

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **042605**(13) **B1**

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2023.03.03**

(21) Номер заявки  
**201892747**

(22) Дата подачи заявки  
**2017.05.26**

(51) Int. Cl. *E21B 33/12* (2006.01)  
*E21B 43/11* (2006.01)  
*E21B 47/06* (2012.01)  
*E21B 47/10* (2012.01)  
*E21B 47/12* (2012.01)

---

### (54) СПОСОБ ОТСЛЕЖИВАНИЯ ДАВЛЕНИЯ В КОЛЛЕКТОРЕ

---

(31) **1609290.0**

(32) **2016.05.26**

(33) **GB**

(43) **2019.05.31**

(86) **PCT/GB2017/051522**

(87) **WO 2017/203292 2017.11.30**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**МЕТРОЛЬ ТЕКНОЛОДЖИ  
ЛИМИТЕД (GB)**

(72) Изобретатель:  
**Росс Шон Комптон, Джарвис Лесли  
Дейвид (GB)**

(74) Представитель:  
**Носырева Е.Л. (RU)**

(56) **US-A1-2014311736  
US-A1-2013299165**

(57) Способ отслеживания давления в коллекторе, включающий установку по меньшей мере одного барьера в скважине, разделяющего ее на верхний и нижний изолированные по давлению участки. Скважинный перфоратор или другое перфорирующее устройство расположено в нижнем изолированном по давлению участке наряду с механизмом управления, беспроводным устройством связи и датчиком давления. После установки барьера скважинный перфоратор активируют для создания по меньшей мере одного перфорационного отверстия между скважиной и окружающим коллектором. Скважина или ее часть законсервирована или ликвидирована, но давление все еще отслеживают, и беспроводной, предпочтительно акустический или электромагнитный, сигнал данных передают из нижнего изолированного по давлению участка на участок над барьером. Данные из законсервированной/ликвидированной части скважины могут использовать для того, чтобы сделать вывод о характеристиках коллектора, так что их могут использовать более надлежащим образом, особенно посредством другой скважины.

**042605 B1**

**042605 B1**

Изобретение относится к способу отслеживания давления в коллекторе.

Характеристики коллектора могут быть определены посредством первой скважины, и благодаря большому количеству информации о коллекторе можно определить или улучшить соответствующие действия во второй скважине.

Испытание коллекторов таким способом и оценка сообщаемости в коллекторе между скважинами известно как испытание сообщаемости, такое как испытание на интерференцию или гидропрослушивание.

Гидропрослушивание представляет собой исследование, при котором импульс давления подают в пласт возле одной скважины/изолированного участка скважины и регистрируют в другой "наблюдательной" скважине или отдельном изолированном участке той же скважины, и данные о том, была ли зарегистрирована волна давления в наблюдательной скважине или изолированном участке и в какой степени, являются важными в отношении сообщаемости под давлением коллектора между скважинами/изолированными участками. Такая информация может быть полезной по ряду причин, например, для определения наилучшей стратегии для извлечения текучих сред из коллектора.

Испытание на интерференцию подобно гидропрослушиванию, однако при его проведении исследуют долгосрочные воздействия на наблюдательную скважину/изолированный участок после добычи (или закачки) в отдельной скважине или изолированном участке. Одним примером является патент США №3285064, в котором описано изменение расхода в первом стволе скважины и отслеживание давления во втором стволе скважины.

Также полезно знать о скважине и коллекторе как можно больше и отслеживать их. Таким образом, можно получить полезную информацию о коллекторе, что в будущем может способствовать последующей добыче из соседних скважин.

Авторы настоящего изобретения разработали новый способ обеспечения дальнейшего понимания коллектора.

Согласно первому аспекту настоящего изобретения предоставляется способ отслеживания давления в коллекторе, включающий:

в случае скважины с поперечным сечением, установку по меньшей мере одного барьера в скважине так, что скважину разделяют на нижний изолированный по давлению участок под по меньшей мере одним барьером, и верхний участок над по меньшей мере одним барьером;

при этом в нижнем изолированном по давлению участке располагают аппарат, содержащий:

перфорирующее устройство;

механизм управления для управления перфорирующим устройством, содержащий беспроводное устройство связи, выполненное с возможностью приема беспроводного сигнала управления для активации перфорирующего устройства;

датчик давления;

отправку в любое время беспроводного сигнала управления на беспроводное устройство связи для активации перфорирующего устройства, при этом беспроводной сигнал управления передают по меньшей мере в одной из следующих форм: электромагнитной, акустической, посредством индуктивно связанных трубчатых элементов и кодированных импульсов давления;

активацию после установки по меньшей мере одного барьера перфорирующего устройства для создания по меньшей мере одного перфорационного отверстия между скважиной и окружающим коллектором;

консервацию или ликвидацию во время или после установки по меньшей мере одного барьера по меньшей мере зоны, смежной с указанным нижним изолированным по давлению участком;

после активации перфорирующего устройства и после консервации или ликвидации указанной зоны:

(i) отслеживание давления в нижнем изолированном по давлению участке под по меньшей мере одним барьером с использованием датчика давления; и

(ii) отправку беспроводного сигнала данных, содержащего данные о давлении, из области под по меньшей мере одним барьером в область над по меньшей мере одним барьером за счет использования по меньшей мере одного из электромагнитной связи, акустической связи и индуктивно связанных трубчатых элементов.

Таким образом, в отличие от традиционных процедур активации перфорирующего устройства для выведения текучей среды на поверхность, авторы настоящего изобретения размещают барьер в скважине до активации перфорирующего устройства, так что поток не может выйти на поверхность. Таким образом, как правило, из указанного нижнего изолированного по давлению участка не происходит фонтанирования на поверхность после установки барьера, по меньшей мере до проведения этапов отслеживания и беспроводной отправки данных.

Было определено, что благодаря такому способу можно извлечь полезную информацию о свойствах коллектора, окружающего скважину. Давление и/или другие параметры также могут отслеживать до активации перфорирующего устройства и до консервации/ликвидации зоны.

Термин "по меньшей мере один барьер" в настоящем документе сокращен до термина "барьер".

При этом беспроводной сигнал может быть отправлен до установки барьера и активации перфорирующего устройства на основе временной задержки (так что их активируют после установки барьера); как правило, барьер устанавливают до отправки беспроводного сигнала управления на беспроводное устройство связи, таким образом беспроводной сигнал управления отправляют из области над барьером на беспроводное устройство связи под барьером для активации перфорирующего устройства. Соответственно, в подобных вариантах осуществления беспроводной сигнал проходит через/вдоль/вокруг барьера.

Перфорирующее устройство может быть активировано сразу после или больше чем через неделю, или больше чем через месяц после установки барьера или консервации/ликвидации зоны. Конечно, перфорирующее устройство может быть активировано больше чем через шесть месяцев, больше чем через год или больше чем через пять лет после этого.

Барьер может законсервировать или ликвидировать нижний изолированный по давлению участок, не обязательно всю скважину, так что проведение операций, таких как испытание скважины или разработка другой зоны, может продолжаться на другом участке. В качестве альтернативы, вся скважина может быть законсервирована или ликвидирована.

Консервация зоны представляет собой приведение зоны в состояние, при котором фонтанирование на поверхность не происходит и при котором необходимо изолирование посредством барьера на по меньшей мере один месяц, необязательно более трех месяцев или более шести месяцев. Конечно, скважина может быть законсервирована на более долгий период, например, больше чем на год или больше чем на пять лет.

Таким образом, предпочтительно барьер представляет собой, как правило, постоянный или полупостоянный барьер, так как он остается на месте в течение по меньшей мере одного месяца, необязательно более трех месяцев или более шести месяцев. Конечно, барьер может оставаться на месте в течение более долгого периода, например, больше чем на год или больше чем на пять лет.

Соответственно, в течение этих периодов фонтанирования на поверхность происходить не будет.

Ликвидация скважины представляет собой ситуацию, при которой не предполагается или не существует варианта повторения фонтанирования скважиной текучих сред на поверхность. Таким образом, барьер, как правило, представляет собой постоянный барьер, так как он остается на месте на неопределенный срок.

Барьер.

В определенных вариантах осуществления барьер может содержать мостовую пробку или пакер-пробку. Барьер можно выполнить из ряда разных частей, которые могут быть разнесены друг от друга, например, на расстояние более 1 м, более 10 м, как правило, менее 500 м, 200 м или менее 50 м. Например, пробка может быть расположена в центральной трубе, а пакер - в кольцевом пространстве, при этом каждый из них соответственно блокирует часть скважины, так что все поперечное сечение скважины препятствует сообщению по текучей среде и гидродинамической связи, эффективно предотвращая со-общаемость под давлением между поверхностью скважины и перфорирующим устройством. Любая труба между такими пакером и пробкой также может составить часть барьера. Если барьер выполнен из центральной части (например, пробки) и части кольцевого пространства (например, пакера), предпочтительно центральная часть находится в части кольцевого пространства или под ней.

Барьер может содержать или быть выполнен из столба цемента, такого как столб, имеющий высоту по меньшей мере 2 м или по меньшей мере 10 м, по меньшей мере 50 м, 200-500 м и, возможно, до 1000 м или даже более. Короткий цементный барьер может быть предпочтительным для разобщения пластов, в то время как более длинные цементные барьеры, как правило, используются для изолирования скважин.

Внешняя часть барьера может входить в контакт с внутренней поверхностью обсадной колонны или стволом скважины в скважине.

Барьер находится, как правило, на по меньшей мере 100 м или 300 м ниже поверхности скважины.

Аппарат может быть подвешен на барьере.

Барьер может содержать клапан в закрытом положении. В определенных вариантах осуществления зону консервируют или ликвидируют за счет закрытия клапана для создания барьера, при этом перфорирующее устройство активируют, и позднее пробку и/или столб цемента могут добавить к барьеру.

После установки барьера, будь то, например, клапан или пробка, его, как правило, фиксируют в определенном положении в скважине и не перемещают относительно наружной обсадной колонны или ствола скважины.

Второй барьер.

Барьер может представлять собой первый барьер, и второй барьер может быть расположен также над перфорирующим устройством, так что второй барьер препятствует гидродинамической связи и сообщению по текучей среде вдоль всего поперечного сечения скважины, тем самым изолируя под собой участок скважины.

Как и первый барьер, второй барьер может содержать мостовую пробку или пакер-пробку. В определенных вариантах осуществления он может содержать или быть выполнен из столба цемента, такого как столб, имеющий высоту по меньшей мере 2 м, 10 м, 50 м, 200-500 м и, возможно, до 1000 м или даже

больше.

Необязательные признаки, описанные выше относительно первого барьера, являются независимыми, и необязательные признаки относительно второго барьера не повторяются далее для краткости.

Однако второй барьер менее вероятно является клапаном и более вероятно является неподвижным барьером, таким как мостовая пробка или замковое устройство.

Второй барьер может находиться над первым барьером или под ним, как правило, он находится над первым барьером.

Часто консервация или ликвидация скважин требуется для того, чтобы иметь на месте два или более независимых барьера. В определенных вариантах осуществления перфорирующее устройство можно активировать до размещения второго барьера. Затраты времени также могут быть уменьшены, поскольку операция перфорирования может происходить одновременно с другими скважинными работами, такими как испытание другого участка/зоны. В других вариантах осуществления перфорирующее устройство активируют после размещения второго барьера в своем месте.

В дополнение к обсадной колонне, в определенных вариантах осуществления, особенно в тех, в которых присутствуют акустические связи, трубчатый элемент может проходить от первого и/или второго барьера к поверхности скважины. В других вариантах осуществления, таких, в которых используют электромагнитную связь, это может не требоваться.

Второй барьер может содержать столб цемента.

Этап отслеживания может быть выполнен до и/или после установки второго барьера, необязательно с размещением столба цемента в месте над первым барьером.

Емкость.

Аппарат в предпочтительных вариантах осуществления настоящего изобретения содержит емкость, а способ включает приведение текучей среды в движение через отверстие между внутренним пространством и внешним пространством емкости. Направление движения текучей среды происходит предпочтительно из внешнего пространства емкости во внутреннее пространство емкости, хотя может обеспечиваться его обратное направление.

Движение текучей среды между внутренним пространством и внешним пространством емкости может происходить до, во время и/или после активации перфорирующего устройства. Конечно, оно может быть отложено больше чем на час, больше чем на неделю, больше чем на месяц, необязательно больше чем на год или больше чем на пять лет после активации перфорирующего устройства. Например, оно может быть активировано, когда проводятся работы в соседней скважине.

Аппарат может быть продолговатой формы. Он может иметь форму трубы. Как правило, он имеет цилиндрическую форму.

В то время, как размер емкости может изменяться в зависимости от свойств скважины, как правило, емкость может иметь объем по меньшей мере 5 литров (л) или по меньшей мере 50 л, необязательно по меньшей мере 100 л. Емкость может иметь объем не более 3000 л, как правило, не более 1500 л, необязательно не более 500 л.

Таким образом, аппарат может содержать трубу/трубчатый элемент (или переводник в части трубы/трубчатого элемента), вмещающий емкость и другие компоненты, или, в связи с этим, емкость может быть выполнена из трубчатых элементов, таких как насосно-компрессорная труба или бурильная труба, соединенные вместе. Трубчатые элементы могут содержать секции, длина каждой из которых составляет от 3 м до 14 м, в целом от 8 м до 12 м, а номинальный внешний диаметр составляет от 2 3/8 дюйма (или 2 7/8 дюйма) до 7 дюймов.

Отверстие, обеспечивающее движение текучей среды между внутренним пространством и внешним пространством емкости, может представлять собой уже существующее отверстие или "канал" или может быть создано на месте, например, перфорирующим устройством.

Отверстие обеспечивает площадь поперечного сечения для гидродинамической связи и сообщения по текучей среде. Указанная площадь может составлять менее 0,1 см<sup>2</sup>, необязательно по меньшей мере 0,25 см<sup>2</sup> или по меньшей мере 1 см<sup>2</sup>. Площадь поперечного сечения может составлять не более 150 см<sup>2</sup>, или не более 25 см<sup>2</sup>, или не более 5 см<sup>2</sup>, необязательно не более 2 см<sup>2</sup>.

В первом случае устройство управления управляет отверстием. В качестве альтернативы, емкость содержит корпус для перфорирующего устройства, и отверстие создают за счет активации этого (или иного) перфорирующего устройства. Часто перфорирующее устройство содержит по меньшей мере один кумулятивный заряд.

Может быть предусмотрено менее десяти отверстий или менее пяти отверстий.

Внешнее пространство емкости, как правило, представляет собой окружающую часть скважины. Окружающая часть скважины представляет собой часть скважины, которая окружает аппарат, в частности внешнюю часть отверстия, непосредственно до перемещения устройства управления в ответ на сигнал управления, или отверстие создается этим или любым другим перфорирующим устройством.

Вход в емкость или выход из нее в настоящем документе называют "движением текучей среды".

Устройство управления.

Устройство управления может содержать узел механического клапана, насос и/или узел защелки.

Устройство управления, как правило, отвечает на беспроводные сигналы посредством этого или отдельного беспроводного устройства связи. Устройство управления может быть расположено в отверстии или не может быть расположено в нем. В вариантах осуществления с устройством управления и уже существующим отверстием устройство управления можно перемещать в ответ на сигнал управления по меньшей мере за 2 минуты до и/или по меньшей мере за 2 минуты после любой активации перфорирующего устройства. Этот период может составлять по меньшей мере 10 минут до и/или после любой активации перфорирующего устройства. Благодаря их независимому управлению можно извлечь полезную информацию между активацией перфорирующего устройства и активацией устройства управления.

Устройство управления может быть выполнено с возможностью закрытия отверстия в первом положении и открытия отверстия во втором положении. Таким образом, как правило, в первом положении устройство управления герметизирует указанное внутреннее пространство емкости относительно указанного внешнего пространства емкости, и, как правило, во втором положении устройство управления обеспечивает прохождение текучей среды в емкость/из емкости. Таким образом, во втором положении может быть обеспечена гидродинамическая связь и сообщение по текучей среде между указанным внутренним пространством емкости и указанным внешним пространством емкости.

Устройство управления можно вновь переместить в положение, в котором он находился изначально, или в следующее положение, которое может быть более открытым или более закрытым, или частично открытым/закрытым положением. Это, как правило, происходит в ответ на получение дополнительного сигнала управления.

Следовательно, необязательно устройство управления можно вновь переместить для предотвращения движения текучей среды между емкостью и внешним пространством емкости. Например, расход можно остановить, или возобновить или изменить, и необязательно им могут частично управлять в соответствии с параметром или временной задержкой. Как правило, устройство управления в открытом втором положении остается присоединенным к аппарату.

Устройство управления можно закрыть до выравнивания любой разности давлений между емкостью и внешним пространством емкости. Оставшуюся разность давлений могут необязательно использовать позднее. Таким образом, процедуру перемещения устройства управления для обеспечения или предотвращения движения текучей среды можно повторить позднее.

Устройство управления может быть расположено на одном конце аппарата. Однако он может быть расположен в центральной части аппарата. Одно или более устройств могут быть расположены в разных положениях.

Механизм управления может быть выполнен с возможностью перемещения устройства управления для выборочного обеспечения или предотвращения движения текучей среды к/из по меньшей мере части емкости при соблюдении определенного условия, например при достижении определенного давления, например, 2000 фунтов/кв. дюйм, или после временной задержки. Таким образом, сигнал управления, вызывающий ответную реакцию в виде перемещения устройства управления, может зависеть от определенных параметров, при этом разные сигналы управления могут быть отправлены в зависимости от подходящих параметров для конкретных скважинных условий.

Клапан.

Таким образом, устройство управления может содержать узел механического клапана, имеющий запирающий элемент, выполненный с возможностью перемещения для выборочного обеспечения или предотвращения движения текучей среды между по меньшей мере частью емкости и внешним пространством емкости через отверстие.

Запирающим элементом можно управлять прямо или косвенно. В определенных вариантах осуществления запирающий элемент управляется непосредственно механизмом управления, хотя, как правило, отдельный второй механизм управления предоставляют для управления запирающим элементом. Он может управляться электромеханическим или электрогидравлическим способом посредством перемещения. В других вариантах осуществления клапан управляется косвенно, например, за счет перемещения поршня, вызывающего перемещение клапана.

Узел механического клапана может содержать сплошной запирающий элемент. Узел механического клапана, как правило, имеет впускное отверстие, седло клапана и механизм уплотнения. Седло и механизм уплотнения могут содержать единый компонент (например, шланговую задвижку или механически разрывную мембрану).

Предпочтительными являются узлы поршневых, игольчатых и золотниковых клапанов.

Запирающий элемент может быть приведен в действие по меньшей мере одним из (i) двигателя и привода, (ii) пружины, (iii) разности давлений, (iv) электромагнита и (v) винтового шпинделя.

Приведение в действие разностью давлений

Множество различных движущих сил могут вызвать движение текучей среды через отверстие, такие как разность давлений между внутренним пространством и внешним пространством емкости, и/или насос.

До движения текучей среды давление внутри емкости и снаружи емкости может быть разным, в частности ниже внутри емкости, по сравнению с внешним пространством емкости. Эта разность давлений

больше, чем моментальная, как правило, она составляет по меньшей мере одну минуту и обычно дольше.

Таким образом, после создания отверстия или активации устройства управления для обеспечения сообщения через ранее существовавшее отверстие текучая среда движется из области более высокого давления в область более низкого давления.

Емкость с отрицательным дифференциальным давлением (имеющая давления меньше, чем снаружи емкости/окружающей части скважины) является особенно предпочтительной. Как правило, по меньшей мере 5 литров текучей среды втягивают в емкость, необязательно по меньшей мере 50 л или по меньшей мере 100 л (другие емкости, такие как емкости с положительным дифференциальным давлением, могут иметь такую же величину движения текучей среды через отверстие). Это может устранить повреждение пласта, т. е. по меньшей мере частично разблокировать любые заблокированные части и/или свободные части скважины и/или окружающего пласта; часто этого достаточно для улучшения сообщаемости под давлением между скважиной и пластом. Авторы настоящего изобретения признают, что эффективность испытания и/или другие операции в скважине могут быть поставлены под угрозу вследствие блокировки пор или других областей, и способ эффективной разблокировки данных областей будет полезным. Эти блокировки могут быть вызваны текучей средой для глушения, скважинными обломками, фильтрационной коркой после промывки текучей средой для глушения, материалом для борьбы с поглощениями или обломками после перфорации. Таким образом, термин "обломки" может включать обломки после перфорации и/или повреждение пласта, такое как фильтрационная корка.

Емкость, как правило, содержит газ, например, по меньшей мере 85 об.% газа, такого как азот, диоксид углерода или воздух. В одном варианте осуществления текучая среда может быть герметизирована в по меньшей мере части (например, более 50 об.%) емкости под атмосферным давлением до доставки, а затем аппарат доставляют в скважину (которая имеет более высокое давление в скважине). Таким образом, давление в указанной части емкости, давление в которой меньше, чем давление снаружи емкости, до движения текучей среды может находиться в диапазоне от 14 до 25 фунтов/кв. дюйм, что является нормальным атмосферным давлением, которое иногда увеличивается при более высоких температурах в скважине. В качестве альтернативы в емкости может быть эффективно создано разрежение, то есть создано давление менее 14 фунтов/кв. дюйм, необязательно менее 10 фунтов/кв. дюйм.

Разность давлений между внутренним пространством емкости со сниженным давлением и указанным внешним пространством емкости до обеспечения движения текучей среды может составлять по меньшей мере 100 фунтов/кв. дюйм или по меньшей мере 500 фунтов/кв. дюйм, предпочтительно по меньшей мере 1000 фунтов/кв. дюйм.

Приведение в действие насосом.

В качестве альтернативы или дополнения, устройство управления может содержать электрический насос для приведения текучей среды к движению через отверстие между внутренним пространством и внешним пространством емкости. Насос может быть расположен в отверстии. Необязательно насос выполнен с возможностью перекачивания текучей среды из внешнего пространства емкости во внутреннее пространство емкости.

В качестве альтернативы, насос выполнен с возможностью перекачивания текучей среды из емкости в окружающую часть скважины. Как правило, это количество составляет по меньшей мере один литр или более пяти литров текучей среды, которую добавили в емкость на поверхности до опускания аппарата в скважину. Эта текучая среда может быть использована для обработки скважины/коллектора.

Электрический насос предпочтительно представляет собой объемный насос, такой как поршневой насос, шестеренный насос, винтовой насос, диафрагменный насос, кулачковый насос; в частности поршневой или шестеренный насос. В качестве альтернативы, насос может представлять собой скоростной насос, такой как центробежный насос.

Насос может быть выполнен с возможностью перекачивания текучих сред со скоростью 0,01 куб.см/с до 20 куб.см/с.

Операция перекачивания или скорость могут управляться в ответ на получение дополнительного сигнала управления этим или отдельным беспроводным устройством связи (или это может быть командой в исходном сигнале).

Другие устройства управления.

Устройство управления может содержать узел защелки, который, в свою очередь, управляет плавающим поршнем: он может удерживать плавающий поршень на месте, противодействуя действию других сил (например, давлению в скважине), при этом он высвобождается/перемещается в ответ на команду от контроллера для обеспечения движения текучей среды через отверстие.

Отверстие может содержать обратный клапан, который может препятствовать движению текучей среды через него.

Штуцер.

Аппарат может содержать штуцер.

Штуцер может быть выполнен как одно целое с устройством управления или может находиться на пути потока, содержащем отверстие и устройство управления.

Указанная площадь поперечного сечения может содержать фильтр.

Запирающий элемент может выполнять функцию штуцера, необязательно регулируемого штуцера, который могут изменять по месту эксплуатации, или он может быть нерегулируемым штуцером.

Таким образом, размер площади поперечного сечения для движения текучей среды может быть достаточно небольшим, например,  $0,1-0,25 \text{ см}^2$ , вследствие чего движение текучей среды эффективно блокируется.

Плавающий поршень.

Плавающий поршень может быть расположен в емкости для отделения одной текучей среды от другой. Например, на одной стороне плавающего поршня может быть предусмотрена текучая среда для выпуска, а на другой стороне может быть предусмотрен газ с более высоким давлением, чем давление в окружающей скважине, для вытеснения текучей среды, когда устройство управления обеспечивает гидродинамическую связь и сообщение по текучей среде между емкостью и окружающей скважиной.

В определенных вариантах осуществления присутствует емкость и указанный плавающий поршень без дополнительных камер. Однако в других вариантах осуществления часть емкости может иметь выровненное давление (необязательно выборочно) с окружающей частью скважины. Насос в данном случае можно использовать для втягивания текучей среды в емкость с выровненным давлением или выталкивания из нее; или давление нагнетают и затем удерживают до тех пор, пока окружающая часть скважины не будет иметь другое давление. В определенных других вариантах осуществления емкость может содержать два участка, разделенных устройством управления, при этом один представляет собой камеру для текучей среды, а второй представляет собой камеру пониженного давления, приводную камеру или камеру выравнивания давления. Если присутствует разность давлений между внутренним пространством и внешним пространством емкости, вторая камера, как правило, представляет собой часть емкости, имеющую подобную разность давлений.

Устройство управления может управлять движением текучей среды между камерой для текучей среды и второй камерой.

Плавающий поршень может дополнительно разделять два участка в камере для текучей среды, при этом один участок находится в сообщении по текучей среде с отверстием, и другой участок на противоположной стороне плавающего поршня находится в связи со второй камерой.

Таким образом, одна сторона плавающего поршня может подвергаться воздействию давления в скважине через отверстие. Текучая среда, такая как нефть, может быть предусмотрена в камере для текучей среды со стороны второй камеры плавающего поршня.

В вариантах осуществления в отношении второй камеры может быть представлено множество вариантов осуществления. Вторая камера может представлять собой камеру пониженного давления с давлением, которое меньше, чем давление в окружающей части скважины, тогда как устройство управления содержит клапан, тем самым косвенно обеспечивая или предотвращая втягивание текучих сред в участок камеры для текучей среды емкости.

В качестве альтернативы, вторая камера может представлять собой приводную камеру, имеющую давление, превышающее давление окружающей части скважины. В этом случае устройство управления, которое обязательно содержит клапан, может обеспечивать или предотвращать выталкивание текучих сред из участка камеры для текучей среды емкости.

В обоих случаях в этих вариантах осуществления, поскольку устройство управления находится между камерой для текучей среды и второй камерой, оно косвенно управляет движением текучей среды через отверстие в камере для текучей среды.

В качестве альтернативы, вторая камера может представлять собой камеру выравнивания давления и устройство управления, содержащее насос, который втягивает текучую среду или выводит текучую среду из участка камеры для текучей среды с помощью канала выравнивания давления в камере выравнивания давления.

Таким образом, в ответ на сигнал управления устройство управления может обеспечить движение текучей среды между емкостью (участком камеры для текучей среды) и внешним пространством емкости, например, скважиной, для втягивания в них текучих сред или выталкивания текучих сред оттуда.

Обратный клапан может быть предусмотрен в отверстии.

Объем второй камеры может составлять по меньшей мере 90% от объема камеры для текучей среды, хотя в определенных вариантах осуществления объем второй камеры больше, чем объем камеры для текучей среды, с целью избежания или ограничения повышения давления во второй камере и, следовательно, достижения более однородного расхода в камере для текучей среды.

Как правило, плавающий поршень имеет динамическое уплотнение относительно внутреннего пространства емкости.

Вспомогательные емкости.

В дополнение к емкости (которую далее иногда называют "основной емкостью") может быть предоставлена одна или более вспомогательных емкостей, необязательно каждая из них содержит соответствующие устройства управления, управляющие сообщением по текучей среде между внутренним пространством соответствующей вспомогательной емкости и внешним пространством этой емкости. Она может представлять собой, например, окружающую часть скважины, или другую часть аппарата или

пласта.

Таким образом, может быть предусмотрена одна, две, три или более трех вспомогательных емкостей. Дополнительные устройства управления для вспомогательных емкостей могут перемещаться или могут не перемещаться в ответ на сигнал управления, но вместо этого они могут реагировать на параметр или временную задержку. Каждое устройство управления для соответствующей вспомогательной емкости может работать независимо. Для передачи сигнала управления на множество устройств управления может использоваться общее устройство связи.

Емкости могут иметь внутреннее давление, отличное от давления снаружи емкости, например, в окружающей части скважины, или пласте. Если давление меньше, чем снаружи емкости, как описано в настоящем документе в более широком смысле, такие емкости называют емкостями "с отрицательным дифференциальным давлением", а если давление больше, чем снаружи емкости, их называют емкостями "с положительным дифференциальным давлением".

Таким образом, можно предоставить множество основных и/или вспомогательных емкостей или аппаратов, каждый из которых имеет разные функции, при этом одна или более емкостей могут иметь отрицательное дифференциальное давление, одна или более емкостей могут иметь положительное дифференциальное давление или одна или более емкостей могут управляться насосом.

Могут быть предоставлены вспомогательная(-ые) емкость(-и) с отрицательным дифференциальным давлением, с положительным дифференциальным давлением и/или управляемые насосом и связанные с ними вспомогательные отверстия и устройства управления, при этом каждая из вспомогательных емкостей предпочтительно имеет объем, составляющий по меньшей мере пять литров и при использовании имеет скорость перекачивания и/или давление, которые ниже/выше, чем снаружи емкости, как правило, в течение по меньшей мере одной минуты до необязательной активации устройства управления в ответ на сигнал управления. Таким образом, текучие среды, окружающие вспомогательную емкость, могут быть втянуты (для емкостей с отрицательным дифференциальным давлением), при необходимости быстро, или вытолкнуты (для емкостей с положительным дифференциальным давлением).

Это может быть полезным, например, для частичной очистки фильтрационной корки с использованием емкости с отрицательным дифференциальным давлением до доставки вещества для кислотной обработки на перфорационные отверстия с использованием емкости, управляемой насосом.

В качестве альтернативы, при проведении операций в коротком интервале поверхностный барьер может быть удален из интервала за счет кислоты, доставленной из емкости с положительным дифференциальным давлением, а затем аппарат с емкостью с отрицательным дифференциальным давлением используют для втягивания текучей среды из интервала.

Текучая среда из первой камеры в емкости может переходить в другую для смешения до выпуска/удаления.

Вспомогательное отверстие может содержать обратный клапан, который может препятствовать выпуску текучей среды из емкости.

Другие свойства аппарата.

В дополнение к беспроводному сигналу аппарат может содержать запрограммированную последовательность действий, например, открытие и повторное закрытие клапана или изменение положения запирающего элемента, на основе параметров, например, времени, обнаружения или необнаружения давления или обнаружения определенной текучей среды или газа. Например, при определенных условиях, аппарат может выполнять определенные этапы последовательно: каждый последующий этап выполняется автоматически. Это может быть преимущественным в случаях, когда задержка на ожидание сигнала для продолжения работы может уменьшить эффективность процесса.

Как правило, отверстие предусмотрено на боковой поверхности аппарата, хотя в определенных вариантах осуществления отверстие может быть предусмотрено в торцевой поверхности.

Может быть предусмотрено более одного аппарата. Короткий интервал Отверстие может быть расположено между двумя частями элемента пакера (или двумя элементами пакера), и устройство управления активируют в ответ на сигнал управления для выпуска давления из емкости в смежную с ней скважину/коллектор для проведения процедуры в коротком интервале. В таких вариантах осуществления перфорационное отверстие образуют между скважиной и коллектором в коротком интервале за счет любого или определенного перфорирующего устройства.

Как правило, указанные две части представляют собой два отдельных элемента пакера, которые разнесены друг от друга для определения короткого интервала. Однако могут использовать один элемент пакера, при этом отверстие и перфорационное отверстие находятся между двумя частями одного элемента пакера, например, единого кругового элемента пакера.

Барьер согласно первому аспекту настоящего изобретения может содержать одну из указанных частей элементов пакера, образующих короткий интервал. В качестве альтернативы, две части элемента пакера могут быть разделены указанным барьером.

Предпочтительно текучую среду вытягивают из внешнего пространства емкости в емкость. Таким образом, такую процедуру предпочтительно выполняют с использованием аппарата, имеющего меньшее давление внутри емкости, чем давление снаружи емкости, например, коллектор рядом с перфорацион-



ным отверстием или с насосом, который может направлять текучую среду в обоих направлениях.

Следовательно, способ, описанный в настоящем документе, может применяться для проведения в интервале испытаний на приемистость, проницаемость, обработки скважины/коллектора, гидроразрыва пласта, мини-гидроразрыва пласта или подобных испытаний/процедур, которые могут потребовать приложения давления между двумя элементами пакера. В предпочтительных вариантах осуществления давление из емкости выпускается постепенно в течение нескольких секунд (например, 5-10 секунд) или дольше (например, от 2 минут до 6 часов) или очень медленно (например, 1-7 дней). Таким образом, функциональные возможности штуцера являются чрезвычайно практичными.

Элементы пакера, как правило, представляют собой часть целого пакера(-ов), которой можно управлять беспроводным образом. Таким образом, она может быть выполнена с возможностью растяжения и/или сжатия посредством беспроводных сигналов. Целый пакер может представлять собой надувной пакер.

Короткий интервал, например, расстояние между двумя частями элементов пакера, может составлять менее 30 м, необязательно менее 10 м, необязательно менее 5 м или менее 2 м, менее 1 м или менее 0,5 м. Эти расстояния измеряются от самой нижней точки верхнего элемента пакера (первого) элемента пакера до самой верхней точки нижнего элемента пакера второго элемента пакера. Таким образом, это может ограничить объем, и, следовательно, аппарат становится более эффективным, когда отверстие открывается в ограниченный объем.

В определенных вариантах осуществления такое испытание может предоставить предварительное указание на ответ коллектора на операцию закачивания/гидроразрыва пласта и может снизить требования для проведения более широкомасштабной операции закачивания/гидроразрыва пласта.

Способ, описанный в настоящем документе, можно применять для проведения испытания в интервале, испытания методом понижения уровня, испытания на приток, испытания методом кривых восстановления давления или испытания давлением.

Аппарат может дополнительно содержать выпускной канал, находящийся в сообщении по текучей среде с емкостью, при этом выпускной канал расположен под вторым устройством уплотнения кольцевого пространства или над первым устройством уплотнения кольцевого пространства. Насос может быть предусмотрен для направления текучей среды через выпускной канал.

Сниженное давление в скважине.

До установки барьера более легкие текучие среды могут циркулировать в скважине, например, как часть испытания на приток или по другим причинам. Это снижает давление в скважине вследствие уменьшенного гидростатического напора более легких текучих сред. В определенных вариантах осуществления барьер могут установить в то время, как давление в скважине снижают аналогичным образом до давления, которое ниже давления в коллекторе. Таким образом, скважина может иметь отрицательное дифференциальное давление относительно коллектора во время перфорирования.

Преимущество таких вариантов осуществления состоит в том, что при активации перфорирующего устройства сниженное давление способствует извлечению большего количества обломков из перфорационного(-ых) отверстия(-ий) для увеличения сообщаемости между скважиной и окружающим коллектором.

Часто тяжелую текучую среду подают в скважину для содействия ее управлению.

Эта тяжелая текучая среда может проводить слабую сообщаемость под давлением через перфорационные отверстия между коллектором и стволом скважины. В вариантах осуществления настоящего изобретения предусмотрен барьер, таким образом обеспечивается перфорирование коллектора в зоне без такой тяжелой текучей среды и, следовательно, исключается контакт между тяжелой текучей средой и перфорационными отверстиями.

Датчики.

Аппарат может содержать датчики для анализа текучей среды, включая оптический анализ текучей среды, плотности, обводненности и иных параметров для определения газового фактора (ГФ).

Любые другие датчики предпочтительно предусмотрены под барьером, и для датчиков давления данные выводят как описано в настоящем документе. Предпочтительно также предусмотрен датчик температуры. Могут быть предусмотрены различные другие датчики, включая датчики ускорения, вибрации, крутящего момента, движения, перемещения, излучения, шума, магнетизма, для определения коррозии, для обнаружения химического или радиоактивного индикатора, для определения текучей среды, такой как гидрат, выноса парафина и песка, и для определения свойств текучей среды, таких как (но без ограничения) расход, плотность, обводненность, например, за счет емкости и проводимости, кислотность и вязкость. Дополнительно, датчики могут быть выполнены с возможностью подачи сигнала или параметра, регистрируемого за счет включения подходящих передатчиков и механизмов. Датчики также могут определять состояние других частей аппарата или другого оборудования в скважине, например, статус устройства управления, такой как положение запирающего элемента.

Группа дискретных датчиков температуры или распределенный датчик температуры может быть предоставлен (например, спущен) вместе с аппаратом. Таким образом, они могут располагаться под барьером или над барьером, или даже снаружи обсадной колонны. Тем не менее, предпочтительно они на-

ходятся под барьером.

Эти датчики температуры могут быть расположены в трубном канате небольшого диаметра (например,  $\frac{1}{4}$  дюйма) и могут быть соединены с передатчиком или приемопередатчиком. При необходимости может быть предоставлено любое количество канатов, содержащих дополнительные группы датчиков температуры. Эта группа датчиков температуры и комплексная система могут быть расположены на расстоянии таким образом, что группа датчиков температуры, расположенных в трубном канате, может быть выровнена вдоль пласта, например, перфорационных отверстий; либо, например, преимущественно параллельно скважине, либо в форме спирали.

Группа дискретных датчиков температуры может быть частью аппарата или может быть отделена от него.

Датчики температуры могут представлять собой электронные датчики или оптоволоконный кабель.

Таким образом, в этом случае дополнительная группа датчиков температуры может предоставлять данные из участка(-ов) перфорационных отверстий и сигнализировать, если, например, перфорационные отверстия заблокированы/закупорены. Группа датчиков температуры в трубном канате также может обеспечить явное указание на поток текучей среды, в частности, когда аппарат активирован. Таким образом, например, может быть получено больше информации о реагировании перфорационных отверстий: верхняя область перфорационных отверстий может быть открыта, а другая область остается заблокированной, и это может быть определено за счет локальной температуры вдоль ряда датчиков температуры.

Данные можно вывести из датчика(-ов) давления до, во время и/или после активации перфорирующего устройства и до, во время или после обеспечения движения текучей среды между внутренним пространством и внешним пространством емкости.

Выведение данных означает извлечение данных на поверхность.

Выведенные данные могут представлять собой данные в реальном времени/текущие данные и/или статистические данные.

Данные предпочтительно отправляют посредством акустических и/или электромагнитных сигналов.

Данные могут быть выведены множеством способов. Например, они могут быть переданы беспроводным способом в реальном времени или позднее, необязательно в ответ на команду передачи.

Запоминающее устройство.

Аппарат, в частности датчик(-и), может содержать запоминающее устройство, которое может хранить данные для их вывода в более поздний период. Запоминающее устройство, в некоторых обстоятельствах, также может быть извлечено и данные могут быть выведены после извлечения.

Запоминающее устройство может быть частью датчика(-ов). Если они не являются единым целым, запоминающее устройство и датчики могут быть присоединены друг к другу любым подходящим способом, необязательно беспроводным способом или физически присоединены друг к другу с помощью провода. Индуктивная связь также является одним из вариантов. Беспроводные соединения с малым радиусом действия могут быть улучшены за счет электромагнитной связи в диапазоне ОНЧ.

Аппарат может быть выполнен с возможностью отслеживания давления или других параметров под барьером в течение более одной недели, одного месяца, одного года или более пяти лет.

Запоминающее устройство может быть выполнено с возможностью хранения информации в течение по меньшей мере одной минуты, необязательно по меньшей мере одного часа, более желательно по меньшей мере одной недели, предпочтительно по меньшей мере одного месяца, более предпочтительно по меньшей мере одного года или более пяти лет.

Сигналы.

Беспроводной сигнал управления передается в по меньшей мере одной из следующих форм: электромагнитной, акустической, посредством индуктивно связанных трубчатых элементов и кодированных импульсов давления; в настоящем документе упоминания термина "беспроводной" включают указанные формы, если из контекста не следует иное.

Сигналы могут представлять собой данные или командные сигналы, которые не обязательно должны иметь одинаковую беспроводную форму. Соответственно, варианты, изложенные в настоящем документе для разных типов беспроводных сигналов, применяются независимо к сигналам с данными и командами. Сигналы управления могут управлять скважинными устройствами, включая датчики. Данные от датчиков могут передаваться в ответ на сигнал управления. Более того, параметры сбора и/или передачи данных, такие как скорость сбора и/или передачи или разрешение, могут изменяться за счет использования подходящих сигналов управления.

Кодированные импульсы давления.

Если для активации перфорирующего устройства используют кодированные импульсы давления, стреляющая головка перфорирующего устройства может находиться над или под барьером.

Импульсы давления предусматривают способы передачи сообщения из скважины/ствола скважины или в нее/в него, из по меньшей мере одного из дополнительных местоположений в скважине/стволе скважины или в него, и из поверхности скважины/ствола скважины за счет использования изменений положительного и/или отрицательного давления и/или изменений расхода текучей среды в трубчатом

элементе и/или кольцевом пространстве.

Кодированные импульсы давления представляют собой такие импульсы давления, в которых используется схема модуляции для кодирования команд в колебаниях давления или расхода, причем преобразователь используется в скважине/стволе скважины для регистрации и/или генерирования колебаний, и/или в скважине/стволе скважины используется электронная система для кодирования и/или декодирования команд. Таким образом, импульсы давления, использующиеся с электронными устройствами сопряжения в скважине/стволе скважины, в настоящем документе называются кодированными импульсами давления. Преимуществом кодированных импульсов давления, как определено в настоящем документе, является тот факт, что они могут быть отправлены на электронные устройства сопряжения и могут обеспечивать более высокую скорость передачи данных и/или широкую полосу пропускания, чем импульсы давления, отправляемые на механические устройства сопряжения.

В случае, когда для передачи сигналов управления используются кодированные импульсы давления, могут применяться разные схемы модуляции, такие как изменение давления или скорость изменения давления, амплитудная манипуляция (АМн), фазово-импульсная модуляция (ФИМ), широтно-импульсная модуляция (ШИМ), частотная манипуляция (ЧМн), фазовая манипуляция (ФМн), амплитудно-кодовая манипуляция (АКМ), также могут применяться комбинации схем модуляции, например, АМн-ФИМ-ШИМ. Скорости передачи данных в схемах модуляций для кодированных импульсов давления в целом являются низкими, как правило, менее 10 бит/с и могут быть менее 0,1 бит/с.

Кодированные импульсы давления могут быть возбуждены в неподвижных или подвижных текущих средах и могут быть зарегистрированы путем прямого или косвенного измерения изменений давления и/или расхода. Текущие среды включает жидкости, газы и многофазные текущие среды, при этом они могут представлять собой неподвижные текущие среды для управления и/или текущие среды, добытые из скважины или закаченные в нее.

Сигналы: общие сведения.

Предпочтительно, беспроводные сигналы представляют собой сигналы, способные проходить через барьер, такой как пробка, когда они зафиксированы на месте. Таким образом, предпочтительно, беспроводные сигналы передаются по меньшей мере в одной из следующих форм: электромагнитной, акустической и посредством индуктивно связанных трубчатых элементов.

Электромагнитные/акустические сигналы и кодированные импульсы давления используют скважину, ствол скважины или пласт в качестве среды передачи. Электромагнитный/акустический сигнал или сигнал давления может быть отправлен из скважины или с поверхности. Электромагнитный/акустический сигнал может передаваться из барьера, однако, в определенных вариантах осуществления он может проходить непрямым путем, например, вокруг барьера.

Электромагнитные и акустические сигналы особенно предпочтительны, поскольку они могут проходить через/сквозь кольцевой барьер без применения специальной системы из индуктивно связанных трубчатых элементов, и при передаче данных объем информации, который может быть передан, как правило, больше по сравнению с кодированными импульсами давления, в частности при получении данных из скважины.

Следовательно, устройство связи может представлять собой устройство акустической связи, а беспроводной сигнал управления представляет собой акустический сигнал управления, и/или устройство связи может представлять собой устройство электромагнитной связи, а беспроводной сигнал управления представляет собой электромагнитный сигнал управления.

Аналогично, применяемые передатчики и приемники соответствуют типу применяемых беспроводных сигналов. Например, при использовании акустических сигналов используются акустический передатчик и приемник.

При использовании индуктивно связанных трубчатых элементов, как правило, предоставляются по меньшей мере десять, как правило, намного больше, отдельных секций индуктивно связанных трубчатых элементов, которые присоединяются друг к другу при эксплуатации, например, для создания колонны индуктивно связанных трубчатых элементов. Они имеют единую проводку и могут быть образованными трубчатыми элементами, такими как насосно-компрессорная труба, буровая труба или обсадная колонна. На каждом соединении между смежными секциями присутствует индуктивная связь.

Индуктивно связанные трубчатые элементы, пригодные для использования, могут быть предоставлены компанией N O V под наименованием Intellipipe®.

Таким образом, электромагнитные/акустические сигналы или сигналы давления могут быть переданы на относительно дальнее расстояние в качестве беспроводных сигналов, отправлены по меньшей мере на 200 м, необязательно больше чем на 400 м или дальше, что является очевидным преимуществом по сравнению с другими сигналами малого радиуса действия. В вариантах осуществления, включающих индуктивно связанные трубчатые элементы, это преимущество/эффект обеспечивается за счет сочетания единой проводки и индуктивных связей. Пройденное расстояние может быть значительно большим в зависимости от длины скважины.

Сигнал управления и необязательно другие сигналы могут быть отправлены в беспроводной форме из области над барьером к области под барьером. Подобные сигналы могут быть отправлены из области

под барьером в область над барьером в беспроводной форме.

Данные и команды, содержащиеся в сигнале, могут быть ретранслированы или переданы другими средствами. Таким образом, беспроводные сигналы могут быть преобразованы в другие типы беспроводных или проводных сигналов, и необязательно ретранслированы, посредством подобных или других средств, таких как гидравлическая, кабельная или оптоволоконная линии. В одном варианте осуществления сигналы могут быть переданы посредством кабеля на первое расстояние, например, более 400 м, а затем переданы посредством акустической или электромагнитной связей на меньшее расстояние, такое как 200 м. В другом варианте осуществления они передаются на расстояние 500 м за счет использования кодированных импульсов давления, а затем на 1000 м за счет использования гидравлической линии.

Таким образом, хотя наряду с беспроводными средствами могут использоваться проводные средства для передачи сигнала, в предпочтительных конфигурациях преимущественно используется беспроводная связь. Таким образом, хотя расстояние, пройденное сигналом, зависит от глубины скважины, зачастую беспроводной сигнал, включая ретрансляторы, но не включая любую проводную передачу, проходит более 1000 м или более 2000 м. В предпочтительных вариантах осуществления также присутствуют сигналы, передаваемые беспроводными сигналами (включая ретрансляторы, но не включая проводные средства), на по меньшей мере половину расстояния от поверхности скважины до аппарата.

В одной скважине могут быть использованы разные беспроводные сигналы для сообщений, проходящих от скважины к поверхности, и сообщений, проходящих от поверхности в скважину.

Таким образом, беспроводной сигнал может быть отправлен непосредственно или косвенно на устройство связи, например, за счет использования ретрансляторов в скважине над и/или под любым барьером.

Беспроводной сигнал может быть отправлен с поверхности или с зонда на проволочном канале/гибкой трубе (или подъемнике) из любой точки скважины выше барьера. В определенных вариантах осуществления зонд можно расположить относительно близко к барьеру, например, менее чем в 30 м от него или менее чем в 15 м.

#### Акустический сигнал.

Акустические сигналы и связь могут включать передачу посредством вибраций структуры скважины, которая включает трубчатые элементы, обсадную колонну, потайную колонну, бурильную трубу, утяжеленные бурильные трубы, насосно-компрессорную трубу, гибкую трубу, насосную штангу, скважинные приборы; передачу посредством текучей среды (также посредством газа), включая передачу через текучие среды в необсаженных участках скважины, по трубчатым элементам и в кольцевых пространствах; передачу через неподвижные или подвижные текучие среды; механическую передачу через проволочный канат, тросовый канат или гибкую штангу; передачу через землю; передачу через устьевое оборудование. Предпочтительными являются связь посредством структуры и/или по текучей среде.

Акустическая передача может происходить на инфразвуковой (<20 Гц), звуковой (20 Гц - 20 кГц) и ультразвуковой (20 кГц - 2 МГц) частотах. Предпочтительно акустическая передача является звуковой (20 Гц - 20 кГц).

Акустические сигналы и сообщения могут включать способы частотной манипуляции (ЧМн) и/или фазовой манипуляции (ФМн), и/или улучшенные варианты этих способов, такие как квадратурная фазовая манипуляция (КФМн) или квадратурная амплитудная модуляция (КАМн), и предпочтительно включают методы расширения спектра. Как правило, они адаптированы для автоматической настройки частот и способов акустической передачи сигналов для соответствия скважинным условиям.

Акустические сигналы и сообщения могут быть однонаправленными или двунаправленными. Для отправки и/или получения сигнала могут быть использованы пьезоэлектрический преобразователь с подвижной катушкой или магнитострикционные преобразователи.

#### Электромагнитные сигналы.

Электромагнитная (ЭМ) (иногда также называемая квазистатической (КС)) беспроводная связь, как правило, осуществляется в следующих частотных диапазонах (выбраны на основании характеристик прохождения):

суб-КНЧ (крайне низкая частота) <3 Гц (как правило, выше 0,01 Гц);

КНЧ от 3 Гц до 30 Гц;

СНЧ (сверхнизкая частота) от 30 Гц до 300 Гц;

УНЧ (ультранизкая частота) от 300 Гц до 3 кГц; и ОНЧ (очень низкая частота) от 3 кГц до 30 кГц.

Исключением из перечисленных выше частот является ЭМ связь, использующая трубу в качестве волнового канала, в особенности, но не исключительно, в тех случаях, когда труба заполнена газом, в таком случае, как правило, можно использовать частоты от 30 кГц до 30 ГГц, частота выбирается в зависимости от размера трубы, текучей среды в трубе и дальности связи. Текучая среда, содержащаяся в трубе, предпочтительно является непроводящей. В патенте США №5831549 описана телеметрическая система, предусматривающая передачу в гигагерцевом диапазоне по трубчатому волноводу, заполненному газом.

Для передачи сообщений из скважины к поверхности предпочтительными являются суб-КНЧ и/или КНЧ (например, на расстояние более 100 м). Для более локальных связей, например, менее 10 м, пред-

почтительной является ОНЧ. Номенклатура, используемая для этих диапазонов, определена Международным союзом электросвязи (ITU).

Электромагнитные связи могут включать передачу сообщений посредством одного или более из следующего: подача модулированного тока на продолговатый элемент и использование земли в качестве обратного пути; передача тока в один трубчатый элемент и обеспечение обратного пути во второй трубчатый элемент; использование второй скважины как части пути тока; передача в ближнем поле или дальнем поле; создание токовой петли в части металлоконструкции скважины для создания разности потенциалов между металлоконструкцией и землей; использование разнесенных контактов для создания электрического дипольного излучателя; использование тороидального трансформатора для подачи тока в металлоконструкцию скважины; использование изолирующего переводника; использование рамочной антенны для создания модулированного переменного во времени магнитного поля для локальной передачи или передачи через пласт; передача в пределах обсадной колонны скважины; использование продолговатого элемента и земли в качестве коаксиальной линии передачи; использование трубчатого элемента в качестве волновода; передача за пределами обсадной колонны скважины.

Особенно пригодным является подача модулированного тока на продолговатый элемент и использование земли в качестве обратного пути; создание токовой петли в части металлоконструкции скважины для создания разности потенциалов между металлоконструкцией и землей; использование разнесенных контактов для создания электрического дипольного излучателя; и использование тороидального трансформатора для подачи тока в металлоконструкцию скважины.

Для эффективного управления током и ориентирования его направления может быть использован ряд разных методов. Например, это может быть одно или более из следующего: использование изолирующего покрытия или распорок на трубчатых элементах скважины; выбор текучих сред или цементов для управления в пределах и за пределами трубчатых элементов для обеспечения электрической проводимости или изоляции трубчатых элементов, использование тороидального сердечника с высокой магнитной проницаемостью для создания индуктивности и, следовательно, импеданса; использование изолированного провода, кабеля или изолированного продолговатого проводника в части пути передачи или антенны; использование трубчатого элемента в качестве кругового волновода; использование частотных диапазонов СВЧ (от 3 ГГц до 30 ГГц) и УВЧ (от 300 МГц до 3 ГГц).

Дополнительно предоставляются подходящие средства получения переданного сигнала, при этом они могут предусматривать обнаружение прохождения тока; обнаружение разности потенциалов; использование дипольной антенны; использование рамочной антенны; использование тороидального трансформатора; использование детектора Холла или подобного детектора магнитного поля; использование участков металлоконструкции скважины в качестве дипольной антенны. Словосочетание "продолговатый элемент", используемое в рамках электромагнитной передачи, также может означать любой продолговатый электрический проводник, включая потайную колонну; обсадную колонну; насосно-компрессорную трубу или трубчатый элемент; гибкую трубу; насосную штангу; проволоочный канат; бурильную трубу; тросовый канат или гибкую штангу.

Средства передачи сигналов в пределах скважины с помощью электропроводной обсадной колонны раскрыты в патенте США №5394141 автором Soulier и патенте США №5576703 автором MacLeod и соавторами, при этом оба из этих патентов включены в настоящий документ посредством ссылки во всей своей полноте. Передатчик, содержащий генератор и усилитель мощности, присоединен к разнесенным контактам на первом участке внутри обсадной колонны с конечным удельным сопротивлением для создания электрического диполя за счет разности потенциалов, созданной током, протекающим между контактами, в качестве основной нагрузки на усилитель мощности. Эта разность потенциалов создает электрическое поле за пределами диполя, которое может быть обнаружено посредством второй пары разнесенных контактов и усилителя на втором участке вследствие протекания результирующего тока в обсадную колонну, либо на поверхности между устьем скважины и заземляющим контрольным электродом.

Ретранслятор.

Ретранслятор содержит приемопередатчик (или приемник), который может принимать сигнал, и усилитель, который может усиливать сигнал для приемопередатчика (или передатчика) с целью его передачи далее.

Может присутствовать по меньшей мере один ретранслятор. По меньшей мере один ретранслятор (и приемопередатчики и передатчики, связанные с аппаратом или расположенные на поверхности) может быть выполнены с возможностью передачи сигнала на расстояние по меньшей мере 200 м через скважину. Один или более ретрансляторов могут быть выполнены с возможностью передачи на расстояние более 300 м или более 400 м.

Для акустической связи могут быть предоставлены более пяти или более десяти ретрансляторов в зависимости от глубины скважины и расположения аппарата.

Для электромагнитных связей требуется меньшее количество ретрансляторов. Например, может быть предоставлен только один ретранслятор. Таким образом, необязательно электромагнитный ретранслятор (и приемопередатчики или передатчики, связанные с аппаратом или расположенные на поверхности) могут быть выполнены с возможностью передачи на более 500 м или более 1000 м.

В некоторых областях скважины передача может быть более затруднена, например, при передаче через пакер. В этом случае ретранслированный сигнал может проходить более короткое расстояние. Однако, если предоставляется множество акустических ретрансляторов, предпочтительно по меньшей мере три из них выполнены с возможностью передачи сигнала на по меньшей мере 200 м вглубь скважины.

Индуктивно связанные трубчатые элементы также можно оснастить ретранслятором, например, на каждые 300-500 м скважины.

Ретрансляторы могут удерживать по меньшей мере часть данных для последующего извлечения в подходящие запоминающие средства.

Принимая во внимания эти факторы, а также свойства скважины, ретрансляторы могут быть разнесены в скважине соответствующим образом.

Сигналы управления могут по существу вызвать непосредственную активацию или могут быть выполнены с возможностью активации аппарата после временной задержки и/или при соблюдении других условий, таких как определенное изменение давления.

Электронные устройства.

Аппарат может содержать по меньшей мере одну батарею, необязательно перезаряжаемую батарею. Батарея может представлять собой по меньшей мере одно из следующего: высокотемпературная батарея, литиевая батарея, литиевая оксигалогенидная батарея, литий-тионилхлоридная батарея, литий-сульфурилхлоридная батарея, литий-фторуглеродная батарея, литий-диоксид-марганцевая батарея, литий-ионная батарея, батарея из литиевого сплава, натриевая батарея и батарея из натриевого сплава. Высокотемпературные батареи выполнены с возможностью работы при температуре более 85°C, иногда более 100°C. Система батарейного питания может содержать первую батарею и дополнительные резервные батареи, которые включаются после длительного периода нахождения в скважине. Резервные батареи могут содержать батарею, в которой электролит удерживается в резервуаре и взаимодействует с анодом и/или катодом при достижении действующей батареей порогового напряжения или уровня использования.

Механизм управления, как правило, представляет собой электронный механизм управления. Устройство связи, как правило, представляет собой электронное устройство связи.

Аппарат, особенно механизм управления, предпочтительно содержит микропроцессор. Электронные устройства в аппарате, необходимые для питания различных компонентов, таких как микропроцессор, системы управления и связи и необязательно клапан, предпочтительно представляют собой электронные устройства с низким энергопотреблением. Электронные устройства с низким энергопотреблением могут включать такие особенности, как низковольтные микроконтроллеры и использование режимов "ожидания" на время отключения большинства электронных систем, и низкочастотный генератор, например, 10-100 кГц, например работающий на частоте 32 кГц генератор, используемый для поддержания временных параметров системы и функций "пробуждения". Синхронизированные беспроводные методы связи с малым радиусом действия (например, электромагнитная связь в диапазоне ОНЧ) могут быть использованы между разными компонентами системы для сведения к минимуму времени, в течение которого отдельные компоненты должны находиться в рабочем состоянии, и, следовательно, максимально увеличить время режима "ожидания" и экономию энергии.

Электронные устройства с низким энергопотреблением способствуют долгосрочному использованию различных компонентов аппарата. Механизм управления может быть выполнен с возможностью управления сигналом управления больше чем через 24 часа после спуска в скважину, необязательно больше чем через 7 дней, больше чем через 1 месяц, больше чем через 1 год или больше чем через пять лет. Он может быть выполнен с возможностью нахождения в спящем режиме до и/или после активации.

Испытания.

Способ, описанный в настоящем документе, можно применять для проведения гидропрослушивания и/или испытания на интерференцию.

Изменения давления могут быть вызваны за счет эксплуатации, закачивания, перфорирования, проведения испытаний без вывода текучей среды на поверхность или других скважинных испытаний в первой скважине. Как правило, они вызваны краткосрочной или долгосрочной эксплуатацией. За изменениями давления, которые они вызывают, можно наблюдать или нельзя наблюдать в наблюдательной скважине.

Как правило, скважина, описанная в настоящем изобретении, представляет собой наблюдательную скважину, в которой происходит отслеживание/наблюдение с помощью датчика давления.

Доставка.

Аппарат может быть доставлен с барьером за счет размещения на той же колонне, что и барьер, и доставлен в скважину вместе с ним. Он может быть модернизирован в скважине и проведен сквозь кольцевое уплотнение. Он, как правило, присоединен к пробке или подвеске, при этом пробка или подвеска, в свою очередь, присоединены непосредственно или опосредованно, например трубчатыми элементами, к кольцевому уплотнению. Пробка может представлять собой мостовую пробку, барьер, устанавливаемый в зафиксированном на проволочном канате трубчатом элементе/бурильной трубе, инструмент для закры-

тия или стопорную пробку, такую как пробка для цементирования. Пробка может представлять собой временную или постоянную пробку.

Также в скважину может быть предоставлен аппарат, затем барьер доставляют и устанавливают на нем сверху, и затем, после спуска барьера, выполняют способ, описанный в настоящем документе.

В некоторых вариантах осуществления аппарат может быть доставлен в центральный канал уже существующего трубчатого элемента в скважине, а не в уже существующее кольцевое пространство скважины. Кольцевое пространство может быть образовано между аппаратом и уже существующим трубчатым элементом в скважине.

Емкость, если она присутствует, может быть герметизирована на поверхности и затем доставлена в скважину. Термин "на поверхности" в контексте настоящего документа, как правило, обозначает внешнюю часть скважины, хотя она может быть герметизирована, находясь неглубоко в скважине, например, не более 30 метров от поверхности скважины, что является верхней частью самой верхней обсадной колонны скважины. Таким образом, аппарат перемещают с поверхности и размещают под барьером с емкостью, герметизированной до активации устройства управления.

Отверстие емкости может быть предусмотрено в пределах 100 м перфорационных отверстий между скважиной и коллектором, необязательно в пределах 50 м или 30 м. Если присутствует более одного перфорационного отверстия, ближайшее перфорационное отверстие используют для определения расстояния от отверстия аппарата. Таким образом, необязательно отверстие в емкости может быть расположено на расстоянии ниже перфорационных отверстий в скважине. Это может способствовать извлечению обломков после перфорации из перфорационного(-ых) отверстия(-ий), чтобы способствовать их очистке.

Множество аппаратов и необязательно барьеры, описанные в настоящем документе, могут спускать на одной и той же колонне, и, например, разносить друг от друга и размещать смежно одному участку или изолированным участкам. Таким образом, аппарат могут спустить в скважину со множеством изолированных участков, смежных разным зонам. В этом случае может отсутствовать непосредственный доступ от области под перфорирующими устройствами к нижней зоне(-ам). Таким образом, при спуске с такой колонной в вариантах осуществления настоящего изобретения предлагаются средства проведения операций в такой зоне.

Дополнительная информация.

Скважина может представлять собой подводную скважину. Беспроводные связи могут быть особенно полезными для подводных скважин, поскольку проведение кабелей в подводные скважины может быть сложнее по сравнению с подземными скважинами. Скважина может представлять собой наклонную или горизонтальную скважину и варианты осуществления настоящего изобретения могут быть особенно подходящими для таких скважин, поскольку благодаря им можно избежать проведения проволочного каната, кабелей или гибкой трубы, которые могут быть сложно или невозможно использовать в таких скважинах.

Скважина, как правило, содержит обсадную колонну, при этом, даже если барьеры установлены в обсадной колонне или потайной колонне, перфорирующее устройство может располагаться смежно с необсаженным участком скважины для увеличения сообщаемости, в частности, там, где поры в пласте могут быть, по меньшей мере частично, заблокированы фильтрационной коркой. Следовательно, барьеры могут быть расположены на обсадной колонне, потайной колонне или (менее часто) против ствола скважины. В определенных вариантах осуществления нижний из первого и второго барьеров расположен на потайной колонне, а верхний из первого и второго барьеров расположен на обсадной колонной.

Если барьеры установлены в обсадной колонне или потайной колонне, поперечное сечение скважины определяют поперечным сечением обсадной колонны или потайной колонны, где установлен барьер. (В любом случае, как правило, между обсадной колонной/потайной колонной и стволом скважины присутствует цемент). Если барьеры установлены в необсаженном участке скважины, поперечное сечение скважины образуется стволом скважины. Если барьер разнесен на расстояние на две или более частей, поперечное сечение скважины образуется внешним диаметром части скважины с наиболее удаленной частью барьера; важным признаком является то, что барьер изолирует участок под ним.

Упоминание в настоящем документе перфорирующего устройства включает скважинные перфораторы, пуансоны или буры, при этом все они используются для создания перфорационного отверстия внутри коллектора в скважину.

Объемом емкости является ее вместимость по текучей среде.

Приемопередатчики, которые имеют функциональные возможности передачи и приема, могут быть использованы вместо передатчиков и приемников, описанных в настоящем документе.

Если не указано иное, любые упоминания в настоящем документе термина "заблокированный" или "разблокированный" могут означать частичную блокировку и частичную разблокировку.

Все давления, указанные в настоящем документе, являются абсолютными давлениями, если не указано иное.

Скважина зачастую является по меньшей мере частично вертикальной скважиной. Тем не менее, она может представлять собой наклонную или горизонтальную скважину. Упоминания таких терминов,

как "над" и "под", когда они применяются относительно наклонных или горизонтальных скважин, должны рассматриваться как их эквиваленты в скважинах с вертикальной ориентацией. Например, термин "над" означает ближе к поверхности скважины через скважину.

Термин "зона" определяют в настоящем документе как пласт, смежный с самым нижним барьером или находящийся под ним, или часть пласта, смежную со скважиной, которая частично изолирована между барьерами и которая имеет, или будет иметь, по меньшей мере один канал связи (например, перфорационное отверстие) между скважиной и окружающим пластом между барьерами. Таким образом, каждый дополнительный барьер, установленный в скважине, образует отдельную зону, кроме областей между двумя барьерами (например, двойным барьером), в которых каналы связи к окружающему пласту не представлены и не будут образованы.

Термин "текучая среда для глушения" означает любую текучую среду, иногда также называемую "утяжеленной текучей средой для глушения", которая используется для обеспечения гидростатического напора, как правило, достаточного для преодоления давления коллектора.

Упоминания цемента в настоящем документе включают заменитель цемента. Затвердевающий заменитель цемента может включать эпоксиды и смолы или незатвердевающий заменитель цемента, например, от компании Sandaband™.

Варианты осуществления настоящего изобретения будут описаны далее только на примерах со ссылками на сопроводительные графические материалы, на которых:

на фиг. 1 показан схематический вид в разрезе первого варианта осуществления скважины и скважинного аппарата, которые могут быть использованы в способе согласно настоящему изобретению за счет использования акустических сигналов;

на фиг. 2 показан схематический вид в разрезе второго варианта осуществления скважины и скважинного аппарата, которые могут быть использованы согласно способу настоящего изобретения за счет использования электромагнитных сигналов;

на фиг. 3 показан схематический вид в разрезе третьего варианта осуществления скважины и скважинного аппарата, используемых для проведения испытания в коротком интервале согласно способу настоящего изобретения; и

на фиг. 4 показан схематический вид емкости с плавающим поршнем, используемым в определенных вариантах осуществления.

На фиг. 1 показан скважинный аппарат 10, содержащий ликвидированную скважину 14, потайную колонну 12a и обсадную колонну 12b. Внутри каждой из потайной колонны 12a и обсадной колонны 12b расположено кольцевое пространство 90A и 90C соответственно, а между мостовыми пробками 22a и 22b - кольцевое пространство 90B. Скважинный аппарат 10 дополнительно содержит подвеску 29 потайной колонны. Подвеска 29 потайной колонны представляет собой часть узла подвески потайной колонны, на которую может быть подвешена потайная колонна 12a.

Колонна расположена в скважине 14 и разделена на нижний трубчатый элемент 16a, промежуточный трубчатый элемент 16b и верхний трубчатый элемент 16c. Мостовые пробки 22a и 22b образуют барьеры, каждый из которых расположен вдоль всего поперечного сечения скважины и установлен в потайной колонне 12a и обсадной колонне 12b соответственно, расширяясь вдоль скважины 14 и разделяя скважину 14 на три участка. Верхний трубчатый элемент 16c, промежуточный трубчатый элемент 16b и нижний трубчатый элемент 16a обеспечивают непрерывное физическое соединение в скважине для улучшения акустической связи. Поскольку существует множество разных вариантов, промежуточный трубчатый элемент 16b более вероятно "зацеплен в" или присоединен к барьеру 22a; тогда как трубчатые элементы 16a и 16b могут быть непрерывными, и барьер/мостовая пробка 22b могут быть выполнены из элемента пакера и центральной пробки.

Два держателя 40 и 46 прибора расположены на верхнем трубчатом элементе 16c. Каждый из держателей 40 и 46 прибора содержит акустический ретранслятор 44, 49 соответственно. Дополнительный держатель 30 прибора расположен на промежуточном трубчатом элементе 16b между мостовыми пробками 22a, 22b и содержит датчик 32 давления, присоединенный к акустическому ретранслятору 31. Ретрансляторы 44, 49 содержат приемопередатчики, которые могут получать сигналы управления с поверхности 11 и отправлять их в область под мостовой пробкой 22a на беспроводной приемопередатчик (не показан) аппарата 50, необязательно посредством акустического ретранслятора 31. Подобным образом ретрансляторы 44, 49 могут получать данные из области под мостовыми пробками 22a и 22b и отправлять их далее, например, к поверхности 11 скважины.

Поверхность 11 скважины содержит колпак 13, который накрывает скважину 14. Колпак 13 содержит приемопередатчик 17, объединенный с кабелем 15. Приемопередатчик 17 выполнен с возможностью преобразования проводных сигналов в акустические сигналы для отправки в скважину 14 на акустические ретрансляторы 31, 44 и 49 или наоборот.

В этом варианте осуществления скважины 14 содержится множество участков. Первый верхний участок содержит верхний трубчатый элемент 16c, держатели 40 и 46 прибора и мостовую пробку 22b. Второй средний участок содержит промежуточный трубчатый элемент 16b, держатель 30 прибора и подвеску 29 потайной колонны. Третий нижний участок содержит нижний трубчатый элемент 16a, нижнюю



мостовую пробку 22а и аппарат 50.

Аппарат 50 расположен внизу нижнего трубчатого элемента 16а и содержит механизм 51 отслеживания, имеющий датчик давления (не показан), механизм управления, содержащий контроллер 52 перфоратора и беспроводной передатчик (не показан), и батарею 63. Аппарат 50 также содержит скважинный перфоратор 54, окруженный наружным корпусом 60, и полую емкость 57, проходящую коллинеарно от скважинного перфоратора 54.

Компоненты механизма управления (беспроводной передатчик и контроллер 52 перфоратора) расположены, как правило, смежно друг другу или ближе друг к другу, но могут быть разнесены.

При использовании, до опускания аппарата 50 в скважину 14 внутренняя часть скважинного перфоратора 54 и полая емкость 57 находятся в гидродинамической связи друг с другом и герметизированы при атмосферном давлении на поверхности, так что, когда аппарат 50 опускают на место в скважине 14, они имеют сниженное давление, т. е. они имеют отрицательное дифференциальное давление относительно скважины 14. Кумулятивные заряды предоставляют в скважинный перфоратор 54. В первом случае корпус 60 скважинного перфоратора 54 не нарушен.

Аппарат 50 опускают в скважину 14 и над ним устанавливают барьер.

Скважинным перфоратором 54 управляет контроллер 52 перфоратора. Беспроводной передатчик механизма управления выполнен с возможностью получения акустического сигнала управления от передатчика 17 колпака 13 необязательно посредством ретрансляторов 31, 44 и 49. Оператор отправляет сигнал управления для активации скважинного перфоратора 54 посредством кабеля 15 на передатчик 17, откуда он затем отправляется акустическим способом в скважину 14 на беспроводной передатчик в механизме управления.

Контроллер 52 перфоратора затем активирует скважинный перфоратор 54 в ответ на сигнал управления, что вызывает детонирование кумулятивных зарядов и прокалывание потайной колонны 12а, тем самым создавая перфорационные отверстия 56 в потайной колонне 12а. При использовании детонирование кумулятивных зарядов создает отверстия 55 в корпусе 60 скважинного перфоратора 54. Эти отверстия 55 обеспечивают сообщение по текучей среде между внутренней частью скважинного перфоратора 54/присоединенной емкости 57 и его внешней частью. Таким образом, в этом варианте осуществления возникает перепад давления между внутренней частью скважинного перфоратора 54/емкости 57 и окружающей частью скважины 14. Создание отверстий 55 вызывает выброс текучей среды в скважинный перфоратор 54/емкость 57 вследствие перепада давления, что удаляет любые обломки в аппарате 50 или вокруг него, в частности перфорационных отверстий 56. (Термин "обломки" здесь и по всему тексту включает обломки после перфорации, фильтрационную корку, текучую среду для глушения, буровой глинистый раствор и материал для борьбы с поглощениями.)

Механизм 51 отслеживания, содержащий датчик давления, отслеживает скважину 14, что может быть использовано для оценки природы коллектора. Более того, скважинные работы в соседних скважинах могут отслеживаться из скважины по фиг. 1, которую также можно использовать, чтобы сделать вывод о характеристиках коллектора, так что, например, он может быть использован более надлежащим образом.

Данные от механизма 51 отслеживания могут отправлять акустическим способом либо непрерывно, либо необязательно периодически, в область сверху скважины 11 и затем оператору посредством проводного кабеля 15 или, в качестве альтернативы, в случае подводной скважины, посредством подводного акустического модема.

Таким образом, в отличие от известного использования скважинных перфораторов для создания путей потока для добычи, в настоящем варианте осуществления их используют во время или после консервации или ликвидации скважины под барьером с целью обеспечения подобных функциональных возможностей отслеживания.

Преимущество вариантов осуществления настоящего изобретения заключается в том, что удаление обломков из перфорационных отверстий или окружающего пласта обеспечивает сбор и отправку на поверхность данных, которые больше отображают условия в коллекторе.

В альтернативных вариантах осуществления скважинный перфоратор может быть активирован во время операции ликвидации, то есть, после установки первого барьера и до установки второго барьера.

Емкость 57 обеспечивает больший объем для создания более сильного эффекта "выброса". Однако в альтернативных вариантах осуществления настоящего изобретения емкость не требуется, а полагаться можно на эффект отрицательного дифференциального давления, используя внутреннюю часть перфорирующего устройства. В альтернативном изменении варианта осуществления по фиг. 1 емкость может быть изъята, укорочена или растянута за счет удаления или добавления дополнительных секций насосно-компрессорной трубы для создания меньшего или большего падения давления при срабатывании кумулятивных зарядов.

В определенных вариантах осуществления емкость может иметь дополнительное отверстие, независимое от скважинного перфоратора, которое может быть герметизировано клапаном, например, при этом можно управлять открытием такого клапана для создания вспомогательного выброса из емкости в более поздний период, чем начальный выброс, обеспечиваемый внутренней частью скважинного перфо-

ратора.

В альтернативных вариантах осуществления содержится только нижний трубчатый элемент и промежуточный трубчатый элемент, но не верхний трубчатый элемент, следовательно, трубчатый элемент не находится над мостовой пробкой 22b. В таких вариантах осуществления одной возможностью является прикрепление ретрансляторов к внутреннему пространству или внешнему пространству обсадной колонны.

На фиг. 2 показан вариант осуществления аппарата 150, в котором активация емкости с отрицательным дифференциальным давлением зависит от скважинных перфораторов. Части, подобные с частями варианта осуществления по фиг. 1, детально не описаны, однако, перед ними стоит цифра "1". На фиг. 2 показана ликвидированная скважина 114, содержащая пакер 122a, две мостовые пробки 122b, 122c, цементное уплотнение 120 и колпак 113 на верхней части скважины 111. По сравнению с фиг. 1, фиг. 2 основана на электромагнитной связи и поэтому содержит только нижний трубчатый элемент 116a. Пакер 122a герметизирует кольцевое пространство на верхней части нижнего трубчатого элемента 116a, а мостовая пробка 122c герметизирует ствол возле верхней части нижнего трубчатого элемента 116a. Мостовая пробка 122b герметизирует все поперечное сечение скважины, как и сочетание мостовой пробки 122c и пакера 122a. Между мостовыми пробками 122b и 122c и непосредственно под мостовой пробкой 122b расположен электромагнитный держатель 121 прибора, содержащий приемопередатчик 123.

Устройство 119 связи обеспечивает контакт, расположенный на расстоянии от законсервированной или ликвидированной скважины 114, для передачи и приема электромагнитных сигналов. Устройство 119 связи также способно хранить данные для извлечения позднее.

Так же, как и в варианте осуществления по фиг. 1, аппарат 150 содержит скважинный перфоратор 154, батарею 163, механизм 151 отслеживания с датчиком давления (не показан). Он также содержит механизмы управления, хотя и для клапана, а также отдельный механизм управления для скважинного перфоратора, при этом каждый механизм управления содержит беспроводной приемопередатчик (не показан) и устройство 166 управления клапаном, а также контроллер 152 перфоратора соответственно.

Кумулятивные заряды располагают в скважинном перфораторе 154 и при активации они создают отверстия 158.

Однако в отличие от фиг. 1, емкость 159 расположена на расстоянии ниже скважинного перфоратора 154 на конце нижнего трубчатого элемента 116a. Емкость 159 имеет отверстие 155 и клапан 162, управляющий отверстием 155. По сравнению с фиг. 1, второй механизм управления содержит устройство 166 управления клапаном, которое предоставлено для управления клапаном 162, наряду с дополнительным беспроводным приемником (или приемопередатчиком) (не показан). Емкость 159 может иметь вместимость, например, 1000 литров.

Независимо от работы скважинного перфоратора 154 клапан 162 выполнен с возможностью преграждения и изолирования отверстия 155 для герметизации емкости 159 от окружающей части скважины 114 в закрытом положении и обеспечения гидродинамической связи и сообщения по текучей среде между частью емкости 159 и окружающей частью скважины 114 посредством отверстия 155 в открытом положении. При использовании клапан 162 перемещают из закрытого положения в открытое положение в ответ на беспроводной сигнал управления.

В некоторых вариантах осуществления емкость 159 заполнена газом, таким как воздух, изначально под атмосферным давлением. В таких вариантах осуществления газ герметизируют в емкости 159 на поверхности до опускания в скважину 114. Это способствует созданию перепада давления, например, от 1000 фунтов/кв. дюйм до 10000 фунтов/кв. дюйм, между емкостью 159 и окружающей частью скважины 114 (давление в которой выше атмосферного давления на поверхности).

После работы скважинного перфоратора 154, как описано выше относительно фиг. 1, емкость 159 могут использовать для создания скачка давления в емкости 159 для убираания обломков в перфорационных отверстиях/пласте и вокруг них до начала отслеживания скважины 114 или смежного коллектора.

При использовании клапан 162 первоначально находится в закрытом положении. Электромагнитный сигнал отправляется на беспроводной приемопередатчик (не показан) оператором, необязательно посредством приемопередатчика 123. Контроллер 152 перфоратора затем активирует скважинный перфоратор 154 в ответ на сигнал управления, так что кумулятивные заряды детонируют и прокалывают корпус 160 скважинного перфоратора 154, а также потайную колонну 112a, создавая перфорационные отверстия 156 в потайной колонне 112a. Электромагнитный сигнал затем отправляют, необязательно ранее или намного позднее, на дополнительный приемопередатчик, который дает устройству 166 управления клапаном команду открыть клапан 162, управляющий отверстием 155. Перепад давления в емкости 159 вызывает выброс текучей среды в емкость 159 через отверстие 155.

После относительного удаления обломков из скважины 114 механизм 151 отслеживания может затем более эффективно отслеживать коллектор или необязательно отслеживать воздействие на коллектор скважинных работ, проводящихся в других скважинах, соединенных с коллектором, и может передавать данные электромагнитным способом в область сверху скважины 111. Кабель 115 и соединительная коробка 119 связи образуют разнесенный контакт для определения и передачи электромагнитных сигналов, при этом соединительную коробку 119 связи используют в качестве интерфейса для системы получения

локальных и удаленных данных и управления ими.

В некоторых вариантах осуществления емкость может иметь положительное дифференциальное давление или иметь часть с положительным дифференциальным давлением, так что область с повышенным давлением сравнивают с окружающей частью скважины. В таких вариантах осуществления после открытия клапана происходит выброс текучей среды из емкости в окружающую часть скважины. Аппарат, в частности, подходит в этом случае для доставки кислоты для кислотной обработки. Емкость может быть заполнена хлороводородной кислотой или другими кислотами или химическими веществами, используемыми для таких так называемых кислотных обработок. При кислотной очистке, как правило, обрабатывают поверхность ствола скважины или могут обрабатывать отложение в стволе скважины, или она может быть выполнена для способствования уменьшению количества обломков от перфорации или других повреждений поверхности. Кислоты можно направлять к конкретным областям, например, с использованием отверстий в трубе. Отверстие может содержать трубу, проходящую вдоль ствола скважины с множеством отверстий. Затем вещество для кислотной обработки проходит вдоль трубы и выходит в скважину в надлежащем месте. Емкость с положительным дифференциальным давлением могут использовать вместо емкости с отрицательным дифференциальным давлением. В качестве альтернативы, емкость с выровненным давлением, содержащая насос, может быть использована для доставки вещества для кислотной обработки вместо емкости с положительным дифференциальным давлением. В качестве дополнения, массив дискретных датчиков температуры (не показан) могут использовать вдоль скважинного перфоратора для отслеживания кислотной обработки и коллектора.

В некоторых вариантах осуществления клапан также может быть открыт до активации перфорирующего устройства. Необязательно ту же емкость используют для очистки скважины от обломков как до, так и после активации перфорирующих устройств, но в некоторых вариантах осуществления могут предоставить больше одной емкости или больше одной камеры в емкости. Например, одну емкость/камеру можно использовать для очистки скважины до активации перфорирующего устройства, а вторую можно использовать после.

В определенных вариантах осуществления клапан могут открыть непосредственно после активации скважинных перфораторов. В других вариантах осуществления отверстие клапана может быть задержано на некоторое время после работы скважинного перфоратора. Подобным образом, активация скважинных перфораторов может быть задержана после установки барьера. Их могут активировать, например, непосредственно до проведения испытания в смежной скважине. Активация скважинных перфораторов также может происходить после извлечения буровой установки, присоединенной к скважине.

В некоторых альтернативных вариантах осуществления одна или первая группа кумулятивных зарядов, расположенная в скважинном перфораторе, может детонировать до вторых или второй группы кумулятивных зарядов.

В дополнительных вариантах осуществления может присутствовать множество скважинных перфораторов, при этом каждый скважинный перфоратор может быть разделен барьером, таким как мостовая пробка или пакер.

На фиг. 3 показан дополнительный вариант осуществления аппарата 250. Части, подобные с частями варианта осуществления по фиг. 2, детально не описаны, однако перед ними стоит цифра "2". На фиг. 3 показана ликвидированная скважина 214, содержащая две мостовые пробки 222a и 222b и два элемента 270a и 270b пакера между нижним трубчатым элементом 216a и потайной колонной 212a. Два элемента 270a, 270b пакера разнесены друг от друга вдоль скважины 214 и образуют короткий интервал. Как и вариант осуществления по фиг. 2, фиг. 3 основана на электромагнитной связи.

Аппарат 250 по фиг. 3 содержит клапан 262, штуцер 276, отверстие 255, механизм управления с беспроводным приемником или передатчиком (не показан) и многофункциональным устройством 266 управления, батареею 263, механизм 265 отслеживания с датчиком давления и емкость 259, вместимость которой может составлять, например, 100 литров. Между емкостью 259 и окружающей частью скважины 214 присутствует перепад давления в коротком интервале между элементами 270a и 270b пакера.

Батарея 263 питает компоненты аппарата 250, например, многофункциональное устройство 266 управления, механизм 265 отслеживания и передатчик. Часто для каждого питаемого энергией компонента предоставляют отдельную батарею. В альтернативных вариантах осуществления можно использовать скважинную электрогенераторную установку, например, за счет производства термоэлектричества.

Штуцер 276 расположен смежно с клапаном 262, необязательно расположенным на расстоянии от клапана, в перепускном канале 261 между отверстием 255 и емкостью 259. Скорость, с которой текучая среда входит в емкость 259, управляется за счет площади поперечного сечения штуцера 276. В альтернативных вариантах осуществления положения штуцера 276 и клапана 262 могут иметь порядок, обратный тому, который продемонстрирован, или они могут быть объединены в один компонент.

По сравнению с вариантами осуществления по фиг. 1 и фиг. 2, вариант осуществления по фиг. 3 содержит пресс-перфоратор 254 с одним отверстием 258, который при использовании создает одно перфорационное отверстие 256 в потайной колонне 212a. В отличие от фиг. 2, пресс-перфоратор 254 и клапан

262 по фиг. 3 управляются одним многофункциональным устройством 266 управления и одним беспроводным передатчиком.

Отверстие 255 емкости 259 расположено в коротком интервале между элементами 270a и 270b пакера. Пресс-перфоратор 254 также расположен в пределах короткого интервала, так что при использовании пресс-перфоратор 254 активируется и создает перфорационное отверстие 256 в коротком интервале для обеспечения сообщения по текучей среде между коллектором (не показан) и окружающей частью скважины 214 в коротком интервале.

В скважине могут проводить операции, такие как испытание на приток, вследствие чего поток из коллектора образуется в указанном определенном коротком интервале и проходит через аппарат. При использовании элементы 270a и 270b пакера изначально установлены в потайной колонне 212a для определения короткого интервала с целью его испытания. Многофункциональное устройство 266 управления затем принимает электромагнитный сигнал управления для активации пресс-перфоратора 254, который создает перфорационное отверстие 256 в потайной колонне 212a или смежном пласте (не показан) для обеспечения сообщения по текучей среде между пластом и окружающей частью скважины 214 в коротком интервале.

Многофункциональное устройство 266 управления затем принимает дополнительный сигнал управления для открытия клапана 262. Затем емкость 259, которая имеет отрицательное дифференциальное давление, может принимать поток управляемым образом из перфорированного интервала между двумя элементами 270a и 270b пакера.

Обломки в перфорационном отверстии 256 или вокруг него также втягиваются в емкость 259 вследствие этого перепада давления, что способствует очистке окружающей части скважины 214 в коротком интервале. Эффект отрицательного дифференциального давления сосредотачивается в коротком интервале, что увеличивает радиус коллектора, на который он воздействует. Это может способствовать улучшению прохождения скважинного потока и обеспечить более точные данные, получаемые от испытания на приток.

Давление отслеживается механизмом 265 отслеживания как до открытия клапана 262, так и во время входа потока в емкость 259 со скоростью, управляемой штуцером 276.

Клапан 262 закрыт до значительного повышения давления в емкости 259. Следовательно, относительно ограниченное испытание на приток может быть проведено в коротком интервале между элементами 270a и 270b пакера. Данные с механизма 265 отслеживания или других датчиков, находящихся в связи с коротким интервалом, например, между двумя элементами 270a, 270b пакера или под нижним элементом 270a пакера в перепускном канале 261, смежном со штуцером 276, могут предоставить полезную информацию об испытании на приток. Благодаря реакции коллектора на испытание на приток и испытание методом кривых восстановления давления можно извлечь полезную информацию о характеристиках коллектора.

Преимущество определенных вариантов осуществления настоящего изобретения заключается в том, что испытания на приток в коротком интервале можно проводить с барьером(-ами), такими как мостовые пробки и пакеры, на месте, так как это может способствовать повышению безопасности скважины. Барьер(-ы) также может(-ут) обеспечить проведение испытаний в коротком интервале одновременно с другими скважинными работами и операциями, которые проводятся над барьером(-ами). Это может снизить затраты времени.

В некоторых вариантах осуществления после перфорирования потайной колонны за скважиной могут наблюдать в течение небольшого периода времени, например, протекание из скважины в емкость может происходить с низкой скоростью не более 24 часов. В некоторых вариантах осуществления за скважиной могут наблюдать, пока скважина над барьером ликвидирована.

Для такого испытания на приток в коротком интервале доступно множество альтернативных вариантов. Могут быть проведены два или более подобных испытания на приток. В одном варианте осуществления клапан 262 может быть открыт снова, и дополнительная текучая среда может входить в емкость 259. Эта последовательность открытия/закрытия может повторяться, пока емкость 259 заполнена. В качестве альтернативы или дополнения, дополнительные емкости с отрицательным дифференциальным давлением могут быть предоставлены для проведения дополнительного испытания(-ий) на приток.

В качестве дополнительного варианта предоставлена вторая емкость с отрицательным дифференциальным давлением, которая может быть использована для чистки короткого интервала до использования аппарата 250 с целью проведения испытания на приток в коротком интервале, как описано выше.

В некоторых вариантах осуществления емкость 259 или дополнительные емкости могут иметь избыток давления по сравнению с окружающей частью скважины 214 в коротком интервале. В таких вариантах осуществления аппарат можно использовать для проведения испытания/процедуры на проницаемость в интервале, на проницаемость, обработки скважины/коллектора, гидроразрыва пласта, мини-гидроразрыва пласта или подобного испытания/процедуры, которые могут потребовать применение давления между двумя устройствами уплотнения кольцевого пространства, например, между двумя элементами 270a и 270b пакера, образующими короткий интервал. Подобный эффект можно достичь с помощью насоса вместо герметизированной емкости. В любом случае эффект сосредотачивается в коротком

интервале и, следовательно, больше проникает в пласт.

В альтернативных вариантах осуществления короткоствольный перфоратор могут использовать вместо пресс-перфоратора.

Особенно подходящий аппарат для применения в фиг. 3 показан на фиг. 4. Аппарат по фиг. 4 содержит отверстие 355, клапан 362, штуцер 376 и механизм управления с многофункциональным устройством 366 управления и беспроводным приемником (или передатчиком) (не показан), а также емкость 357. Клапан 362 и штуцер 376 размещены в центральной части аппарата в отверстии 379 между двумя участками емкости 357: камерой 371 для текучей среды и камерой 381 пониженного давления.

Плавающий поршень 375 размещен в камере 371 для текучей среды. Камера 371 для текучей среды изначально заполнена нефтью ниже плавающего поршня 375 через заливное отверстие (не показано). Если плавающий поршень 375 расположен на верхней части камеры 371 для текучей среды, он изолирует/закрывает камеру 371 для текучей среды от окружающей части скважины, а если плавающий поршень 375 перемещается вниз камеры 371 для текучей среды, отверстие 355 обеспечивает прохождение текучей среды в камеру 371 для текучей среды через отверстие 359 для потока из внешнего пространства емкости, как правило, окружающей части скважины. Положение плавающего поршня 375 управляется опосредованно потоком текучей среды через клапан 362, которым, в свою очередь, управляют через сигналы, отправляемые на многофункциональное устройство 366 управления.

При использовании последовательность начинается с клапана 362 в закрытом положении и плавающего поршня 375, расположенного вблизи верхней части камеры 371 для текучей среды. Прохождению текучей среды в скважине в камеру 371 для текучей среды через отверстие 355 препятствует плавающий поршень 375 и нефть, находящаяся под ним, в то время, как клапан 362 находится в закрытом положении. Затем на многофункциональное устройство 366 управления отправляется сигнал, который дает клапану 362 команду на открытие. При открытии клапана 362 нефть из камеры 371 для текучей среды направляется в камеру 381 пониженного давления за счет давления в скважине, действующего на плавающий поршень 375, и текучие среды из окружающей части скважины втягиваются в камеру 371 для текучей среды. Скорость, с которой нефть в камере 371 для текучей среды выталкивается в камеру 381 пониженного давления, и, следовательно, скорость, с которой текучие среды из скважины могут втягиваться в емкость 357, управляется поперечным сечением штуцера 376.

В качестве альтернативы, насос могут использовать вместо отрицательного дифференциального давления в емкости для втягивания текучих сред в емкость.

Преимущество варианта осуществления по фиг. 4 заключается в том, что плавающий поршень и штуцер могут способствовать управлению скоростью прохода скважинных текучих сред и обломков из окружающей части скважины в емкость, что может обеспечить получение более точных данных и, следовательно, проведение более точного анализа скважины и коллектора.

Изменения и улучшения могут быть предусмотрены без отступления от объема настоящего изобретения. Например, признаки по фиг. 1 и фиг. 2 могут быть объединены так, что аппарат может содержать больше одной емкости с отрицательным дифференциальным давлением, а сигналы управления могут передавать акустическим и/или электромагнитным способом. Подобным образом, вариант осуществления по фиг. 3 может быть основан на акустической связи вместо электромагнитной связи или в дополнение к ней.

Более того, на фигурах показана скважина в состоянии консервации. До этапа, который показан на фигурах, буровую установку могут присоединить к скважине, которая не накрыта колпаком. Могут установить первый барьер и затем могут активировать перфорирующее устройство, в то время, как буровая установка все еще присутствует и до установки второго барьера. После этих этапов будет установлен второй барьер и, впоследствии, соединение с буровой установкой будет прервано, а колпак возвратится на место.

# ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ исследования коллектора между первой скважиной и второй скважиной, включающий:
  - в случае первой скважины с поперечным сечением, установку по меньшей мере одного барьера в первой скважине так, что первую скважину разделяют на нижний изолированный по давлению участок под по меньшей мере одним барьером и верхний участок над по меньшей мере одним барьером;
  - при этом в нижнем изолированном по давлению участке располагают аппарат, содержащий:
    - перфорирующее устройство;
    - механизм управления для управления перфорирующим устройством, содержащий беспроводное устройство связи, выполненное с возможностью приема беспроводного сигнала управления для активации перфорирующего устройства;
    - датчик давления;
  - отправку в любое время беспроводного сигнала управления на беспроводное устройство связи для активации перфорирующего устройства, при этом беспроводной сигнал управления передают по меньшей мере в одной из следующих форм: электромагнитной, акустической, посредством индуктивно связанных трубчатых элементов и кодированных импульсов давления;
  - активацию после установки по меньшей мере одного барьера перфорирующего устройства для создания по меньшей мере одного перфорационного отверстия между первой скважиной и окружающим коллектором;
  - консервацию или ликвидацию во время или после установки по меньшей мере одного барьера по меньшей мере зоны, смежной с указанным нижним изолированным по давлению участком;
  - после активации перфорирующего устройства и после консервации или ликвидации указанной зоны:
    - (i) отслеживание давления в нижнем изолированном по давлению участке под по меньшей мере одним барьером с использованием датчика давления; и
    - (ii) отправку беспроводного сигнала данных, содержащего данные о давлении, из области под по меньшей мере одним барьером в область над по меньшей мере одним барьером за счет использования по меньшей мере одного из электромагнитной связи, акустической связи и индуктивно связанных трубчатых элементов.
2. Способ по п.1, отличающийся тем, что включает отслеживание изменений давления, вызванных действиями в дополнительной скважине.
3. Способ по п.1 или 2, отличающийся тем, что по меньшей мере один барьер устанавливают до отправки беспроводного сигнала управления на беспроводное устройство связи, таким образом беспроводной сигнал управления отправляют из области над по меньшей мере одним барьером на беспроводное устройство связи в область под по меньшей мере одним барьером для активации перфорирующего устройства.
4. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что перфорирующее устройство активируют меньше чем через неделю после установки по меньшей мере одного барьера.
5. Способ по п.2 или 3, отличающийся тем, что перфорирующее устройство активируют больше чем через месяц после установки по меньшей мере одного барьера.
6. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что по меньшей мере один барьер содержит мостовую пробку или пакер-пробку.
7. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что по меньшей мере один барьер выполняют из центральной части и части кольцевого пространства, при этом центральная часть находится в части кольцевого пространства или под ней.
8. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что по меньшей мере один барьер содержит столб цемента или материала, сходного с цементом, имеющий высоту по меньшей мере 2 м.
9. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что по меньшей мере один барьер остается на месте в течение по меньшей мере 1 месяца, по меньшей мере 3 месяцев или по меньшей мере 6 месяцев, и необязательно в течение по меньшей мере 1 года или более 5 лет.
10. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что всю первую скважину консервируют или ликвидируют.
11. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что по меньшей мере один барьер представляет собой первый барьер, и по меньшей мере один второй барьер устанавливают над аппаратом таким образом, что по меньшей мере один второй барьер препятствует гидродинамической связи и сообщению по текучей среде вдоль всего поперечного сечения первой скважины, тем самым изолируя под собой участок первой скважины, при этом необязательно перфорирующее устройство активируют после установки по меньшей мере одного второго барьера.
12. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что аппарат содержит емкость, и способ включает приведение текучей среды в движение через отверстие между внутренним пространством и внешним пространством емкости.

13. Способ по п.12, отличающийся тем, что непосредственно до движения текучей среды через отверстие давление внутри по меньшей мере части емкости на по меньшей мере 500 фунтов/кв. дюйм ниже или на по меньшей мере 500 фунтов/кв. дюйм выше, чем давление снаружи емкости.

14. Способ по любому из п.12 или 13, отличающийся тем, что отверстие представляет собой уже существующее отверстие в емкости, и устройство управления, управляемое беспроводным способом, обеспечивает или предотвращает движение текучей среды между внутренним пространством и внешним пространством емкости через отверстие.

15. Способ по любому из пп.12-14, отличающийся тем, что емкость имеет объем по меньшей мере 5 л или по меньшей мере 50 л, необязательно по меньшей мере 100 л.

16. Способ по любому из пп.12-15, отличающийся тем, что емкость герметизируют на поверхности и затем доставляют в первую скважину, таким образом аппарат перемещают от поверхности в первую скважину с герметизированной емкостью.

17. Способ по любому из пп.12-16, отличающийся тем, что отверстие находится между первой частью элемента пакера и второй частью элемента пакера, и перфорационное отверстие создают между коллектором и первой скважиной, а также между двумя частями элемента(-ов) пакера, при этом выполняют испытание в коротком интервале.

18. Способ по п.17, отличающийся тем, что части элемента пакера разносят меньше чем на 10 м, необязательно меньше чем на 5 м, или меньше чем на 2 м, или меньше чем на 1 м, или меньше чем на 0,5 м.

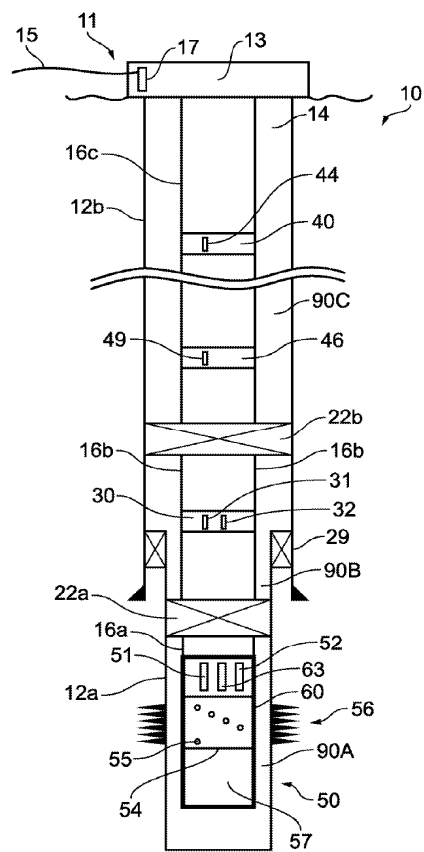
19. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что более легкие текучие среды циркулируют в первой скважине для снижения гидростатического напора в первой скважине, необязательно до давления, которое меньше давления в коллекторе, и по меньшей мере один барьер устанавливают в то время, когда гидростатический напор в первой скважине снижен.

20. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что аппарат выполняют с возможностью отслеживания давления или других параметров под по меньшей мере одним барьером в течение более одной недели, одного месяца, одного года или более пяти лет.

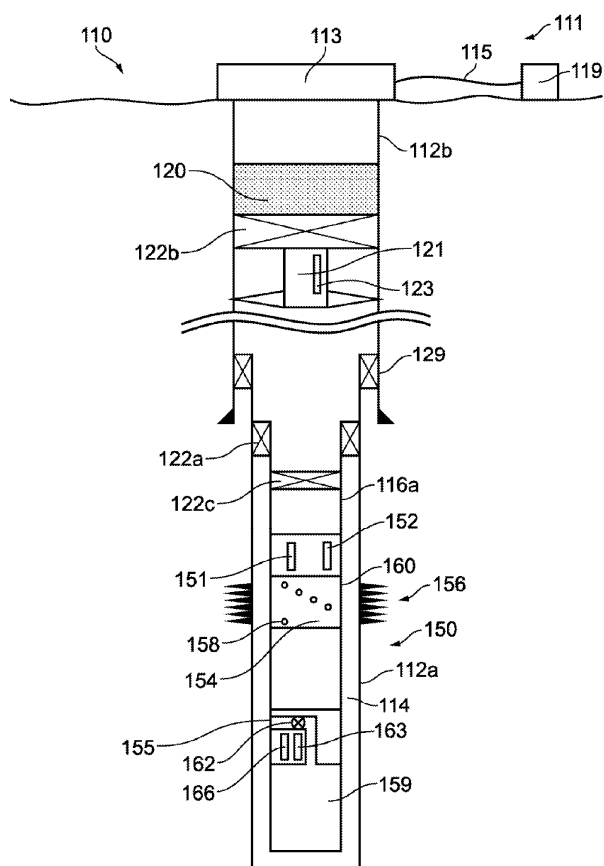
21. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что дополнительно включает применение аппарата для проведения испытания методом понижения уровня, испытания на приток, испытания методом кривых восстановления давления, испытаний сообщаемости, таких как гидропрослушивание или испытание на интерференцию, испытания на приемистость в интервале или испытания давлением.

22. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что группу дискретных датчиков температуры или распределенный датчик температуры располагают под по меньшей мере одним барьером.

23. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что по меньшей мере один из беспроводного сигнала данных и беспроводного сигнала управления передают как по меньшей мере один из электромагнитных сигналов и акустических сигналов.

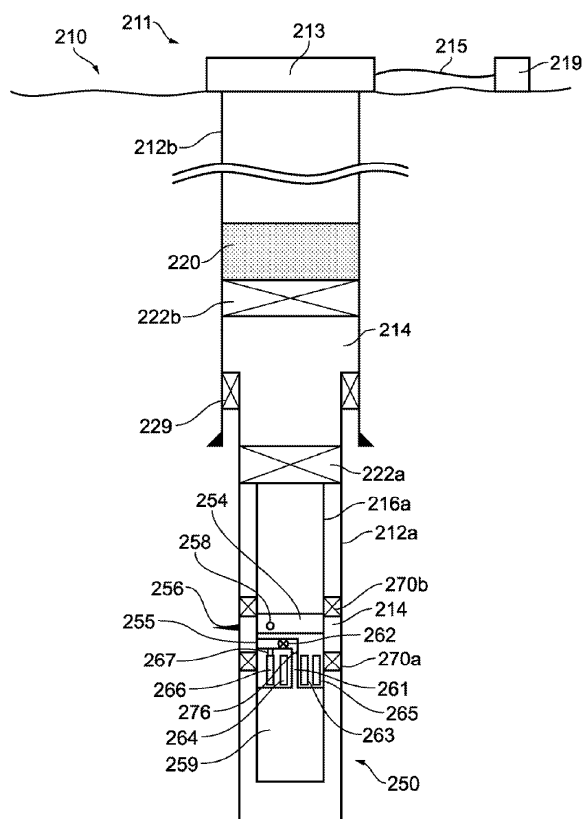


Фиг. 1

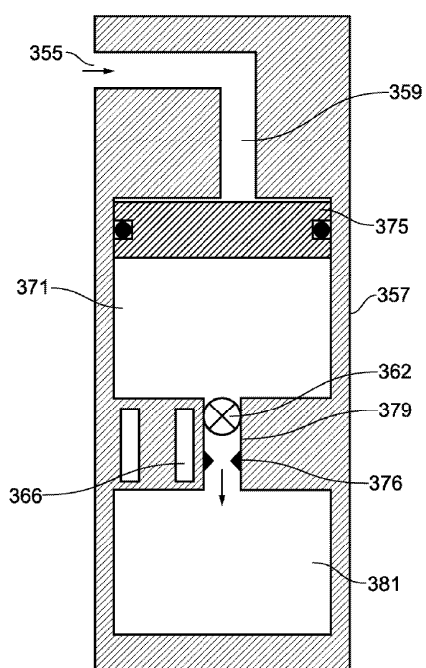


Фиг. 2





Фиг. 3



Фиг. 4

