

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **036974**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2021.01.21

(51) Int. Cl. *E21B 33/13* (2006.01)
E21B 37/00 (2006.01)

(21) Номер заявки
201792646

(22) Дата подачи заявки
2016.06.01

(54) СПОСОБ ТАМПОНИРОВАНИЯ И ЛИКВИДАЦИИ СКВАЖИНЫ

(31) **20150744**

(56) WO-A1-2013133719
WO-A1-2015034369
WO-A2-2015026239
US-A-5765756
US-A1-20130312963

(32) **2015.06.10**

(33) **NO**

(43) **2018.06.29**

(86) **PCT/NO2016/050112**

(87) **WO 2016/200269 2016.12.15**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ГИДРА СИСТЕМЗ АС (NO)

(72) Изобретатель:
**Мюре Мортен, Ларсен Арне Гуннар,
Енсен Рой Инге, Андерсен Патрик,
Эствольд Арнольд, Даль Арнт Олав
(NO)**

(74) Представитель:
**Хмара М.В., Рыбаков В.М.,
Новоселова С.В., Дощечкина В.В.,
Липатова И.И., Осипов К.В., Ильмер
Е.Г., Пантелеев А.С. (RU)**

(57) В изобретении представлен способ тампонирования и ликвидации скважины (1), включающий в себя следующие шаги: (A) опускают перфорационное устройство (31) в колонну (5) труб на продольный интервал (L1); (B) при помощи перфорационного устройства (31) образуют перфорационные отверстия (51) вдоль указанного продольного интервала (L1); (C) при помощи промывочного устройства (33), прикрепленного к рабочей колонне (3) и опускаемого на указанный продольный интервал (L1), прокачивают промывочную текучую среду (35) через рабочую колонну (3), наружу по меньшей мере через одно промывочное выпускное отверстие (331) в промывочном устройстве (33), в колонну (5) труб и в указанное кольцевое пространство (8) через перфорационные отверстия (51), причем ось (b) указанного промывочного выпускного отверстия (331) перпендикулярна продольной оси (a) промывочного устройства (33); (D) прокачивают текучий тампонажный материал (37) через рабочую колонну (3) в колонну (5) труб на указанном продольном интервале (L1); (E) помещают текучий тампонажный материал (37) в колонну (5) труб вдоль, по меньшей мере, указанного продольного интервала (L1), тем самым также помещая текучий тампонажный материал (37) в указанное кольцевое пространство (8) через перфорационные отверстия (51); (F) вынимают рабочую колонну (3) из скважины (1) и (G) ликвидируют скважину (1).

036974 B1

036974 B1

Настоящее изобретение относится к способу тампонирования и ликвидации (ТиЛ) подземной скважины. В связи с этим настоящий способ может применяться для временного или окончательного тампонирования и ликвидации такой скважины. Кроме того, настоящий способ может применяться в любом типе подземной скважины, включая нефтегазовые скважины, например добывающие скважины и нагнетательные скважины.

Настоящий способ включает в себя перфорацию, очистку и тампонирование продольного интервала скважины, расположенного в требуемом интервале глубин в скважине. Более конкретно, изобретение относится к способу, который обеспечивает гидравлическую изоляцию в виде пробки в скважине по всему поперечному сечению скважины вдоль, по меньшей мере, ее продольного интервала. Пробка обеспечивает изоляцию давления как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях вдоль указанного продольного интервала скважины. Скважина также снабжена колонной труб, по меньшей мере, на продольном интервале скважины, где в скважине нужно сформировать пробку для изоляции давления.

Известен способ установки изолирующего давление барьера в скважине посредством механического фрезерования и удаления продольной секции обсадной колонны в скважине. Затем в расфрезерованный участок скважины помещают цементный раствор так, чтобы сформировать, после затвердевания, изолирующий давление цементный барьер по всему поперечному сечению этого расфрезерованного интервала скважины. Эта технология, как правило, называемая "удалением части обсадной трубы с помощью фрезы", в течение десятилетий применялась для тампонирования и ликвидации скважин. Такие операции удаления части обсадной трубы с помощью фрезы отнимают очень много времени и являются очень дорогостоящими для компаний-операторов скважин. Операции удаления части обсадной трубы с помощью фрезы обычно требуют наличия наземных установок, обеспечивающих возможность отделения металлических опилок, так называемой металлической стружки, от скважинных текучих сред, применяемых при таких операциях фрезерования. Чтобы обеспечить возможность транспортировки таких металлических опилок (металлической стружки) на поверхность скважины, часто требуются различные типы очищающих текучих сред. Кроме того, такие металлические опилки могут застревать в другом оборудовании в скважине, например в противовыбросовом превенторе (ПВП), таким образом, что будут создавать препятствия внутри скважины. Такие металлические опилки также сложно утилизировать, при этом они обычно представляют собой опасные в обращении материалы.

Известен также способ установки такой пробки в скважине при помощи способа и промывочного инструмента, раскрытых в патенте WO 2012/096580 A1 (называемых технологиями HydraWash). Этот способ пригоден для применения вместе с устройством и способом вытеснения, раскрытыми в патенте WO 2012/128644 A2 (называемыми технологией Archimedes).

Целью настоящего изобретения является устранение или уменьшение по меньшей мере одного из недостатков уровня техники, который включает в себя указанную технологию удаления части обсадной трубы с помощью фрезы или, по меньшей мере, предложение полезной альтернативы уровню техники.

Эта цель достигается посредством признаков, раскрытых в нижеследующем описании и в последующей формуле изобретения.

Настоящее изобретение относится к способу тампонирования и ликвидации (ТиЛ) скважины, временно или окончательно. Способ включает в себя перфорацию, очистку и тампонирование продольного интервала скважины, причем указанный продольный интервал содержит ствол скважины, колонну труб, размещенную внутри ствола скважины, и кольцевое пространство, находящееся между стволом скважины и колонной труб.

Настоящий способ включает в себя следующие шаги:

(А) опускают перфорационное устройство в колонну труб на указанный продольный интервал скважины;

(В) посредством перфорационного устройства выполняют перфорационные (т.е. сквозные) отверстия в колонне труб вдоль указанного продольного интервала;

(С) посредством промывочного устройства, прикрепленного к нижнему концевому участку трубчатой рабочей колонны, которую опускают в колонну труб на указанный продольный интервал, прокачивают промывочную текучую среду через трубчатую рабочую колонну, наружу по меньшей мере через одно промывочное выпускное отверстие в промывочном устройстве, в колонну труб и далее наружу в указанное кольцевое пространство через перфорационные отверстия в колонне труб, тем самым очищая колонну труб и кольцевое пространство вдоль указанного продольного интервала, причем ось по меньшей мере одного из указанного по меньшей мере одного промывочного выпускного отверстия в промывочном устройстве неперпендикулярна продольной оси промывочного устройства, вследствие чего соответствующая промывочная струя из промывочного устройства также неперпендикулярна продольной оси промывочного устройства;

(D) прокачивают текучий тампонажный материал через трубчатую рабочую колонну в колонну труб на указанном продольном интервале;

(Е) размещают текучий тампонажный материал в колонне труб вдоль, по меньшей мере, указанного продольного интервала, тем самым также размещая текучий тампонажный материал в указанном кольцевом пространстве через перфорационные отверстия в колонне труб, в результате чего текучий тампо-

нажный материал образует пробку, перекрывающую, по существу, полное поперечное сечение скважины вдоль, по меньшей мере, указанного продольного интервала скважины;

(F) вынимают трубчатую рабочую колонну из скважины и

(G) ликвидируют скважину.

Эта неперпендикулярная конфигурация по меньшей мере одного промывочного выпускного отверстия в промывочном устройстве обеспечивает очень эффективную промывку и очистку как колонны труб, так и кольцевого пространства за пределами колонны труб. Это, в свою очередь, обеспечивает хорошее заполнение и хорошую адгезию последующего тампонажного материала в колонне труб и в кольцевом пространстве.

Указанная колонна труб может состоять из скважинной трубы хорошо известного типа, например обсадной колонны или хвостовика. В связи с этим колонна труб может проходить соответственно полностью или частично до поверхности скважины.

Как правило, трубчатая рабочая колонна состоит из бурильной колонны или колонны гибких труб хорошо известного типа.

В одном из вариантов осуществления промывочное устройство выполнено с множеством промывочных выпускных отверстий, имеющих соответствующие оси выпускных отверстий (т.е. продольные оси через промывочные выпускные отверстия), наклоненные под углом в пределах $\pm 80^\circ$ относительно плоскости, перпендикулярной продольной оси промывочного устройства. При этом соответствующие промывочные струи из промывочного устройства также наклонены под углом в пределах $\pm 80^\circ$ относительно указанной перпендикулярной плоскости.

Каждое по меньшей мере из одного промывочного выпускного отверстия может также быть снабжено отсоединяемой сопловой вставкой. Таким образом, сопловая вставка может быть отсоединяемым образом соединена с промывочным устройством при помощи резьбового или аналогичного ему соединения. Такая сопловая вставка имеет подходящий размер и форму для создания промывочной струи с требуемой концентрацией и распределением. Отсоединяемость обеспечивает также возможность быстрой замены сопловой вставки, если желательно или необходимо.

Таким образом, указанная сопловая вставка может быть радиально-телескопической относительно промывочного устройства, и при этом телескопическое перемещение сопловой вставки избирательно активируется. Такая характеристика обеспечивает возможность избирательного выдвижения и втягивания сопловой вставки относительно промывочного устройства. При этом промывочное устройство может быть опущено в колонну труб скважины по меньшей мере с одной сопловой вставкой, втянутой в промывочное устройство. После помещения в скважину указанная сопловая вставка может избирательно выдвигаться наружу из корпуса промывочного устройства. Такой вариант осуществления промывочного устройства может оказаться предпочтительным в случаях, когда в колонне труб имеется одно или более ограничений, требующих использования промывочного устройства меньшего размера, чтобы обеспечить возможность доступа в колонну труб.

Кроме того, промывочная текучая среда может содержать буровой раствор. Это, как правило, подходящая промывочная текучая среда, учитывая, что буровой раствор обычно легко доступен, а также функционирует в качестве барьера давления в скважине.

Промывочная текучая среда может также содержать очищающее вещество, например подходящее мыло или кислоту.

Кроме того, текучий тампонажный материал может содержать цементный раствор для создания цементной пробки.

Альтернативно или дополнительно, текучий тампонажный материал может содержать текучую массу частиц для образования пробки, состоящей из массы частиц. Такая масса частиц, как правило, находится в несцементированном виде. Несколько другой вариант использования такой текучей массы частиц в скважине раскрыт, например, в патентах WO 01/25594 A1 и WO 02/081861 A1.

Между шагами (B) и (C) способ может также включать в себя следующие шаги:

вынимают перфорационное устройство из скважины и

прикрепляют промывочное устройство к нижней части трубчатой рабочей колонны для последующего выполнения шага (C). При этом перфорацию и промывку выполняют на отдельных спуско-подъемных операциях в скважине.

Альтернативно и перед шагом (A) способ может также включать в себя следующие шаги:

соединяют перфорационное устройство и промывочное устройство с получением сборки и

присоединяют эту сборку к указанной нижней части трубчатой рабочей колонны. При этом перфорацию и промывку выполняют на одной и той же спуско-подъемной операции в скважине. Естественно, что эти шаги экономят время и затраты при тампонировании и ликвидации скважины.

В дополнение к последнему альтернативному варианту способ может также включать в себя следующие шаги:

присоединяют с возможностью отсоединения, перед шагом (A), перфорационное устройство к нижнему концевому участку промывочного устройства и

отсоединяют, между шагами (B) и (C), перфорационное устройство от промывочного устройства.

При этом перфорационное устройство сбрасывают дальше вниз в колонну труб и, таким образом, оставляют в скважине. Это может способствовать дальнейшей работе промывочного устройства в скважине и, в силу этого, может дополнительно экономить время и затраты на выполнение этой работы.

В другом варианте осуществления шаг (С) данного способа включает в себя вращение трубчатой рабочей колонны во время промывки. Такое вращение обеспечивает большую площадь, охватываемую движением промывочной текучей среды, и, таким образом, позволяет лучше очищать колонну труб и кольцевое пространство.

Альтернативно или дополнительно шаг (С) данного способа может также включать в себя перемещение трубчатой рабочей колонны с возвратно-поступательным движением во время промывки. Такое возвратно-поступательное движение также обеспечивает большую площадь, охватываемую движением промывочной текучей среды, и, таким образом, позволяет лучше очищать колонну труб и кольцевое пространство.

Шаг (Е) способа может также включать в себя перемещение трубчатой рабочей колонны внутри колонны труб во время размещения в ней текучего тампонажного материала. В связи с этим трубчатую рабочую колонну можно перемещать подходящим способом вдоль перфорированного продольного интервала колонны труб для эффективного размещения тампонажного материала в скважине.

Перед шагом (С) способ может включать в себя добавление абразивного агента к промывочной текучей среде. Этот вариант является особенно подходящим, если кольцевое пространство заполнено, например, остатками цемента (или какого-либо другого литьевого материала) и/или твердыми частицами, осажденными внутри кольцевого пространства, например частицами барита, выпавшими из бурового раствора в кольцевом пространстве. Удаление таких твердых материалов из кольцевого пространства может быть затруднено, если промывочная текучая среда лишена такого абразивного агента.

В одном из вариантов осуществления способ включает в себя добавление абразивного агента к промывочной текучей среде в количестве от 0,05 до 1,00 мас.%. Абразивный агент может содержать частицы песка. В связи с этим, в качестве примера, добавление приблизительно 0,1 мас.% песка к промывочной текучей среде создает, как представляется, подходящую смесь.

Кроме того, способ может включать в себя выпуск промывочной текучей среде из указанного по меньшей мере одного промывочного выпускного отверстия в промывочном устройстве с выходной скоростью, составляющей по меньшей мере 15 м/с. Заявитель настоящего изобретения провел испытания, показывающие, что выходная скорость, составляющая 15 м/с, представляет собой минимальную скорость, необходимую для того, чтобы обеспечить возможность достаточной очистки скважины при помощи промывочного устройства.

В предпочтительном варианте осуществления способ, таким образом, включает в себя выпуск промывочной текучей среде из указанного по меньшей мере одного промывочного выпускного отверстия с выходной скоростью по меньшей мере 50 м/с. Вышеупомянутые испытания также продемонстрировали, что выходная скорость, составляющая по меньшей мере 50 м/с, обеспечивает особенно эффективный результат очистки в скважине.

Оптимальные выходные скорости для промывочной текучей среды, а также оптимальные количества добавляемого к ней абразивного агента зависят от типа используемой промывочной текучей среды, особенно в том, что касается вязкости промывочной текучей среды. Высоковязкие промывочные текучие среды обычно требуют более высоких скоростей на выходе из промывочного устройства, чем низковязкие промывочные текучие среды. Это происходит по той простой причине, что высоковязкие промывочные текучие среды испытывают большее внутреннее трение, и поэтому замедляются быстрее, чем низковязкие промывочные текучие среды.

Другой вариант осуществления способа включает в себя выпуск промывочной текучей среды по меньшей мере из одного промывочного выпускного отверстия в виде, по существу, невращающейся промывочной струи. Если такая промывочная струя выходит из сопловой вставки, расположенной в промывочном выпускном отверстии, то эта сопловая вставка требует меньше пространства для опоры в промывочном устройстве, чем альтернативная сопловая вставка, имеющая конструкцию, способную придавать эффект поворота/вращения промывочной струе.

Перед шагом (D) способ может также включать в себя размещение и закрепление основания пробки в колонне труб ниже продольного интервала скважины. Такое основание пробки может содержать искусственную пробку, пакерный элемент и/или по меньшей мере один чашеобразный элемент, например манжету поршня для откачки скважины хорошо известного типа. Назначение такого основания пробки состоит в том, чтобы поддерживать текучий тампонажный материал после размещения в скважине. Как правило, такое основание пробки (например, искусственную пробку) спускают в колонну труб на так называемом вспомогательном канате или на трубчатой рабочей колонне, например бурильной колонне или колонне гибких труб, доходящей до поверхности скважины.

Альтернативно, столб вязкой текучей среды, т.е. так называемый "вязкий тампон", можно закачать в колонну труб ниже продольного интервала скважины для поддержки указанного текучего тампонажного материала.

Кроме того, если указанный продольный интервал расположен на относительно небольшом рас-

стоянии от дна колонны труб, может отсутствовать необходимость в установке такого основания пробки в колонне труб. Вместо этого, текучий тампонажный материал заливают от дна колонны труб вверх до тех пор, пока тампонажный материал не закроет продольный интервал скважины.

В еще одном варианте осуществления, и между шагами (C) и (D), способ также включает в себя следующие шаги:

вынимают трубчатую рабочую колонну и промывочное устройство из скважины;

отсоединяют промывочное устройство от трубчатой рабочей колонны; и

опускают трубчатую рабочую колонну с открытым концом в колонну труб на продольный интервал для последующего выполнения шагов (D) и (E) данного способа. При этом промывку промывочной текучей средой и вытеснение (продавку) текучего тампонажного материала выполняют на отдельных спуско-подъемных операциях в скважине.

Шаги (D) и (E) данного способа могут также включать в себя прокачивание текучего тампонажного материала в колонну труб по меньшей мере через одно распыляющее выпускное отверстие в промывочном устройстве, чтобы обеспечить выпуск из промывочного устройства в виде соответствующей распыляемой струи. При этом промывку промывочной текучей средой и распыление текучего тампонажного материала выполняют на одной и той же спуско-подъемной операции в скважине. Естественно, что эти шаги экономят время и затраты при тампонировании и ликвидации скважины. За счет реализации текучего тампонажного материала в виде распыляемой струи, исходящей из промывочного устройства, тампонажный материал также становится направленным и до некоторой степени концентрированным. Это обеспечивает преимущество в том отношении, что распыляемая струя достигает большего удаления от промывочного устройства и может, таким образом, сцепляться со стенкой горных пород в скважине, охватывая ствол скважины более полно и интенсивно. Такая распыляемая струя также получает лучший доступ к потенциальным пустотам в указанном кольцевом пространстве, окружающем колонну труб, вдоль продольного интервала скважины.

В одном из вариантов осуществления последнего варианта данного способа промывочное устройство содержит первую секцию для выпуска, на шаге (C), промывочной текучей среды через указанное по меньшей мере одно промывочное выпускное отверстие и вторую секцию для распыления, на шагах (D) и (E), текучего тампонажного материала через указанное по меньшей мере одно распыляющее выпускное отверстие в промывочном устройстве.

В связи с этим диаметр указанной распыляемой струи текучего тампонажного материала, выпускаемой из указанной второй секции промывочного устройства, может быть больше, чем диаметр указанной промывочной струи промывочной текучей среды, выпускаемой из указанной первой секции промывочного устройства. При этом, в отличие от обычного помещения и вытеснения текучего тампонажного материала в скважине, тампонажный материал может сцепляться со стенкой горных пород в скважине более полно и интенсивно. Текучий тампонажный материал будет также получать лучший доступ к потенциальным пустотам в кольцевом пространстве вдоль продольного интервала скважины. Меньший диаметр указанной промывочной струи промывочной текучей среды, однако, обеспечивает более концентрированную струю для размельчения и вымывания твердой фазы и частиц вдоль пути ее потока в скважине.

В последнем контексте способ может также включать в себя выпуск указанной распыляемой струи текучего тампонажного материала с выходной скоростью порядка 15-25 м/с и предпочтительно порядка 18-22 м/с. Этот диапазон выходных скоростей является предпочтительным для достижения эффекта распыления текучего тампонажного материала.

В другом варианте осуществления указанного последнего варианта способа указанное по меньшей мере одно промывочное выпускное отверстие и указанное по меньшей мере одно распыляющее выпускное отверстие в промывочном устройстве представляют собой одно и то же отверстие, в результате чего и промывочную текучую среду, и текучий тампонажный материал будут выпускать через указанное по меньшей мере одно выпускное отверстие в промывочном устройстве; и

при этом способ включает в себя выпуск указанной промывочной струи промывочной текучей среды с более высокой выходной скоростью, чем выходная скорость указанной последующей распыляемой струи текучего тампонажного материала. Изменения выходной скорости соответствующих текучих сред могут достигаться за счет изменения скорости закачки конкретной текучей среды.

В связи с этим способ может включать в себя выпуск промывочной текучей среды с выходной скоростью по меньшей мере 50 м/с, а затем выпуск последующего текучего тампонажного материала с выходной скоростью порядка 15-25 м/с.

Помимо этого, способ может также включать в себя следующие шаги:

присоединяют, перед шагом (D), вытесняющее тело к трубчатой рабочей колонне вблизи от промывочного устройства и

применяют, на шаге (E), вытесняющее тело для дальнейшего вытеснения и распределения текучего тампонажного материала в колонне труб и дальше в указанное кольцевое пространство через указанные перфорационные отверстия в колонне труб вдоль продольного интервала скважины. Это способствует вытеснению и распределению текучего тампонажного материала внутри указанного продольного интер-

вала. Вытесняющее тело, подходящее для этой цели, раскрыто в патенте WO 2012/128644 A2 (так называемая технология Archimedes), как упоминалось вначале.

Далее, пример осуществления настоящего изобретения раскрыт и изображен на прилагаемых чертежах.

На фиг. 1 показан вид сбоку скважины, в которой расположена обсадная колонна.

На фиг. 2 показан вид сбоку скважины после извлечения более длинной части обсадной колонны в соответствии со способом тампонирувания, известным из уровня техники (т.е. удаление части с помощью фрезы).

На фиг. 3 показан вид сбоку скважины, изображенной на фиг. 2, после установки пробки в скважине в соответствии с этим способом тампонирувания посредством удаления части с помощью фрезы, известным из уровня техники.

На фиг. 4 показан вид сбоку скважины при использовании в контексте настоящего способа после опускания перфорационного устройства в обсадную колонну.

На фиг. 5 показан вид сбоку скважины после перфорации обсадной колонны при помощи перфорационного устройства и после поднятия перфорационного устройства из скважины.

На фиг. 6 показан вид сбоку скважины после опускания промывочного устройства в обсадную колонну и во время использования промывочного устройства для промывки и удаления, например, твердых частиц из скважины.

На фиг. 7 показан вид сбоку скважины при заливке и, таким образом, помещении текучего тампонажного материала в часть продольного интервала скважины, посредством чего, по существу, все поперечное сечение скважины заполняется тампонажным материалом вдоль продольного интервала.

На фиг. 8 показан вид сбоку скважины после того, как скважина будет затампонирувана вдоль ее продольного интервала путем настоящего способа.

На фиг. 9 показан вид сбоку комбинированного перфорационного и промывочного устройства для использования в одном варианте осуществления настоящего способа.

Чертежи являются схематичными и просто показывают шаги, детали и оборудование, существенные для понимания изобретения. Кроме того, чертежи искажены в том, что касается относительных размеров элементов и деталей, показанных на чертежах. Чертежи также несколько упрощены в отношении формы и подробности представления таких элементов и деталей. Элементы, не являющиеся ключевыми для настоящего изобретения, могут также быть не показаны на чертежах. Кроме того, одинаковым, эквивалентным или равнозначимым деталям, показанным на чертежах, будут присвоены по существу одни и те же позиционные обозначения.

На фиг. 1 показана скважина 1, которая должна быть затампонирувана и ликвидирована после извлечения более длинной части колонны труб, представленной здесь в виде одиночной обсадной колонны 5, в соответствии со способом тампонирувания, известным из уровня техники (т.е. так называемым удалением части с помощью фрезы). На чертеже показана обсадная колонна 5, расположенная в стволе 2 скважины 1. Вмещающая горная порода 9 ограничивает ствол 2 скважины. Между стволом 2 скважины и обсадной колонной 5 имеется также кольцевое пространство 8. В скважине 1 присутствуют также типичные скважинные текучие среды, известные специалисту в данной области техники.

На фиг. 2 показана скважина 1 после удаления длинной части/секции обсадной колонны 5 в соответствии с указанным известным из уровня техники способом тампонирувания посредством удаления части с помощью фрезы. Значительную часть длины обсадной колонны 5, таким образом, вырезают фрезой.

На фиг. 3, далее, показана скважина 1 после заливки цементного раствора, т.е. текучего тампонажного материала, в расфрезерованный участок скважины 1 так, чтобы залить все ее поперечное сечение T1. После затвердевания этот цементный раствор образует цементную пробку 25 для изоляции давления на расфрезерованном участке скважины 1, как показано на фиг. 3. Этот способ удаления части с помощью фрезы имеет несколько недостатков, как упоминалось вначале.

На фиг. 4 показан первый шаг настоящего способа применительно к аналогичной скважине 1. Также, одиночная обсадная колонна 5 расположена здесь в стволе 2 скважины 1, оставляя кольцевое пространство 8 между стволом 2 скважины и обсадной колонной 5. Трубчатая рабочая колонна, представленная здесь в виде буровой колонны 3, была опущена в обсадную колонну 5 на продольном интервале L1 скважины 1, которая должна быть затампонирувана и ликвидирована посредством настоящего способа. Перфорационное устройство, представленное здесь в виде перфоратора 31 хорошо известного типа, также было присоединено к нижнему концевому участку буровой колонны 3. После размещения на продольном интервале L1 скважины 1 перфоратор 31 активируется и выполняет множество перфорационных отверстий 51 вдоль продольного интервала L1 и через стенку обсадной колонны 5, как показано на фиг. 5. В одном из вариантов осуществления перфоратор 31 может быть вынут из скважины 1 и отсоединен от буровой колонны 3 после выполнения операции перфорации.

На фиг. 6 показана скважина 1 после опускания промывочного устройства 33 в обсадную колонну 5 на продольном интервале L1, при этом промывочное устройство присоединено к нижнему концевому участку буровой колонны 3. Эта буровая колонна может быть той же буровой колонной, которая

использовалась на предыдущем шаге перфорации, или может представлять собой другой тип трубчатой рабочей колонны, например колонну гибких труб. На этом чертеже также показано промывочное устройство 33 во время промывки и удаления, например твердых частиц (не показанных на чертежах) в скважине 1 вдоль ее продольного интервала L1. Изогнутая стрелка в верхней части бурильной колонны 3 указывает на вращение бурильной колонны 3 и, следовательно, вращение промывочного устройства 33, присоединенного к ней, во время промывки и очистки при помощи промывочного устройства 33. В дополнительном или альтернативном варианте бурильная колонна 3 и, вследствие этого, промывочное устройство 33 может перемещаться, совершая возвратно-поступательное движение, во время промывки и очистки продольного интервала L1 при помощи промывочного устройства 33. Вращение и/или возвратно-поступательное движение промывочного устройства 33 вдоль продольного интервала L1 во время промывки обеспечивает большую и, возможно, неоднократно охватываемую площадь, чтобы создать возможность лучшей очистки обсадной колонны 5 и окружающего кольцевого пространства 8 вдоль продольного интервала L1 скважины 1.

В этом конкретном варианте осуществления промывочное устройство 33 выполнено с несколькими промывочными выпускными отверстиями 331, распределенными в заданном порядке вокруг промывочного устройства 33. Эти промывочные выпускные отверстия 331 имеют соответствующие оси b выпускных отверстий, наклоненные под углом в пределах $\pm 80^\circ$ относительно плоскости с, перпендикулярной продольной оси a промывочного устройства 33. При этом соответствующие промывочные струи, выпускаемые из промывочного устройства 33, также наклонены под углом в пределах $\pm 80^\circ$ относительно перпендикулярной плоскости с. Продольная ось a, ось b выпускного отверстия и перпендикулярная плоскость с также показаны на фиг. 9.

На фиг. 6 также показана промывочная текучая среда 35 в виде промывочных струй, выпускаемых с высокой скоростью и в виде, по существу, невращающихся струй, из соответствующих сопловых вставок 332, предусмотренных в промывочных выпускных отверстиях 331 промывочного устройства 33. Эти сопловые вставки 332 обеспечивают требуемую концентрацию и распределение промывочных струй после выпуска из промывочных выпускных отверстий 331 промывочного устройства 33. Промывочные струи выпускаются под различными углами относительно указанной перпендикулярной плоскости с, проходят через соответствующие перфорационные отверстия 51 и поступают в кольцевое пространство 8 под различными углами. Это обеспечивает лучший доступ к зонам кольцевого пространства 8, расположенным между перфорационными отверстиями 51, тем самым, обеспечивая лучшую промывку и очистку этих промежуточных зон кольцевого пространства 8. Эти наклоненные под углом промывочные струи изображены прямыми стрелками, направленными наружу из некоторых промывочных выпускных отверстий 331, показанных на фиг. 6. Направление потока и потенциальные пути потока выпускаемой промывочной текучей среды 35 показаны изогнутыми стрелками, расположенными вокруг промывочного устройства 33 на фиг. 6. В конкретный момент времени вытекающая промывочная текучая среда 35, таким образом, вытекает через перфорационные отверстия 51 рядом с промывочными выпускными отверстиями 331, по кольцевому пространству 8 за пределами обсадной колонны 5, а затем обратно в обсадную колонну 5 через перфорационные отверстия 51, более удаленные от промывочных выпускных отверстий 331. Промывочное устройство 33 медленно перемещают вдоль продольного интервала L1 при одновременном промывании обсадной колонны 5 и кольцевого пространства 8, тем самым, непрерывно повторяя этот сценарий моментальной промывки вдоль продольного интервала L1 скважины 1. Это движение промывочной текучей среды продолжается до тех пор, пока весь продольный интервал L1 не будет охвачен и очищен в достаточной степени.

Перед тампонированием продольного интервала L1 скважины 1 дополнительную очищающую и кондиционирующую (подготавливающую) текучую среду, как правило, перекачивают раскрытым способом через промывочное устройство 33 в обсадную колонну 5 и кольцевое пространство 8, тем самым, дополнительно очищая и подготавливая ствол 2 скважины и обсадную колонну 5 с целью обеспечения возможности введения цементного раствора 37, т.е. текучего тампонажного материала, по меньшей мере, в продольный интервал L1 после этого (см. фиг. 7 и 8). Эта дополнительная очищающая и кондиционирующая текучая среда может состоять из так называемой буферной текучей среды, которую, как правило, используют для удаления твердых частиц, оставшихся в стволе 2 скважины/кольцевом пространстве 8, а также для смачивания и подготовки обсадной колонны 5 и вмещающей горной породы 9 (которая ограничивает ствол 2 скважины) так, чтобы обеспечить сцепление скважины с последующим цементным раствором 37, который должен быть введен в нее. Такая буферная текучая среда, как правило, имеет меньшую плотность, чем цементный раствор 37, применяемый на шагах (D) и (E) тампонирующего способа. Поэтому цементный раствор 37 легко вытесняет буферную текучую среду на этих шагах тампонирующего.

На фиг. 7 показана скважина 1 во время закачивания и соответственно помещения цементного раствора 37 в нижний участок продольного интервала L1 скважины 1, вследствие чего, по существу, все поперечное сечение T1 скважины 1 заполняется цементным раствором 37. На фиг. 7 показан цементный раствор 37, вытекающий из нижнего конца бурильной колонны 3 таким образом, чтобы заполнить внут-

ренную часть обсадной колонны 5, после чего цементный раствор 37 течет дальше в кольцевое пространство 8 через перфорационные отверстия 51 в стенке обсадной колонны 5. При этом более плотный цементный раствор 37 легко вытесняет менее плотную буферную текучую среду (или другую менее плотную скважинную текучую среду), при ее наличии, вверх внутри скважины 1 и, таким образом, удаляет буферную текучую среду из указанного продольного интервала L1. В связи с закачиванием и вытеснением цементного раствора 37 бурильную колонну 3 медленно перемещают вверх во время заливки и размещения цементного раствора 37 в обсадной колонне 5 вдоль всего продольного интервала L1 скважины 1. Этот шаг заливки/заполнения и перемещения может также продолжаться до тех пор, пока цементный раствор 37 не будет залит в обсадную колонну 5 до некоторого требуемого уровня выше продольного интервала L1, в результате чего, по меньшей мере, продольный интервал L1 скважины 1 будет залит цементным раствором 37. Перед закачиванием цементного раствора 37 в обсадную колонну 5 искусственная пробка 38 была размещена и закреплена внутри обсадной колонны 5 и ниже продольного интервала L1 для обеспечения опорного основания для цементного раствора 37, помещенного в обсадную колонну 5.

В альтернативном варианте осуществления, не показанном на чертежах, промывочное устройство 33 может оставаться присоединенным к бурильной колонне 3 после промывки и очистки продольного интервала L1. Цементный раствор 37 затем закачивают в бурильную колонну 3 и выпускают из сопловых вставок 332, предусмотренных в промывочных выпускных отверстиях 331 промывочного устройства 33. В этом случае цементный раствор 37 можно выпускать из промывочного устройства 33 в виде распыляемых струй при значительно более низкой выходной скорости, чем высокая выходная скорость предшествующих промывочных струй промывочной текучей среды 35.

На фиг. 8 показана скважина 1 после заливки цементного раствора 37 в обсадную колонну 5 и окружающее кольцевое пространство 8, как раскрыто выше в данном документе, и после затвердевания в нем таким образом, чтобы образовать цементную пробку 25 для изоляции давления, перекрывающую практически все поперечное сечение T1 скважины 1 вдоль, по меньшей мере, ее продольного интервала L1.

После того как цементный раствор 37 помещен внутрь и вдоль, по меньшей мере, указанного продольного интервала L1 скважины 1, бурильную колонну 3 вынимают из скважины 1. Затем скважину 1 ликвидируют, временно или окончательно.

На фиг. 9 показано избирательно отсоединяемое перфорационное устройство 31, присоединенное с возможностью отсоединения к нижнему концевому участку промывочного устройства 33 с получением сборки 34. Сборка 34 присоединена к нижней части бурильной колонны 3 (не показана на фиг. 9). Избирательное отсоединение перфорационного устройства 31 от промывочного устройства 33 может выполняться при помощи хорошо известных технических средств и способов. Использование такой сборки 34 обеспечивает возможность выполнения перфорации и промывки на одной и той же спуско-подъемной операции в скважине 1. При этом перфорационное устройство 31 сбрасывают дальше вниз в колонну 5 труб и, таким образом, оставляют в скважине 1. Это может способствовать дальнейшей работе промывочного устройства 33 в скважине 1 и, в силу этого, может дополнительно экономить время и затраты на выполнение такой операции тампонирувания.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ ликвидации скважины (1), включающий в себя перфорацию, очистку и тампонирувание продольного интервала (L1) скважины (1), при этом указанный продольный интервал (L1) содержит ствол (2) скважины, колонну (5) труб, размещенную внутри ствола (2) скважины, и кольцевое пространство (8), находящееся между стволом (2) скважины и колонной (5) труб, причем способ включает в себя следующие шаги:

(А) опускают перфорационное устройство (31) в колонну (5) труб на указанный продольный интервал (L1) скважины (1);

(В) посредством перфорационного устройства (31) выполняют перфорационные отверстия (51) в колонне (5) труб вдоль указанного продольного интервала (L1);

(С) посредством промывочного устройства (33), прикрепленного к нижнему концевому участку трубчатой рабочей колонны (3), которую опускают в колонну (5) труб на указанный продольный интервал (L1), прокачивают промывочную текучую среду (35) через трубчатую рабочую колонну (3) наружу по меньшей мере через одно промывочное выпускное отверстие (331), предусмотренное в промывочном устройстве (33) и снабженное сопловой вставкой (332), для выпуска в виде промывочной струи в колонну (5) труб и далее наружу в указанное кольцевое пространство (8) через перфорационные отверстия (51) в колонне труб (5), тем самым очищая колонну (5) труб и кольцевое пространство (8) вдоль указанного продольного интервала (L1),

причем ось (b) по меньшей мере одного из указанного по меньшей мере одного промывочного выпускного отверстия (331) в промывочном устройстве (33) неперпендикулярна продольной оси (a) промывочного устройства (33), вследствие чего соответствующая промывочная струя из промывочного устройства

(33) также неперпендикулярна продольной оси (а) промывочного устройства (33);

(D) прокачивают текучий тампонажный материал (37) через трубчатую рабочую колонну (3) в колонну (5) труб на указанном продольном интервале (L1);

(E) размещают текучий тампонажный материал (37) в колонне (5) труб вдоль, по меньшей мере, указанного продольного интервала (L1), тем самым также размещая текучий тампонажный материал (37) в указанном кольцевом пространстве (8) через перфорационные отверстия (51) в колонне (5) труб, в результате чего текучий тампонажный материал (37) образует пробку (25), перекрывающую, по существу, полное поперечное сечение (T1) скважины (1) вдоль, по меньшей мере, указанного продольного интервала (L1) скважины (1); и

(F) вынимают трубчатую рабочую колонну (3) из скважины (1);

причем данный способ, на шагах (D) и (E), включает в себя закачивание текучего тампонажного материала (37) в колонну (5) труб по меньшей мере через одно распыляющее выпускное отверстие, предусмотренное в промывочном устройстве (33) и снабженное сопловой вставкой (332), для выпуска в виде соответствующей струи текучего тампонажного материала (37).

2. Способ по п.1, в котором промывку промывочной текучей средой (35) и распыление текучего тампонажного материала (37) выполняют на одной и той же спускоподъемной операции в скважине (1).

3. Способ по п.1 или 2, в котором промывочное устройство (33) выполнено с множеством промывочных выпускных отверстий (331), имеющих соответствующие оси (b) выпускных отверстий, наклоненные под углом в пределах $\pm 80^\circ$ относительно плоскости (с), перпендикулярной продольной оси (а) промывочного устройства (33), в результате чего соответствующие промывочные струи из промывочного устройства (33) также наклонены под углом в пределах $\pm 80^\circ$ относительно указанной перпендикулярной плоскости (с).

4. Способ по любому из пп.1-3, в котором данный способ, между шагами (B) и (C), также включает в себя следующие шаги:

вынимают перфорационное устройство (31) из скважины (1) и

прикрепляют промывочное устройство (33) к указанной нижней концевой части трубчатой рабочей колонны (3) для последующего выполнения шага (C);

в результате чего перфорацию и промывку выполняют на отдельных спуско-подъемных операциях в скважине (1).

5. Способ по любому из пп.1-3, в котором данный способ, перед шагом (A), также включает в себя следующие шаги:

соединяют перфорационное устройство (31) и промывочное устройство (33) с получением сборки (34) и

присоединяют сборку (34) к указанной нижней части трубчатой рабочей колонны (3);

при этом перфорацию и промывку выполняют на одной и той же спуско-подъемной операции в скважине (1).

6. Способ по п.5, в котором данный способ также включает в себя следующие шаги:

присоединяют с возможностью отсоединения, перед шагом (A), перфорационное устройство (31) к нижнему концевому участку промывочного устройства (33) и

отсоединяют, между шагами (B) и (C), перфорационное устройство (31) от промывочного устройства (33);

при этом перфорационное устройство (31) сбрасывают дальше вниз в колонну (5) труб и оставляют в скважине (1).

7. Способ по любому из пп.1-6, в котором шаг (E) включает в себя перемещение трубчатой рабочей колонны (3) внутри колонны (5) труб во время помещения в нее текучего тампонажного материала (37).

8. Способ по любому из пп.1-7, в котором данный способ, перед шагом (C), включает в себя добавление абразивного агента к промывочной текучей среде (35).

9. Способ по любому из пп.1-8, включающий в себя выпуск промывочной текучей среды (35) из сопловой вставки (332), предусмотренной в указанном по меньшей мере одном промывочном выпускном отверстии (331) в промывочном устройстве (33), с выходной скоростью, составляющей по меньшей мере 15 м/с.

10. Способ по п.9, включающий в себя выпуск промывочной текучей среды (35) из сопловой вставки (332), предусмотренной в указанном по меньшей мере одном промывочном выпускном отверстии (331), с выходной скоростью, составляющей по меньшей мере 50 м/с.

11. Способ по любому из пп.1-10, в котором данный способ, перед шагом (D), также включает в себя размещение и закрепление основания (38) пробки в колонне (5) труб ниже продольного интервала (L1) скважины (1).

12. Способ по п.11, в котором основание (38) пробки содержит по меньшей мере один чашеобразный элемент.

13. Способ по любому из пп.1-12, в котором промывочное устройство (33) содержит первую секцию для выпуска, на шаге (C), промывочной текучей среды (35) через сопловую вставку (332), преду-

смотренную в указанном по меньшей мере одном промывочном выпускном отверстии (331), и вторую секцию для выпуска, на шагах (D) и (E), текучего тампонажного материала (37) через сопловую вставку (332), предусмотренную в указанном по меньшей мере одном распыляющем выпускном отверстии в промывочном устройстве (33).

14. Способ по п.13, в котором диаметр указанной струи текучего тампонажного материала (37), выпускаемой из указанной второй секции промывочного устройства (33), больше, чем диаметр указанной промывочной струи промывочной текучей среды (35), выпускаемой из указанной первой секции промывочного устройства (33).

15. Способ по п.14, включающий в себя выпуск указанной струи текучего тампонажного материала (37) из сопловой вставки (332) с выходной скоростью порядка 15-25 м/с.

16. Способ по п.15, включающий в себя выпуск указанной струи текучего тампонажного материала (37) из сопловой вставки (332) с выходной скоростью порядка 18-22 м/с.

17. Способ по любому из пп.1-12, в котором указанное по меньшей мере одно промывочное выпускное отверстие (331) и указанное по меньшей мере одно распыляющее выпускное отверстие в промывочном устройстве (33) представляют собой одно и то же отверстие, в результате чего и промывочную текучую среду (35), и текучий тампонажный материал (37) будут выпускать через сопловую вставку (332), предусмотренную в указанном по меньшей мере одном выпускном отверстии (331) в промывочном устройстве (33); и

при этом способ включает в себя выпуск указанной промывочной струи промывочной текучей среды (35) из сопловой вставки (332) с более высокой выходной скоростью, чем выходная скорость указанной последующей распыляемой струи текучего тампонажного материала (37).

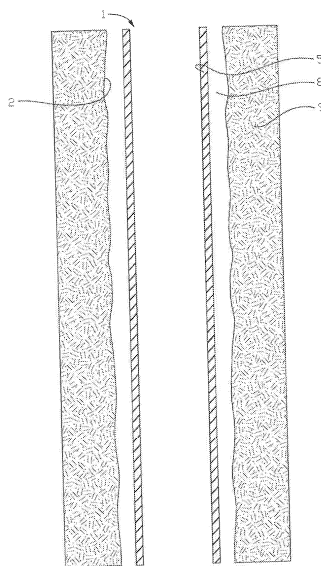
18. Способ по п.17, включающий в себя выпуск промывочной текучей среды (35) из сопловой вставки (332) с выходной скоростью, составляющей по меньшей мере 50 м/с, а затем выпуск последующего текучего тампонажного материала (37) из сопловой вставки (332) с выходной скоростью порядка 15-25 м/с.

19. Способ по любому из пп.1-18, в котором данный способ также включает в себя следующие шаги:

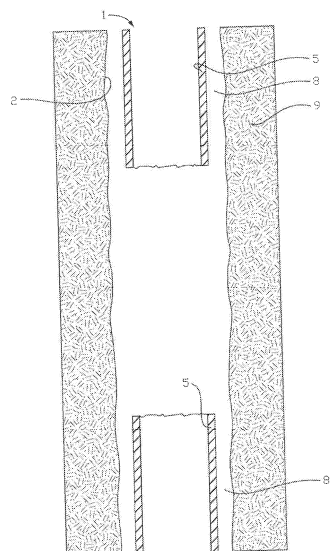
присоединяют, перед шагом (D), вытесняющее тело к трубчатой рабочей колонне (3) вблизи от промывочного устройства (33) и

применяют, на шаге (E), вытесняющее тело для дальнейшего вытеснения и распределения текучего тампонажного материала (37) в колонне (5) труб и дальше в указанное кольцевое пространство (8) через указанные перфорационные отверстия (51) в колонне (5) труб вдоль продольного интервала (L1) скважины (1),

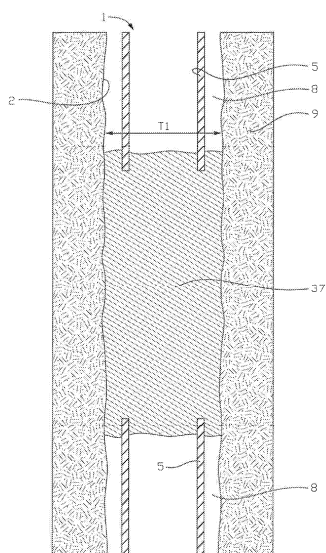
тем самым способствуя вытеснению и распределению текучего тампонажного материала (37) внутри указанного продольного интервала (L1).



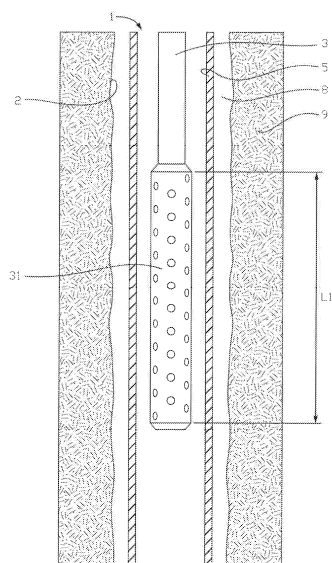
Фиг. 1



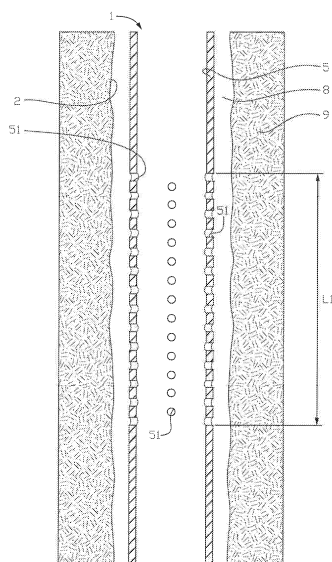
Фиг. 2



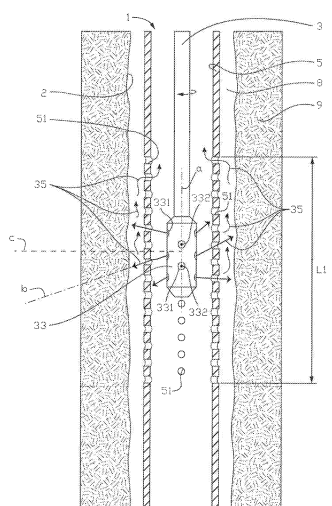
Фиг. 3



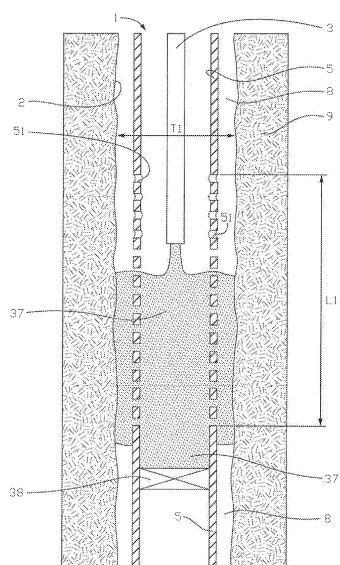
Фиг. 4



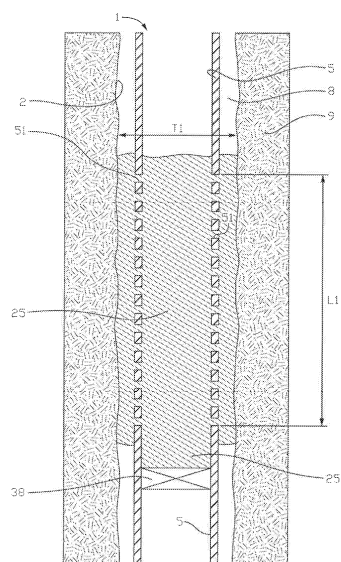
Фиг. 5



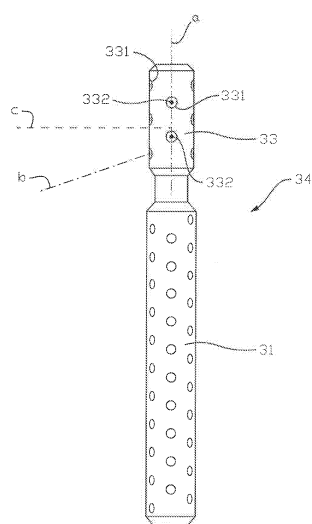
Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8



Фиг. 9

