм.

Первая и вторая суспензии не смешиваются при подаче на устье скважины. Дополнительно, порции первой и второй суспензии могут быть разделены дополнительной порцией вязкой жидкости (водный раствор загущающего полимера).

Способ повторного ГРП (после временной изоляции интервала скважины)

Проведение повторного гидроразрыва пласта представляет собой череду операций:

(1) закачивание в скважину первой суспензии, содержащей вязкую несущую жидкость, деградируемые частицы и деградируемые волокна до формирования первого фильтрующего слоя;

(2) закачивание в скважину второй суспензии, содержащей вязкую несущую жидкость, недеградируемые частицы и деградируемые волокна до формирования второго фильтрующего слоя.

При этом первая и вторая суспензии не смешиваются (вторую суспензию закачивают после первой) и объем первой суспензии относится к объему второй суспензии в пропорции от 1:5 до 2:1.

На этапе (3) повышают давление в скважине до уровня выше давления гидроразрыва и проводят ГРП в новом месте (или повторный ГРП для выбранной трещины ГРП). Далее новую (или расширенную трещину) заполняют суспензией расклинивающего агента (например, крупный песок) и снижают давление для закрытия расклиненной трещины. Новая трещина ГРП (или расширенная старая трещина ГРП) увеличивают зону стимулирования пласта.

Деградируемые частицы и деградируемые волокна выбирают из класса разлагаемых полимеров, например, полимолочная кислота, полигликоливая кислота и другие разлагаемые полиэфиры.

В качестве недеградируемых частиц для второй суспензии выбирают, например, карбонат кальция, оксид кремния, алюмосиликаты, бокситы.

Первая суспензия имеет концентрацию деградируемых частиц от 8 до 90 кг/м³ и концентрацию деградируемых волокон от 2 до 12 кг/м³.

Вторая суспензия имеет концентрацию недеградируемых частиц от 15 до 100 кг/м³ и концентрацию деградируемых волокон в интервале от 1 до 4 кг/м³.

Деградируемые волокна в первой суспензии имеют длину от 3 до 10 мм.

В первой суспензии деградируемые частицы имеют размер в интервале от 0.01 до 5 мм.

Во второй суспензии недеградируемые частицы имеют размер в интервале от 0.01 до 1 мм.

Первая и вторая суспензия не смешиваются при подаче на устье скважины. Дополнительно, порции первой и второй суспензии могут быть разделены дополнительной порцией вязкой жидкости (водный раствор загущающего полимера).

Способ глушения скважины перед ремонтными работами

На первом этапе в зону глушения закачивают первую суспензию деградируемых волокон, диспергированных в несущей жидкости. При фильтрации несущей жидкости на стенках скважины образуется первый фильтрующий слой (фильтрационная корка). По оценкам, для типичных концентраций деградируемого волокна в суспензии, проницаемость первого (базового) фильтрующего слоя составляет приблизительно 1 Дарси, что недостаточно для глушения скважины, но достаточно для закачивания второй суспензии частиц, которая будет идти в зону с высокой скоростью потери обрабатываемой жидкости.

На втором этапе, в зону глушения закачивают вторую суспензию на основе несущей жидкости, в которой диспергированы мелкодисперсные (инертные) частицы. Второй этап проводят сразу за первым, при этом первая и вторая суспензии не смешиваются при закачивании. Это позволяет создать второй фильтрующий слой поверх первого, а такой двойной слой создает прочную фильтрационную корку с низкой проницаемостью.

Поскольку глушение носит временный характер, то деградируемые частицы и деградируемые волокна выбирают из класса разлагаемых полимеров, например, полимолочная кислота, полигликоливая кислота и другие разлагаемые полиэфиры. Время

разложения зависит от температуры в скважине и от выбора деградируемого материала. Например, существуют суспензии деградируемого материала под торговой маркой BroadBand Sequence™ (компания Schlumberger), рассчитанная на низкие, средние и высокие температуры в скважинной жидкости.

Поскольку второй фильтрующий слой имеет большую устойчивость в водной среде, в качестве недеградируемых частиц для второй суспензии выбирают, например, карбонат кальция, оксид кремния, алюмосиликаты, бокситы.

При этом первая суспензия имеет концентрацию деградируемых частиц от 8 до 90 кг/м³.

При этом вторая суспензия имеет концентрацию недеградируемых частиц от 15 до 100 кг/м³.

При снижении давления в стволе заглушенной скважине можно проводить ремонтные работы. После проведения ремонтных работ полученную двойную фильтрационную корку удаляют благодаря созданию депрессии в стволе скважины (вымывание фильтрационной корки притоком пластовой жидкости) или с помощью умеренной кислотной обработки (разложение частиц карбоната кальция в кислой среде). Поскольку мелкие инертные частицы из второй суспензии не проникали в породу, а были осаждены поверх первого фильтрующего слоя, то проницаемость породы восстанавливается до исходного уровня. Такое глушение скважины классифицируется как щадящее глушение.

ПРИМЕРЫ

Пример 1. Применимость двойной порции суспензии для изоляции трещин ГРП

В качестве примера, была проведена операция повторного ГРП на горизонтальной скважине на глубине 2400 метров, пробуренной в нефтегазовом пласте. Скважина была закончена многостадийной ГРП-компоновкой с разбухающими пакерами. Компоновка позволяет проводить последовательно закачку изолирующей пачки в трещины ГРП с номерами 1,2, 3 (через муфты ГРП 1, 2, 3).

Были протестированы различные графики закачки изолирующего материала: закачка только первой суспензии, закачка только второй суспензии, и также закачка двойной пачки: вначале первой суспензии с последующей закачкой второй суспензии. Общий объем изолирующих пачек был выбран одинаковым и равным 3 м³.

Состав первой и второй суспензий приведены в таблицах 1 и 2. Для того, чтобы избежать расслоения суспензии, частицы и волокна были суспендированы в водном растворе гуара с концентрацией 3,6 кг/м³ при pH раствора 8,0. Такая концентрация линейного геля (то есть без сшивающего агента) обеспечивает вязкость суспензии в пределах 50-100 сПз и достаточной для доставки суспензии к месту изоляции в скважине.

Таблица 1. Состав первой суспензии

Компонент	Концентрация
Частицы полимолочной кислоты (ПМК)	12 кг/м ³
Деградируемые волокна (ПМК)	12 кг/м ³
Линейный гель с загрузкой полимера (гуар)	3.6 кг/м ³

Таблица 2. Состав второй суспензии

Компонент	Концентрация
Частицы карбоната кальция (недеградируемые)	20 кг/м ³
Деградируемые волокна (ПМК)	2 кг/м ³
Линейный гель с загрузкой полимера (гуар)	3.6 кг/м ³

Закаченные объемы суспензий (три варианта) приведены в таблице 3 ниже.

Таблица 3. Объемы закачанных смесей при проведении повторного ГРП

Изолирующая суспензия	Объем первой суспензии	Объем второй суспензии
Вариант 1 (деградируемый материал)	3 м ³	0
Вариант 2 (две последовательные суспензии в отношении 1:1)	1,5 м ³	1,5 м ³
Вариант 3 (недеградируемый материал)	0	3 м ³

Одним из критериев успешности операции изоляции является положительный прирост МДОЗ (мгновенное давление остановки закачки, ISIP) во время прокачки суспензии в трещину ГРП. Высокий скачок давления, вызванный фактом изоляции трещины и отсутствием утечки рабочей жидкости в трещину свидетельствует о надежной изоляции трещины ГРП. Изоляционные пакки, которые заканчиваются слабым

мгновенным приростом давления, неустойчивы и легко вымываются при смене режима потока (ненадёжная изоляция).

На Фиг.1 показаны измерения мгновенного изменения остановки закачки (устойчивость фильтрующего слоя) для различных вариантов закачивания фильтрующих суспензий.

Из приведённого графика видно, что последовательное закачивание первой суспензии до образования первого фильтрующего слоя и затем закачивание такого же объема второй суспензии до образования второго фильтрующего слоя является эффективной операцией изоляции трещин ГРП.

В интервал горизонтальной скважины на глубине 2400 метров с компоновкой в виде трех открытых муфт ГРП была проведена закачка двойной порции изолирующей композиции по варианту 2 из таблицы 3. Это обеспечило временную изоляцию двух из трех трещин ГРП с максимальной приемистостью жидкости ГРП. После этого давление в стволе скважины повышали до давления гидроразрыва пласта ($P_{гпр}$) и проводили усиление третьей трещины ГРП для увеличения площади контакта трещины с окружающей породой. Такой же способ применим для создания новой трещины ГРП после временной изоляции существующих трещин ГРП.

После двух суток временной изоляции трещин ГРП происходило разложение первого фильтрующего слоя (температура породы в этом интервале составляла 90-95°C, что достаточно для деградации частиц и волокон, выполненных из полимера ПМК). После этого проводимость трещин ГРП с номерами 1 и 2 была восстановлена, что свидетельствует о щадящем (неколлапсирующем) характере временной изоляции с помощью создания второго фильтрующего слоя поверх первого фильтрующего слоя.

Пример 2. Лабораторные испытания изолирующих свойств суспензий

Две суспензии (первая и вторая) были приготовлены в водном растворе загущающего агента (3,6 кг/м³ гуара) при pH = 8.0. Вязкость несущей жидкости не позволяет твердым частицам и волокнам расслаиваться при закачивании (однородная суспензия).

Были проверены изолирующие свойства двойной пачки суспензий по сравнению с суспензиями, подаваемыми в тестовую установку по отдельности.

В качестве деградируемых частиц и волокон выбирали частицы из полимолочной кислоты (ПМК). Длина волокон из ПМК в интервале от 2 до 5 мм. Волокна полностью диспергированы в вязком водном растворе. Частицы добавляются в суспензию с волокнами.

В качестве недеградируемых (инертных) частиц для второй суспензии выбирали частицы различного размера из размолотого карбоната кальция (CaCO_3). Также инертные частицы можно выбрать из группы оксида кремния, алюмосиликатов, бокситов с нужным размером (в интервале от 0.01 до 1 мм).

Двойная пачка первой и второй суспензии также оказалась более эффективной, чем простая смесь первой и второй суспензии – в последнем случае смесь волокон и частиц не закачивается в испытательный канал (проблема с доставкой).

В таблице 4 отображены составы суспензий и комбинации двух суспензий для временной изоляции узкого вертикального канала (аналог узкой трещины ГРП), проведенные на установке по тестированию закупоривающих составов.

Щадящий состав двойной пачки для изоляции. Использование указанных объемных соотношений первой и второй суспензии (от 1:5 до 2:1) позволяет получить изолирующий слой, в котором инертные частицы (карбоната кальция) присутствуют не глубже первого слоя. С подземным пластом контактирует только первая суспензия из полностью разлагаемых компонентов (ПМК) и она не оказывает кольматирующего влияния на подземный пласт или пропантную упаковку в пласте. Композиции, в которых вторая суспензия не проходит через первую, являются композициями со щадящим составом. Оценку щадящего состава в указанных экспериментах проводили визуально с использованием подкрашенного карбоната кальция.

Таблица 4. Эффективность суспензий для изоляции и доставки

Вариант теста	Первая суспензия (в водном растворе гуара)	Вторая суспензия (в водном растворе гуара)	Отношение объемов суспензий	ΔP для изолирующего слоя, бар	Щадящая обработка (без кольматации)	Возможность закачивания суспензии
	Материалы					
	ПМК/ПМК	ПМК/карбонат				

	Волокно/частицы (кг/м ³)	Волокно/частицы (кг/м ³)				
Отдельные суспензии (для сравнения)						
001	12 /12	-	-	< 35	да	да
01	0/0	1-2 /15-30	-	> 140	нет	да
Двойные пачки						
1	12/12	1-2 /15-30	1/5-2/1	> 140	да	да
2	12/12	2/15	1/6	> 140	нет	да
3	12/12	2/15	3/1	< 35	да	да
4	12/7	2/15	1/5	> 140	нет	да
5	12/95	2/15	1/5	< 35	да	нет
6	1/12	2/15	1/5	< 35	да	да
7	13/12	2/15	1/5	> 140	да	нет
8	12/12	2/14	1/5	< 35	да	да
9	12/12	1/110	1/5	> 140	нет	да
10	12/12	5/15	1/5	< 35	да	да

Пример показывает, что при закачивании двух суспензий, которые имеют хорошие транспортные свойства (возможность закачивания) создается щадящая (без кольматации) изоляция трещиноватой породы.

Результаты тестов показали, что комбинация из двух фильтрующих слоев более результативная. Недеградируемые частицы второй суспензии не проникают через первый фильтрующий слой.

Пример 3. Глушение скважины с помощью закачивания двух суспензий

Пять муфт ГРП установлены на глубине 2814.39; 2916.8; 3139.47; 3232.42; 3416.16м.

Проводился спуск с циркуляцией в интервале 2400-2814 м, потеря циркуляции рабочей жидкости обнаружена на глубине 2814 м. Прокачка вязкого утяжеленного состава (15 м³) желаемого эффекта не принесла, наблюдалось полное поглощение рабочей жидкости.

Ремонтные работы (глушение) с применением 15 м³ REABLOCK (вторая суспензия из недеградируемых частиц в вязком геле) не дали положительного результата

(наблюдалось полное поглощение рабочей жидкости). Состав суспензии представлен в таблице 5.

Таблица 5. Состав приготовления блок-состава REABLOCK на водной основе.

Порядок ввода	Наименование реагента	Единицы измерения	Описание	Концентрация, кг/м ³
1	REABLOK MEDIUM	кг/меш	Блок-состав	110
2	CALCIUM CARBONATE COARSE	кг/меш	Кольматант	65
3	CALCIUM CARBONATE EXTRA COARSE	кг/меш	Кольматант	120
4	CALCIUM CARBONATE VERY COARSE (MK 700 MI)	кг/меш	Кольматант	65

При установке блок-состава рост давления на устье скважины не наблюдался (нет глушения).

Провели глушение с помощью последовательного закачивания двух пачек (двух суспензий): 5 м³ пачка на основе волокнистой добавки (первая суспензия) с последующей закачкой пачки (10 м³) REABLOCK. Состав каждой суспензии представлены в таблице 6 и 7.

Таблица 6. Рецепт приготовления блок-пачек REABLOCK и M-Fiber на водной основе.

Блок-состав REABLOCK

Порядок ввода	Наименование реагента	Единицы измерения	Описание	Концентрация, кг/м ³
1	REABLOK MEDIUM	кг/меш	Блок-состав	110
2	CALCIUM CARBONATE COARSE (МК-400)	кг/меш	Кольматант	100
3	CALCIUM CARBONATE EXTRA COARSE (ПМ 1-1.5)	кг/меш	Кольматант	120
4	CALCIUM CARBONATE VERY COARSE (ПМ 0-1)	кг/меш	Кольматант	100

Таблица 7.
Блок-состав M-Fiber

Порядок ввода	Наименование реагента	Единицы измерения	Описание	Концентрация, кг/м ³
1	Guar gum	кг/меш	Полимерный загуститель	3.6
2	FIBER	кг/меш	Волокна ПМК (4,5 мм)	6
3	LIME	кг/меш	Контроль pH	18

Плановая процедура операции:

Герметизация затрубного пространства.

Закачка в трубное пространство 5 м³ блок-состава FIBER из агрегата № 1, далее - 10 м³ блок – состава REABLOCK из агрегата № 2 и № 3.

Продавка комбинированной пачки технической водой в объеме 13 м³. По расчету на поглощение должно было пойти 5 м³ блок-состава FIBER и 3 м³ блок-состава REABLOCK. «Голова» блок-состава REABLOCK на глубине 2717 м.

Фактическая ситуация при проведении работ:

При закачке блок-состава зафиксирован плавный рост давления с 0 до 70 атм на 6.7 м³ продавки (в пласт зашло 1.7 м³ блок-состав с волокнистой добавкой).

После прокачивания 10 м³ продавки (чистая жидкость) давление в устье скважины выросло до 100 атм (кратковременно до 120 атм).

После остановки закачки наблюдалось плавное падение давления до 80 атм. Закрытие трубного и затрубного пространств в течение технического отстоя.

Блок-состав размещен под давлением, что говорит об образовании фильтрующего слоя (filter cake) на стенке скважины. При этом комбинированная пачка оказалась значительно эффективнее, чем блок-состав REABLOCK.

После технического отстоя произведен спуск гибкой насосно-компрессорной трубы (ГНКТ) с промывкой для нормализации забоя. На глубине 1200 м появилась циркуляция и далее продолжили спуск ГНКТ в интервале 1200-2844 м, интенсивность поглощения раствора – 3 м³/час, что говорит о снижении уровня поглощений.

Через 7 дней был осуществлен ввод заглушенной скважины в эксплуатацию. Дополнительная кислотная обработка не проводилась. Остатки фильтрационной корки были сняты путем создания депрессии. Выход волокна из фильтрующего слоя на

поверхность не наблюдался. Снижение уровня добычи отмечено не было, что говорит о минимизации повреждения проппантной пачки кольматирующим составом.

Несмотря на то, что выше были подробно описаны только несколько примеров осуществления настоящего раскрытия, специалисты в данной области легко поймут, что возможны многие модификации приведенных вариантов без существенного отклонения от настоящего раскрытия. Соответственно, все подобные модификации должны быть включены в объем настоящего раскрытия, как определено в нижеследующей формуле изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ временной изоляции интервала скважины, содержащий:

закачивание в скважину первой суспензии, содержащей вязкую несущую жидкость, деградируемые частицы и деградируемые волокна до формирования первого фильтрующего слоя;

закачивание в скважину второй суспензии, содержащей вязкую несущую жидкость, недеградируемые частицы и деградируемые волокна до формирования второго фильтрующего слоя;

при этом, первая и вторая суспензии не смешиваются при закачивании в скважину и объем первой суспензии относится к объему второй суспензии в пропорции от 1:5 до 2:1.

2. Способ по п.1, в котором в качестве вязкой несущей жидкости выбирают, например, водный раствор загущающего полимера, эмульсию.

3. Способ по п.1, в котором в качестве деградируемые частицы и деградируемые волокна выбирают из класса разлагаемых полимеров, например, полимолочная кислота, полигликолевая кислота.

4. Способ по п.1, в котором недеградируемые частицы выбирают, например, из карбоната кальция, оксида кремния, алюмосиликатов, бокситов.

5. Способ по п.1, в котором первая суспензия имеет концентрацию деградируемых частиц от 8 до 90 кг/м³ и концентрацию деградируемых волокон от 2 до 12 кг/м³.

6. Способ по п.1, в котором вторая суспензия имеет концентрацию недеградируемых частиц от 15 до 100 кг/м³ и концентрацию деградируемых волокон в интервале от 1 до 4 кг/м³.

7. Способ по п.1, в котором деградируемые волокна имеют длину от 3 до 10 мм.

8. Способ по п.1, в котором деградируемые частицы имеют размер в интервале от 0.01 до 5 мм.

9. Способ по п.1, в котором недеградируемые частицы имеют размер в интервале от 0.01 до 1 мм.

10. Способ проведения повторного гидравлического разрыва пласта, содержащий:

закачивание в скважину с трещинами ГРП первой суспензии, содержащей вязкую несущую жидкость, деградируемые частицы и деградируемые волокна до формирования первого фильтрующего слоя;

закачивание в скважину с несколькими трещинами ГРП второй суспензии, содержащей вязкую несущую жидкость, недеградируемые частицы и деградируемые волокна до формирования второго фильтрующего слоя;

при этом, первая и вторая суспензии не смешиваются при закачивании в скважину и объем первой суспензии относится к объему второй суспензии в пропорции от 1:5 до 2:1;

повышение давления в скважине до уровня выше давления гидроразрыва и проведение гидроразрыва пласта в новом месте.

11. Способ глушения скважины, содержащий:

закачивание в скважину первой суспензии, содержащей вязкую несущую жидкость, деградируемые частицы и деградируемые волокна до формирования первого фильтрующего слоя;

закачивание в скважину второй суспензии, содержащей вязкую несущую жидкость, недеградируемые частицы и деградируемые волокна до формирования второго фильтрующего слоя,

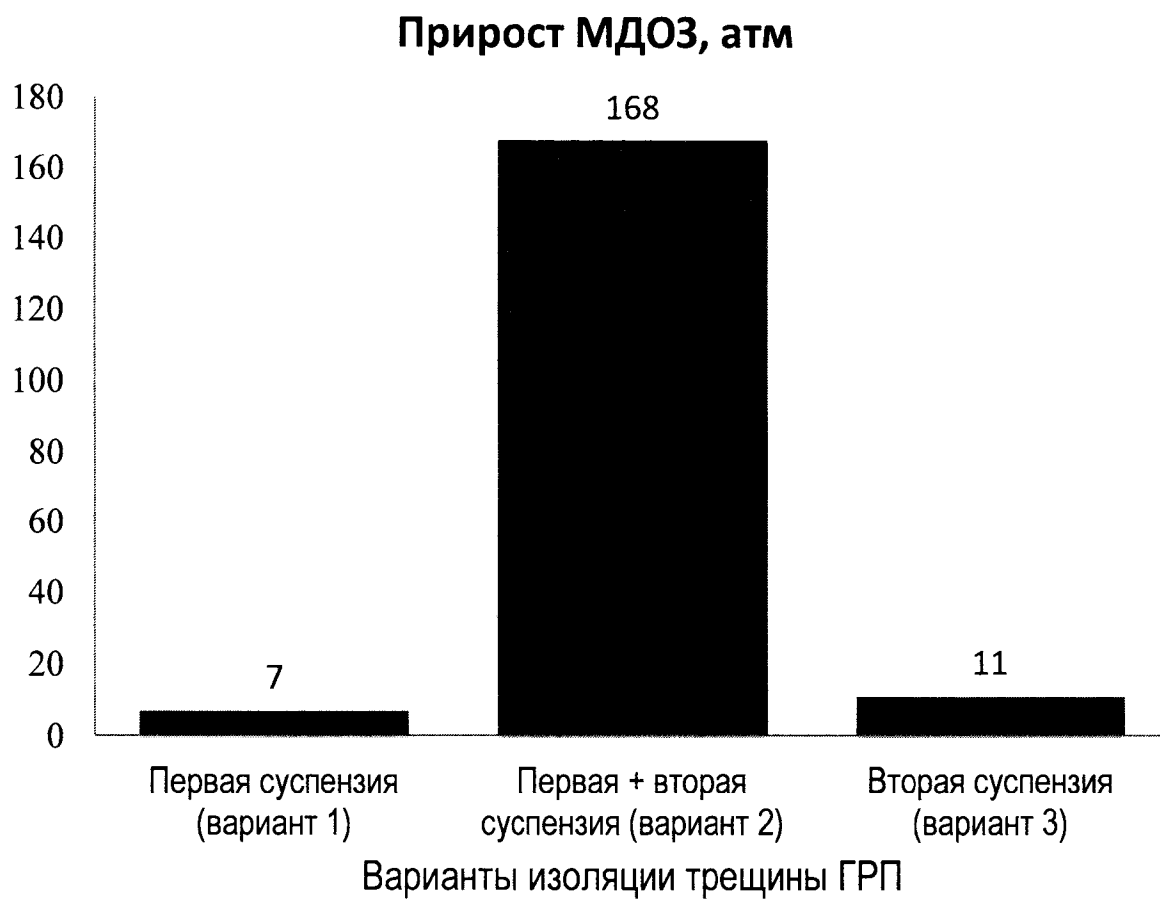
при этом, первая и вторая суспензии не смешиваются при закачивании в скважину.

12. Способ по п.11, в котором объем первой суспензии относится к объему второй суспензии в пропорции от 1:5 до 2:1.

13. Способ по п.11, в котором первая суспензия содержит вязкую несущую жидкость, деградируемые частицы или деградируемые волокна.

14. Способ по п.11, в котором фильтрующие слои удаляют путем депрессии в стволе скважины.

1/1



Фиг.1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/RU 2017/000394

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

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)

C09K 8/00, 8/60, 8/80, 8/92, E21B 33/00, 33/10, 33/12, 43/00, 43/02, 43/14, 43/25, 43/26, 43/267

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)

Esp@cenet, PatSearch (RUPTO internal), RUPTO

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EA 200870014 A1 (SCHLUMBERGER TECHNOLOGY B.V.) 30.12.2009, the claims	1-14
A	RU 2603990 C2 (SCHLUMBERGER TECHNOLOGY B.V.) 10.12.2016, the claims	1-14
A	US 2016333680 A1 (SCHLUMBERGER TECHNOLOGY CORPORATION) 17.11.2016, the claims	1-14

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search

29 August 2017 (29.08.2017)

Date of mailing of the international search report

28 September 2017 (28.09.2017)

Name and mailing address of the ISA/

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

ОТЧЕТ О МЕЖДУНАРОДНОМ ПОИСКЕ

Номер международной заявки

PCT/RU 2017/000394

A. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ <i>E21B 43/267 (2006.01)</i> <i>E21B 43/14 (2006.01)</i> <i>E21B 33/12 (2006.01)</i> <i>C09K 8/92 (2006.01)</i>		
Согласно Международной патентной классификации МПК		
B. ОБЛАСТЬ ПОИСКА		
Проверенный минимум документации (система классификации с индексами классификации)		
C09K 8/00, 8/60, 8/80, 8/92, E21B 33/00, 33/10, 33/12, 43/00, 43/02, 43/14, 43/25, 43/26, 43/267		
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)		
Esp@cenet, PatSearch (RUPTO internal), RUPTO		
C. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ:		
Категория*	Цитируемые документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
A	EA 200870014 A1 (ШЛЮМБЕРГЕР ТЕКНОЛОДЖИ Б.В.) 30.12.2009, формула	1-14
A	RU 2603990 C2 (ШЛЮМБЕРГЕР ТЕКНОЛОДЖИ Б.В.) 10.12.2016, формула	1-14
A	US 2016333680 A1 (SCHLUMBERGER TECHNOLOGY CORPORATION) 17.11.2016, формула	1-14
☐ последующие документы указаны в продолжении графы C. ☐ данные о патентах-аналогах указаны в приложении		
* Особые категории ссылочных документов:	“Т” более поздний документ, опубликованный после даты международной подачи или приоритета, но приведенный для понимания принципа или теории, на которых основывается изобретение	
“А” документ, определяющий общий уровень техники и не считающийся особо релевантным	“Х” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает новизной или изобретательским уровнем, в сравнении с документом, взятым в отдельности	
“Е” более ранняя заявка или патент, но опубликованная на дату международной подачи или после нее	“У” 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	
“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)	“&” документ, являющийся патентом-аналогом	
“О” документ, относящийся к устному раскрытию, использованию, экспонированию и т.д.		
“Р” документ, опубликованный до даты международной подачи, но после даты испрашиваемого приоритета		
Дата действительного завершения международного поиска	Дата отправки настоящего отчета о международном поиске	
29 августа 2017 (29.08.2017)	28 сентября 2017 (28.09.2017)	
Наименование и адрес ISA/RU: Федеральный институт промышленной собственности, Бережковская наб., 30-1, Москва, Г-59, ГСП-3, Россия, 125993 Факс: (8-495) 531-63-18, (8-499) 243-33-37	Уполномоченное лицо: А. Филиппов Телефон № (495)531-64-81	