

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **033941**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2019.12.12

(51) Int. Cl. *E21B 33/13* (2006.01)
E21B 43/16 (2006.01)

(21) Номер заявки
201591186

(22) Дата подачи заявки
2014.03.10

(54) СПОСОБ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СОСТАВА БУРОВОГО РАСТВОРА, СОДЕРЖАЩЕГО СУСПЕНДИРУЕМЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ ПОГЛОЩЕНИЙ

(31) **13/798,560**

(56) US-B2-7757766
US-A1-20090008095
US-A1-20110278006
EP-A2-0404489
US-A1-20120205102

(32) **2013.03.13**

(33) **US**

(43) **2016.01.29**

(86) **PCT/US2014/022456**

(87) **WO 2014/164447 2014.10.09**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ХЭЛЛИБЕРТОН ЭНЕРДЖИ
СЕРВИСИЗ, ИНК. (US)**

(72) Изобретатель:
**Кулкарни Сандип Д. (US), Теке
Кушабхау Д. (IN), Савари Шаратх,
Джеймисон Дейл И., Уитфилл Дон
(US)**

(74) Представитель:
Медведев В.Н. (RU)

(57) Предложены способы, включающие обеспечение сооружения ствола скважины в подземном пласте, содержащем по меньшей мере одно поровое отверстие; обеспечение предлагаемой операции в стволе скважины; обеспечение подачи предлагаемой текучей среды для обработки пласта; обеспечение подачи предлагаемых частиц МДСП; расчет суспендируемости предлагаемых частиц МДСП в предлагаемой текучей среде для обработки пласта, определяемой функцией удельной текучести на основании свойств предлагаемой текучей среды для обработки пласта и свойств предлагаемых частиц МДСП или определяемой экспериментальной функцией МДСП; манипулирование по меньшей мере одним из свойств предлагаемой текучей среды для обработки пласта, свойств предлагаемых частиц МДСП или предлагаемой операции в стволе скважины на основании функции удельной текучести или экспериментальной функции МДСП таким образом, чтобы произвести жидкость для обработки пласта в виде суспензии МДСП; и введение текучей среды для обработки пласта в виде суспензии МДСП в ствол скважины в подземном пласте таким образом, чтобы создать контакт по меньшей мере с одним поровым отверстием.

B1**033941****033941****B1**

Уровень техники

Настоящее изобретение относится к способам производства составов для обработки подземного пласта с эффективной суспендируемостью материала для снижения поглощения.

Скважины по добыче углеводородов, как правило, образуются путем бурения ствола скважины в подземном пласте. Буровой раствор пропускают через буровое долото внутри ствола скважины по мере его бурения. Буровой раствор циркулирует обратно на поверхность ствола скважины с обломками выбуренной породы, удаляемыми из ствола скважины. С помощью бурового раствора внутри ствола скважины поддерживают равновесное гидростатическое давление на единицу поверхности, обеспечивающее циркуляцию всего количества бурового раствора или его большей части обратно на поверхность. Тем не менее, гидростатическое давление бурового раствора может быть снижено, если буровое долото попадает в определенные неблагоприятные подземные зоны, такие как зоны низких давлений, вызванные, например, природными трещинами, изломами, пустотами или кавернами. Аналогично, если буровое долото попадает, например, в зоны высоких давлений или заколонных перетоков, может произойти подземное фонтанирование. Сниженное гидростатическое давление бурового раствора вызывает уменьшение объема бурового раствора, возвращаемого на поверхность, которое обозначено термином "поглощение раствора". Неблагоприятные подземные зоны, способствующие поглощению бурового раствора, обозначены термином "зоны поглощения бурового раствора". Кроме буровых растворов, вследствие поглощения флюида подземным пластом могут быть поглощены другие эксплуатационные составы для обработки пласта, такие как флюид для гидроразрыва. Термин "поглощение раствора" связан с поглощением бурового раствора, а термин "поглощение флюида" является более общим термином, относящимся к поглощению пластом флюида любого типа. В результате этого функционирование, обеспечиваемое составом для обработки пласта, зачастую труднодостижимо или недостаточно оптимально.

Последствия поглощения раствора или поглощения флюида могут наносить огромный экономический и экологический ущерб, начиная с незначительного объема поглощения составов для обработки пласта и заканчивая задержками работ по бурению и добыче, а также подземным фонтанированием скважин. Таким образом, наличие факта поглощения флюида во время операций в скважине по добыче углеводородов, как правило, требует предпринять немедленные меры по устранению. Меры по устранению зачастую включают введение состава в ствол скважины для герметизации неблагоприятных подземных зон и предотвращения утечки составов для обработки внутри пласта в неблагоприятные зоны. Такие составы, как правило, называют "материалами для снижения поглощения" или "МДСП".

В составах для борьбы с поглощением текучей среды материалы МДСП могут иметь высокую удельную плотность сравнительно с составами для обработки пласта, в которых они суспендированы для транспортировки и осаждения в зоне поглощения бурового раствора. Следовательно, может произойти оседание материалов МДСП в составе для обработки пласта таким образом, что они будут недостаточно оседать в зоне поглощения бурового раствора и не будут герметизировать эту зону и предотвращать или снижать поглощение раствора. Например, иногда материалы МДСП могут оседать в составе для обработки пласта таким образом, что они поглощаются теми частями подземного пласта, для которых не требуется борьба с поглощением текучей среды. В других примерах материалы МДСП могут оседать таким образом, что достаточное количество материалов МДСП для регулирования зоны поглощения бурового раствора не будет обеспечено. Таким образом, жидкость для обработки подземного пласта, имеющая способность обеспечить достаточное равномерное суспендирование частиц МДСП, может иметь практическую значимость для специалиста в данной области техники.

Подробное описание изобретения

Настоящее изобретение связано со способами производства составов для обработки подповерхностной пристволенной зоны с эффективной суспендируемостью материала для снижения поглощения.

Поглощение флюида может быть основной причиной экологического и экономического ущерба в нефтегазовой промышленности, включая значительную долю непроизводительных затрат времени (или "NPT") во время операций в скважине по добыче углеводородов. В способах настоящего изобретения используются средства определения способности текучей среды для обработки пласта обеспечивать соответствующее суспендирование материалов МДСП и манипулирование составом для обработки таким образом, чтобы обеспечить адекватное суспендирование им материалов МДСП. В то время как способы настоящего изобретения описаны главным образом для производства составов для обработки, имеющих свойство обеспечивать суспендирование материалов для снижения поглощения, специалисту в данной области техники будет понятно, что способы настоящего изобретения могут быть использованы для производства текучих сред, имеющих свойство суспендирования частиц для использования в работах в подземном пласте. Например, в некоторых вариантах реализации способы настоящего изобретения могут быть использованы для производства составов для обработки, имеющих свойство суспендирования частиц расклинивающего агента для работ по гидроразрыву пласта. В других вариантах реализации способы настоящего изобретения могут быть использованы для производства составов для обработки, имеющих свойство суспендирования шламовых частиц для операций бурения. В некоторых других вариантах реализации способы настоящего изобретения могут быть использованы для производства составов для обработки, имеющих свойство суспендирования частиц во время операций продавливания цементного рас-

твор с выдержкой во времени. В некоторых других вариантах реализации способы настоящего изобретения могут быть использованы для производства цементирующих составов для обработки, имеющих свойство суспендирования частиц МДСП.

В некоторых вариантах реализации настоящее изобретение предусматривает способ, состоящий в создании ствола скважины в подземном пласте с большим количеством поровых отверстий и с предлагаемой операцией в стволе скважины. В использованном в данном документе смысле термин "поровое отверстие" относится к любой полости в подземном пласте, включая, например, природные трещины, изломы или пустоты. В использованном в данном документе смысле термин "операция в стволе скважины" (также называемый в данной заявке "операция в подземном пласте" или "операция по добыче углеводородов в стволе скважины") может относиться к любому виду операций в подземном пласте, включая, кроме прочего, операции по гидроразрыву пласта, операции продавливания цементного раствора с выдержкой во времени и т.п. Способ дополнительно включает обеспечение подачи предлагаемой текучей среды для обработки пласта и предлагаемых частиц МДСП. Суспендируемость предлагаемых частиц МДСП в предлагаемой текучей среде для обработки пласта рассчитывается на основании функции удельной текучести с использованием свойств предлагаемой текучей среды для обработки пласта и свойств предлагаемых частиц МДСП. Суспендируемость предлагаемых частиц МДСП в предлагаемой текучей среде для обработки пласта также может быть рассчитана с использованием экспериментальной функции МДСП. Свойства предлагаемой текучей среды для обработки пласта и предлагаемых частиц МДСП, используемых для расчета функции удельной текучести, включают, кроме прочего, реологические свойства предлагаемой текучей среды для обработки пласта, плотность предлагаемой текучей среды для обработки пласта, распределение по размерам предлагаемых частиц МДСП, плотность предлагаемых частиц МДСП, а также любую комбинацию перечисленных параметров. На основании функции удельной текучести или экспериментальной функции МДСП с любым из свойств или со всеми свойствами либо предлагаемой текучей среды для обработки пласта, либо (или включая) свойства предлагаемых частиц МДСП производится манипулирование таким образом, чтобы произвести жидкость для обработки пласта в виде суспензии МДСП, которая далее вводится в ствол скважины в подземном пласте с тем, чтобы сократить поровое отверстие и управлять поглощением раствора. Помимо этого, предлагаемой операцией в стволе скважины можно манипулировать, основываясь на функции удельной текучести или экспериментальной функции МДСП. Например, расчеты суспендируемости могут дать скорее возможность манипулирования операцией в стволе скважины (например, путем изменения времени, за которое выполняется та или иная разновидность операции в стволе скважины), нежели манипулирования предлагаемым составом для обработки или свойствами предлагаемых частиц МДСП. В использованном в данном документе смысле термин "жидкость для обработки пласта в виде суспензии МДСП" относится к составу для обработки, имеющему свойство в основном равномерно суспендировать те или иные частицы МДСП, содержащиеся в нем. Иначе говоря, жидкость для обработки пласта в виде суспензии МДСП подобрана таким образом, что он совместим с частицами МДСП.

Составы для обработки в настоящем изобретении содержат базовый флюид и предпочтительно один или более компонентов, выбранных из группы, которая состоит из добавки для увеличения вязкости, агента регулирования фильтрации бурового раствора, ингибитора глинистых сланцев, добавки-утяжелителя и буферного раствора для сохранения pH. В некоторых вариантах реализации изобретения может быть использовано несколько типов добавки для увеличения вязкости, агента регулирования фильтрации бурового раствора, ингибитора глинистых сланцев, добавки-утяжелителя или буферного раствора для сохранения pH.

Пригодные базовые флюиды для использования в составах для обработки в настоящем изобретении могут включать, кроме прочего, флюиды на углеводородной основе, флюиды на водной основе, водорастворимые флюиды, эмульсии воды в нефти, эмульсии нефти в воде, а также любую их комбинацию. Пригодные флюиды на углеводородной основе могут включать, кроме прочего, алкан, олефин, ароматическое органическое соединение, циклический алкан, парафин, реагент-восстановитель, минеральное масло, десульфурированный гидрогенизованный керосин, сырую нефть, нефтяной дистиллят, керосин, дизельное топливо, тяжелое жидкое топливо, низкотоксичное минеральное масло, полиолефин, полидиорганосилоксан, силоксан, органосилоксан, сложный эфир, а также любую их комбинацию. Пригодные флюиды на водной основе могут включать, кроме прочего, деминерализованную воду, минерализованную воду (например, воду, содержащую одну или более растворенных в ней солей), рассол (например, насыщенную минерализованную воду), морскую воду, а также любую их комбинацию. Пригодные водорастворимые флюиды могут включать, кроме прочего, спирты (например, метанол, этанол, н-пропанол, изопропанол, н-бутанол, вторичный бутиловый спирт, изобутанол и трет-бутанол), глицерины, гликоли (например, полигликоли, пропиленгликоль и этиленгликоль), полигликолевые амины, полиолы, любое их производное; любой компонент в комбинации с солями (например, хлорид натрия, хлорид кальция, хлорид магния, хлорид калия, бромид натрия, бромид кальция, бромид цинка, карбонат калия, формиат натрия, муравьинокислый калий, формиат цезия, ацетат натрия, ацетат калия, ацетат кальция, ацетат аммония, хлорид аммония, бромид аммония, нитрат натрия, нитрат калия, нитрат аммония, сульфат аммония, нитрат кальция, карбонат натрия и карбонат калия), любой из этих компонентов в комбинации с

флюидом на водной основе, а также любую их комбинацию. Пригодные эмульсии воды в нефти, также известные как инвертные эмульсии, могут иметь соотношение нефть/вода начиная с нижнего предела от около 50:50, 55:45, 60:40, 65:35, 70:30, 75:25 или 80:20 до верхнего предела до около 100:0, 95:5, 90:10, 85:15, 80:20, 75:25, 70:30 или 65:35 объема в базовом флюиде, где содержание может варьироваться от любого нижнего предела до любого верхнего предела и охватывать любую разновидность этих пределов. Примеры пригодных инвертных эмульсий включают в себя эмульсии, описанные в патенте США № 5905061, озаглавленном "Invert Emulsion Fluids Suitable for Drilling", поданном 23 мая 1997 года; № 5977031, озаглавленном "Ester Based Invert Emulsion Drilling Fluids and Muds Having Negative Alkalinity", поданном 8 августа 1998 года; № 6828279, озаглавленном "Biodegradable Surfactant for Invert Emulsion Drilling Fluid", поданном 10 августа 2001 года; № 7534745, озаглавленном "Gelled Invert Emulsion Compositions Comprising Polyvalent Metal Salts of an Organophosphonic Acid Ester or an Organophosphinic Acid and Methods of Use and Manufacture", поданном 5 мая 2004 года; № 7645723, озаглавленном "Method of Drilling Using Invert Emulsion Drilling Fluids", поданном 15 августа 2007 года, и № 7696131, озаглавленном "Diesel Oil-Based Invert Emulsion Drilling Fluids and Methods of Drilling Boreholes", поданном 5 июля 2007 года. Каждый из этих патентов включен в данную заявку в полном объеме посредством ссылки. Следует отметить, что для эмульсий воды в нефти и нефти в воде может быть использована любая смесь вышеуказанных составов, в том числе вода, представляющая собой водорастворимый флюид и(или) входящая в его состав.

Добавки для увеличения вязкости, пригодные к использованию в настоящем изобретении, могут содержать любое вещество (например, полимерный материал), имеющее свойство увеличения вязкости текучей среды для обработки пласта. В некоторых вариантах реализации изобретения добавка для увеличения вязкости может состоять из одного или более полимеров, которые содержат не менее двух молекул, имеющих свойство образовывать поперечные связи в реакции сшивания в присутствии сшивающего агента и(или) полимеров, содержащих не менее двух молекул, сшитых таким образом (т.е. сшитая добавка для увеличения вязкости). Добавки для увеличения вязкости могут быть природного происхождения, синтетическими или их комбинацией. Добавки для увеличения вязкости настоящего изобретения также могут быть катионными, анионными или их комбинацией. Добавки для увеличения вязкости, пригодные для использования в составах для обработки в настоящем изобретении, включают, кроме прочего, полисахариды, биополимеры и(или) их производные, содержащие один или более таких фрагментов моносахаридов: галактозу, маннозу, глюкозид, глюкозу, ксилозу, арабинозу, фруктозу, глюкуроновую кислоту или пиранозил сульфат. Примеры соответствующих полисахаридов включают, кроме прочего, гуаровые смолы (например, гуаргидроксиэтил, гуаргидроксипропил, гуаркарбоксиметил, карбоксиметилгидроксиэтилгуар и карбоксиметилгидроксипропилгуар ("СМНPG")); производные целлюлозы (например, гидроксиэтилцеллюлозу, карбоксиэтилцеллюлозу, карбоксиметилцеллюлозу и карбоксиметилгидроксиэтилцеллюлозу), ксантан, склероглюкан, сукциноглюкан, диутан и их комбинации.

Синтетические полимеры, пригодные для использования в качестве добавки для увеличения вязкости в составах для обработки в настоящем изобретении, включают, кроме прочего, 2,2'-азобис(2,4-диметилвалеронитрил), 2,2'-азобис(2,4-диметил-4-метоксивалеронитрил), полимеры и сополимеры акриламид-этилтриметил-хлорида аммония, акриламид, акриламид- и метакриламид-алкил-триалкильные аммонийные соли, акриламидометилпропановую сульфоновую кислоту, акриламидопропил-триметил-хлорид аммония; акриловую кислоту, диметиламиноэтилметакриламид, диметиламиноэтилметакрилат, диметиламинопропилметакриламид, диметилдиаллилхлорид аммония, диметилэтилакрилат, фумарамид, метакриламид, метакриламид-акриламидопропилтриметил хлорид аммония, метакриламид-акриламидопропилдиметил-н-додецилхлорид аммония, метакриламид-акриламидопропилдиметил-н-октилхлорид аммония, метакриламид-акриламидопропилтриметилхлорид аммония, метакрилоилалкил-триалкил-аммонийные соли, метакрилоилэтилтриметил хлорид аммония, метакрилоиламидоакриламидопропилдиметилцетилхлорид аммония, Н-(3-сульфоакриламидопропил)-Н-метакриламид-акриламидопропил-Н,Н-диметил аммоний бетаин, Н,Н-диметилакриламид, Н-метилакриламид, нонан-феноксиполи(этиленокси)этилметакрилат, частично гидролизованные полиакриламиды, поли-2-амино-2-метилпропансульфоновую кислоту, поливиниловый спирт, натрий 2-акриламид-2-метилпропан сульфат, кватернизованный диметиламиноэтилакрилат, кватернизованный диметиламиноэтилметакрилат, любое их производное, а также любую их комбинацию. В некоторых вариантах реализации изобретения добавка для увеличения вязкости может содержать сополимер акриламид/2-(метакрилоилокси)этилтриметил аммония метилсульфата. В некоторых вариантах реализации изобретения добавка для увеличения вязкости может содержать сополимер акриламид/2-(метакрилоилокси)этилтриметил хлорида аммония. В некоторых вариантах реализации изобретения добавка для увеличения вязкости может содержать образующую производное целлюлозу, содержащую целлюлозу, привитую на аллиловый или виниловый мономер, описанные в патентах США № 4982793; 5067565 и 5122549, полное описание которых включено в данную заявку посредством ссылки. Помимо этого, в качестве добавок для увеличения вязкости при использовании в составах для обработки в настоящем изобретении могут быть использованы полимеры и сополимеры, содержащие одну или более функциональных групп, таких как, например, гидроксил, цис-гидроксил, карбоновые кислоты, произ-

водные карбоновых кислот, сульфат, сульфонат, фосфат, фосфонат, аминовые или амидные группы. Примером имеющейся в продаже добавки для увеличения вязкости при использовании в составах для обработки в настоящем изобретении является BARAZAN® D PLUS, предлагаемый компанией Halliburton Energy Services, г. Хьюстон, Техас.

Составы для обработки, используемые в способах настоящего изобретения, могут содержать добавку для увеличения вязкости в количестве, достаточном для получения необходимой вязкости. В некоторых вариантах реализации изобретения добавка(и) для увеличения вязкости могут содержаться в количестве от около 0,1 до около 40 фунтов текучей среды для обработки пласта на 42-галлоновый баррель ("фунтов/баррель"). В некоторых вариантах реализации изобретения добавка(и) для увеличения вязкости могут содержаться в количестве от около 0,1 до около 15 фунтов/баррель текучей среды для обработки пласта.

В тех вариантах реализации настоящего изобретения где необходимо сшивание добавки для увеличения вязкости, жидкость для обработки пласта может содержать один или более сшивающих агентов. Примеры соответствующих сшивающих агентов включают в себя, кроме прочего, ионы металлов, ионы бората, ионы магния, ионы циркония IV, ионы титана IV, ионы алюминия, ионы антимония, ионы хрома, ионы железа, ионы меди, ионы магния, ионы цинка, а также любую их комбинацию. Эти ионы могут быть получены при предоставлении любого соединения, имеющего способность производить один или более таких ионов, как, например, хлорид железа, борная кислота, двунатриевый октаборат тетрагидрат, натрий диборат, пентабораты, улексит, колеманит, оксид магния, лактат циркония, триэтанол амин циркония, лактаттриэтанол амин циркония, карбонат циркония, ацетилацетонат циркония, малат циркония, цитрат циркония, диизоакриламидопропиламинлактат циркония, гликолят циркония, триэтанол амин гликолят циркония, лактатгликолят циркония, лактат титана, малат титана, цитрат титана, аммоний лактат титана, триэтанол амин титана, ацетилацетонат титана, лактат алюминия, цитрат алюминия, соединения антимония, соединения хрома, соединения железа, соединения меди, соединения цинка, а также любой их комбинации. При выборе того или иного сшивающего агента следует руководствоваться несколькими критериями, признаваемыми специалистами в данной области, в том числе, кроме прочего, тип включаемой(ых) добавки(ок) для увеличения вязкости, молекулярный вес добавки(ок) для увеличения вязкости, условия в подземном пласте, требования безопасности в обращении, pH текучей среды для обработки пласта и т.п.

При включении соответствующих сшивающих агентов они могут содержаться в составах для обработки, используемых в способах настоящего изобретения в количестве, достаточном для обеспечения необходимой степени сшивания молекул добавки для увеличения вязкости. В некоторых вариантах реализации изобретения составы для обработки, используемые в способах настоящего изобретения, могут содержать сшивающий агент в количестве от около 0,01 до около 10 фунтов/баррель текучей среды для обработки пласта. В некоторых вариантах реализации изобретения составы для обработки, используемые в способах настоящего изобретения, могут содержать сшивающий агент в количестве от около 0,5 до около 5 фунтов/баррель текучей среды для обработки пласта. С помощью данного изобретения специалисту в данной области будет понятно, какое надлежащее количество сшивающего агента необходимо включить в жидкость для обработки пласта в настоящем изобретении на основании, среди прочего, температурных условий того или иного вида применения, типа используемых гелеобразующих агентов, молекулярного веса гелеобразующих агентов, необходимой степени увеличения вязкости и(или) показателя pH текучей среды для обработки пласта.

Агенты регулирования фильтрации бурового раствора, пригодные к использованию в настоящем изобретении, могут содержать любое вещество, имеющее свойство контроля фильтрации, включая закупоривание, схватывание, дефлокуляцию и вязкость. Агенты регулирования фильтрации бурового раствора в настоящем изобретении также могут функционировать как средство снижения проницаемости фильтрационной корки на стенках ствола скважины. Пригодные агенты регулирования фильтрации бурового раствора могут включать, кроме прочего, полианионную целлюлозу, полиакрилат, модифицированный лигнит, порошкообразную смолу, модифицированный крахмал, карбоксиметилцеллюлозу, а также любую их комбинацию. Пригодные имеющиеся в продаже агенты регулирования фильтрации бурового раствора включают в себя PAC™-R и DEXTRID®, предлагаемые компанией AO HalliburtonEnergyServices, г. Хьюстон, Техас. В некоторых вариантах реализации изобретения агент(ы) регулирования фильтрации бурового раствора в настоящем изобретении могут содержаться в количестве от около 0,1 до около 20 фунтов/баррель текучей среды для обработки пласта. В предпочтительных вариантах реализации изобретения агент(ы) регулирования фильтрации бурового раствора настоящего изобретения может(ут) содержаться в количестве от около 0,1 до около 5 фунтов/баррель текучей среды для обработки пласта.

Ингибиторы глинистых сланцев, пригодные для использования в составах для обработки в настоящем изобретении, могут включать, кроме прочего, длинноцепочечные спирты, полиолы, полигликоли, антиокислитель амина, силикат натрия или калия, частично гидролизованные полиакриламиды, полиалкенигликоли, анионные поверхностно-активные вещества; растворы солей, содержащие, например, хлорид натрия, хлорид калия или хлорид аммония; катионные полимеры и олигомеры, например, по-

ли(диметилдиаллилхлорид аммония), катионный поли(акриламид) и катионный поли(диметиламиноэтилметакрилат), а также любую их комбинацию. Примерами имеющихся в продаже ингибиторов глинистых сланцев являются CLAY SYNC™, CLAYSEAL® PLUS, PERFORMATROL®, GEM™ GP, GEM™ CP, BORE-HIB® BARO-TROL® PLUS, EZ-MUD®, EZ-MUD® GOLD и BARASIL™-S, предлагаемый компанией AO Halliburton Energy Services, г. Хьюстон, Техас. В некоторых вариантах реализации изобретения ингибитор(ы) глинистых сланцев в настоящем изобретении может(ут) содержаться в количестве от около 0,1 до около 30 фунтов/баррель текучей среды для обработки пласта. В предпочтительных вариантах реализации изобретения ингибитор(ы) глинистых сланцев в настоящем изобретении могут содержаться в количестве от около 1 до около 15 фунтов/баррель текучей среды для обработки пласта.

Добавки-утяжелители для использования в составах для обработки в настоящем изобретении могут быть любым материалом, имеющим свойство повышения плотности текучей среды для обработки пласта. Добавка-утяжелитель может дополнительно способствовать контролю пластового давления и стабилизации ствола скважины. Добавки-утяжелители, пригодные для использования в составах для обработки в настоящем изобретении, могут включать, кроме прочего, барит, гематит, ильменит, тетраоксид марганца, галенит, карбонат кальция, оксид железа, галенит, магнетит, сидерит, целестит, а также любую их комбинацию. Пример имеющейся в продаже добавки-утяжелителя - BAROID®, предлагаемый компанией AO Halliburton Energy Services, г. Хьюстон, Техас. В некоторых вариантах реализации изобретения добавка(и)-утяжелитель(и) в настоящем изобретении может(ут) содержаться в количестве от около 1 до около 1000 фунтов/баррель текучей среды для обработки пласта. В предпочтительных вариантах реализации изобретения добавка(и)-утяжелитель(и) в настоящем изобретении может(ут) содержаться в количестве от около 10 до около 700 фунтов/баррель текучей среды для обработки пласта.

Буферные растворы для сохранения pH, пригодные для использования в составах для обработки в настоящем изобретении, могут быть любым буферным раствором для сохранения pH, имеющим свойство контроля показателя pH текучей среды для обработки пласта (например, повышения или понижения показателя pH). Буферные растворы для сохранения pH могут быть включены в составы для обработки в настоящем изобретении для целей, например, увеличения устойчивости текучей среды для обработки пласта. Пригодные буферные растворы для сохранения pH могут включать, кроме прочего, карбонат натрия, карбонат калия, бикарбонат натрия, бикарбонат калия, диацетат натрия, диацетат калия, диацетат аммония, фосфат натрия, фосфат калия, вторичный кислый фосфат натрия, вторичный кислый фосфат калия, первичный кислый фосфат натрия, первичный кислый фосфат калия, борат натрия, оксид магния, сульфаминовую кислоту, гидроксид натрия, гидроксид калия, лимонную кислоту, винную кислоту, а также любую их комбинацию. Составы для обработки в настоящем изобретении могут содержать буферный раствор для сохранения pH в количестве, достаточном для поддержания показателя pH текучей среды для обработки пласта на необходимом уровне. В некоторых вариантах реализации изобретения буферный раствор для сохранения pH содержится в количестве от около 0,01 до около 10 фунтов/баррель текучей среды для обработки пласта. В некоторых вариантах реализации изобретения буферный раствор для сохранения pH содержится в количестве от около 0,1 до около 2 фунтов/баррель текучей среды для обработки пласта.

Частицы МДСП в настоящем изобретении могут быть частицами любого известного в данной области техники материала, пригодного к использованию в качестве материала МДСП в операции по добыче углеводородов в стволе скважины. Частицы МДСП, пригодные для использования в способах настоящего изобретения, включают, кроме прочего, дробленый уголь, нефтяной кокс, сортированный по крупности карбонат кальция, асфальтен, перлит, целлофан, целлюлозу, измельченный шинный материал, измельченную устричную ракушку, остеклованный сланец, пластмассу, бумагу из волокон, древесину, цемент, затвердевший пеноцемент, стекло, пеностекло, песок, боксит, керамический материал, полимерный материал (как, например, этиленвинилацетат); фторопластовый материал, ореховую скорлупу, фрагменты оболочки семян, фрагменты плодовых косточек, глину, кварц, глинозем, пирогенный уголь, углеродную сажу, графит, слюду, оксид титана, метасиликат, силикат кальция, каолин, тальк, диоксид циркония, бор, зольную пыль, полые стеклянные шарики, любую их составную часть, а также любую их комбинацию. Примеры соответствующих имеющихся в продаже частиц МДСП включают, кроме прочего, WALL-NUT®, BARACARB®, STEELSEAL®, N-SQUEEZE™, N-SEAL™, N-PLEX™, HYDRO-PLUG®, DURO-SQUEEZE™ H, BAROFIBRE®, BAROFIBRE® O, предлагаемые компанией AO Halliburton Energy Services, г. Хьюстон, Техас.

Составные частицы для использования в качестве частиц МДСП могут быть сформированы комбинациями одного или более типов частиц материалов МДСП с использованием скрепляющего агента. Пригодные скрепляющие агенты могут включать, кроме прочего, неводные агенты, повышающие клейкость, водные агенты, повышающие клейкость, эмульгированные агенты, повышающие клейкость, полиамидные соединения с модифицированным силилом, смолы, сшиваемые водные полимерные составы, полимеризующиеся органические мономерные составы, эмульсии скрепляющих агентов, соединяющиеся составы с изменяющимся дзета-потенциалом, смолы на кремниевой основе и связующие вещества. При-

годны также их комбинации и(или) производные. Неограничивающие примеры соответствующих неводных агентов, повышающих клейкость, можно найти в патентах США № 7392847; 7350579, 5853048; 5839510 и 5833000, полное описание которых включено в данную заявку посредством ссылки. Неограничивающие примеры соответствующих водных агентов, повышающих клейкость, можно найти в патентах США № 8076271; 7131491; 5249627 и 4670501, полное описание которых включено в данную заявку посредством ссылки. Неограничивающие примеры соответствующих сшиваемых водных полимерных составов можно найти в публикации № 2010/0160187 заявки на патент США (оставлена без движения) и патент США № 8136595, полное описание которых включено в данную заявку посредством ссылки. Неограничивающие примеры соответствующих полиамидных соединений с модифицированным силилом можно найти в патенте США № 6439309, полное описание которого включено в данную заявку посредством ссылки. Неограничивающие примеры соответствующих смол можно найти в патентах США № 7673686; 7153575; 6677426; 6582819; 6311773 и 4585064, а также в публикации № 2008/0006405 заявки на патент США (оставлена без движения) и патент США № 8261833, полное описание которых включено в данную заявку посредством ссылки. Неограничивающие примеры соответствующих полимеризующихся органических мономерных составов можно найти в патенте США № 7819192, полное описание которого включено в данную заявку посредством ссылки. Неограничивающие примеры соответствующих эмульсий скрепляющих агентов можно найти в публикации № 2007/0289781 заявки на патент США (находится в стадии рассмотрения) полное описание которого включено в данную заявку посредством ссылки. Неограничивающие примеры соответствующих соединяющихся составов с изменяющимся дзета-потенциалом можно найти в патентах США № 7956017 и 7392847, полное описание которых включено в данную заявку посредством ссылки. Неограничивающие примеры соответствующих смол на кремниевой основе можно найти в публикации № 2011/0098394 заявки на патент США (находящейся в стадии рассмотрения) и 2010/0179281 (находящейся в стадии рассмотрения) и патент США № 8168739 и 8261833, полное описание которых включено в данную заявку посредством ссылки. Неограничивающие примеры соответствующих связующих веществ можно найти в патентах США № 8003579; 7825074 и 6287639, а также в публикации № 2011/0039737 заявки на патент США (находится в стадии рассмотрения), полное описание которых включено в данную заявку посредством ссылки. Руководствуясь данным изобретением, специалист в данной области сможет определить тип и объем скрепляющего агента, которые необходимо включить в способы настоящего изобретения для достижения необходимых результатов.

Частицы МДСП в настоящем изобретении могут быть комбинацией любого размера или формы, подходящей для операции по добыче углеводородов в стволе скважины. Частицы МДСП в настоящем изобретении могут быть в основном шаровидными или в основном нешаровидными, а также могут быть пустотелыми. Компоненты поглощения раствора, пригодные для использования в настоящем изобретении, могут быть, например, шаровидной формы, кубической формы, палочкообразными, конической формы, овальной формы, цилиндрической формы, в форме многоугольника, пирамидальной формы, торондальной формы, крестообразной формы, решетчатой формы, звездообразной формы или любой другой формы. Частицы МДСП в настоящем изобретении могут быть любого размера, необходимого для использования в конкретном виде обработки под поверхность; в способах настоящего изобретения пригодны к использованию частицы любого размера. В некоторых вариантах реализации частицы МДСП в настоящем изобретении могут иметь размер от около 2 до около 400 меш согласно шкале сит стандарта США. В предпочтительных вариантах реализации частицы МДСП в настоящем изобретении могут иметь размер от около 8 до около 400 меш согласно шкале сит стандарта США. В других вариантах реализации частицы МДСП в настоящем изобретении могут иметь размер от около 8 до около 120 меш согласно шкале сит стандарта США. Шаровидность частиц МДСП в настоящем изобретении может варьироваться от около 0 до около 1. В предпочтительных вариантах реализации изобретения шаровидность частиц МДСП может быть в количестве от около 0,1 до около 1. Частицы МДСП, которые в основном нешаровидны (например, имеющие значения шаровидности по меньшей мере ниже 1) могут иметь соотношение ширины и высоты в пределах от около 1 до около 1000.

Суспендируемость частиц МДСП в составе для обработки в настоящем изобретении может быть рассчитана на основании функции удельной текучести с использованием свойств предлагаемой текучей среды для обработки пласта и свойств предлагаемых частиц МДСП. Свойства предлагаемой текучей среды для обработки пласта и предлагаемых частиц МДСП, используемых для расчета функции удельной текучести, включают, кроме прочего, реологические свойства предлагаемой текучей среды для обработки пласта, плотность предлагаемой текучей среды для обработки пласта, распределение по размерам предлагаемых частиц МДСП, плотность предлагаемых частиц МДСП, а также любую комбинацию перечисленных параметров.

Функция удельной текучести в настоящем изобретении использована для определения суспендируемости по меньшей мере одной предлагаемой частицы МДСП композиции предлагаемой текучей среды для обработки пласта в настоящем изобретении. Иначе говоря, функция удельной текучести поясняет, будет ли частица МДСП оседать в составе для обработки или нет. Как правило, на вес частицы МДСП во взвешенном состоянии может влиять вертикальная составляющая силы вследствие воздействия напряжения пластического течения на частицу МДСП.

В целом, функция удельной текучести в настоящем изобретении может быть рассчитана с помощью формулы

$$Y_G = \frac{\tau_0}{g * d * (\rho_p - \rho)} \quad (1)$$

где Y_G - функция удельной текучести в настоящем изобретении, τ_0 - реологические свойства предлагаемой текучей среды для обработки пласта, g - ускорение под воздействием силы тяжести, d - размер отдельных предлагаемых частиц МДСП или средний размер на основании распределения по размерам предлагаемых частиц МДСП; ρ_p - плотность предлагаемых частиц МДСП и ρ - плотность предлагаемой текучей среды для обработки пласта. В использованном в данном документе смысле "распределение по размерам" связано со средним эквивалентным диаметром предлагаемых частиц МДСП для использования в способах настоящего изобретения.

Реологические свойства предлагаемой текучей среды для обработки пласта в настоящем изобретении, τ_0 , могут основываться на любом из нижеперечисленных видов напряжения сдвига или любой их комбинации при выбранной(-ых) скорости(-ях) сдвига: предельном низком напряжении сдвига ("LSYP"), напряжении пластического течения, оцениваемом по вязкопластической модели (например, пластической модели Бингама или модели течения вязкопластической среды Гершеля-Балкли) или предельном статическом напряжении сдвига (например, статическом напряжении сдвига после 10 с покоя, статическом напряжении сдвига после 10 мин покоя, статическом напряжении сдвига после 30 мин покоя или статическом напряжении сдвига с любым другим необходимым периодом времени).

В некоторых вариантах реализации изобретения при расчете функции удельной текучести учитывается концентрация предлагаемых частиц МДСП

$$Y_G = \frac{\tau_0 * f[\phi]}{g * d * (\rho_p - \rho)} \quad (2)$$

где $f[\phi]$ - функция концентрации предлагаемых частиц МДСП. Различные формы функции, $f[\phi]$, могут включать, кроме прочего, степенную функцию, экспоненциальную функцию, линейную функцию, а также любую их комбинацию. Может возникнуть необходимость учитывать концентрацию предлагаемых частиц МДСП в случаях, когда, например, для контроля особо обширной зоны поглощения бурового раствора необходима особо высокая концентрация частиц МДСП. Как правило, необходимость учитывать концентрацию предлагаемых частиц МДСП в настоящем изобретении отсутствует, если концентрация не превышает около 5% объема текучей среды для обработки пласта.

В других вариантах реализации изобретения для расчета функции удельной текучести в настоящем изобретении могут учитываться температура и давление в стволе скважины в подземном пласте. Это может иметь особое значение вследствие того, что плотность предлагаемой текучей среды для обработки пласта может повышаться с повышением давления и уменьшаться с повышением температуры. Тем не менее, примечательно, что, если глубина зоны поглощения бурового раствора в стволе скважины в подземном пласте, подлежащем обработке, особенно велика, воздействие температуры имеет тенденцию преобладать над воздействием давления. Кроме того, температура и давление могут влиять на реологические свойства, τ_0 , предлагаемой текучей среды для обработки пласта. В функции удельной текучести в настоящем изобретении температура и давление по стволу скважины в подземном пласте могут учитываться с помощью формулы

$$Y_G = \frac{\tau_0(P, T)}{g * d * (\rho_p - \rho(P, T))} \quad (3)$$

где P , T - давление и температура по стволу скважины в подземном пласте.

В других вариантах реализации изобретения, если базовым флюидом, используемым в предлагаемой текучей среде для обработки пласта в настоящем изобретении, является нефть (например, флюид на углеводородной основе, эмульсия воды в нефти или эмульсия нефти в воде), для расчета функции удельной текучести может учитываться соотношение нефть/вода. В данных вариантах реализации изобретения функция удельной текучести может быть рассчитана по формуле

$$Y_G = \frac{\tau_0 * f[o/w]}{g * d * (\rho_p - \rho)} \quad (4)$$

где $f[o/w]$ - функция соотношения нефть/вода предлагаемой текучей среды для обработки пласта. Различные формы функции, $f[o/w]$, могут включать, кроме прочего, степенную функцию, экспоненциальную функцию, линейную функцию, а также любую их комбинацию.

В некоторых вариантах реализации изобретения, если базовым флюидом, используемым в предлагаемой текучей среде для обработки пласта в настоящем изобретении, является нефть (например, флюид на углеводородной основе, эмульсия воды в нефти или эмульсия нефти в воде), давление и температура подземного пласта, а также соотношение нефть/вода, могут учитываться с помощью формулы

$$Y_G = \frac{\tau_0(P, T) * f[o/w]}{g * d * (\rho_p - \rho(P, T))} \quad (5)$$

Различные формы функции, $f[o/w]$, могут включать, кроме прочего, степенную функцию, экспоненциальную функцию, линейную функцию, а также любую их комбинацию.

В некоторых вариантах реализации изобретения может учитываться функция различных свойств, описанных ранее, в том числе концентрация предлагаемых частиц МДСП, размер или средний размер частиц МДСП, соотношение нефть/вода предлагаемой текучей среды для обработки пласта и зависимость свойств, например от давления и температуры по стволу скважины в подземном пласте. В тех вариантах реализации изобретения, где все эти свойства учитываются, функция удельной текучести может быть рассчитана по следующей формуле, разновидностями которой могут считаться уравнения (1)-(5), приведенные выше:

$$Y_G = \frac{f[\tau_0(P, T)] * f[o/w] * f[\phi]}{g * f[d] * f[(\rho_p - \rho(P, T))]} \quad (6)$$

Различные формы функций, $f[\tau_0(P, T)]$, $f[o/w]$, $f[\phi]$, $f[d]$, $f[(\rho_p - \rho(P, T))]$ могут включать, кроме прочего, степенную функцию, экспоненциальную функцию, линейную функцию, а также любую их комбинацию.

Все эти или любые из этих различных свойств предлагаемой текучей среды для обработки пласта и предлагаемых частиц МДСП в настоящем изобретении (т.е. реологические свойства предлагаемой текучей среды для обработки пласта, плотность предлагаемой текучей среды для обработки пласта, соотношение нефть/вода предлагаемой текучей среды для обработки пласта, распределение по размерам предлагаемых частиц МДСП, концентрация предлагаемых частиц МДСП и плотность предлагаемых частиц) можно варьировать в целях производства текучей среды для обработки пласта в виде суспензии МДСП в настоящем изобретении. Помимо этого, предлагаемыми операциями в стволе скважины можно манипулировать. В некоторых вариантах реализации изобретения этапы расчета суспендируемости предлагаемых частиц МДСП в предлагаемой текучей среде для обработки пласта, определяемой функцией удельной текучести, и манипулирования по меньшей мере одним из свойств предлагаемой текучей среды для обработки пласта, свойств предлагаемых частиц МДСП или предлагаемой операции в стволе скважины на основании функции удельной текучести повторяются по меньшей мере единожды с тем, чтобы получить жидкость-носитель суспензии МДСП.

Расчетное значение функции удельной текучести в настоящем изобретении может свидетельствовать о суспендируемости предлагаемых частиц МДСП в предлагаемых составах для обработки в настоящем изобретении. Например, на основании примеров в способах настоящего изобретения, описанных в данной заявке, значение функции удельной текучести ниже около 0,5 указывает на то, что предлагаемые частицы МДСП не будут суспендироваться в предлагаемой текучей среде для обработки пласта. С другой стороны, значение функции удельной текучести ниже около 1, но выше около 0,5 указывает на то, что предлагаемые частицы МДСП могут суспендироваться в предлагаемых составах для обработки в настоящем изобретении, однако лишь в малой степени. И, наконец, значение функции удельной текучести, равное или выше около 1, указывает на то, что предлагаемые частицы МДСП демонстрируют суспендируемость в предлагаемых составах для обработки в настоящем изобретении. Способы манипулирования свойствами предлагаемых составов для обработки или предлагаемых частиц МДСП в настоящем изобретении основаны на этих значениях с тем, чтобы получить значение функции удельной текучести, равное или выше около 1, или значение функции удельной текучести по меньшей мере выше около 0,5. Эти удельные значения применимы к примерам в настоящем изобретении и находятся в зависимости, помимо прочего, от условий предлагаемых составов для обработки, подземного пласта, способа, выбранного для моделирования реологических свойств предлагаемых составов для обработки и необходимой длительности суспендируемости. Таким образом, значение функции удельной текучести является относительно само по себе, однако демонстрирует аналогичные значения функции относительной удельной текучести суспендируемости.

В некоторых вариантах реализации настоящее изобретение предусматривает способ расчета суспендируемости предлагаемых частиц МДСП предлагаемой текучей среды для обработки пласта на основании текучести. В таком случае рассчитывается либо эквивалентная плотность в статическом состоянии предлагаемого состава, используемого для обработки того или иного подповерхностного участка, либо его эквивалентная плотность циркуляции. Согласно этому с предлагаемыми частицами МДСП и(или) предлагаемым составом для обработки производятся такие манипуляции, чтобы получить значение функции удельной текучести выше около 1 или значение функции удельной текучести по меньшей мере выше около 0,5.

В использованном в данном документе смысле термин "эквивалентная плотность в статическом состоянии" относится к гидростатическому давлению, оказываемому предлагаемым составом для обработки в настоящем изобретении на любой конкретной глубине в подземном пласте. Эквивалентная плотность в статическом состоянии представляет собой функцию плотности предлагаемого флюида и высоты

столба флюида. В использованном в данном документе смысле термин "эквивалентная плотность циркуляции" относится к сумме гидростатического давления напора столба предлагаемой текучей среды для обработки в подземном пласте и потери напора вследствие трения в подземном пласте. Потеря напора вследствие трения в подземном пласте связана с падением давления во время потока предлагаемой текучей среды для обработки в подземном пласте вследствие соприкосновения флюида с подземным пластом. Эквивалентная плотность в статическом состоянии и эквивалентная плотность циркуляции являются известными параметрами, которые можно определить любым способом, известным специалистам в данной области. В некоторых вариантах реализации изобретения эквивалентная плотность в статическом состоянии и(или) эквивалентная плотность циркуляции в основном равны пластовому давлению или выше него по стволу скважины в подземном пласте и в основном равны или меньше градиента давления при гидроразрыве пласта по стволу скважины в подземном пласте. В использованном в данном документе смысле термин "пластовое давление" относится к давлению пластового флюида в толще пород в подземном пласте. В использованном в данном документе смысле термин "градиент давления при гидроразрыве" относится к минимальному давлению в забое, необходимому для того, чтобы вызвать разрывы в подземном пласте.

В некоторых вариантах реализации способы настоящего изобретения предусматривают выполнение расчета эквивалентной плотности в статическом состоянии или эквивалентной плотности циркуляции с учетом условий температуры и давления в подземном пласте. Условия температуры и давления в подземном пласте могут представлять собой особенно важные для учета факторы, например в расчете эквивалентной плотности в статическом состоянии или эквивалентной плотности циркуляции по стволу скважины в подземном пласте на особенно большой глубине и с повышенной температурой. Отсутствие учета этих условий может стать причиной ошибочности расчетов эквивалентной плотности в статическом состоянии или эквивалентной плотности циркуляции, зачастую ошибочности в их сути.

В некоторых вариантах реализации настоящего изобретения со свойствами предлагаемой текучей среды для обработки пласта, свойствами предлагаемых частиц МДСП и(или) предлагаемой операцией в стволе скважины производятся манипуляции не только на основании значения функции удельной текучести или экспериментальной функции, но также и таким образом, чтобы получить эквивалентную плотность в статическом состоянии или эквивалентную плотность циркуляции в допустимых пределах для поддержания устойчивости ствола скважины во время операций бурения. Допустимые пределы эквивалентной плотности в статическом состоянии и эквивалентной плотности циркуляции находятся в зависимости от характеристик предлагаемой текучей среды для обработки пласта, содержащей предлагаемые частицы МДСП, и геометрической формы и состояния того или иного подземного пласта, подлежащего обработке, таких как, например, значение градиента давления при гидроразрыве, значение градиента пластового давления и т. п.

Некоторые варианты реализации настоящего изобретения включают варианты реализации изобретения А, В и С.

Вариант А реализации изобретения

Способ, включающий обеспечение сооружения ствола скважины в подземном пласте, содержащем по меньшей мере одно поровое отверстие, обеспечение предлагаемой операции в стволе скважины, обеспечение подачи предлагаемой текучей среды для обработки пласта, обеспечение подачи предлагаемых частиц МДСП, расчет суспендируемости предлагаемых частиц МДСП в предлагаемой текучей среде для обработки пласта, определяемой функцией удельной текучести на основании свойств предлагаемой текучей среды для обработки пласта и свойств предлагаемых частиц МДСП или определяемой экспериментальной функцией МДСП, при этом свойства предлагаемой текучей среды для обработки пласта и свойства предлагаемых частиц МДСП выбраны из группы, состоящей из реологических свойств предлагаемой текучей среды для обработки пласта, плотности предлагаемой текучей среды для обработки пласта, распределения по размерам предлагаемых частиц МДСП, плотности предлагаемых частиц МДСП, а также любой их комбинации; расчет эквивалентной плотности в статическом состоянии предлагаемой текучей среды для обработки пласта, содержащей предлагаемые частицы МДСП по меньшей мере в одном месте в стволе скважины, манипулирование по меньшей мере одним из свойств предлагаемой текучей среды для обработки пласта, свойств предлагаемых частиц МДСП или предлагаемой операции в стволе скважины на основании функции удельной текучести или экспериментальной функции МДСП и эквивалентной плотности в статическом состоянии таким образом, чтобы произвести жидкость для обработки пласта в виде суспензии МДСП, и введение текучей среды для обработки пласта в виде суспензии МДСП в ствол скважины в подземном пласте таким образом, чтобы создать контакт по меньшей мере с одним поровым отверстием.

Вариант В реализации изобретения

Способ, включающий обеспечение сооружения ствола скважины в подземном пласте, содержащем по меньшей мере одно поровое отверстие, обеспечение предлагаемой операции в стволе скважины, обеспечение подачи предлагаемой текучей среды для обработки пласта, обеспечение подачи предлагаемых частиц МДСП, расчет суспендируемости предлагаемых частиц МДСП в предлагаемой текучей среде для обработки пласта, определяемой функцией удельной текучести на основании свойств предлагаемой те-

кучей среды для обработки пласта и свойств предлагаемых частиц МДСП или определяемой экспериментальной функцией МДСП, при этом свойства предлагаемой текучей среды для обработки пласта и свойства предлагаемых частиц МДСП выбраны из группы, состоящей из реологических свойств предлагаемой текучей среды для обработки пласта, плотности предлагаемой текучей среды для обработки пласта, распределения по размерам предлагаемых частиц МДСП, плотности предлагаемых частиц МДСП, а также любой их комбинации; расчет эквивалентной плотности циркуляции предлагаемой текучей среды для обработки пласта, содержащей предлагаемые частицы МДСП по меньшей мере в одном месте в стволе скважины, манипулирование по меньшей мере одним из свойств предлагаемой текучей среды для обработки пласта, свойств предлагаемых частиц МДСП или предлагаемой операции в стволе скважины на основании функции удельной текучести или экспериментальной функции МДСП и эквивалентной плотности циркуляции таким образом, чтобы произвести жидкость для обработки пласта в виде суспензии МДСП, и введение текучей среды для обработки пласта в виде суспензии МДСП в ствол скважины в подземном пласте таким образом, чтобы создать контакт по меньшей мере с одним поровым отверстием.

Вариант С реализации изобретения

Способ, включающий обеспечение сооружения ствола скважины в подземном пласте, содержащем по меньшей мере одно поровое отверстие, обеспечение предлагаемой операции в стволе скважины, обеспечение подачи предлагаемой текучей среды для обработки пласта, обеспечение подачи предлагаемых частиц МДСП, расчет суспендируемости предлагаемых частиц МДСП в предлагаемой текучей среде для обработки пласта, определяемой функцией удельной текучести на основании свойств предлагаемой текучей среды для обработки пласта и свойств предлагаемых частиц МДСП или определяемой экспериментальной функцией МДСП, при этом свойства предлагаемой текучей среды для обработки пласта и свойства предлагаемых частиц МДСП выбраны из группы, состоящей из реологических свойств предлагаемой текучей среды для обработки пласта, плотности предлагаемой текучей среды для обработки пласта, распределения по размерам предлагаемых частиц МДСП, плотности предлагаемых частиц МДСП, а также любой их комбинации; манипулирование по меньшей мере одним из свойств предлагаемой текучей среды для обработки пласта, свойств предлагаемых частиц МДСП или предлагаемой операции в стволе скважины на основании функции удельной текучести или экспериментальной функции МДСП таким образом, чтобы произвести жидкость для обработки пласта в виде суспензии МДСП, и введение текучей среды для обработки пласта в виде суспензии МДСП в ствол скважины в подземном пласте таким образом, чтобы создать контакт по меньшей мере с одним поровым отверстием.

Каждый из вариантов А, В и С реализации изобретения может дополнительно включать один или более элементов, приведенных ниже, в любой их комбинации.

Элемент 1. Способ, отличающийся тем, что для расчета функции удельной текучести учитываются условия температуры и давления в стволе скважины в подземном пласте.

Элемент 2. Способ, отличающийся тем, что для расчета эквивалентной плотности в статическом состоянии учитываются условия температуры и давления в стволе скважины в подземном пласте.

Элемент 3. Способ, отличающийся тем, что свойства, используемые для расчета функции удельной текучести, представляют собой концентрацию предлагаемых частиц МДСП.

Элемент 4. Способ, отличающийся тем, что свойства, используемые для расчета функции удельной текучести, представляют собой соотношение нефть/вода предлагаемой текучей среды для обработки пласта, если предлагаемая жидкость для обработки пласта представляет собой флюид на углеводородной основе, эмульсию воды в нефти или эмульсию нефти в воде.

Элемент 5. Способ, отличающийся тем, что эквивалентная плотность в статическом состоянии в основном равна пластовому давлению или выше него в стволе скважины в подземном пласте и в основном равна градиенту давления или ниже него при гидроразрыве пласта по стволу скважины в подземном пласте.

Элемент 6. Способ, отличающийся тем, что этапы расчета суспендируемости предлагаемых частиц МДСП в предлагаемой текучей среде для обработки пласта, определяемой функцией удельной текучести или экспериментальной функцией МДСП, расчета эквивалентной плотности в статическом состоянии предлагаемой текучей среды для обработки пласта, содержащей предлагаемые частицы МДСП по меньшей мере в одном месте в стволе скважины, и манипулирования по меньшей мере одним из свойств предлагаемой текучей среды для обработки пласта, свойств предлагаемых частиц МДСП или предлагаемой операции в стволе скважины на основании функции удельной текучести или экспериментальной функции МДСП и эквивалентной плотности в статическом состоянии повторяются по меньшей мере единожды с тем, чтобы получить флюид-носитель суспензии МДСП.

Элемент 7. Способ, отличающийся тем, что предлагаемые частицы МДСП распределены по размерам таким образом, чтобы закупорить разрыв внутри ствола скважины в подземном пласте.

В качестве примера, вариант А, В или С реализации изобретения может комбинироваться с элементами 1 и 2; вариант А, В или С реализации изобретения может комбинироваться с элементами 2, 6 и 7; вариант А, В или С реализации изобретения может комбинироваться с элементами 3, 4 и 5 и т.д.

Для более глубокого понимания настоящего изобретения приведены следующие примеры предпочтительных или типичных вариантов реализации изобретения. Нижеследующие примеры ни в коей мере

не следует считать ограничивающими или определяющими объем изобретения.

Примеры

Пример 1. На основании способов настоящего изобретения было синтезировано четыре предлагаемых вида текучей среды для обработки пласта согласно описанию в табл. 1.

Таблица 1

	Флюид А	Флюид В	Флюид С	Флюид D
BARAZAN®D PLUS (фунтов/баррель)	1	1, 2	1, 5	1, 5
PAC™-R (фунтов/баррель)	1	1, 25	1, 25	1, 25
DEXTRID® (фунтов/баррель)	2	2	2	2
CLAYSEAL® PLUS (фунтов/баррель)	3, 5	3, 5	3, 5	3, 5
PERFORMATROL® (фунтов/баррель)	7, 5	7, 5	7, 5	7, 5
BARABUF® (фунтов/баррель)	0, 3	0, 25	0, 25	0, 25
BAROID® (вес раствора = 9 фунтов/галлон)	По мере необходимости	По мере необходимости	По мере необходимости	По мере необходимости
Рассол NaCl	Остальное	Остальное	Остальное	Остальное

Реологические свойства, τ_0 , четырех предлагаемых составов для обработки для использования при расчете функции удельной текучести в настоящем изобретении определены с использованием реометра FANN-35 (промышленного вискозиметра) для определения предельного низкого напряжения сдвига и статического напряжения сдвига после 10 мин покоя предлагаемой текучей среды для обработки пласта после перемешивания жидкостей в горячем виде при 150°F в течение 16 ч. Предельное низкое напряжение сдвига рассчитано по формуле $[2 \cdot (\text{значение на реометре при 3 об/мин}) - (\text{значение на реометре при 6 об/мин})]$. Статическое напряжение сдвига после 10 мин покоя замерялось после того, как предлагаемые составы для обработки были оставлены в статическом состоянии на 10 мин с последующим получением максимального значения, показываемого на реометре при 3 об/мин. Плотность предлагаемых составов для обработки замерялась на рычажных весах для определения плотности бурового раствора. Предельное низкое напряжение сдвига и статическое напряжение сдвига после 10 мин покоя приведены в табл. 2.

Таблица 2

	Флюид А (τ_0)	Флюид В (τ_0)	Флюид С (τ_0)	Флюид D (τ_0)
Предельное низкое напряжение сдвига (фунтов/100 ф ^т ²)	3	4	6	8
Статическое напряжение сдвига после 10 мин. покоя (фунтов/100 ф ^т ²)	5	9	13	14

Испытания суспендируемости выполнены с использованием четырех предлагаемых составов для обработки и частиц МДСП предлагаемых размеров. Предлагаемые частицы МДСП получены просеиванием частиц WALL-NUT®. Оценка плотности предлагаемых частиц МДСП произведена с использованием гелиевого ультрапикнометра, модель 2.4 производства компании Quantachrome Corporation. Перечень предлагаемых частиц МДСП приведен в табл. 3.

Таблица 3

	Шкала сит стандарта США	Размер МДСП (мкм)	Плотность (г/см³)
МДСП 1	-30 меш +35 меш	500-600	1,43
МДСП 2	-18 меш +20 меш	850-1000	
МДСП 3	-14 меш +16 меш	1180-1400	

Предлагаемые частицы МДСП были включены в предлагаемые составы для обработки в концентрации около 4,5% объема, тщательно перемешаны шпателем и залиты в стеклянный вкладыш в автоклаве из нержавеющей стали, нагретом до 150°F. Давление в автоклаве из нержавеющей стали было поднято газообразным азотом до 100 фунтов/дюйм². Далее предлагаемые текучей среды для обработки пласта, содержащие предлагаемые частицы МДСП, были помещены в печь с постоянной температурой ("окисление при постоянной температуре") при 150°F в течение 4 ч и затем охлаждались в водяной бане 68°F в течение 10 мин. Суспендируемость предлагаемых частиц МДСП в предлагаемых составах для обработки исследовалась путем разделения смеси на два образца в равных долях, представляющих верхнюю половину флюида в автоклаве и нижнюю половину флюида в автоклаве (в результате чего получены МДСП 1^{Верх}, МДСП 1^{Ниж}, МДСП 2^{Верх}, МДСП 2^{Ниж}, МДСП 3^{Верх}, МДСП 3^{Ниж}). Каждый образец затем был профильтрован через сетку 50 меш согласно шкале сит стандарта США, после чего частицы МДСП, собранные сеткой, были промыты водой для удаления какого-либо остаточного флюида. Сепарированные частицы МДСП были высушены при 105°C, охлаждены до комнатной температуры и взвешены.

В качестве примера МДСП 1, МДСП 2 и МДСП 3 были испытаны на суспендируемость во флюиде В. После окисления при постоянной температуре оценка суспендируемости предлагаемых частиц МДСП каждого размера была произведена путем наблюдения. Предлагаемые частицы МДСП, МДСП 3 большого размера почти полностью выпали в осадок во флюиде В, тогда как предлагаемые частицы МДСП, МДСП 2 среднего размера проявили по меньшей мере некоторую суспендируемость, а предлагаемые частицы МДСП, МДСП 1 малого размера остались равномерно суспендированными во флюиде В. Таким образом, суспендируемость частиц МДСП в составе для обработки уменьшается с повышением размеров частиц МДСП, что качественно согласуется с функцией удельной текучести в настоящем изобретении.

В некоторых вариантах реализации изобретения суспендируемость частиц МДСП в настоящем изобретении может быть рассчитана на основании экспериментальной функции МДСП. Экспериментальные функции МДСП настоящего изобретения могут включать, например, функцию распределения МДСП вверх или функцию распределения МДСП вниз. Помимо этого, суспендируемость частиц МДСП в настоящем изобретении может быть рассчитана в любой(ых) конечной(ых) доле(ях) флюида после окисления флюида в течение конечного периода времени. Как станет понятно специалисту в данной области техники с помощью данного описания, в настоящем изобретении могут быть использованы и другие

экспериментальные функции МДСП. Функция распределения МДСП вверх, или $\%МДСП^{Верх}$, определяет процентное содержание предлагаемых частиц МДСП в верхней половине текучей среды для обработки пласта после окисления флюида в течение конечного периода времени, по следующей формуле:

$$\%МДСП^{Верх} = \frac{МДСП^{Верх}}{МДСП^{Верх} + МДСП^{Ниж}} * 100 \quad (7)$$

Функция распределения МДСП внизу, $\%МДСП^{Ниж}$, определяет процентное содержание предлагаемых частиц МДСП в нижней половине текучей среды для обработки пласта после окисления флюида в течение конечного периода времени, по следующей формуле:

$$\%МДСП^{Ниж} = \frac{МДСП^{Ниж}}{МДСП^{Ниж} + МДСП^{Верх}} * 100 \quad (8)$$

В некоторых вариантах реализации изобретения этапы расчета суспендируемости предлагаемых частиц МДСП в предлагаемой текучей среде для обработки пласта, определяемой экспериментальной функцией МДСП (например, функция распределения МДСП вверх или функция распределения вниз), и манипулирования по меньшей мере одним из свойств предлагаемой текучей среды для обработки пласта, свойств предлагаемых частиц МДСП или предлагаемой операцией в стволе скважины на основании экспериментальной функции МДСП повторяются по меньшей мере единожды с тем, чтобы получить флюид-носитель суспензии МДСП.

В данном примере использованной экспериментальной функцией МДСП была функция распределения МДСП вверх или, $\%МДСП^{Верх}$, которая была определена для каждой текучей среды для обработки пласта ($МДСП 1^{Верх}$, $МДСП 2^{Верх}$ и $МДСП 3^{Верх}$) после окисления при постоянной температуре. В случаях, когда оседания частиц МДСП в предлагаемой текучей среде для обработки пласта не происходит, $\%МДСП^{Верх} \approx 50\%$. В случаях, когда происходит оседание всех или большей части частиц МДСП предлагаемой текучей среды для обработки пласта, $\%МДСП^{Верх} \approx 0\%$. В случаях, когда происходит лишь частичное оседание частиц МДСП предлагаемой текучей среды для обработки пласта, $0\% < \%МДСП^{Верх} < 50\%$. Было определено $\%МДСП^{Верх}$ для МДСП 1, МДСП 2 и МДСП 3 во флюиде В и произведено сравнение со значением функции удельной текучести в настоящем изобретении. Результаты приведены в табл. 4. Они демонстрируют, что хорошая суспендируемость, определенная в данной заявке в виде значения функции удельной текучести, равного или выше около 1, соответствует МДСП^{Верх} в пределах от около 40% до около 50%.

Таблица 4

	$\%МДСП^{Верх}$	Значение функции удельной текучести
МДСП 1	1,3%	0,46
МДСП 2	17,2%	0,64
МДСП 3	40,3%	1,1

Пример 2. В данном примере произведена оценка влияния реологических свойств предлагаемого флюида-носителя на суспендируемость частиц МДСП. С помощью составов и способов из примера 1 произведена оценка частиц МДСП 2 во флюиде В и во флюиде С. Флюид В и флюид С имеют одинаковую плотность, но разные реологические свойства (т.е. предельное низкое напряжение сдвига (LSYP) флюида В составляет 4, а предельное низкое напряжение сдвига флюида С составляет 6). Визуальное наблюдение после окисления при постоянной температуре показало, что частицы МДСП 2 проявили значительное оседание во флюиде В, а не во флюиде С, а это означает, что суспендируемость предлагаемой частицы МДСП предлагаемой текучей среды для обработки пласта повышается при более высоких значениях реологических условий, что качественно согласуется с функцией удельной текучести в настоящем изобретении. Было определено $\%МДСП^{Верх}$ для частиц МДСП 2 во флюиде В и флюиде С и произведено сравнение со значением функции удельной текучести в настоящем изобретении. Результаты, приведенные в табл. 4, дополнительно подтверждают, что хорошая суспендируемость, определенная в данной заявке в виде значения функции удельной текучести, приблизительно равного или выше около 1, соответствует МДСП^{Верх} в пределах от около 40% до около 50%.

Таблица 5

	%МДСП ^{Верх}	Значение функции удельной текучести
Флюид В + МДСП 2	17,2%	0,64
Флюид С + МДСП 3	45,6%	0,98

Пример 3. С помощью составов и способов из примера 1 произведена оценка функции удельной текучести и %МДСП^{Верх} для каждого из флюидов А, В, С и D в комбинации с МДСП 1, МДСП 2 и МДСП 3. Результаты подтверждают соответствия, установленные в примере 1 и примере 2, того, что суспендируемость повышается с уменьшением размера частиц МДСП и повышением значений реологических свойств и что значение функции удельной текучести, равное или выше около 1, соответствует МДСП^{Верх} в пределах от около 40% до около 50%, что означает хорошую суспендируемость. Результаты функции удельной текучести приведены в табл. 6, значения %МДСП^{Верх} приведены в табл. 7.

Таблица 6

	Значение функции удельной текучести		
	МДСП 1	МДСП 2	МДСП 3
Флюид А	0,81	0,48	0,34
Флюид В	1,1	0,64	0,45
Флюид С	1,6	0,98	0,68
Флюид D	2,9	1,7	1,2

Таблица 7

	%МДСП ^{Верх}		
	МДСП 1	МДСП 2	МДСП 3
Флюид А	4%	0%	0%
Флюид В	40,3%	17,2%	1,3%
Флюид С	48%	45,6%	31,3%
Флюид D	51%	50,8%	47,4%

Таким образом, настоящее изобретение хорошо подходит для достижения упомянутых задач и преимуществ, а также преимуществ, присущих настоящему изобретению. Отдельные варианты реализации изобретения, описанные выше, являются только иллюстративными, так как настоящее изобретение может быть изменено и применяться на практике различными, однако эквивалентными способами, которые понятны специалистам в данной области благодаря концепциям, изложенным в данной заявке. Кроме того, к особенностям конструкции или проектирования, приведенным в данной заявке, не предполагается применение каких-либо ограничений, кроме тех, что описаны в нижеприведенной формуле изобретения. Таким образом, очевидно, что отдельные иллюстративные варианты реализации изобретения, описанные выше, могут быть изменены, скомбинированы или усовершенствованы и что все такие изменения считаются соответствующими объему и существу настоящего изобретения. Изобретение, иллюстративно описанное в данной заявке, может быть удобно применимо на практике в отсутствие любого элемента, не описанного особо в данной заявке, и(или) любого дополнительного элемента, описанного в данной заявке. Тогда как составы и способы описаны терминами "состоящие из", "содержащие" или "включающие", различные компоненты или этапы, составы и способы могут также "в основном состоять из" или "состоять из" различных компонентов и этапов. Все числа и предельные значения, описанные выше, могут варьироваться на некоторую величину. В тех случаях, когда описан числовой диапазон с нижним пределом и верхним пределом, любое число и любой включенный диапазон, находящийся в рамках того или иного диапазона, описан особо. В частности, каждый диапазон значений (в форме "от около а до около b", или аналогично "от около а до b", или аналогично "от около a-b"), описанных в данной заявке, следует понимать как определение каждого числа и диапазона, находящихся в рамках более широкого диапазона значений. Помимо этого, термины в пунктах формулы изобретения имеют свое общепринятое обычное значение, за исключением тех случаев, когда определение четко и недвусмысленно приведено заявителем патента. В дополнение к этому, термины в единственном числе, используемые в пунктах формулы изобретения, определены в данной заявке как означающие один или более элементов, обозначенных этими терминами. В случае какого-либо противоречия между употреблением слова или термина в данном

описании и в одном или более патентах или других документах, которые могут быть включены в данную заявку посредством ссылки, следует принимать определения, предусмотренные данным описанием.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ борьбы с поглощением текучей среды в подземном пласте, включающий стадии, на которых

сооружают ствол скважины в подземном пласте, содержащем по меньшей мере одно поровое отверстие;

осуществляют операции в стволе скважины, выбранные из операций по гидроразрыву пласта, операций бурения и операций продавливания цементного раствора с выдержкой во времени;

подают текучую среду для обработки пласта, способную суспендировать частицы материала для снижения поглощения (МДСП);

подают частицы МДСП;

рассчитывают суспендируемость частиц МДСП в текучей среде для обработки пласта, определяемую функцией удельной текучести, выбранной из следующих:

$$Y_G = \frac{\tau_0}{g * d * (\rho_p - \rho)} \quad (1),$$

$$Y_G = \frac{\tau_0 * f[\phi]}{g * d * (\rho_p - \rho)} \quad (2),$$

$$Y_G = \frac{\tau_0(P, T)}{g * d * (\rho_p - \rho(P, T))} \quad (3),$$

$$Y_G = \frac{\tau_0 * f[o/w]}{g * d * (\rho_p - \rho)} \quad (4),$$

$$Y_G = \frac{\tau_0(P, T) * f[o/w]}{g * d * (\rho_p - \rho(P, T))} \quad (5),$$

$$Y_G = \frac{f[\tau_0(P, T)] * f[o/w] * f[\phi]}{g * f[d] * f[(\rho_p - \rho(P, T))]} \quad (6),$$

где τ_0 - это реологические свойства текучей среды для обработки пласта, g - это ускорение под воздействием силы тяжести, d - это размер отдельных частиц МДСП или средний размер на основании распределения по размерам частиц МДСП; ρ_p - это плотность частиц МДСП и ρ - это плотность текучей среды для обработки пласта, $f[\phi]$ - это функция концентрации частиц МДСП, P, T - давление и температура по стволу скважины в подземном пласте, $f[o/w]$ - это функция соотношения нефть/вода текучей среды для обработки пласта на основании свойств текучей среды для обработки пласта и свойств частиц МДСП или определяемую экспериментальной функцией МДСП, выбранной из

функции распределения МДСП вверх

$$\% \text{МДСП}^{\text{Вверх}} = \frac{\text{МДСП}^{\text{Вверх}}}{\text{МДСП}^{\text{Вверх}} + \text{МДСП}^{\text{Ниж}}}} * 100 \quad (7)$$

или функции распределения МДСП вниз

$$\% \text{МДСП}^{\text{Ниж}} = \frac{\text{МДСП}^{\text{Ниж}}}{\text{МДСП}^{\text{Ниж}} + \text{МДСП}^{\text{Вверх}}}} * 100 \quad (8);$$

при этом свойства текучей среды для обработки пласта и свойства частиц МДСП выбраны из группы, состоящей из реологических свойств текучей среды для обработки пласта, плотности текучей среды для обработки пласта, распределения по размерам частиц МДСП, плотности частиц МДСП, а также любой их комбинации;

регулируют по меньшей мере одно из свойств текучей среды для обработки пласта, свойств частиц МДСП или операции в стволе скважины, варьируя их на основании функции удельной текучести или экспериментальной функции МДСП таким образом, чтобы достичь значения функции удельной текучести Y_G выше 0,5, или достичь значения распределения МДСП вверх менее 50%, но больше 0%, или достичь значения распределения МДСП вниз менее 100%, но больше 50% и произвести жидкость для обработки пласта в виде суспензии МДСП; и

вводят текучую среду для обработки пласта в виде суспензии МДСП в ствол скважины в подземном пласте таким образом, чтобы создать контакт по меньшей мере с одним поровым отверстием.

2. Способ по п.1, включающий стадию, на которой

рассчитывают эквивалентную плотность текучей среды для обработки пласта, содержащей частицы МДСП, в статическом состоянии по меньшей мере в одном месте в стволе скважины; и

при этом регулирование по меньшей мере одного из свойств текучей среды для обработки пласта,

свойств частиц МДСП или операции в стволе скважины осуществляют на основании функции удельной текучести или экспериментальной функции МДСП и эквивалентной плотности в статическом состоянии таким образом, чтобы произвести текучую среду для обработки пласта в виде суспензии МДСП.

3. Способ по п.1, включающий стадию, на которой рассчитывают эквивалентную плотность циркуляции текучей среды для обработки пласта, содержащей частицы МДСП, по меньшей мере в одном месте в стволе скважины; и

при этом регулирование по меньшей мере одного из свойств текучей среды для обработки пласта, свойств частиц МДСП или операции в стволе скважины осуществляют на основании функции удельной текучести или экспериментальной функции МДСП и эквивалентной плотности циркуляции таким образом, чтобы произвести жидкость для обработки пласта в виде суспензии МДСП.

4. Способ по любому из пп.1-3, отличающийся тем, что для расчета функции удельной текучести учитывают условия температуры и давления в стволе скважины в подземном пласте.

5. Способ по любому из пп.1-3, отличающийся тем, что свойства, используемые для расчета функции удельной текучести, представляют собой концентрацию частиц МДСП.

6. Способ по любому из пп.1-3, отличающийся тем, что свойства, используемые для расчета функции удельной текучести, представляют собой соотношение нефть/вода текучей среды для обработки пласта, если жидкость для обработки пласта представляет собой флюид на углеводородной основе, эмульсию воды в нефти или эмульсию нефти в воде.

7. Способ по п.1, отличающийся тем, что стадии расчета суспендируемости частиц МДСП в текучей среде для обработки пласта, определяемой функцией удельной текучести или экспериментальной функцией МДСП, и регулирования по меньшей мере одного из свойств текучей среды для обработки пласта, свойств частиц МДСП или операции в стволе скважины на основании функции удельной текучести повторяют по меньшей мере единожды с тем, чтобы получить флюид-носитель суспензии МДСП.

8. Способ по п.1, отличающийся тем, что частицы МДСП распределены по размерам таким образом, чтобы закупорить разрыв внутри ствола скважины в подземном пласте.

9. Способ по п.2, отличающийся тем, что для расчета эквивалентной плотности в статическом состоянии учитывают условия температуры и давления в стволе скважины в подземном пласте.

10. Способ по п.2, отличающийся тем, что эквивалентная плотность в статическом состоянии в основном равна пластовому давлению или выше него по стволу скважины в подземном пласте и в основном равна градиенту давления гидроразрыва пласта или ниже него по стволу скважины в подземном пласте.

11. Способ по п.2, отличающийся тем, что стадии расчета суспендируемости частиц МДСП в текучей среде для обработки пласта, определяемой функцией удельной текучести или экспериментальной функцией МДСП, расчета эквивалентной плотности текучей среды для обработки пласта, содержащей частицы МДСП, в статическом состоянии по меньшей мере в одном месте в стволе скважины и регулирования по меньшей мере одного из свойств текучей среды для обработки пласта, свойств частиц МДСП или операции в стволе скважины на основании функции удельной текучести или экспериментальной функции МДСП и эквивалентной плотности в статическом состоянии повторяют по меньшей мере единожды с тем, чтобы получить флюид-носитель суспензии МДСП.

12. Способ по п.3, отличающийся тем, что для расчета эквивалентной плотности циркуляции учитывают условия температуры и давления в стволе скважины.

13. Способ по п.3, отличающийся тем, что свойства, используемые для расчета функции удельной текучести, представляют собой соотношение нефть/вода текучей среды для обработки пласта, если жидкость для обработки пласта представляет собой флюид на углеводородной основе, эмульсию воды в нефти или эмульсию нефти в воде.

14. Способ по п.3, отличающийся тем, что эквивалентная плотность циркуляции в основном равна пластовому давлению ствола скважины в подземном пласте или больше него и, по существу, равна градиенту гидроразрыва ствола скважины в подземном пласте или меньше него.

15. Способ по п.3, отличающийся тем, что стадии расчета суспендируемости частиц МДСП в текучей среде для обработки пласта, определяемой функцией удельной текучести или экспериментальной функцией МДСП, расчета эквивалентной плотности циркуляции текучей среды для обработки пласта, содержащей частицы МДСП, по меньшей мере в одном месте в стволе скважины и регулирования по меньшей мере одного из свойств текучей среды для обработки пласта, свойств частиц МДСП или операции в стволе скважины на основании функции удельной текучести или экспериментальной функции МДСП и эквивалентной плотности циркуляции повторяют по меньшей мере единожды с тем, чтобы получить флюид-носитель суспензии МДСП.

