

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **201692198** (13) **A1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2017.05.31

(51) Int. Cl. *E21B 43/08* (2006.01)
E21B 43/04 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2015.05.04

**(54) ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЕРХЛЕГКИХ ЧАСТИЦ В ОПЕРАЦИЯХ ПО СОЗДАНИЮ
МНОГОКАНАЛЬНОЙ ГРАВИЙНОЙ НАБИВКИ**

(31) 61/987,957

(32) 2014.05.02

(33) US

(86) PCT/US2015/029074

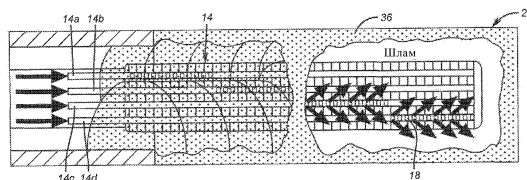
(87) WO 2015/168690 2015.11.05

(71) Заявитель:
БЕЙКЕР ХЬЮЗ ИНКОРПОРЕЙТЕД
(US)

(72) Изобретатель:
Малбрел Кристоф А., Крюз Джеймс Б.
(US)

(74) Представитель:
**Веселицкая И.А., Кузенкова Н.В.,
Веселицкий М.Б., Белоусов Ю.В.,
Каксис Р.А., Куликов А.В., Кузнецова
Е.В., Соколов Р.А., Кузнецова Т.В.**
(RU)

(57) В заявке описана операция по созданию в скважине, проходящей сквозь подземный пласт, гравийной набивки на основе многоканального фильтра с использованием флюида, содержащего сверхлегкие частицы, имеющие кажущуюся плотность, равную 2,45 или менее, и имеющие, по существу, нейтральную плавучесть в несущем флюиде. Поток флюида проходит через одну или более транспортных трубок, образующих вместе с фильтрующим элементом сборный фильтр. Гравийная набивка формируется на фильтрующем элементе сборного фильтра в месте установки последнего.



201692198

A1

A1

201692198

5

10

15

Заявка № 201692198

Заявитель БЕЙКЕР ХЬЮЗ

ИНКОРПОРЕЙТЕД, US

20

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЕРХЛЕГКИХ ЧАСТИЦ В ОПЕРАЦИЯХ
ПО СОЗДАНИЮ МНОГОКАНАЛЬНОЙ ГРАВИЙНОЙ НАБИВКИ

Ссылки на родственные заявки

Настоящая заявка притязает на приоритет патентной заявки US 61/987957,
зарегистрированной 2 мая 2014 г.

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к сверхлегким частицам, имеющим
кажущуюся плотность, равную 2,45 или менее, и повышающим эффективность
операций по созданию гравийной набивки, в которых используются фильтры,
содержащие альтернативные пути прохождения потока.

Уровень техники

Добыча углеводородов из несцементированных или
слабосцементированных продуктивных пластов, сквозь которые проходит

скважина, может иметь следствием, наряду с извлечением углеводородов, вынос песка из этой скважины (пескопроявление). Песок, выносимый с продукцией скважины, оказывает абразивное действие на трубы, насосы и клапаны внутри скважины. Кроме того, он часто приводит к частичной или полной закупорке скважины, вынуждая проводить дорогостоящий капитальный ремонт последней. Наряду с необходимостью удаления выносимого песка из добываемых флюидов на поверхности, вынос песка часто имеет следствием обрушение пород продуктивного пласта и смятие обсадной колонны, в случае ее наличия, внутри скважины.

Для уменьшения выноса песка из несцементированного или слабосцементированного продуктивного пласта обычно используют способ, заключающийся в создании в скважине гравийной набивки, находящейся рядом с продуктивным пластом. В типичной операции заканчивания с применением гравийной набивки спускают сетчатый фильтр в скважину на рабочей колонне и размещают рядом с подземным пластом, в интервале которого выполняется заканчивание. После этого в рабочую колонну закачивают шлам, который включает материал, состоящий из частиц, совместно называемых гравием или проппантом, и несущий флюид (текучую среду) и который поступает в кольцевое пространство скважины, образованное между фильтром и обсадной колонной или – в случае, если операция по борьбе с пескопроявлением проводится в открытом стволе, – между фильтром и необсаженным интервалом скважины. Поток несущего флюида в шламе при нормальных условиях проходит в пласт и/или сквозь сам сетчатый фильтр, размер ячеек которого выбирают таким образом, чтобы предотвратить прохождение движущегося гравия. В результате гравий осаждается, или "отсеивается", в кольцевом пространстве, скапливаясь вокруг сетчатого фильтра до образования гравийной набивки. Размер частиц гравия при этом выбирают таким образом, что они образуют проницаемую массу, позволяющую пройти сквозь них и сетчатый фильтр потоку добываемых флюидов и препятствующую прохождению движущегося песка, выносимого вместе с этими флюидами.

Одна из главных проблем, связанных с гравийной набивкой, особенно гравийной набивкой, создаваемой в длинных или наклонных интервалах, состоит в образовании преград в стволе скважины. Эти преграды, возникающие

вследствие обрушения пород пласта или образования скопления гравия в кольцевом пространстве, препятствуют полномасштабной циркуляции шлама, оставляя за собой сетчатый фильтр без набивки.

5 Более надежные результаты в борьбе с пескопроявлением достигаются при использовании скважинных фильтров с альтернативными путями прохождения потока, или многоканальных скважинных фильтров, обеспечивающих хорошее распределение гравия по всему интервалу заканчивания даже в случае образования песчаных перемычек. Примеры таких фильтров описаны в патентах US 4945991, 5082052, 5113935, 5417284 и 5419394, где отдельные обходные, или
10 транспортные, трубы располагаются на наружной поверхности фильтра. Альтернативные конструкции, в которых транспортные трубы располагаются внутри фильтра с целью минимизации их повреждения при сборке и установке, описаны, например, в патентах US 5341880, 5476143 и 5515915. В патентах US 5868200 и 6227303 над фильтрами и транспортными трубами с целью защиты
15 последних предусмотрены концентрические перфорированные защитные кожухи.

В этих скважинных фильтрах альтернативные пути прохождения потока (например, транспортные трубы с выходными отверстиями, или обходные трубы) простираются вдоль длины фильтра и сообщаются по текучей среде с
20 каналом, по которому движется гравийный шлам, когда он входит в кольцевое пространство скважины вокруг фильтра. Если в кольцевом пространстве образуется песчаная перемычка, то шлам по-прежнему может свободно двигаться по этим транспортным трубкам и поступает в кольцевое пространство через их выходные отверстия, заполняя это пространство над и/или под
25 песчаной перемычкой. Фильтры с альтернативными путями прохождения потока используются в операциях по созданию гравийной набивки как в обсаженных, так и в необсаженных стволах скважин.

Несущий флюид, используемый на практике для перемещения частиц гравия по транспортным трубкам, представляет собой вязкий гель. Такие гели
30 являются, как правило, вязкоупругими поверхностно-активными веществами или линейными гелями, такими как флюиды на основе ксантана или гидроксипропилцеллюлозы. Приготовление таких флюидов представляет собой сравнительно сложный процесс, поскольку обычно требует использования

деструкторов, буферов, биоцидов и т.д. Существуют также известные проблемы совместимости с некоторыми сортами сырой нефти. Например, пластовые углеводороды могут образовывать эмульсии с флюидами, содержащими вязкоупругие поверхностно-активные вещества, тогда как флюиды на основе ксантана зачастую плохо поддаются деструкции, что приводит к повреждению продуктивного пласта и ухудшению проницаемости. Кроме того, таким гелям свойственна усадка после создания гравийной набивки. Это приводит к неравномерному распределению гравийной набивки и образованию пустот в фильтре.

Следует иметь в виду, что представленное выше описание приведено лишь в иллюстративных целях и не подразумевает ограничения объема или сущности изобретения, охватываемых приложенной формулой изобретения, либо каких-либо родственных патентных заявок или патентов. Таким образом, ни один из пунктов приложенной формулы изобретения либо формул изобретения каких-либо родственных патентных заявок или патентов не ограничивается приведенным выше описанием и не должен интерпретироваться как рассматривающий, включающий или исключаящий каждый или любой из вышеупомянутых отличительных признаков или недостатков лишь потому, что он упомянут в настоящем описании.

Исходя из вышесказанного, существует потребность в усовершенствованных способах проведения операций по созданию гравийной набивки, в которых используются многоканальные фильтры, обладающие одним или более отличительных признаков или свойств, описанных или показанных в данном разделе или, возможно, в других разделах настоящего патента.

Раскрытие изобретения

В одном из вариантов осуществления настоящего изобретения предлагается способ создания гравийной набивки в скважине. В данном способе размещают в скважине фильтрующее устройство (далее - сборный фильтр), содержащее фильтрующий элемент и по меньшей мере одну транспортную трубку, имеющую выходные отверстия и простирающуюся вдоль длины этого фильтрующего элемента. Затем закачивают в скважину флюид (текучую среду) для ее обработки. Флюид для обработки скважины включает несущий флюид и сверхлегкие частицы, имеющие, в соответствии со стандартом API RP 60,

кажущуюся плотность (КП), не более (равную или менее) 2,45. Если в стволе скважины присутствует какая-либо преграда, возникшая, например, вследствие обрушения пород пласта в кольцевое пространство, то поток несущего флюида проходит по транспортным трубкам вниз и выходит через выходные отверстия за этой преградой. В результате в месте размещения сборного фильтра на фильтрующем элементе последнего формируется гравийная набивка, состоящая из сверхлегких частиц.

В другом варианте осуществления настоящего изобретения предлагается способ заканчивания скважины посредством создания гравийной набивки в горизонтальном открытом стволе. В данном способе размещают в скважине сборный противопесочный фильтр, а кольцевое пространство образуется между этим сборным противопесочным фильтром и подземным пластом. Сборный противопесочный фильтр содержит фильтрующий элемент и по меньшей мере одну транспортную трубку, имеющую по меньшей мере одно выходное отверстие. Транспортная(-ые) трубка(-и) простирается(-ются) вдоль длины фильтрующего элемента. В скважину закачивают флюид для ее обработки. Флюид для обработки скважины включает несущий флюид и сверхлегкие частицы, имеющие КП, равную 2,45 или менее. Поток флюида для обработки скважины имеет возможность прохождения через одно или более выходных отверстий в одной или более транспортных трубках. Гравийная набивка формируется из сверхлегких частиц на фильтрующем элементе сборного противопесочного фильтра.

В другом варианте осуществления настоящего изобретения предлагается способ создания гравийной набивки в скважине, в котором в скважине размещают ряд соединяющихся сборных фильтров. Каждый сборный фильтр содержит фильтрующий элемент и по меньшей мере одну транспортную трубку, имеющую одно или более выходных отверстий. В скважину закачивают флюид для ее обработки. Флюид для обработки скважины включает несущий флюид и сверхлегкие частицы, имеющие КП, равную 2,45 или менее. Сверхлегкие частицы имеют по существу нейтральную плавучесть в несущем флюиде. Сверхлегкие частицы образуют гравийную набивку на фильтрующем элементе сборного фильтра.

Еще в одном варианте осуществления настоящего изобретения предлагается способ создания гравийной набивки в необсаженной скважине, проходящей сквозь подземный пласт. В данном способе размещают сборный фильтр в необсаженной скважине. Сборный фильтр содержит фильтрующий элемент и по меньшей мере одну транспортную трубку, имеющую одно или более выходных отверстий. В скважину закачивают флюид для ее обработки. Флюид для обработки скважины включает несущий флюид, понизитель трения и сверхлегкие частицы. Сверхлегкие частицы имеют КП, равную 2,45 или менее. Они имеют по существу нейтральную плавучесть в несущем флюиде. Гравийная набивка формируется из этих сверхлегких частиц на фильтрующем элементе сборного фильтра.

В другом варианте осуществления настоящего изобретения предлагается способ создания гравийной набивки в необсаженной скважине, проходящей сквозь подземный пласт. В данном способе размещают сборный фильтр в необсаженной скважине. Сборный фильтр содержит фильтрующий элемент и по меньшей мере одну транспортную трубку, имеющую одно или более выходных отверстий. Транспортная(-ые) трубка(-и) располагается(-ются) внутри фильтрующего элемента. В скважину закачивают флюид для ее обработки. Флюид для обработки скважины включает несущий флюид и сверхлегкие частицы, имеющие КП, равную 2,45 или менее. Сверхлегкие частицы имеют по существу нейтральную плавучесть в несущем флюиде. Поток флюида для обработки скважины проходит через по меньшей мере одну транспортную трубку, а гравийная набивка формируется из сверхлегких частиц на фильтрующем элементе сборного фильтра.

В другом варианте осуществления настоящего изобретения предлагается способ создания гравийной набивки в скважине, в котором в скважине сначала размещают обсадную колонну. Затем выполняют перфорирование этой обсадной колонны для обеспечения прохождения потока флюида для обработки скважины в подземный пласт, сквозь который проходит скважина. После этого размещают сборный фильтр в скважине между обсадной колонной и кольцевым пространством скважины. Сборный фильтр содержит фильтрующий элемент и по меньшей мере одну транспортную трубку, имеющую одно или более выходных отверстий. Эта по меньшей мере одна транспортная трубка может

располагаться внутри фильтрующего элемента. Затем закачивают в скважину флюид для ее обработки, проходящий сквозь перфорационные отверстия в обсадной колонне. Флюид для обработки скважины может включать несущий флюид и сверхлегкие частицы, имеющие КП, равную 2,45 или менее, и имеющие по существу нейтральную плавучесть в несущем флюиде. Поток флюида для обработки скважины имеет возможность прохождения через сборный фильтр и выхода через одно или более выходных отверстий. После этого может быть сформирована гравийная набивка из сверхлегких частиц на фильтрующем элементе сборного фильтра.

Таким образом, настоящее изобретение включает отличительные признаки и преимущества, которые, как представляется, позволяют усовершенствовать операции по созданию гравийной набивки на основе многоканального фильтра. Характеристики и преимущества настоящего изобретения, описанные выше, и дополнительные отличительные признаки и полезные результаты станут очевидны для специалистов в данной области после ознакомления с приведенным ниже подробным описанием различных вариантов осуществления изобретения, представленным со ссылками на приложенные чертежи.

Краткое описание чертежей

Представленные ниже чертежи являются частью настоящей публикации, включены в последнюю с целью демонстрации конкретных аспектов различных вариантов осуществления изобретения и упоминаются в приведенном ниже подробном описании. На чертежах показано:

фиг. 1 – изображение в горизонтальной плоскости сборного фильтра, представленного в качестве примера для использования в способе согласно изобретению,

фиг. 2 – изображение в горизонтальной плоскости примера операции по созданию гравийной набивки в необсаженной скважине с использованием многоканальных сборных фильтров 10,

фиг. 3 – трехмерное горизонтальное изображение пласта, иллюстрирующее образование кольцевой песчаной перемычки при проведении операции по созданию гравийной набивки в необсаженной скважине с использованием флюида для обработки скважины, содержащего сверхлегкие частицы.

Подробное описание предпочтительных вариантов осуществления

Характеристики и преимущества настоящего изобретения и дополнительные отличительные признаки и полезные результаты станут очевидны для специалистов в данной области после ознакомления с приведенным ниже подробным описанием примеров осуществления изобретения, представленным со ссылками на приложенные чертежи. Следует иметь в виду, что настоящее описание и приложенные чертежи, представляющие собой примеры осуществления изобретения, не подразумевают ограничения формулы изобретения настоящего патента или любых патентов или патентных заявок, претендующих на его приоритет. Напротив, они подразумевают включение в рассмотрение всех модификаций, эквивалентных и альтернативных вариантов осуществления, находящихся в пределах объема и сущности изобретения, охватываемых формулой изобретения. В отдельные варианты осуществления изобретения и конструктивные элементы, представленные в настоящем описании, могут быть внесены многочисленные изменения в пределах сущности и объема изобретения.

В контексте настоящего описания и различных разделов (и заголовков) настоящей патентной заявки термины "описание изобретения", "настоящее описание" и их вариации не подразумевают включения каждого возможного варианта осуществления изобретения, охватываемого настоящим описанием или каким(и)-либо отдельным(и) пунктом(-ами) формулы изобретения. Таким образом, содержание каждого такого упоминания не следует рассматривать как обязательную составляющую или часть каждого варианта осуществления изобретения, представленного в настоящем описании, или какого(-их)-либо отдельного(-ых) пункта(-ов) формулы изобретения лишь из-за наличия такого упоминания.

В контексте настоящего описания и приложенной формулы изобретения термины "включающий" и "содержащий" используются в неограниченно широком смысле и поэтому должны интерпретироваться как означающие "включая, но не ограничиваясь...". Кроме того, упоминание в настоящем описании и в приложенной формуле изобретения каких-либо компонентов и объектов в единственном числе не ограничивает изложенное в настоящем описании и приложенной формуле изобретения заведомо лишь одним таким

компонентом или объектом, а должно, в основном, интерпретироваться (в зависимости от применимости и целесообразности в каждом отдельном случае) как означающее "один или более".

5 Эффективность операций по созданию гравийной набивки, в которых используются скважинные фильтры с альтернативными путями прохождения потока, или многоканальные скважинные фильтры, повышается благодаря применению сверхлегких частиц. Скважинные фильтры с альтернативными путями прохождения потока, или многоканальные скважинные фильтры, характеризуются как сборные фильтры, содержащие фильтрующий элемент и
10 одну или более транспортных трубок, имеющих одно или более выходных отверстий.

Термин "сверхлегкая " означает, что частица имеет КП, равную 2,45 или менее, предпочтительно – 2,25 или менее, более предпочтительно – 2,0 или менее, еще более предпочтительно – 1,75 или менее. В некоторых вариантах
15 осуществления настоящего изобретения КП равна 1,25 или менее, часто – 1,10 или менее. Использование сверхлегких частиц в операциях по созданию гравийной набивки на основе многоканального фильтра позволяет снизить (по сравнению со шламами, содержащими обычные частицы) скорость закачки в скважину и в сборный фильтр флюида (состава) для обработки скважины,
20 содержащего частицы. Кроме того, использование сверхлегких частиц в операциях по созданию гравийной набивки на основе многоканального фильтра снижает потери давления на трение в рабочей колонне, проходящей через пласт. Тем самым сводится к минимуму образование перемычек и неполной гравийной набивки.

25 Способ, предлагаемый в настоящем изобретении, применим, в частности, для обработки горизонтальных скважин, хотя его можно в равной степени применять для обработки вертикальных и наклонных скважин. Этот способ можно использовать для обработки нефтяных, газовых, геотермальных и других скважин.

30 Кроме того, настоящее изобретение относится к использованию сверхлегких частиц в операциях по созданию гравийной набивки в необсаженной скважине, а также в тех случаях, когда в скважине размещается обсадная колонна. В случаях применения гравийной набивки в необсаженных

скважинах кольцевое пространство образуется в скважине между сборным фильтром и подземным пластом. Если скважина оснащена обсадной колонной, то эта колонна соединяется со стенками скважины посредством цементной оболочки, а перфорационные каналы, проходящие сквозь обсадную колонну и цементную оболочку, обеспечивают сообщение по текучей среде между интервалами скважины и пласта.

Сверхлегкие частицы предпочтительно имеют по существу нейтральную плавучесть в несущем флюиде. Термин "имеющие по существу нейтральную плавучесть" относится к условию, согласно которому эти частицы имеют плотность, достаточно близкую к плотности несущего флюида (в большинстве случаев не превышающую плотность несущего флюида более чем приблизительно на 20%, обычно – более чем на 15%), что позволяет закачивать частицы в пласт, удовлетворительным образом размещая их в пласте. Имеющие по существу нейтральную плавучесть сверхлегкие частицы держатся, в основном, на поверхности несущего флюида. Такие флюиды легче закачивать, и их можно просто ресуспендировать даже в случае усадки.

Сверхлегкие частицы предпочтительно используются без геля-носителя, что позволяет устранить недостатки, присущие вязким несущим флюидам. Кроме того, из-за отсутствия необходимости в гелях отсутствует и необходимость добавления во флюид присадок-деструкторов. Это исключает потребность в специализированном оборудовании для смешивания и закачки. Далее, использование сверхлегких частиц с по существу нейтральной плавучестью в несущем флюиде повышает плотность набивки и ее долгосрочную эффективность, поскольку гравийная набивка не разрушается по завершении операций по ее созданию. В случае применения деструктора гели, обычно используемые для обеспечения удержания обычных частиц во взвешенном состоянии, могут вызвать до 15% усадки набивки после ее создания. Благодаря использованию флюидов для обработки скважины, представленных в настоящем описании, повышается эффективность первоначально созданной набивки и обеспечивается защита фильтрующего элемента в сборном фильтре. Кроме того, исключается присутствие полимерных остатков, способных причинить ущерб, благодаря чему снижаются риск повреждения призабойной зоны скважины и отрицательное влияние на добываемую продукцию.

Кроме того, была установлена высокая эффективность перемещения сверхлегких частиц в водном несущем флюиде, что является характерной особенностью движения флюида, содержащего большое количество твердых частиц, через многоканальные системы (а именно по узким и очень длинным каналам) и означает, что движение воды по узким трубам с массопереносом в ней сверхлегких частиц (то есть закачка шлама через узкие трубы) происходит на удивление легко по сравнению вязким гелем, предназначенным для создания гравийной набивки и содержащим обычный песок или частицы керамического гравия. Другими словами, для движения шлама, состоящего из воды и сверхлегких частиц, требуется меньшее давление, сверхлегкие частицы не замедляются во время этого движения, а массоперенос твердых частиц гравия в многоканальной системе, то есть по транспортным трубкам, на длинное расстояние для размещения в горизонтальных скважинах является идеальным по сравнению с вязкими шламами, содержащими обычные тяжелые частицы и движущимися по узким, но чрезвычайно длинным горизонтальным транспортным трубкам. Улучшенный массоперенос требует меньшего давления насоса, благодаря чему могут быть обеспечены более высокие скорости закачки (то есть сокращено время обработки и снижены затраты на оплату нахождения буровой установки подрядчика на морском месторождении). Кроме того, возникает возможность продления срока использования многоканальных фильтров по сравнению с созданием набивки посредством загущенного шлама. В случае загущенного шлама массоперенос в транспортных трубках малого диаметра и большой длины ограничивает протяженность гравийной набивки на основе многоканального фильтра величиной в 3000–4000 футов применительно к горизонтальной или наклонной скважине. В отличие от этого, с помощью предлагаемого способа можно увеличить протяженность гравийной набивки на основе многоканального фильтра до 6000–7000 футов и более благодаря повышению эффективности массопереноса, которое имеет место в случае водного несущего флюида со сверхлегкими частицами. Это выражается в огромном увеличении призабойной зоны скважины в продуктивном пласте, обеспечивающем увеличение притока углеводородов из этого пласта, и в возникновении дополнительной площади призабойной зоны, в которой со временем может произойти повреждение пласта без того пропорционального

снижения углеводородной продукции, что имеет место в случае использования многоканальных систем меньшей длины. Более длинные скважины (и многоканальные системы) могут также характеризоваться меньшим давлением потока углеводородов, выходящего из продуктивного пласта (давлением отбора на фут длины скважины), при эквивалентном дебите сравнительно с более короткими многоканальными системами. Это тоже должно уменьшать миграцию мелких частиц, обусловленную высокой скоростью движения потоков пластовых флюидов.

Для транспортировки сверхлегких частиц можно использовать любой подходящий несущий флюид, включая, но не ограничиваясь этим, несущие флюиды, содержащие солевые растворы для заканчивания скважин, пресную воду и жидкие углеводороды. Несущий флюид предпочтительно является незагущенным.

Выбор солевого раствора для заканчивания скважин зависит от характеристик пласта. Например, было установлено, что солевые растворы высокой плотности (такие как растворы хлорида натрия, хлорида калия, хлорида кальция, бромида натрия, бромида кальция, бромида цинка, формиата калия, формиата цезия и формиата натрия) находят специальное применение в глубоких скважинах, простирающихся вглубь на 15000–30000 футов (4500–10000 метров). Солевые растворы высокой плотности требуются также в тех случаях, когда гравийную набивку необходимо сформировать при высоких температурах, чтобы она выдерживала высокие давления флюидов на забое. Состав солевого раствора определяет свойства флюида для обработки скважины и, следовательно, выбор сверхлегких частиц. Эти свойства флюида могут включать, например, рН, плотность и т.д. по существу нейтральные и плавучие сверхлегкие частицы выбирают, исходя из плотности несущего флюида. Например, если флюид имеет КП, равную приблизительно 1,25, то выбранные сверхлегкие частицы могут иметь КП, равную приблизительно 1,2. Выбор частиц, имеющих плотность, находящуюся в близком соответствии с плотностью несущего флюида, обеспечивает чрезвычайно эффективное перемещение проппанта при низких требованиях к несущему флюиду и широкие возможности для планирования операций по созданию гравийной набивки в

горизонтальных скважинах при меньших скоростях закачки и/или больших расстояниях.

В одном варианте осуществления настоящего изобретения потери давления на трение снижают (по сравнению с обычными гелями-носителями) путем использования агентов – понизителей трения. Такие агенты позволяют закачивать флюиды с большей скоростью (то есть за меньшее время) и на большее расстояние, что позволяет осуществить с помощью многоканальных фильтров заканчивание более длинных скважин, чем в случае вязких флюидов, содержащих обычные частицы или частицы, КП которых превышает 2,45.

Поверхностное давление снижается благодаря снижению потерь на давление. Это, в свою очередь, сводит к минимуму поглощение флюида в пласте. В одном варианте осуществления настоящего изобретения флюид может также содержать понизитель трения в концентрации от 0 до приблизительно 4 фунтов на тысячу галлонов, отнесенной к тысяче галлонов флюида-основы.

Наиболее часто используемыми понизителями трения являются полиакриламидные полимеры. Для улучшения характеристик полиакриламидного понизителя трения разработаны также различные сополимеры. Наиболее часто используемыми мономерами, кроме акриламида, в этих сополимерах являются акриламидо-2-метилпропан-сульфонат натрия и акриловая кислота. Другие понизители трения указаны в канадском патенте 2641479, включенном в настоящую заявку посредством ссылки.

Сверхлегкие частицы, используемые в настоящем изобретении, включают пористые и/или деформируемые частицы. Термин "деформируемые" означает, что частицы гравийной набивки претерпевают существенную пластическую деформацию при воздействии деформирующего усилия, соответствующего минимальному пороговому значению.

Размеры сверхлегких частиц варьируются в диапазоне от 6 до 100 меш, предпочтительно – от 20/40 до 40/60 меш.

Подходящие сравнительно легкие твердые частицы описаны в патентах US 6364018, 6330916 и 6059034, каждый из которых включен в настоящую заявку посредством ссылки. Примеры подходящих сверхлегких частиц включают скорлупу орехов, таких как грецкий орех, орех pekan, кокосовый орех, миндальный орех, орех тагуа, бразильский орех и т.д., косточки фруктов, таких

как сливы, оливки, персики, вишни, абрикосы и т.д., оболочки семян других растений, таких как кукуруза (например, стержни кукурузных початков и шелуху от кукурузных зерен), материалы, полученные из древесины дуба, пекана, грецкого ореха, тополя, красного дерева и т.д.

5 Прочие примеры подходящих сверхлегких частиц включают полистирол-дивинилбензол, сополимеры, триполимеры (такие как полистирол-винил-дивинилбензол и триполимеры на основе акрилатов) и полимеры производных фурфурила, фенолформальдегида, фенольных эпоксидных смол, полистирола, метилметакрилата, нейлона, поликарбонатов, полиэтилена, полипропилена,
10 поливинилхлорида, полиакрилонитрил-бутадиен-стирола, полиуретана и их смеси. Кроме того, эти сополимеры могут вступать в реакцию со сшивающим агентом, таким как дивинилбензол. Прочие твердые частицы, используемые в соответствии с настоящим изобретением, включают нейлон, полистирол и полиэтилентерефталат.

15 Сверхлегкие частицы, используемые в соответствии с настоящим изобретением, могут быть снабжены (или не снабжены) покрытием. Подходящие покрытия могут включать отвержденные, частично отвержденные или неотвержденные слои термоотверждаемой или термопластичной смолы. Например, покрытие твердой частицы может представлять собой органическое
20 соединение, включающее эпоксидную смолу, фенолоальдегидную смолу, полиуретан, поликарбодиимид, полиамид, полиамидоимид, фурановые смолы или их сочетания.

Сравнительно легкие частицы предпочтительно включают полиамиды, описанные в патенте US 7931087, включенном в настоящую заявку посредством
25 ссылки, а также включают пористые частицы, такие как пористые керамические частицы, снабженные покрытием из проникающего внутрь непористого и/или замазывающего материала. Такие материалы описаны в патенте US 7426961, включенном в настоящую заявку посредством ссылки, и включают композиты из этих материалов, причем (а) КП пористого материала покрытия меньше КП
30 пористого материала частиц, (б) проницаемость материала покрытия меньше проницаемости пористого материала частиц или (в) пористость материала покрытия меньше пористости материала частиц.

Кроме того, примеры частиц включают зернистую массу для обработки скважин, состоящую из органического легкого материала и модификатора веса.

КП органического легкого материала может быть больше или меньше КП

зернистой массы для обработки скважин в зависимости от того, является ли

5 модификатор веса соответственно утяжеляющим или облегчающим агентом.

Зернистая масса может содержать непрерывную (внешнюю) фазу, состоящую из органического легкого материала, и дисперсную (внутреннюю) фазу, состоящую

из модификатора веса. Такая зернистая масса описана в патенте US 7772163,

включенном в настоящую заявку посредством ссылки.

10 Кроме того, можно использовать смесь любых частиц, упомянутых выше.

Сверхлегкие частицы могут быть получены путем дробления, размалывания, резания, рубки и аналогичных или иных процессов. Как правило, размеры используемых частиц варьируются в диапазоне приблизительно от 4 до 100 меш.

15 Сверхлегкие частицы могут иметь любую форму. Например, сверхлегкие частицы могут быть сферическими или несферическими, продолговатыми, конусообразными, яйцевидными, каплевидными, овальными или иметь форму, представляющую собой комбинацию вышеперечисленного. Например,

сверхлегкие частицы могут быть кубическими, брусковидными (как в случае гексаэдра, у которого длина больше ширины, а ширина больше толщины), цилиндрическими, многогранными, сложнопрофильными (неправильной

20 формы), бисерообразными или иметь форму, представляющую собой комбинацию вышеперечисленного. Кроме того, сверхлегкие частицы могут иметь существенно шероховатую и неоднородную или по существу гладкую

25 поверхность. Предлагаемый способ предусматривает также использование смесей сверхлегких частиц, имеющих разную, но подходящую форму.

В одном варианте осуществления настоящего изобретения содержание во флюиде сверхлегких частиц, предназначенных для борьбы с пескопроявлением, может составлять приблизительно 0,2–10 фунтов на галлон флюида, но при

30 необходимости могут быть использованы и бóльшие или меньшие

концентрации. Если в состав входит солевой раствор низкой плотности, то

сверхлегких частиц обычно бывает меньше. Например, если сверхлегкие

частицы имеют КП около 1,1, то их необходимое количество составляет около

1,7 фунта на галлон несущего флюида. В отличие от этого, если сверхлегкие частицы содержат более тяжелые материалы, такие как пористую керамику, то их необходимое количество составляет около 4 фунтов на галлон несущего флюида. Таким образом, хотя в скважину может закачиваться один и тот же
5 объем флюида, концентрация сверхлегких частиц в этом флюиде будет зависеть от КП этих частиц.

Способы, предлагаемые в настоящем изобретении, можно использовать при обработке обычных карбонатных и песчаных пластов, в частности
10 нецементированных или слабосцементированных песчаных пластов. Эти способы демонстрируют особенную эффективность в высокопроницаемых подземных пластах-коллекторах, проницаемость которых находится в диапазоне приблизительно 100–8000 мД.

Флюид, содержащий сверхлегкие частицы, легко доставляется к фильтру и непосредственно распределяется через его внутренние альтернативные пути
15 прохождения потока по разным уровням интервала заканчивания.

В процессе работы внутри обсадной колонны устанавливают пакер для забойного гравийного фильтра, изолирующий часть необсаженного (или
20 обсаженного) ствола скважины. Фильтр размещают внутри необсаженного ствола (или внутри обсадной колонны, содержащей перфорационные каналы). Фильтр поддерживается упомянутым пакером.

В процессе работы спускают сборный фильтр на рабочей колонне к продуктивному пласту в скважине. Затем через рабочую колонну закачивают
25 содержащий сверхлегкие частицы флюид для обработки скважины, выходящий в кольцевое пространство скважины вокруг фильтра через узел перекрестных потоков (кроссовер), соединенный с выходными отверстиями, расположенными ниже пакера.

По мере подачи флюида в кольцевое пространство (или в обсадную колонну) скважины его поток проходит также через входное отверстие в
30 верхний конец кольцевого пространства и в транспортные трубки сборного фильтра (то есть в кольцевое пространство рядом с неперфорированными участками одной или более концентрических труб). В случае образования песчаной перемычки в кольцевом пространстве до размещения в последнем всего гравия поток флюида может пройти по одной или более транспортных

трубок и выйти через одно или более выходных отверстий на разных уровнях кольцевого пространства скважины для завершения создания гравийной набивки в интервале заканчивания. По завершении создания гравийной набивки кроссовер и т.д. удаляют и вводят скважину в эксплуатацию. Поток флюидов, извлекаемых из продуктивного пласта, проходит сквозь гравийную набивку и затем на поверхность по колонне насосно-компрессорных труб, соединенной с пакером.

Многоканальные сборные фильтры известны из литературы и могут быть использованы в способе, предлагаемом в настоящей заявке. Например, сборный фильтр может содержать ряд транспортных трубок, расположенных снаружи на внешней поверхности фильтрующего элемента. Противопесочный фильтрующий элемент может представлять собой стандартное устройство и включать проволочные фильтры, щелевые фильтры, набивные фильтры или сетчатые премиум-фильтры. Назначение противопесочного фильтрующего элемента состоит в обеспечении прохождения сквозь него пластового флюида и предотвращении прохождения песка и гравия. Транспортные трубки имеют выходные отверстия, расположенные вдоль их длины. Длина фильтрующего элемента обычно соответствует длине одной трубной секции и составляет 40 футов и менее. Такие сборные фильтры описаны в патентах US 4945991, 5082052, 5113935, 5417284 и 5419394, включенных в настоящую заявку посредством ссылок.

Размер отверстий в фильтрующем элементе достаточен для проталкивания флюида, содержащего сверхлегкие частицы, в кольцевое пространство скважины и выхода его из перфорационных каналов в пласт. Этот размер обычно составляет приблизительно 0,1–5 мм, в большинстве случаев – приблизительно 0,15–0,5 мм.

Транспортные трубки, смонтированные на/в фильтрующем элементе, располагаются в непосредственной близости к наружной поверхности этого элемента. Размеры транспортных трубок достаточны для обеспечения прохождения потока обрабатывающего флюида, содержащего сверхлегкие частицы. Транспортные трубки простираются по существу через все кольцевое пространство скважины, в котором требуется создать гравийную набивку, и могут быть открыты с обоих концов или открыты на верхнем конце и

герметично закрыты на нижнем. Транспортные трубки сообщаются с рядом выходных отверстий в одном или более соединительных элементов, обеспечивающих сообщение по текучей среде между транспортными трубками и кольцевым пространством. Количество и размер этих выходных отверстий достаточны для обеспечения прохождения потока обрабатывающего флюида, содержащего сверхлегкие частицы, из транспортных трубок в кольцевое пространство.

Транспортные трубки могут также располагаться внутри фильтрующего элемента. Такие сборные фильтры описаны в патентах US 5341880, 5476143 и 5515915, включенных в настоящую заявку посредством ссылок. Поверх транспортных трубок может быть также расположена наружная труба, так что кольцевое пространство образуется между транспортными трубками и наружной трубой. В этой конструкции как транспортные трубки, так и наружная труба могут иметь выходные отверстия, расположенные вдоль их длины, но проходящие только по радиальным участкам их окружности. Тем самым в каждой трубке предусматриваются соответствующие перфорированные и неперфорированные радиальные участки, которые соответствующим образом радиально совмещаются при концентрическом расположении трубок. Такие сборные фильтры описаны в патентах US 6227303 и 6220345, включенных в настоящую заявку посредством ссылок.

На фиг. 1 представлен пример сборного фильтра 10, содержащего ряд транспортных трубок 12, расположенных внутри фильтрующего элемента 14. Показанные транспортные трубки имеют в поперечном разрезе почкообразную форму, чем обеспечивается максимальное проходное сечение потока при минимальном диаметре. Транспортные трубки и фильтрующий элемент помещены в набивочную трубу 16. На фиг. 1 показано много транспортных трубок, расположенных внутри фильтрующего элемента, чем обеспечивается максимальное проходное сечение потока при пониженном трении. Обрабатывающий флюид, содержащий сверхлегкие частицы, может проходить в кольцевое пространство скважины сквозь выходное отверстие 18 сборного фильтра.

На фиг. 2 показана операция по созданию гравийной набивки в необсаженной скважине, в ходе которой в горизонтальном стволе 20 скважины,

разделенном соединительными элементами 26, размещают несколько сборных фильтров 10. Хотя ствол 20 скважины показан в данном случае как существенно горизонтальный, он может быть также вертикальным или наклонным. Как показано на чертеже, сборный фильтр удерживается в определенном положении

5 внутри скважины с помощью пакера 22, расположенного вокруг опорной трубы 34. Опорную трубу 34 спускают в нижнюю точку 24 вертикального участка горизонтальной скважины 20 на рабочей колонне (не показана). Транспортные трубки 12 могут быть перфорированы для обеспечения прохождения потока флюида для обработки скважин в фильтрующий элемент 14. Для обеспечения

10 циркуляции сверхлегких частиц вокруг фильтрующего элемента используется кроссовер 28 на рабочей колонне. Он соединен с удлинителем 30. Флюид для обработки скважины закачивают через рабочую колонну в носок 32 скважины вокруг сборного фильтра 10. Поток этого флюида, содержащего сверхлегкие частицы, проходит сквозь сборный фильтр и выходит через одно или более

15 выходных отверстий 18. Сверхлегкие частицы образуют гравийную набивку вокруг кольцевого пространства скважины. Поток углеводородов, извлекаемых из продуктивного пласта, проходит сквозь эту проницаемую гравийную набивку в скважину, причем гравийная набивка препятствует выносу песка из пласта.

На многих промысловых участках присутствуют высокореактивные глины,

20 породы пластов являются мягкими и нестабильными и могут легко обрушиваться на протяжении сравнительно неглубоко залегающих интервалов глубоких скважин. В результате может произойти разрушение ствола скважины, разбухание глины в стволе или поглощение флюида в пласте, что сопровождается возникновением в стволе скважины гравийной перемычки,

25 препятствующей дальнейшей циркуляции гравия. На фиг. 3 показана образовавшаяся кольцевая песчаная перемычка, блокирующая дальнейшее прохождение потока сквозь фильтрующие элементы 14. Сборные фильтры 14a, 14b, 14c и 14d обеспечивают циркуляцию гравийного шлама по нескольким путям прохождения потока, обходящего преграду в кольцевом пространстве.

30 Благодаря этому частицы могут быть размещены на более отдаленных участках ствола скважины.

На фиг. 3А показано использование сборных фильтров в способах, соответствующих известному уровню техники, где в скважину закачивают шлам,

содержащий частицы с КП, превышающей 2,65. В каждом сборном фильтре предусмотрен подвод потока шлама из транспортной трубки в требуемое место. Как показано на чертеже, трубка 14a расположена в первой четверти горизонтальной скважины 20. Трубка 14b расположена во второй четверти горизонтальной скважины 20. Трубка 14c расположена в третьей четверти горизонтальной скважины 20 и простирается за кольцевую песчаную перемычку. Трубка 14d расположена в последней четверти горизонтальной скважины 20 и простирается еще дальше за кольцевую песчаную перемычку. При закачке шлама, содержащего обычные частицы (имеющие КП, превышающую 2,65), шлам не может пройти за кольцевую перемычку вследствие того, что более тяжелые частицы слишком плотно компонуется в первой и второй четвертях горизонтальной скважины. Это показано на фиг. 3Б (ситуация до достижения кольцевой перемычки шламом, соответствующим известному уровню техники). В этих случаях оборудование сборных фильтров транспортными трубками является сравнительно излишним, поскольку большая часть шлама может выйти через фильтрующий элемент. Фиг. 3Б показывает, что обрабатывающий флюид, предлагаемый в настоящем изобретении, может легко пройти за кольцевую перемычку и выйти через выходные отверстия 18 сборного фильтра. Поэтому использование обрабатывающего флюида, содержащего сверхлегкие частицы, позволяет создать удовлетворительную гравийную набивку, простирающуюся за кольцевые преграды.

Таким образом, локализация сверхлегких частиц, выходящих из многоканального сборного фильтра 10, на различных уровнях в пласте 36 обеспечивает лучшее распределение гравия по всему интервалу заканчивания, особенно в случаях, когда упомянутые перемычки образуются в кольцевом пространстве до размещения всего гравия. Кроме того, использование сверхлегких частиц во флюиде для обработки скважин позволяет снизить потери давления на трение в транспортных трубках, благодаря чему отсутствует необходимость в вязком обрабатывающем флюиде или в применении загустителя. Тем самым сводится к минимуму повреждение пласта.

Таким образом, предпочтительные варианты осуществления настоящего изобретения обладают преимуществами по сравнению с известным уровнем техники и хорошо применимы для решения одной или более задач изобретения.

Тем не менее, настоящее изобретение не требует реализации каждого из компонентов и действий, описанных выше, и ни в коей мере не ограничивается описанными выше вариантами осуществления или способами выполнения операций. Каждый из вышеупомянутых компонентов, характерных признаков или процессов можно использовать в отдельности или в группе и в любом подходящем сочетании без привлечения других таких компонентов, характерных признаков и процессов. Кроме того, настоящее изобретение включает дополнительные характерные признаки, возможности, функции, способы, варианты эксплуатации или применения, которые не упоминаются специально в настоящем описании, но являются или становятся очевидными при ознакомлении с этим описанием, приложенными чертежами и формулой изобретения.

ПРИМЕРЫ

В интервале протяженностью 400 футов было проведено испытание с использованием проппанта LiteProp 108, представляющего собой частицы с по существу нейтральной плавучестью в пресной воде (сверхлегкие частицы производства компании Baker Hughes Incorporated, имеющие КП около 1,08). Испытание продемонстрировало превосходные результаты в отношении создания гравийной набивки и прохождения потока частиц по многоканальным транспортным трубкам за преграды и зоны поглощения по сравнению с вязким гелем, содержащим проппант Carbolite® производства компании Carbo Ceramics, имеющий плотность 2,65. Концентрация частиц в каждом из испытывавшихся флюидов составляла приблизительно 0,05 кубического фута на галлон. Сборный фильтр представлял собой многоканальный фильтр EXCELLPAK™ производства компании Baker Hughes Incorporated. Сборный фильтр содержал четыре транспортные трубки, каждая из которых имела в поперечном разрезе почкообразную форму и площадь около 1 квадратного дюйма и обеспечивала увеличение проходного сечения потока и дополнительный канал для прохождения шлама. Потoki закачиваемого флюида для обработки скважины проходили через эти трубки, после чего смешивались и перераспределялись у каждого соединительного элемента. Затем частицы для обработки скважины выходили из фильтра через ряд отверстий, расположенных вдоль длины каждого соединительного элемента. Полученные результаты показывают, что

обрабатывающий флюид, содержащий LiteProp 108, является более эффективным, чем вязкий гель, содержащий Carbolite®. В ходе процесса сверхлегкие частицы оставались во взвешенном состоянии, а трение уменьшалось.

- 5 В ходе испытаний на промысловом участке второй из вышеупомянутых флюидов прошел 4000 футов, после чего дальнейшее его прохождение потребовало бы слишком высокого давления. Это могло бы привести к повреждению как инструмента, так и пласта. Расстояние, которое могут пройти предлагаемые в настоящем изобретении флюиды для обработки скважин,
- 10 содержащие сверхлегкие частицы, может составлять до 8000 футов. Следовательно, обрабатывающие флюиды, содержащие сверхлегкие частицы, могут распространить процесс образования гравийной набивки на большую глубину (в вертикальных скважинах) или на большую длину (в горизонтальных скважинах), чем обрабатывающие флюиды, содержащие обычные частицы
- 15 (имеющие КП, превышающую или равную приблизительно 2,65). Это способствует повышению дебита флюида, добываемого из скважины, и вместе с тем ограничивает степень повреждения продуктивного пласта с течением времени. Кроме того, полученные данные показывают, что номинальные потери давления на трение (измеряемые в фунтах на кв. дюйм/фут, отнесенных к
- 20 баррелям/мин.) флюидов для обработки скважины, содержащих по существу нейтральные плавучие сверхлегкие частицы, составляют 1/3 от значения, зафиксированного в случае вязкого геля, содержащего Carbolite®. Наконец, через фильтр можно закачать, не вызывая усадки или осаждения, флюид с большей концентрацией сверхлегких частиц.

25 Таблица 1

Флюид	Carbolite	Солевой раствор с понизителем трения (1 галлон на тысячу галлонов)
Частицы	Гравий 20/40	LiteProp 108
КП частиц	2,65	1,06
Загрузка частиц	5, 5 фунта на галлон	1,63 (эквивалентно 4 фунтам на галлон)
Скорость (баррелей в минуту)	6	6
Длина интервала (футы)	400	200
Преграды	Зона поглощения +	Кольцевой барьер

	кольцевой барьер	
Поддерживаемое давление закачки (фунты /кв. дюйм)	600	130
Потери давления на трение в фунтах на кв. дюйм/фут, отнесенных к баррелям/мин	0,30	0,11
Эффективность гравийной набивки	99%	96%

Способы, которые могут быть заявлены в соответствии с изложенным в настоящем описании, и любые другие способы, которые могут находиться в пределах объема, охватываемого приложенной формулой изобретения, не требуют обязательного использования конкретных вариантов осуществления изобретения, представленных в настоящем описании и на чертежах.

Специалисты в данной области могут вносить в пределах объема, охватываемого приложенной формулой изобретения, в эти способы, показанные и описанные в примерах осуществления настоящего изобретения, дополнения, модификации и/или изменения и использовать их в пределах сущности, идеи и объема изобретения, охватываемых приложенной формулой изобретения. Таким образом, все изложенное в настоящем описании или показанное на приложенных чертежах следует интерпретировать в иллюстративном смысле, а объем настоящего описания и приложенной формулы изобретения не ограничивается описанными и показанными в них вариантами осуществления изобретения.

ПЕРВОНАЧАЛЬНАЯ ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ создания гравийной набивки в скважине, проходящей сквозь песчаный пласт, включающий:

5 (а) размещение в скважине фильтрующего устройства, содержащего фильтрующий элемент и одну или более транспортных трубок, которые простираются вдоль длины фильтрующего элемента и каждая из которых имеет одно или более выходных отверстий;

10 (б) закачку в скважину флюида для обработки скважин, содержащего несущий флюид и сверхлегкие частицы, имеющие кажущуюся плотность, равную или менее 2,45;

(в) направление потока флюида для обработки скважин через одно или более выходных отверстий в одной или более транспортных трубок; и

15 (г) формирование гравийной набивки, содержащей сверхлегкие частицы, на фильтрующем элементе фильтрующего устройства.

2. Способ заканчивания скважины, проходящей сквозь подземный пласт, посредством создания гравийной набивки в горизонтальном необсаженном стволе, включающий:

20 (а) размещение в скважине противопесочного фильтрующего устройства и образование кольцевого пространства между подземным пластом и противопесочным фильтрующим устройством, содержащим фильтрующий элемент и одну или более транспортных трубок, которые простираются вдоль длины фильтрующего элемента и каждая из которых имеет одно или более
25 выходных отверстий;

(б) закачку в скважину флюида для обработки скважин, содержащего несущий флюид и сверхлегкие частицы, имеющие кажущуюся плотность, равную или менее 2,45, и направление потока несущего флюида через одно или более выходных отверстий в одной или более транспортных трубок; и

30 (в) формирование гравийной набивки из сверхлегких частиц на фильтрующем элементе противопесочного фильтрующего устройства.

3. Способ создания гравийной набивки в скважине, проходящей сквозь подземный пласт, включающий:

(а) размещение в скважине ряда соединяющихся фильтрующих устройств, каждое из которых содержит фильтрующий элемент и одну или более

5 транспортных трубок, имеющих одно или более выходных отверстий;

(б) закачку в скважину и в фильтрующие устройства флюида для обработки скважин, содержащего несущий флюид и сверхлегкие частицы, имеющие кажущуюся плотность, равную или менее 2,45, и имеющие по существу нейтральную плавучесть в несущем флюиде; и

10 (в) формирование гравийной набивки из сверхлегких частиц на сборных фильтрах.

4. Способ создания гравийной набивки в необсаженной скважине, проходящей сквозь подземный пласт, включающий:

15 (а) размещение в необсаженной скважине фильтрующего устройства, содержащего фильтрующий элемент и по меньшей мере одну транспортную трубку, имеющую одно или более выходных отверстий;

(б) закачку в скважину и через одно или более выходных отверстий флюида для обработки скважин, содержащего несущий флюид, понизитель трения и
20 сверхлегкие частицы, имеющие кажущуюся плотность, равную или менее 2,45, и имеющие по существу нейтральную плавучесть в несущем флюиде; и

(в) формирование гравийной набивки из сверхлегких частиц на фильтрующем элементе фильтрующего устройства.

25 5. Способ создания гравийной набивки в необсаженной скважине, проходящей сквозь подземный пласт, включающий:

(а) размещение в необсаженной скважине фильтрующего устройства, содержащего фильтрующий элемент и по меньшей мере одну транспортную трубку, имеющую одно или более выходных отверстий;

30 (б) закачку в скважину флюида для обработки скважин, содержащего несущий флюид и сверхлегкие частицы, имеющие кажущуюся плотность, равную или менее 2,45, и имеющие по существу нейтральную плавучесть в несущем флюиде; и

(в) направление потока несущего флюида через одно или более выходных отверстий по меньшей мере одной транспортной трубки и формирование гравийной набивки из сверхлегких частиц на фильтрующем элементе фильтрующего устройства.

5

6. Способ создания гравийной набивки в скважине, проходящей сквозь подземный пласт, включающий:

(а) размещение обсадной колонны в скважине;

(б) перфорирование скважины сквозь обсадную колонну;

10

(в) размещение в скважине между обсадной колонной и кольцевым пространством скважины фильтрующего устройства, содержащего фильтрующий элемент и по меньшей мере одну транспортную трубку, имеющую одно или более выходных отверстий;

15

(г) закачку в скважину и через фильтрующее устройство флюида для обработки скважин, содержащего несущий флюид и сверхлегкие частицы, имеющие кажущуюся плотность, равную или менее 2,45, и имеющие по существу нейтральную плавучесть в несущем флюиде; и

20

(д) направление потока флюида для обработки скважин через по меньшей мере одно из выходных отверстий по меньшей мере одной транспортной трубки и формирование гравийной набивки из сверхлегких частиц на фильтрующем элементе фильтрующего устройства.

25

7. Способ по одному из п.п. 1–6, в котором скважина представляет собой горизонтальную скважину.

8. Способ по одному из п.п. 1–6, в котором скважина представляет собой наклонную скважину.

30

9. Способ по одному из п.п. 1–6, в котором скважина представляет собой вертикальную скважину.

10. Способ по одному из п.п. 1–7, в котором скважина представляет собой нефтяную скважину.

11. Способ по одному из п.п. 1–7, в котором скважина представляет собой газовую скважину.

5 12. Способ по одному из п.п. 1–7, в котором скважина представляет собой геотермальную скважину.

13. Способ по одному из п.п. 1–12, в котором фильтрующее устройство размещают в скважине после размещения в ней обсадной колонны.

10

14. Способ по одному из п.п. 1–13, в котором скважина представляет собой необсаженную скважину.

15 15. Способ по одному из п.п. 1–14, в котором сверхлегкая частица имеет кажущуюся плотность, равную или менее 2,25.

16. Способ по п. 15, в котором сверхлегкая частица имеет кажущуюся плотность, равную или менее 2,0.

20 17. Способ по п. 16, в котором сверхлегкая частица имеет кажущуюся плотность, равную 1,75 или менее.

18. Способ по п. 17, в котором сверхлегкая частица имеет кажущуюся плотность, равную или менее 1,5.

25

19. Способ по п. 18, в котором сверхлегкая частица имеет кажущуюся плотность, равную или менее 1,25.

30 20. Способ по одному из п.п. 1–19, в котором сверхлегкая частица имеет по существу нейтральную плавучесть в несущем флюиде.

21. Способ по одному из п.п. 1–20, в котором несущий флюид выбирают из группы, включающей пресную воду и солевые растворы для заканчивания скважин.

5 22. Способ по одному из п.п. 1–21, в котором флюид для обработки скважин содержит понизитель трения.

23. Способ по п. 22, в котором понизитель трения представляет собой полиакриламид.

10 24. Способ по п. 22, в котором понизитель трения представляет собой сополимер акриламида-2-метилпропан-сульфоната натрия.

15 25. Способ по одному из п.п. 1–24, в котором сверхлегкая частица имеет защитное или отвержденное покрытие.

20 26. Способ по одному из п.п. 1–25, в котором сверхлегкая частица представляет собой фуран, фурфурол, фенолформальдегид, фенольную эпоксидную смолу, меламинформальдегидную смолу, уретановую смолу или их смесь.

25 27. Способ по одному из п.п. 1–25, в котором сверхлегкая деформируемая частица представляет собой полистирол-дивинилбензол, полистирол-винил-дивинилбензол, триполимер на основе акрилатов или их смесь.

30 28. Способ по одному из п.п. 1–25, в котором сверхлегкая частица представляет собой натуральный продукт, выбираемый из раздробленных, размолотых или раздавленных скорлупок орехов, оболочек семян, косточек фруктов и обработанной древесины, по меньшей мере частично защищенных или упрочненных с помощью защитного покрытия или модифицирующей присадки.

29. Способ по п. 28, в котором натуральный продукт выбирают из раздробленных, размолотых или раздавленных (i) скорлупок грецкого ореха, ореха пекана, кокосового ореха, миндального ореха, ореха тагуа или бразильского ореха, (ii) косточек персиков, слив, оливок, вишен или абрикосов.

5

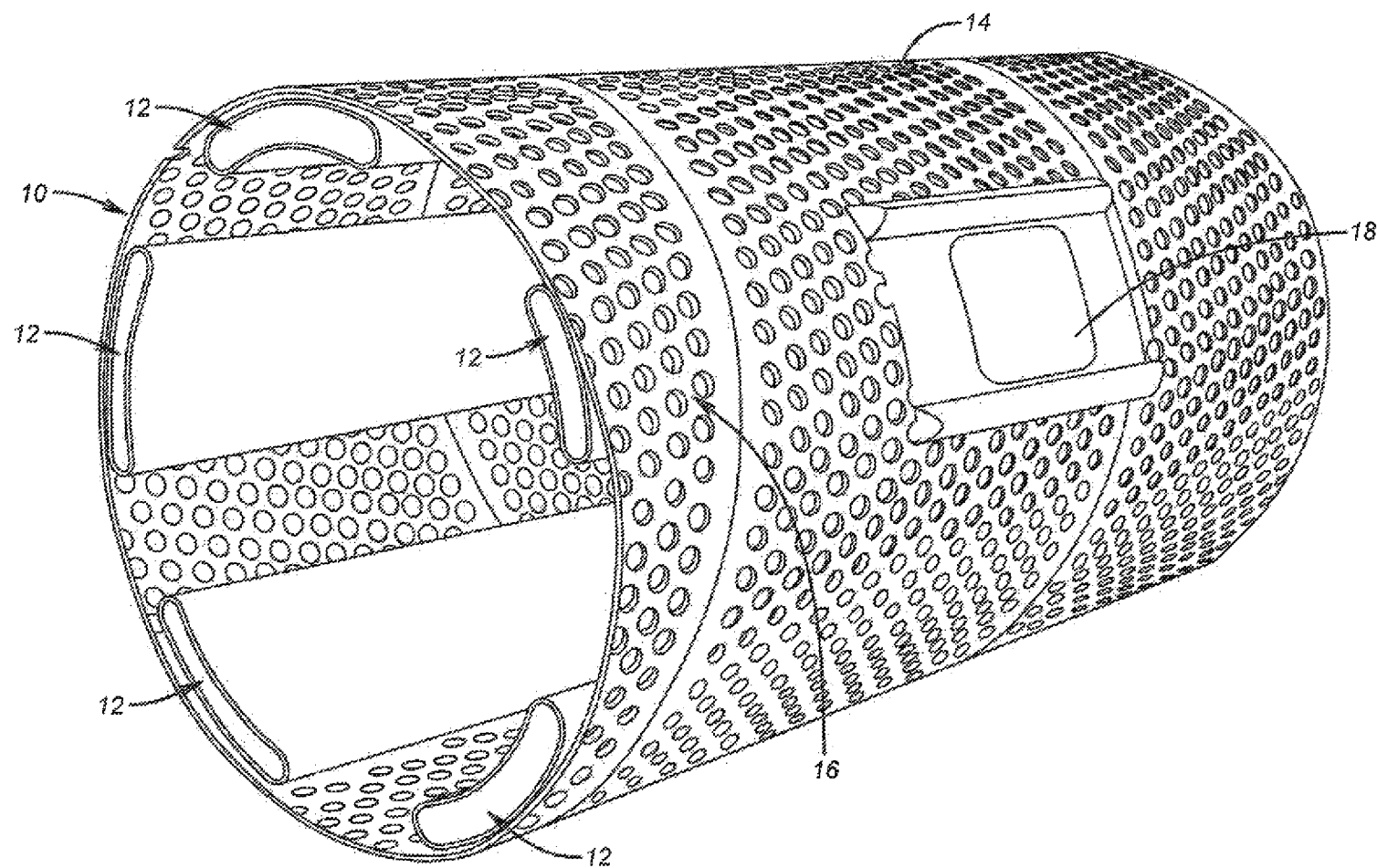
30. Способ по п. 28, в котором натуральный продукт получают из дуба, пекана, грецкого ореха, тополя или красного дерева.

10 31. Способ по одному из п.п. 1–25, в котором сверхлегкая частица представляет собой полиамид, полистирол, полиэтилентерефталат, поликарбонат или их смесь.

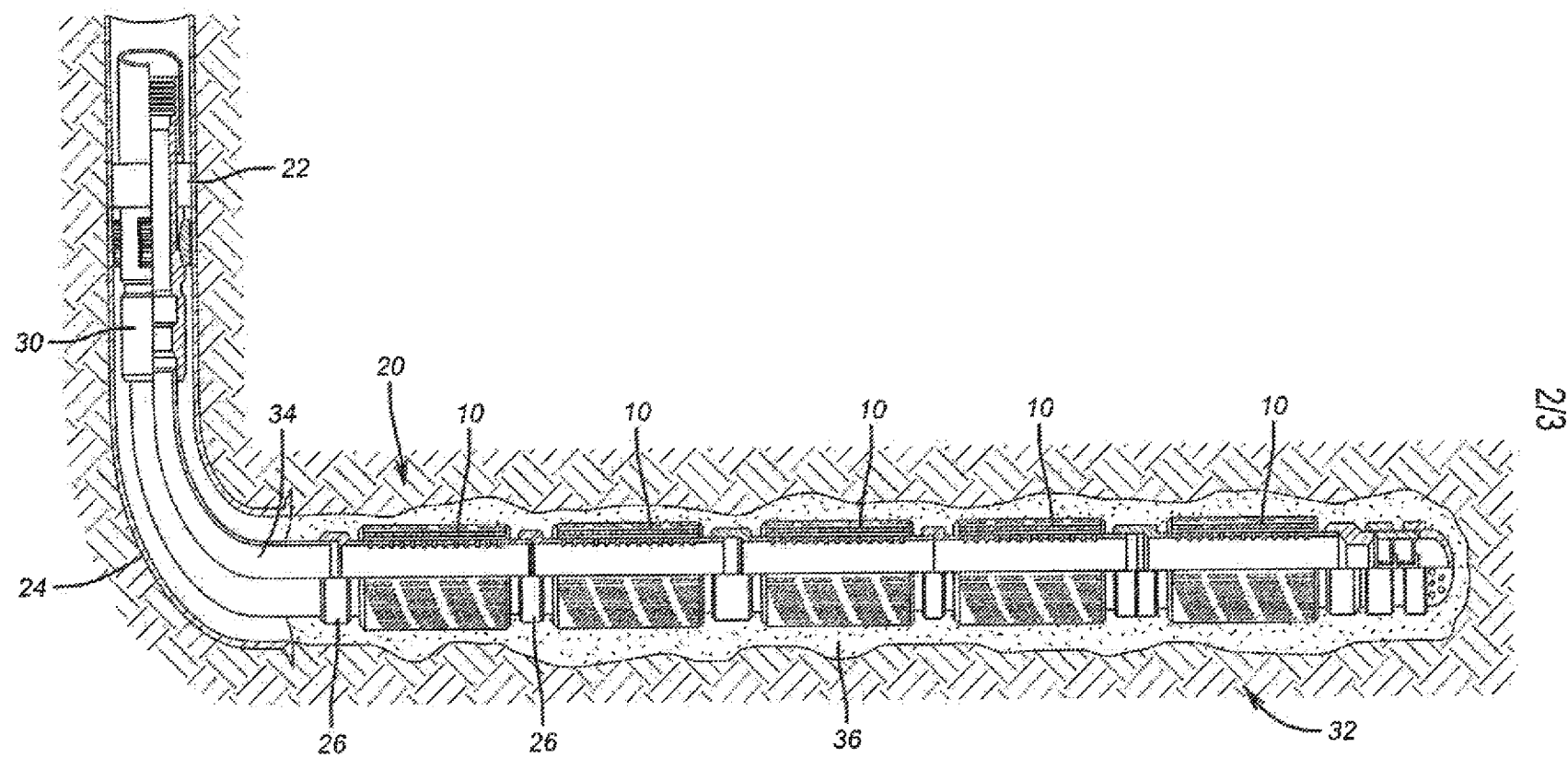
15 32. Способ по одному из п.п. 1–25, в котором форма сверхлегких частиц может быть бисерообразной, кубической, цилиндрической, брусковидной, многогранной, сложнопрофильной или конусообразной.

33. Способ по одному из п.п. 1–32, в котором проницаемость подземного пласта составляет приблизительно 100–8000 мД.

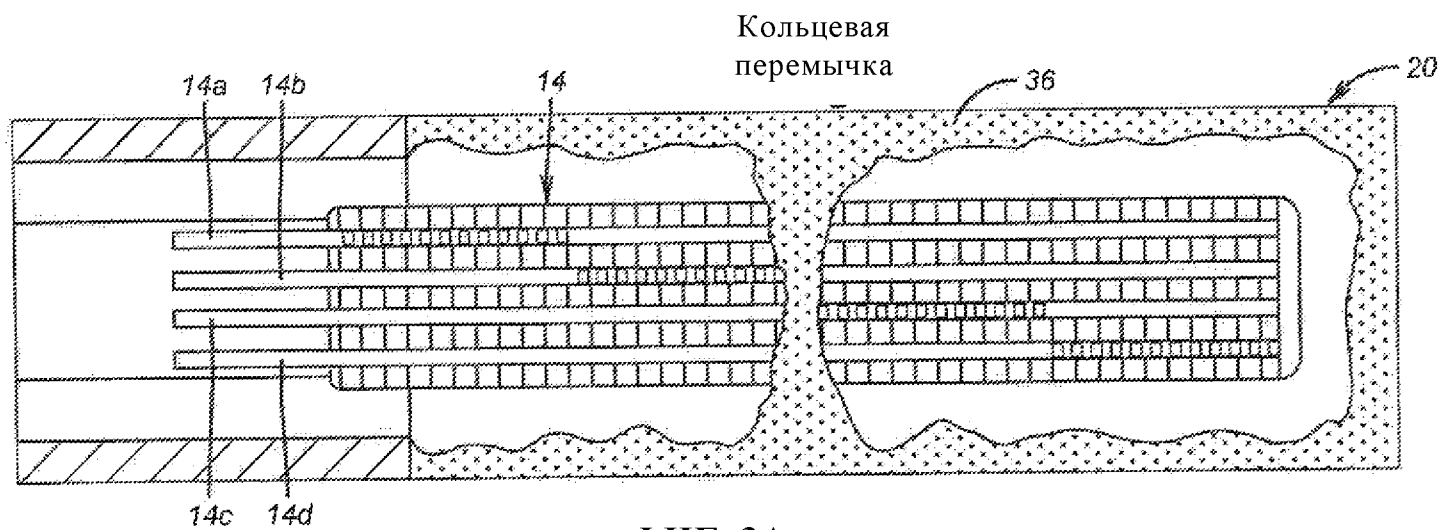
20 34. Способ по одному из п.п. 1–32, в котором подземный пласт представляет собой песчаник.



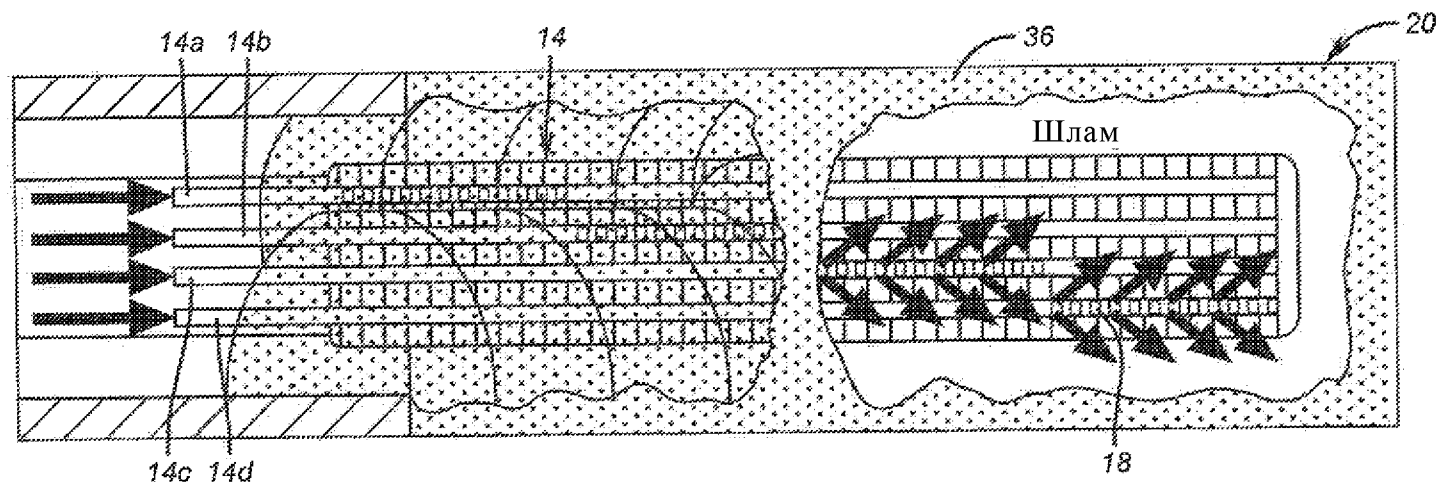
ФИГ. 1



ФИГ. 2



ФИГ. 3А



ФИГ. 3Б