



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 120829

(13) C2

(51) МПК

E21B 43/267 (2006.01)

C09K 8/80 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ
ЕКОНОМІКИ, ТОРГІВЛІ ТА
СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(21) Номер заявки:	a 2014 13265	(72) Винахідник(и): Лесерф Брюно (US), Кремер Чед (US), Поуп Тімоті Л. (US), Віллберг Дін М. (US), Усова Зінаїда (US)
(22) Дата подання заявки:	10.12.2014	(73) Власник(и): ШЛЮМБЕРГЕР ТЕКНОЛОДЖИ Б.В., Parkstraat 83-89, NL-2514 JG The Hague, Netherlands (NL)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	25.02.2020	(74) Представник: Бочаров Максим Анатолійович, реєстр. №367
(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	14/103,152	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: US 2008093073 A1, 24.04.2008 US 4421167 A, 20.12.1983 US 4488599 A, 18.12.1984 WO 03023177 A2, 20.03.2003 WO 2007066254 A2, 14.06.2007 US 2003196809 A1, 23.10.2003 WO 2008068445 A1, 12.06.2008 UA 90274 C2, 26.04.2010
(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	11.12.2013	
(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку:	US	
(41) Публікація відомостей про заявку:	25.06.2015, Бюл.№ 12	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	25.02.2020, Бюл.№ 4	

(54) СПОСОБИ МІНІМІЗАЦІЇ КІЛЬКОСТІ ЗАКАЧУВАНОГО ПРОПАНТУ ДЛЯ ПРОЦЕСУ ГІДРОРОЗРИВУ ПЛАСТА

(57) Реферат:

Спосіб обробки підземної формації включає утворення тріщини в підземній формації, введення заздалегідь визначеної кількості розклинювального агента в рідину для обробки і подальше введення закупорюючого агента в рідину для обробки, перш ніж уся заздалегідь визначена кількість розклинювального агента досягне тріщини, зводячи до мінімуму надмірне витіснення розклинювального агента з тріщини.

UA 120829 C2

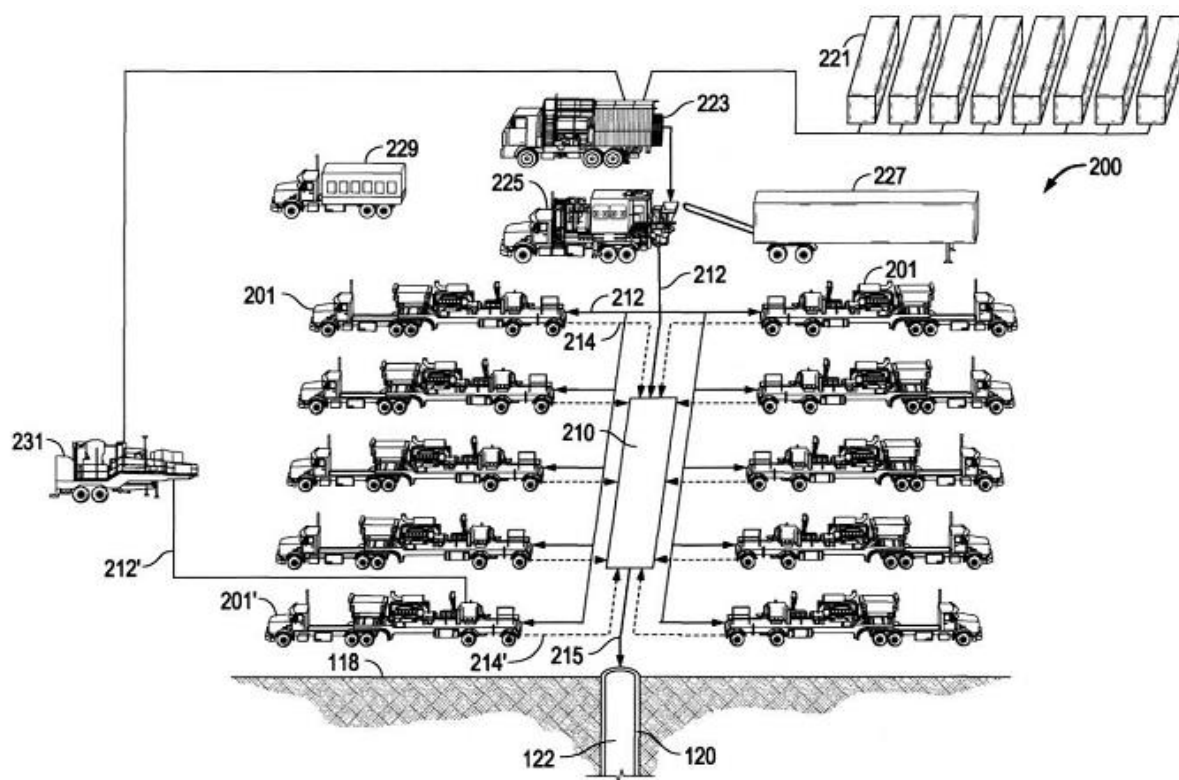


Fig. 1

[1] Вуглеводні, такі як нафта, конденсат і газ, часто добувають зі свердловин, які пробурені у формаціях, що їх містять. Часто потік вуглеводнів у свердловині може бути низьким, щонайменше внаслідок по суті слабкої проникності продуктивних пластів або ушкодження формації, викликаного бурінням і завершенням свердловини. Для забезпечення необхідного потоку вуглеводнів можуть бути застосованими різні види впливу на пласт, такі як гідравлічний розрив або кислотний розрив.

[2] Гідравлічний розрив включає закачування у формацію рідин для обробки при високих тисках і витратах, таким чином, щоб формація продуктивного пласта руйнувалася і утворювала тріщину (або мережу тріщин). Для утримання тріщини (тріщин) відкритому стані після скидання тиску в рідину для обробки після її закачування можуть бути закачаними розклинювальні агенти. Гідравлічний (й кислотний) розрив горизонтальних свердловин та багатошарових формацій часто призводить до використання методів відведення, необхідних для забезпечення можливості переспрямування розриву між різними зонами.

[3] Методи відведення з використанням твердих часток можуть ґрунтуватися на утворенні перемички з часток матеріалу, що відводить, за обсадною трубою і утворенні пробки шляхом накопичення інших часток в утвореній перемичці. При таких обробках, коли штучно утворена тріщина є відкритою, додається ризик того, що тверді частки, використовувані для відведення, фактично не утворюватимуть перемичку через тріщину. Замість того такі частки можуть бути витіснені з областей поблизу стовбура свердловини, де потрібна висока проникність, і в кінці кінців бути втраченими в тріщині (надмірне витіснення).

[4] Суть винаходу представлена для ознайомлення з вибором принципів, які додатково розкриті в наведеному нижче детальному описі. Цей короткий виклад винаходу не призначений для визначення ключових або істотних ознак заявленого винаходу, а також не призначений для використання в якості обмеження обсягу заявленого винаходу.

[5] Надані формулювання лише надають інформацію, пов'язану з цим винаходом, і можуть описувати деякі приклади його здійснення, що ілюструють суть цієї заявки.

[6] У першому аспекті розкривається спосіб обробки підземної формації, через яку проходить свердловина. Спосіб включає утворення тріщини в підземній формації. Спосіб також включає закачування рідини для обробки у свердловину під тиском, що дорівнює або є більшим, ніж тиск початку утворення тріщини підземної формації, так що рідина для обробки використовується для транспортування у свердловину заздалегідь визначеної кількості розклинювального агента. Спосіб додатково включає утворення пробки в тріщині шляхом введення закупорюючого агента в рідину для обробки, перш ніж уся заздалегідь визначена кількість розклинювального агента досягне тріщини, без зниження тиску рідини.

[7] У другому аспекті розкривається спосіб мінімізації надмірного витіснення розклинювального агента з підземної формації, через яку проходить свердловина. Спосіб включає введення суспензії, що містить деяку кількість розклинювального агента, в тріщину, утворену в підземній формації, і утворення пробки шляхом введення в суспензію закупорюючого агента одночасно з останньою частиною розклинювального агента або після неї, без зниження тиску рідини, використовуваної для введення об'єму розклинювального агента в тріщину.

[8] Спосіб, яким можна досягти цілі цього винаходу і інші необхідні характеристики, пояснюються в наступному описі і кресленнях, що додаються, на яких:

[9] Фіг. 1 ілюструє схематичне представлення системи насосів для виконання операції гідравлічного розриву на свердловині відповідно до одного або більшої кількості варіантів здійснення, описаних в цьому документі.

[10] Фіг. 2 ілюструє графічне представлення кривої тиску на гирлі свердловини відповідно до одного або більшої кількості варіантів здійснення, описаних в цьому документі.

[11] У подальшому описі для забезпечення розуміння цього винаходу надана безліч подробиць. Проте фахівцям в цій галузі техніки зрозуміло, що способи цього винаходу можуть бути застосовані на практиці без цих подробиць, і що можливим є безліч варіантів або модифікацій описаних втілень.

[12] Спочатку слід зазначити, що при розробці будь-якої реальної варіанту реалізації винаходу можуть бути прийнятими численні специфічні для конкретного випадку рішення для досягнення конкретних цілей розробника, таких як відповідність обмеженням, пов'язаним з системою і діяльністю, які змінюватимуться від однієї реалізації винаходу до іншої. Крім того, слід мати на увазі, що такі зусилля із розробки можуть бути складними і трудомісткими, але проте є звичайною справою для фахівців в цій галузі техніки, які втілюють переваги цього винаходу на практиці. Більш того, використовувана або розкрита в цьому документі композиція може також містити деякі компоненти, що відрізняються від згаданих. В суті винаходу і цьому

детальному описі кожне чисельне значення слід розглядати з урахуванням зміни за допомогою терміну "близько" (якщо воно не чітко визначене), а потім розглянути знову, як не змінене, якщо інше не вказане в контексті. Крім того, в суті винаходу і цьому детальному описі слід розуміти, що діапазон, вказаний або описаний, як корисний, прийнятний і тому подібне, є призначеним, щоб включати додержання усіх можливих піддіапазонів в діапазоні, щонайменше тому, що усі точки в межах діапазону, в тому числі кінцеві точки, повинні розглядатися як фіксовані. Наприклад, "діапазон від 1 до 10" слід розглядати як такий, що вказує кожне можливе число в безперервній безлічі між близько 1 і близько 10. Крім того, одна або більше опорних точок в цих прикладах можуть бути об'єднані разом, або можуть бути об'єднані з однією з опорних точок в специфікації для утворення діапазону і, таким чином, включатимуть усі можливі значення або числа в цьому діапазоні. Таким чином, навіть якщо конкретні вимірювальні точки в межах діапазону є чітко визначеними або окремо згаданими, або якщо вимірювальні точки з діапазону не вказані, повинно бути зрозуміло, що автори винаходу враховують і розуміють, що будь-яка можлива вимірювальна точка в діапазоні повинна розглядатися як визначена, і що автори винаходу володіють знаннями щодо всього діапазону, кожної можливої точки і піддіапазону в межах вказаного діапазону.

[13] Наступні визначення надані для того, щоб допомогти фахівцям в цій галузі техніки в розумінні детального опису.

[14] Коли гідравлічний розрив застосовується у вуглеводневих продуктивних пластах для збільшення дебіту вуглеводнів з продуктивного пласта, основною метою обробки свердловини є збільшення площі продуктивної поверхні формації. Між цією збільшеною площею поверхні і експлуатаційною свердловиною має бути розташований шлях для потоку з проникністю, що є більшою, ніж у формації. Для збільшення площі поверхні використовується високий тиск, який розриває скельну породу. У способах згідно цього винаходу шлях високої проникності створюється завдяки мінімізації надмірного витіснення розклинювального агента за допомогою утворення тріщини в підземній формації, введення заздалегідь визначеної кількості розклинювального агента в рідину для обробки, і подальшого введення закупорюючого агента в рідину для обробки перед тим, як уся заздалегідь визначена кількість розклинювального агента досягне тріщини.

[15] Способи згідно цього винаходу можуть використовуватися для обробки щонайменше частини підземної формації. Термін "обробляти", "обробка" або "обробний" не має на увазі якого-небудь конкретного впливу за допомогою рідини. Наприклад, рідина для обробки, поміщена або введена в підземну формацію, може являти собою, наприклад, рідину для гідророзриву, рідину для кислотної обробки (рідину для кислотного розриву, рідину для кислотного відведення), рідину для впливу на пласт, рідину для боротьби з надходженням піску, розчин для завершення свердловини, розчин для закріплення стінки стовбура свердловини, розчин для рекультивації, розчин для цементування, буровий розчин, рідину для гідророзриву, поєднаного з установкою гравієвого фільтру, або розчин для заповнення свердловинного фільтру гравієм.

[16] Використовуваний в цьому документі термін "рідина для обробки" стосується будь-якої відомої рідини, що піддається перекачуванню, і/або текучої рідини, яка використовується в розробці надр у поєднанні з необхідною функцією і/або необхідною метою. Використовуваний в цьому документі термін "загусник" або "в'язка рідина" являє собою тип спеціально підготовленої рідини для обробки порівняно малого об'єму, яка розташовується або циркулює в стовбурі свердловини. [17] Термін "підземна формація" стосується будь-якої фізичної формації, що залягає щонайменше частково під поверхнею землі.

[18] Термін "розрив пласта" стосується процесів і способів руйнування геологічної формації і утворення тріщини, наприклад, скельної формації, навколо стовбура свердловини шляхом закачування рідини для обробки при дуже високому тиску (тиск більший за визначений тиск змикання тріщини формації), з метою збільшення дебіту з вуглеводневого пласта або інтенсивності нагнітання в нього. Способи розриву згідно цього винаходу можуть включати утворення пробки в тріщині шляхом введення закупорюючого агента в рідину для обробки перед тим, як уся заздалегідь визначена кількість розклинювального агента досягне тріщини, без зниження тиску рідини, або ж використання звичайних компонентів і технологій, відомих в цій галузі техніки.

[19] Термін "тверда частка" або "частка" стосується твердого об'ємного об'єкту з максимальними розмірами, що є меншими ніж близько 20 мм, наприклад, меншими ніж близько 15 мм. Крім того, використовуваний в цьому документі термін "тверда частка" або "частка" включає ущільнюючі кульки. Термін "розмір" об'єкту стосується відстані між двома довільними паралельними площинами, кожна з яких торкається поверхні об'єкту щонайменше в одній точці.

Максимальний розмір стосується найбільшої відстані, що існує для об'єкту, між будь-якими двома паралельними площинами, а мінімальний розмір стосується найменшої відстані, що існує для об'єкту, між будь-якими двома паралельними площинами. У деяких варіантах реалізації винаходу використовувані тверді частки мають відношення між максимальними і мінімальними розмірами (максимальне або мінімальне співвідношення між шириною та висотою), яке дорівнює 5 або менше, наприклад, 3 або менше, або знаходиться в діапазоні від близько 0,01 до близько 5, наприклад, в діапазоні від близько 0,2 до близько 4. Прийнятні частки для використання в способах згідно цього винаходу включають будь-які відомі частки, прийнятні для операції гідророзриву, такі як описані, наприклад, в публікації заявки на патент США № 2012/0285692, опис якої в повному обсязі включений в цей документ за допомогою посилання.

[20] Термін "Стовбур свердловини" може являти собою будь-який тип свердловини, в тому числі експлуатаційну свердловину, непродуктивну свердловину, нагнітальну свердловину, свердловину для поглинання промислових вод, експериментальну свердловину, розвідувальну глибоку свердловину і тому подібне. Стовбури свердловин можуть бути вертикальними, горизонтальними, відхиленими під деяким кутom між вертикаллю і горизонталлю і їх комбінаціями, наприклад, вертикальна свердловина з не вертикальним компонентом.

[21] Термін "реальний час" стосується фактичного часу, впродовж якого здійснюється процес або подія. Контроль даних в реальному часі стосується безпосереднього контролю даних, наприклад, даних, що стосуються розміру або орієнтації тріщини, який може забезпечувати заходи, наприклад, застосування закупорювання, що робляться на основі контролю. Прийнятні техніки, датчики і методика контролю даних в підземних формаціях описані, наприклад, в патентах США № 7302849 і № 4802144, опис винаходу яких в повному обсязі включений в цей документ за допомогою посилання.

[22] Способи згідно цього винаходу можуть бути застосовані у будь-якому необхідному варіанті застосування забою свердловини (такому як, наприклад, гідравлічний розрив і/або інтенсифікація) у будь-який момент життєвого циклу продуктивного пласта, родовища або нафтопромислу. Термін "родовище" включає в себе наземні (поверхневі і підповерхневі) застосування і застосування під морським дном. Термін "нафтопромисел" у контексті цього документа включає в себе вуглеводневі нафтові і газові продуктивні пласти і формації або ділянки формацій, де очікується наявність вуглеводневої нафти і газу, але можуть додатково міститися інші матеріали, такі як вода, соляний розчин або деякі інші розчини.

[23] Термін "пластівці" стосується особливого типу твердих часток, описаних вище. Пластівці являють собою твердий об'ємний об'єкт, що має товщину, яка менше, ніж його інші розміри, наприклад, його довжина і ширина.

[24] У рамках цього винаходу частки і пластівці можуть мати однорідну структуру або можуть бути неоднорідними, наприклад, пористими або такими, що складаються з композитних матеріалів.

[25] Термін "розмір частки", "розмір твердої частки" або "розмір пластівців" стосується діаметру найменшої уявної описаної сфери, яка містить таку тверду частку або пластівці.

[26] Термін "надмірне витіснення" стосується руху розклинювального агента від області тріщини поблизу стовбура свердловини, де потрібна висока проникність, в область, що лежить глибше в тріщині, де він вже не забезпечує підтримку для утримання стінок тріщини відокремленими достатньою мірою один від одного. Таким чином, надмірне витіснення призводить до часткової втрати проникності в області поблизу стовбура свердловини через створення звуження на вході тріщини або у гіршому разі, через створення точки звуження, де стінки тріщини входять в прямий контакт один з одною. Величина прийнятного надмірного витіснення являє собою функцію геомеханічних властивостей скельної породи (модуль пружності, коефіцієнт Пуассона, межа текучості), внаслідок чого жорсткість скельної породи є достатньою для того, щоб тріщина залишалася відкритою в незакріпленій області при впливі на неї напруги.

[27] Термін "утворення перемички" стосується навмисного або випадкового закупорювання порових просторів або шляхів розповсюдження рідини в скельній формації або створення звуження в стовбурі свердловини або кільцевому просторі. Перемичка може бути частковою або повною, і може бути викликана застряганням твердих речовин (буровим шламом, вибуреною породою, осипами або металевими уламками) разом у вузькому місці або змінами геометрії стовбура свердловини.

[28] Термін "стовбур свердловини" стосується вибуреної свердловини або бурового стовбура, в тому числі поверхневу відкриту або необсажену частину свердловини.

[29] Термін "пробка" стосується конструкції, яка блокує проникні зони для запобігання втрат рідини в цих проникних зонах або для захисту цих зон від ушкодження. Термін "витягувана

пробка" стосується тимчасової пробки в тріщині. Витягувана пробка може бути виготовлена з матеріалу, що розкладається або розчиняється, який дозволить їй щонайменше частково розкладатися, розпадатися, розчинитися і/або зникати з плином часу. Наприклад, від близько 20 % до 100 % матеріалу пробки може зникнути, тоді як від близько 40 % до близько 80 % матеріалу пробки може розкластися, розпастися, розчинитися і/або зникнути з плином часу. У деяких варіантах реалізації винаходу витягувана пробка може бути виготовлена з матеріалу, що не розкладається, тобто, пізніше її буде витягнуто за допомогою механічних або інших засобів.

[30] Тоді як варіанти реалізації винаходу, описані в цьому документі, стосуються обробки свердловини, вони в рівній мірі є застосовуваними до будь-яких свердловинних операцій, де потрібне розділення пластів, наприклад, до бурових робіт, ремонтних робіт і тому подібне. У деяких варіантах реалізації винаходу способи згідно цього винаходу можуть включати виконання обробки відведенням за допомогою твердих часток, як тільки буде встановлено, що характер тріщини забою свердловини є вузьким, з тим, щоб звести до мінімуму можливість втрати твердих часток в межах великих, широко відкритих тріщин. У деяких варіантах реалізації винаходу способи згідно цього винаходу можуть включати оцінку змін і/або розрахунок змін геометрії тріщини шляхом контролю даних від одного або більшої кількості датчиків у відкритому стані тріщини, виконуючи переривання шляхом припинення закачування рідини для обробки і введення закупорюючого агента, в тому числі виконання операції гідророзриву шляхом введення рідини для обробки в стовбур свердловини під тиском рідини, що дорівнює або є більшим, ніж тиск початку утворення тріщини в підземній формації, з метою утворення тріщини в підземній формації. Такі способи описані в заявці Method of Treating a Subterranean Formation, Bruno Lecerf та ін. (поданій одночасно із цією заявкою), опис якої включений в повному обсязі в цей документ за допомогою посилання.

[31] У деяких варіантах реалізації винаходу для обробки підземної формації може бути виконана одна або декілька операцій обробки. Одна або декілька операцій обробки можуть включати проведення серії операцій гідравлічного розриву пласта, які можуть складатися з гідророзрив частини підземної формації, забезпечуючи достатній гідравлічний тиск, і/або гідророзрив однієї або кількох ізольованих ділянок підземної формації, забезпечуючи достатній гідравлічний тиск. Для створення тріщини також можуть бути використані інші операції обробки, такі як кислотна обробка формації. У деяких варіантах реалізації винаходу в способах цього винаходу можуть бути використані різні компоненти і методи з відомих способів відведення. Наприклад, способи цього винаходу можуть включати використання механічних ізолюючих пристроїв, таких як пакери і пробки стовбура свердловини, встановлення мостових пробок, накачування ущільнюючих кульок, і накачування пастоподібних зв'язаних бензойною кислотою пластівців і твердих часток, що видаляються і/або розкладаються, таких як ті, що описані в заявці на патент США № 2002/0007949, опис якої включений в цей документ в повному обсязі за допомогою посилання.

[32] В операції гідравлічного розриву рідина для обробки, яка може містити заздалегідь визначену кількість розклинювального агента, може бути закачаною в стовбур свердловини під тиском рідини, що дорівнює або є більшим, ніж тиск початку утворення тріщини в підземній формації. Тиск рідини - це співвідношення (об'єм/час), при якому здійснюється її закачування. Термін "тиск початку утворення тріщини" стосується тиску рідини, достатнього для початку утворення тріщини в підземній формації.

[33] Гідророзрив підземної формації може включати введення у стовбур свердловини сотень тисяч галонів рідини для гідророзриву. У деяких варіантах реалізації винаходу для гідравлічного розриву пласта може бути використаний насос для гідророзриву. Насос для гідророзриву являє собою високооб'ємний насос високого тиску, такий як об'ємний зворотно-поступальний насос. У варіантах реалізації винаходу рідина для обробки може бути закачаною за допомогою насоса для гідророзриву, таким чином, що рідина для гідророзриву може бути закачана в стовбур свердловини при високих витратах і тисках, наприклад, з витратою, що перевищує близько 20 барелів за хвилину (барель/хв.) (близько 4 200 галонів США за хвилину), при тиску, що перевищує близько 2 500 фунтів на квадратний дюйм (фунт/кв. дюйм). У деяких варіантах реалізації винаходу витрата і тиск насоса рідини для гідророзриву можуть бути ще вищими, наприклад, може використовуватися показники витрат, що перевищують близько 100 барель/хв., і тиску, що перевищує близько 10 000 фунт/кв. дюйм.

[34] Фіг. 1 ілюструє прийнятну систему насосів 200, яка може бути використана в способах згідно цього винаходу для закачування рідини для обробки від гирла 118 свердловини 120 в стовбур свердловини 122 під час експлуатації нафтопромислу. Наприклад, в деяких варіантах реалізації винаходу операція обробки може являти собою операцію гідророзриву, а рідина для обробки, що нагнітається, являє собою рідину для гідророзриву. Як показано на Фіг. 1, система

насосів 200 складається з безлічі водяних баків 221, які живлять водою установку для виробництва гелю 223. Установка для виробництва гелю 223 змішує воду з баків 221 з гелеутворюючим агентом для формування гелю. Потім гель спрямовується в змішувач 225, в якому відбувається його змішування з розклинювальним агентом, що поступає з живильника розклинювального агента 227, для формування рідини для гідророзриву. Гелеутворюючий агент збільшує в'язкість рідини для гідророзриву і може сприяти утворенню суспензії розклинювального агента в рідині для гідророзриву.

[35] Рідина для гідророзриву може потім накачуватися при будь-якому необхідному тиску (наприклад, тиску від близько 10 фунт/кв. дюйм до близько 200 фунт/кв. дюйм, такий як тиск від близько 20 фунт/кв. дюйм до близько 100 фунт/кв. дюйм, або тиск від близько 40 фунт/кв. дюйм до близько 80 фунт/кв. дюйм) від змішувача 225 до безлічі плунжерних насосів 201, які показані безперервними лініями 212. При необхідності кожний плунжерний насос 201 у варіанті реалізації винаходу згідно Фіг. 1 може мати таку ж або аналогічну конфігурацію. У деяких варіантах реалізації винаходу замість плунжерних насосів можуть використовуватися багатоступінчасті відцентрові насоси. Як показано на Фіг. 1, кожен плунжерний насос 201 може приймати рідину для гідророзриву при прийнятному тиску (наприклад, тиск від близько 10 фунт/кв. дюйм до близько 200 фунт/кв. дюйм, такий як тиск від близько 20 фунт/кв. дюйм до близько 100 фунт/кв. дюйм, або тиск від близько 40 фунт/кв. дюйм до близько 80 фунт/кв. дюйм) і нагнати її в загальний колектор 210 (що також називається "метальним причепом" або "метальною установкою") при високому тиску (наприклад, тиск від близько 1 000 фунт/кв. дюйм до близько 30 000 фунт/кв. дюйм, такий як тиск від близько 3 000 фунт/кв. дюйм до близько 20 000 фунт/кв. дюйм або тиск від близько 5 000 фунт/кв. дюйм до близько 10 000 фунт/кв. дюйм), як показано пунктирними лініями 214. Метальна установка 210 потім спрямовує рідину для гідророзриву від плунжерних насосів 201 в стовбур свердловини 122, як показано безперервною лінією 215.

[36] У деяких варіантах реалізації винаходу оцінка тиску свердловини і витрат, необхідних для створення тріщин в стовбурі свердловини, може бути розрахована і/або оцінена за допомогою відомих методів, пристроїв, датчиків і методологій, таких, які описані в роботі "Інтенсифікація продуктивного пласта, третє видання" (Reservoir Stimulation Third Edition) Майкла Дж. Економайdsa і Кенет Г. Нолті (Michael J. Economides and Kenneth G. Nolte), опублікованій видавництвом Wiley в 2 000 році. На основі відомих розрахунків і/або методів оцінки може бути визначена величина гідравлічної потужності в кінських силах (к. с.), використовуваної насосною системою для того, щоб виконати операцію гідророзриву. Наприклад, якщо передбачається, що тиск у свердловині і прийнятна витрата складає 6 000 фунт/кв. дюйм (фунтів на квадратний дюйм) і 68 барелів за хвилину (барель/хв.), відповідно, то система насосів 200 повинна була б забезпечувати гідравлічну потужність в 10 000 к. с. до рідини для гідророзриву (тобто, 6000*68/40,8).

[37] У деяких варіантах реалізації винаходу первинним двигуном в кожному плунжерному насосі 201 може бути двигун з максимальною ефективною потужністю, що дорівнює 2 250 к. с., який з урахуванням втрат (близько 3 % для плунжерних насосів в операціях гідравлічного розриву пласта), дозволяє кожному плунжерному насосу 201 докладати максимум близько 2 182 к. с. гідравлічної потужності до рідини для гідророзриву. Тому, щоб подавати 10 000 к. с. гідравлічної потужності до рідини для гідророзриву, система насосів 200, зображена на Фіг. 1, повинна використовувати щонайменше п'ять плунжерних насосів 201.

[38] Щоб запобігти перевантаженню трансмісії між двигуном і напірною стороною кожного плунжерного насоса 201, кожен плунжерний насос 201 може успішно працювати при максимальній робочій потужності. Робота насосів при робочій потужності також дає можливість управляти швидкістю кожного з цих насосів, які працюватимуть на підвищеній швидкості і/або зниженій швидкості, щоб підтримувати по суті постійну швидкість нагнітання впродовж певного періоду часу від близько 60 секунд до близько 300 хвилин), під час якого об'єм другої рідини (такої як, наприклад, друга рідина, що містить закупорюючий агент) вводиться в рідину для обробки, що закачується у забій свердловини. У деяких варіантах реалізації винаходу швидкості насосів можуть бути відрегульовані таким чином, щоб швидкість, з якою закачується рідина для обробки, не коливалася більше ніж на $\pm 5\%$ від початкового розрахункового значення (наприклад, $\pm 3,4$ барель/хв. для вищезгаданих умов, при яких витрата складає 68 барель/хв.), при якому рідина для обробки закачується в стовбур свердловини, або швидкості насосів можуть бути відрегульовані таким чином, щоб швидкість, з якою закачується рідина для обробки, не коливалася більше ніж на $\pm 1\%$ від початкового розрахункового значення, при якому рідина для обробки закачується в стовбур свердловини. У деяких варіантах реалізації винаходу,

при необхідності, на період операції гідророзриву, для управління і/або регулювання усієї системи насосів може застосовуватися комп'ютеризована система управління.

[39] У деяких варіантах реалізації винаходу в операції гідророзриву, де прийнятною є гідравлічна потужність, що дорівнює 10 000 к. с., і, наприклад, на буровій свердловині можуть використовуватися десять плунжерних насосів 201, кожен двигун насоса може працювати з ефективною потужністю, що дорівнює близько 1 030 к. с. (близько половини максимуму), щоб подавати до рідини для гідророзриву гідравлічну потужність, що дорівнює 1 000 к. с. окремо, і гідравлічну потужність, що дорівнює 10 000 к. с. разом. У таких варіантах реалізації винаходу, наприклад, якщо дев'ять з насосів 201 використовуються для подання гідравлічної потужності (у к. с.) до рідини для гідророзриву (і, як буде показано нижче, один з насосів виділений для подання другої рідини з високою концентрацією закупорюючого агента, такої як рідина з високим вмістом твердих часток), кожен з дев'яти двигунів насосів може працювати з ефективною потужністю, що дорівнює близько 1 145 к. с., щоб подавати до рідини для гідророзриву гідравлічну потужність, що дорівнює 10 000 к. с., тобто, до початку додавання другої середовища рідини з високою концентрацією закупорюючого агента (такої, як рідина з високим вмістом твердих часток), а потім кожен двигун з десяти насосів може працювати з ефективною потужністю, що дорівнює близько 1 030 к. с. (близько половини максимуму), щоб подавати гідравлічну потужність, що дорівнює 1 000 к. с. окремо, і гідравлічну потужність, що дорівнює 10 000 к. с. разом, до рідини для обробки (яка міститиме пробку другої рідини з високою концентрацією закупорюючого агента, такої як рідина з високим вмістом твердих часток). Як показано на Фіг. 1, під час проведення операції гідророзриву, для управління і/або регулювання усієї системи насосів 200 може застосовуватися комп'ютеризована система управління 229.

[40] Як було відмічено вище, в деяких варіантах реалізації винаходу рідина, що закачується з гирла свердловини 118 в стовбур свердловини 122, може містити першу рідину, що містить рідину розриву (як описано вище), яка закачується одним або кількома першими насосами 201 рідини, і другу рідину, що містить закупорюючий агент в рідині-носії, яка закачується одним або кількома насосами 201' другої рідини. Наприклад, в операції гідророзриву насоси 201' другої рідини можуть використовуватися для подання закупорюючого агента в рідину-носії. В деяких варіантах реалізації винаходу кожний насос 201 першої рідини і кожний насос 201' другої рідини можуть мати однакову або схожу конфігурацію.

[41] В деяких варіантах реалізації винаходу насоси 201' другої рідини можуть приймати потік з високою концентрацією, що містить закупорюючий агент (такий як рідина з високим вмістом твердих часток), як описано нижче. Наприклад, в деяких варіантах реалізації винаходу, система насосів 200 включає безліч водяних баків 221, які живлять водою установку для виробництва гелю 223. Установка для виробництва гелю 223 змішує воду з баків 221 з гелеутворюючим агентом і утворює гель, який спрямовується в поплавковий резервуар 231 змішування/подрібнення цементу, де він змішується із закупорюючим агентом для утворення другої рідини, в даному випадку, другої рідини, що містить заздалегідь визначену кількість закупорюючого агента.

[42] У деяких варіантах реалізації винаходу друга рідина може потім закачуватися при прийнятному тиску (наприклад, тиск від близько 10 фунт/кв. дюйм до близько 200 фунт/кв. дюйм, такий як тиск від близько 20 фунт/кв. дюйм до близько 100 фунт/кв. дюйм, або тиск від близько 40 фунт/кв. дюйм до близько 80 фунт/кв. дюйм) з поплавкового резервуару 231 змішування/подрібнення цементу в насоси 201' другої рідини, як показано безперервними лініями 212', і випускатися насосом 201' другої рідини під високим тиском (наприклад, тиск від близько 1 000 фунт/кв. дюйм до близько 30 000 фунт/кв. дюйм, такий як тиск від близько 3 000 фунт/кв. дюйм до близько 20 000 фунт/кв. дюйм, або тиск від близько 5 000 фунт/кв. дюйм до близько 10 000 фунт/кв. дюйм) в загальний колектор або металеву установку 210, як показано пунктирними лініями 214'.

[43] В таких варіантах реалізації винаходу рідина для обробки, що подається в насоси першої рідини, може подаватися з безлічі водяних баків 221, які живлять водою установку для виробництва гелю 223. Установка для виробництва гелю 223 змішує воду з баків 221 з гелеутворюючим агентом для утворення гелю. Потім гель спрямовується в змішувач 225, в якому відбувається змішування гелю з розклинювальним агентом, що поступає з живильника розклинювального агента 227, для утворення рідини для гідророзриву. Після того, як заздалегідь визначена кількість розклинювального агента (наприклад, кількість розклинювального агента, достатня для підтримки тріщини, що представляє інтерес) була доставлена у стовбур свердловини, вода з водяних баків 221 і/або рідина для обробки, в якій відсутній розклинювальний агент, можуть закачуватися при прийнятному тиску (наприклад, тиск

від близько 10 фунт/кв. дюйм до близько 200 фунт/кв. дюйм, наприклад, тиск від близько 20 фунт/кв. дюйм до близько 100 фунт/кв. дюйм, або тиск від близько 40 фунт/кв. дюйм до близько 80 фунт/кв. дюйм) безпосередньо в насоси 201 першої рідини, такі як перекачуючий насос, і випускатися під високим тиском до метальної установки 210, як показано пунктирними лініями 214. Метальна установка 210 приймає як першу, так і другу рідини, і спрямовує їх суміш в стовбур свердловини, як показано безперервною лінією 215.

[44] У варіантах реалізації винаходу система насосів 200, показана на Фіг. 1, може використовуватися для закачування закупорюючого агента одночасно з розклинювальним агентом або негайно після нього, так що закупорюючий агент може додаватися в наземну лінію без зниження продуктивності насоса. Наприклад, в деяких варіантах реалізації винаходу витрата, з якою вводиться рідина для обробки, не може коливатися більш ніж на $\pm 5\%$ від початкового значення впродовж періоду часу (наприклад, впродовж періоду часу від близько 10 секунд до близько 10 хвилин), коли закупорюючий агент додається в наземну лінію, або витрата, з якою вводиться рідина для обробки, не може коливатися більш ніж на $\pm 1\%$ від початкового значення впродовж періоду часу (наприклад, впродовж періоду часу від близько 20 секунд до близько 5 хвилин), коли закупорюючий агент додається в наземну лінію. У деяких варіантах реалізації винаходу закупорюючий агент може також вводиться у стовбур свердловини з витратою в діапазоні від близько 20 до близько 120 барель/хв., наприклад, від близько 40 до близько 80 барель/хв., або з витратою від близько 50 до близько 60 барель/хв.

[45] Відповідно до описаних вище умов, в яких 10 насосів рідини (9 насосів першої рідини і 1 насос другої рідини) використовуються для подання рідини для обробки у свердловину 120, для якої підходить гідравлічна потужність, що дорівнює 10 000 к. с., і припускаючи, що кожен з дев'яти насосів 201 першої рідини і один насос 201' другої рідини містять двигун з максимальною номінальною ефективною потужністю, що дорівнює 2 250 к. с., кожен двигун насоса в кожному насосі першої рідини і кожному насосі другої рідини 201/201' може працювати з ефективною потужністю, що дорівнює близько 1 030 к. с., коли друга рідина вводиться в рідинну систему, щоб подавати гідравлічну потужність, що дорівнює 10 000 к. с., в рідину для гідророзриву впродовж періоду часу, коли закупорюючий агент додається в наземну лінію (кожен з дев'яти насосів може працювати з ефективною потужністю, що дорівнює близько 1 145 к. с. (перед періодом часу, коли закупорюючий агент додається в наземну лінію, і після нього), щоб подавати гідравлічну потужність, що дорівнює 10 000 к. с., до рідини для гідророзриву).

[46] У деяких варіантах реалізації винаходу загальна кількість усіх насосів 201 в системі насосів 200 згідно Фіг. 1 може бути зменшена, якщо двигуни насосів працюють з більш високою ефективною потужністю в к. с. Крім того, на період операції гідророзриву для управління і/або регулювання всією системою насосів 200 може застосовуватися комп'ютеризована система управління 229. [47] Хоча система насосів 200 згідно Фіг. 1 описана по відношенню до свердловини 120, для якої підходить гідравлічна потужність, що дорівнює 10 000 кВт, повинно бути зрозуміло, що система насосів, яка може бути використана в способі цього винаходу, може подавати будь-яку необхідну кількість гідравлічної потужності до свердловини. Наприклад, різні свердловини можуть мати потребу в гідравлічній потужності в діапазоні від близько 1 000 кВт до близько 25 000 кВт або в гідравлічній потужності в діапазоні від близько 2 000 кВт до близько 15 000 кВт.

[48] Хоча на Фіг. 1 показана система насосів 200, що має вісім насосів 201 першої рідини і один насос 201' другої рідини, в деяких варіантах реалізації винаходу система насосів може містити будь-яку прийнятну кількість насосів першої рідини і будь-яку прийнятну кількість насосів 201 другої рідини (таких як, наприклад, у варіантах реалізації винаходу, де закачується послідовність бурових розчинів), залежно від гідравлічної потужності, використовуваної для виконання необхідної операції на свердловині 120, відсотка потужності, при якій необхідно запускати двигуни насосів, і кількості кожної рідини (наприклад, об'єм пробки відносно кількості рідини для обробки, такої як рідина для гідророзриву), яке необхідно закачувати. [49] У деяких варіантах реалізації винаходу операція може містити операцію гідророзриву, під час якої в стовбур свердловини закачуються в послідовності бурові розчини, що мають однакові або різні концентрації компонентів (наприклад, закупорюючий агент). Такі бурові розчини можуть закачуватися з витратою від близько 20 до близько 120 барель/хв., наприклад, від близько 40 до близько 80 барель/хв., або при близько 60 барель/хв.

[50] У деяких варіантах реалізації винаходу події, що відбуваються в забої свердловини, можна контролювати в той час, як закачується рідина для обробки, наприклад, в той час, як рідина для обробки, що містить закупорюючий агент, вводиться в забій свердловини для закупорювання тріщини (таке введення відбувається без істотного зниження тиску рідини). Наприклад, такий контроль подій може включати збір і запис даних, таких як, наприклад, дані,

представлені на Фіг. 2 (додатковий опис Фіг. 2 надається нижче в розділі "ПРИКЛАДИ"), яка ілюструє дані про тиск, зібрані і записані, коли закупорюючий агент досягнув місця контакту з пластом. Приріст тиску обробки може бути свідомством того, що деякі перфоровані отвори закупорені. Крім того, коли відбувається раптове падіння тиску, це може вказувати на те, що перфоровані отвори, які залишилися не інтенсифікованими на етапі утворення тріщини, тепер відкриті і готові прийняти витісняючу рідину, тоді як перфоровані отвори, куди раніше був поміщений розклинювальний агент, закупорені цим розклинювальним агентом.

[51] У деяких варіантах реалізації винаходу закупорюючий агент може бути введений перш ніж уся заздалегідь визначена кількість розклинювального агента досягає тріщини. Наприклад, закупорюючий агент може бути введений в рідину для обробки одночасно з останньою часткою розклинювального агента, наприклад, з останнім 1 ваговим відсотком заздалегідь визначеної кількості розклинювального агента, який вводиться в стовбур свердловини. У деяких варіантах реалізації винаходу закупорюючий агент може бути введений в рідину для обробки відразу після того, як уся кількість розклинювального агента введена в стовбур свердловини, але перед тим, як уся заздалегідь визначена кількість розклинювального агента досягла тріщини. Наприклад, закупорюючий агент може бути введений в рідину для обробки відразу, тобто, в діапазоні часу від близько 2 секунд до близько 180 секунд після того, як уся заздалегідь визначена кількість розклинювального агента закачана в стовбур свердловини, наприклад, від близько 10 секунд до близько 60 секунд після того, як уся заздалегідь визначена кількість розклинювального агента закачана в стовбур свердловини.

[52] У деяких варіантах реалізації винаходу закупорюючий агент може бути введений після того, як уся заздалегідь визначена кількість розклинювального агента введена в стовбур свердловини, але до того, як уся заздалегідь визначена кількість розклинювального агента досягає тріщини, так що об'єм "заповнювача" між кінцевою ділянкою розклинювального агента і переднім краєм закупорюючого агента є меншим, ніж об'єм стовбура свердловини між отвором свердловини на поверхні і закупорюваною тріщиною. Термін "заповнювач" стосується об'єму рідини для обробки між кінцевою ділянкою розклинювального агента, тобто, останньою часткою рідини для обробки, яка містить розклинювальний агент, і переднім краєм закупорюючого агента, тобто, першою часткою рідини для обробки, яка містить закупорюючий агент. Наприклад, об'єм заповнювача між кінцевою ділянкою розклинювального агента і переднім краєм закупорюючого агента може складати від близько 2 % до близько 90 % від об'єму стовбура свердловини між отвором на поверхні і закупорюваною тріщиною, наприклад, від близько 5 % до 40 % від об'єму стовбура свердловини між отвором на поверхні і закупорюваною тріщиною.

[53] Закупорюючий агент може утворювати витягувану пробку в тріщині для запобігання надмірного витіснення розклинювального агента, що потрапив в тріщину. Величина надмірного витіснення розклинювального агента перекривається об'ємом заповнювача і етапами рідини відведення, що закачується після розклинювального агента. Прийнятний рівень надмірного витіснення розклинювального агента можна оцінити за допомогою теоретичних розрахунків, які містять геомеханічні властивості, напругу скельної породи при необхідній проникності в області поблизу стовбура свердловини. Він також може бути виведений з вивчення чутливості на свердловинах, де були використані різні величини надмірного витіснення розклинювального агента, і де проникність поблизу тріщини стовбура свердловини може бути оцінена за результатами видобутку. Наприклад, спосіб може запобігти надмірному витісненню близько 90 % по вазі або більше розклинювального агента (наприклад, близько 95 % по вазі або більше, або близько 99 % по вазі або більше) з тріщини в області поблизу стовбура свердловини, наприклад, запобігання від витіснення близько 90 % по вазі або більше розклинювального агента (наприклад, близько 95 % по вазі або більше, або близько 99 % по вазі або більше) на відстань, більшу ніж близько 10 футів, від стовбура свердловини, або на відстань, більшу ніж близько 20 футів, від стовбура свердловини, або на відстань, більшу ніж близько 50 футів, від стовбура свердловини, або на відстань, більшу ніж близько 100 футів, від стовбура свердловини.

[54] У варіантах реалізації винаходу способи згідно цього винаходу можуть, крім того, включати виконання відомої операції в забої свердловини після утворення пробки, такої як додаткова операція гідророзриву, операція кислотної обробки, операція інтенсифікації, операція боротьби з надходженням піску, операція завершення, операція закріплення стінки стовбура свердловини, операція обробки для рекультивції, операція цементування, операція гідророзриву, поєднаного з установкою гравієвого фільтра, і/або операція заповнення свердловинного фільтра гравієм.

[55] Згідно з деякими варіантами реалізації винаходу способи згідно цього винаходу можуть також включати забезпечення щонайменше часткового розкладання або витягання пробки після завершення заздалегідь визначеного періоду часу.

[56] Згідно з деякими варіантами реалізації винаходу способи згідно цього винаходу можуть, крім того, включати встановлення моста-пробки або піщаної пробки в стовбурі свердловини і подальший розрив додаткового шару або шарів. Міст-пробка може встановлюватися в стовбурі свердловини між отвором на поверхні стовбура свердловини і раніше утвореною тріщиною. Інакше кажучи, спосіб моста-пробки включає гідравлічний розрив підземної формації, а потім встановлення моста-пробки і повторення процесу, при необхідності. Використання моста-пробки забезпечує ізоляцію зони завдяки установці пакера між зоною, що розривається, і наміченою зоною. Спосіб піщаної пробки є аналогічним способу моста-пробки, за винятком того, що піщані пробки використовуються замість механічних пробок.

[57] Згідно з деякими варіантами реалізації винаходу способи згідно цього винаходу можуть включати гідророзрив наступного шару або шарів без встановлення моста-пробки або піщаної пробки.

[58] Рідини для обробки

[59] Як описано вище, рідина для обробки, придатна для використання в способах цього винаходу (у тому числі, в тих варіантах реалізації винаходу, які включають додаткові операції в забої свердловини) може являти собою будь-яку рідину для обробки, таку як рідина для гідророзриву, рідина для кислотного розриву (рідина для кислотного розриву, рідина для кислотного відведення), рідина для впливу на пласт, рідина для боротьби з надходженням піску, розчин для завершення свердловини, розчин для закріплення стінки стовбура свердловини, розчин для рекультиваци, розчин для цементування, буровий розчин, розчин для гідророзриву, поєднаний установкою гравієвого фільтра, або розчин для заповнення свердловинного фільтра гравієм. Розчинник (наприклад, рідина-носіє або розчинник-носіє) рідини для обробки може являти собою чистий розчинник або суміш. Прийнятні розчинники для використання зі способами згідно цього винаходу, наприклад, для утворення рідин для обробки, розкриті в цьому документі, можуть бути на водній або на органічній основі. Розчинники на водній основі можуть містити щонайменше одну з речовин: прісну воду, морську воду, соляний розчин, суміші води і водорозчинних органічних сполук і їх суміші. Органічні розчинники можуть містити будь-який органічний розчинник, здатний розчиняти або утримувати в зваженому стані різні інші компоненти рідини для обробки.

[60] У деяких варіантах реалізації винаходу рідина для обробки може мати будь-яку прийнятну в'язкість, таку як в'язкість від близько 1 сП до близько 1 000 сП (або від близько 10 сП до близько 100 сП) при температурі обробки, яка може коливатися від значення температури на поверхні до значення статичної температури забою свердловини (продуктивного пласта), наприклад, від близько -40 °C до близько 150 °C, або від близько 10 °C до близько 120 °C, або від близько 25 °C до близько 100 °C.

[61] Тоді як рідини для обробки згідно цього винаходу описані в цьому документі такими, що містять вищезгадані компоненти, слід розуміти, що рідини для обробки в згідно цього винаходу можуть додатково містити інші хімічно відмінні матеріали. У варіантах реалізації винаходу рідина для обробки може додатково містити стабілізуючі агенти, поверхнево-активні речовини, речовини для відведення або інші добавки. Крім того, рідина для обробки може містити суміш різних агентів, що утворюють поперечні зв'язки, і/або інші добавки, такі як волокна або наповнювачі, за умови, що інші компоненти, обрані для суміші, є сумісними з використанням рідини для обробки за її призначенням. Крім того, рідина для обробки може містити буферні розчини, регулятори рівня pH і різні інші добавки, що додаються для сприяння стабільності або функціональності рідини для обробки. Компоненти рідини для обробки можуть бути обрані таким чином, щоб вони могли або не могли реагувати з підземною формацією, що підлягає обробці.

[62] У зв'язку з цим рідина для обробки може містити компоненти, незалежно обираючи з будь-яких твердих речовин, рідин, газів і їх комбінацій, таких як бурові розчини, газонасичені або не газонасичені рідини, суміші двох або більшої кількості змішуваних або незмішуваних рідин і тому подібного. Наприклад, рідина для обробки може містити органічні хімічні речовини, неорганічні хімічні речовини і будь-які їх комбінації. Органічні хімічні речовини можуть являти собою мономери, олігомери, полімери, перехресно зшиті речовини і комбінації, тоді як полімери можуть бути термопластичними, термореактивними, вологореактивними, еластомерними і тому подібними. Неорганічні хімічні речовини можуть являти собою неорганічні кислоти і неорганічні основи, метали, іони металу, лужні і лужноземельні хімічні речовини, мінерали, солі і тому подібне.

[63] У рідину для обробки можуть бути включені різні волокнисті матеріали. Прийнятні волокнисті матеріали можуть бути тканими або нетканими і можуть складатися з органічних волокон, неорганічних волокон, їх суміші і їх комбінацій.

[64] У деяких варіантах реалізації винаходу рідина для обробки може бути введеною в стовбур свердловини за допомогою насосної системи, яка закачує одну або кілька рідин для обробки в стовбур свердловини. Як описано вище, насосні системи можуть містити в своєму складі пристрої, що змішують або поєднують, при цьому різні компоненти, такі як рідини, тверді речовини і/або гази можуть бути змішані або поєднані перед закачуванням в стовбур свердловини. Пристроєм, що змішує або поєднує, можна управляти у безліч способів, наприклад, з використанням даних, отриманих або від забою зі стовбура свердловини, або від даних з поверхні, або з певної комбінації таких даних.

[65] У способах цього винаходу можуть використовуватися будь-які необхідні зернисті матеріали. Наприклад, зернисті матеріали можуть містити сортований за розміром пісок, синтетичні неорганічні розклинювальні агенти, розклинювальні агенти з покриттям, розклинювальні агенти без покриття, розклинювальні агенти з полімерним покриттям і пісок з покриттям смолою.

[66] У варіантах реалізації винаходу, де зернистий матеріал являє собою розклинювальний агент, розклинювальний агент, використовуваний в способах згідно цього винаходу, може бути будь-якого прийнятного розміру для підтримки відкритої тріщини і забезпечення протікання рідини через набивання розклинювальним агентом, тобто, між розклинювальним агентом, що утворює набивання, і навколо нього. У деяких варіантах реалізації винаходу розклинювальний агент може бути обраний на основі необхідних характеристик, таких як діапазон розмірів, міцність на розчавлювання і нерозчинність. У деяких варіантах реалізації винаходу розклинювальний агент може мати достатній опір стисненню або розчавлюванню, необхідний для підтримки тріщини у відкритому стані без деформації або розчавлювання від напруги, що викликає змикання тріщини в підземній формації. У варіантах реалізації винаходу розклинювальний агент може не розчинятися в рідині для обробки, що зазвичай зустрічаються у свердловині.

[67] Можна використовувати будь-який розклинювальний агент за умови, що він є сумісним з формацією, рідиною для обробки та необхідними результатами операції обробки. Такі розклинювальні агенти можуть бути природного або синтетичного походження (в тому числі двоокис кремнію, пісок, горіхова шкаралупа, шкаралупа волоських горіхів, боксити, спечені боксити, скло, природні матеріали, пластмасові кульки, металевий матеріал у вигляді часток, буровий шлам, керамічні матеріали, і будь-яка їх комбінація), з покриттям або такими, що містять хімічні речовини. Декілька розклинювальних агентів можна використовувати послідовно або в суміші з іншими розмірами або іншими матеріалами. Розклинювальний агент може бути із покриттям зі смоли за умови, що смола та інші хімічні речовини в покритті є сумісними з іншими хімічними речовинами згідно цього винаходу, такими як термоусадкові та/або всохлі волокна з цього винаходу.

[68] Використовуваний розклинювальний агент може мати будь-які необхідні розміри часток, такі як середній розмір часток від близько 0,15 мм до близько 2,39 мм (від близько 8 до близько 100 меш США), або від близько 0,25 до близько 0,43 мм (40/60 меш), або від близько 0,43 до близько 0,84 мм (20/40 меш), або від близько 0,84 до близько 1,19 мм (16/20 меш), або від близько 0,84 до близько 1,68 мм (12/20 меш) і/або від близько 0,84 до близько 2,39 мм (8/20 меш), сортованих за розміром матеріалів. Розклинювальний агент може знаходитися в суспензії (яка може бути додана в рідину для обробки) у будь-якій необхідній концентрації, такий як концентрація від близько 0,12 до близько 3 кг/л, або від близько 0,12 до близько 1,44 кг/л (від близько 1 PPA до близько 25 PPA, або від близько 1 до близько 12 PPA; PPA - це "pounds proppant added" (кількість доданого розклинювального агента) у фунтах на галон рідини носія).

[69] Закупорюючі агенти

[70] Прийнятні закупорюючі агенти для використання у вищезгаданих способах складаються з тих речовин, які здатні утворювати пробку в підземній формації. Закупорюючий агент являє собою матеріал, здатний до закупорювання поблизу тріщини, необхідного для запобігання проникненню додаткової рідини і витісненню розклинювального агента глибше в тріщину. Закупорюючий агент може закупорювати тріщину за рахунок, наприклад, утворення перемички за допомогою розклинювальних агентів, що знаходяться в тріщині. Прийнятні закупорюючі агенти складаються з тих речовин, які здатні утворювати витягвані пробки, такі як пробки, що розкладаються, або розчинні пробки. Пробки, що розкладаються являють собою пробки, виготовлені з матеріалів, що розкладаються, які здатні повністю або щонайменше частково розкладатися. Розчинні пробки являють собою пробки, виготовлені з розчинних матеріалів, які

здатні повністю або щонайменше частково розчинятися. Наприклад, прийнятний закупорюючий агент може являти собою рідину з високим вмістом твердих часток, таких як ущільнюючі кульки, що розкладаються, тобто біокульки, або рідину-носіїв та закупорюючий агент. Приклади прийнятних закупорюючих агентів містять матеріали, що розкладаються, плавкі матеріали, розчинні матеріали і матеріали, що не розкладаються.

[71] Як описано в документі WO 2013085412, опис якого включений в цей документ в повному обсязі за допомогою посилання, використання рідини з високим вмістом твердих часток може включати використання суспензії, що містить мультимодальну суміш твердих часток, необхідну для закупорювання тріщини стовбура свердловини або зон формації під час багатоступінчастого гідророзриву пласта. Прокачувана або рідкотекуча і рухлива суспензія називається рідиною з високим вмістом твердих часток або High Solids Content Fluid (HSCF). У деяких варіантах реалізації винаходу вищезгадана друга рідина, що містить закупорюючий агент, може бути рідиною HSCF, в якій або (i) об'єм безперервної рідкої фази суспензії є зниженим (дегідратація), так що об'єм твердих часток перевищує об'єм, необхідний для заповнення тріщини, або (ii) в'язкість безперервної рідкої фази суспензії є збільшеною до точки, в якій суспензія не може текти при застосовуваному тиску рідини. У деяких варіантах реалізації винаходу будь-які дії можуть бути прийнятними для того, щоб викликати утворення механічно стійкої пробки. Така пробка може бути хімічно витягуваною або постійною.

[72] У деяких варіантах реалізації винаходу рідина-носіїв для закупорюючого агента може містити, наприклад, воду (таку, як прісна вода або морська вода), здатні до гідратації гелі (такі, як гуари, полісахариди, ксантан, гідроксил-етил-целюлоза і тому подібне), поперечно зшитий здатний до гідратації гель, кислоту зі збільшеною в'язкістю (таку, як кислота на основі гелю), емульговану кислоту (таку, як масляна кислота із зовнішньою фазою), активовану рідину (таку, як піна на основі N_2 або CO_2) і буровий розчин на нафтовій основі (такий, як огелена, спінена або з в'язкістю, збільшеною іншим чином, нафта). Крім того, рідина-носіїв може являти собою соляний розчин або може містити соляний розчин. У деяких варіантах реалізації винаходу рідина-носіїв може містити поліаміно-багатоосновну карбонову кислоту і являти собою тринатрієвий гідроксил-етил-етилен-діамін триацетат, моноамонієву сіль гідроксил-етил-етилен-діамін триацетату і/або мононатрієву сіль гідроксил-етил-етилен-діамін тетраацетату.

[73] Рідина-носіїв з достатньою в'язкістю може мати здатність утримувати в зваженому стані пісок, що є присутнім в стовбурі свердловини, і переносити його в тріщину, таким чином, додатково мінімізуючи вірогідність пізнішого застрявання моста-пробки і мінімізуючи довжину поблизу тріщини стовбура свердловини, яка залишалася б не закріпленою. В'язкість рідини, яка є достатньою, залежить від розміру і питомої ваги розклинювального агента, що залишився в стовбурі свердловини у зваженому стані.

[74] У варіантах реалізації винаходу закупорюючий агент може бути виготовлений з матеріалів промислової форми, при навантаженні, досить високому, щоб бути перехопленим поблизу стовбура свердловини. Наприклад, навантаження може коливатися від близько 20 фунт/1 000 галонів (2,4 г/л) до близько 1 000 фунтів/1 000 галонів (120 г/л), або від близько 40 фунт/1 000 галонів (4,8 г/л) до близько 750 фунт/1 000 галонів (90 г/л). Промисловою формою закупорюючого агента можуть бути круглі частки, що мають розміри, які оптимізовані для закупорювання. В деяких варіантах реалізації винаходу речовини закупорюючого агента можуть бути різних форм, таких як куби, тетраедри, октаедри, пластинчаті форми (пластівці), овали і тому подібне. Речовини закупорюючого агента можуть бути будь-яких розмірів, які підходять для закупорювання. Наприклад, як описано в публікації заявки на патент США № 2012/0285692, опис якої включений в цей документ в якості посилання в повному обсязі, закупорюючий агент може містити частки, що мають середній розмір від близько 3 мм до близько 2 см, при розмірі часток в діапазоні від близько 5 мм до близько 12 мм. Крім того, закупорюючий агент може додатково містити другу кількість часток, що мають середній розмір від близько в 1,6 до близько в 20 разів менше, ніж середній розмір частки. У деяких варіантах реалізації винаходу закупорюючий агент може містити пластівці, що мають середній розмір частки до в 10 разів менший, ніж перший середній розмір частки.

[75] Промислові форми речовин закупорюючого агента можуть бути виготовлені з матеріалу, що піддається набряканню. Матеріал, що піддається набряканню, може являти собою матеріал, який набрякає у присутності вуглеводнів, води або їх сумішей. Прийнятні матеріали, що піддаються набряканню, можуть містити, наприклад, еластомери, смоли, що піддаються набряканню, полімери, що піддаються набряканню, глини і тому подібне. Наприклад, матеріал може являти собою поперечно зв'язані поліакриламіді і похідні поліакрилової кислоти, сукновальну глину, бентоніт; нафтонабрякаючий каучук; водонабрякаючі еластомери; та їх суміші.

[76] Частки, що піддаються набряканню, які є прийнятними для використання в якості закупорюючого агента, можуть бути будь-якої форми і розміру, такими як зерна, сфери, волокна, частки, що мають певну форму, краплі, кульки і тому подібне. Матеріали, що піддаються набряканню, можуть бути такими, що розкладаються або розчиняються у присутності кислот, гідроокисів, амінів або інших реагуючих речовин. Час набрякання часток може регулюватися за допомогою повільно розчинних покриттів, добавок на основі рідини або у складі матеріалу, що піддається набряканню, або за допомогою зміни температури. Наприклад, матеріали і волокна, що піддаються набряканню, можуть знаходитися у зваженому стані в основній рідині, такої як реагент на водній основі, огелені рідини, поперечно зв'язані рідини, в'язкопружні поверхнево-активні рідини, піни, емульсії, соляні розчини або їх суміші.

[77] Інші частки, що піддаються набряканню, можуть містити модифікований розклинювальний агент, який містить частки розклинювального агента і покриття гідрогелю, при цьому покриття гідрогелю наноситься на поверхню часток розклинювального агента і розташовується на поверхні для того, щоб створити модифікований розклинювальний агент, який розкрито в публікації заявки на патент США № 2013/0233545, опис якої включений в цей документ в повному обсязі за допомогою посилання.

[78] Закупорюючі агенти, що видаляються

[79] Закупорюючі агенти, що видаляються, можуть являти собою будь-які матеріали, такі як тверді матеріали (в тому числі, наприклад, тверді речовини, що розкладаються, і/або розчинні тверді речовини), які можуть бути видалені впродовж необхідного періоду часу. У деяких варіантах реалізації винаходу видаленню можна сприяти або прискорювати його за допомогою промивального розчину, що містить відповідні реагуючі речовини (наприклад, здатні реагувати з однією або кількома молекулами закупорюючого агента з метою розщеплювання зв'язку в одній або в кількох молекулах закупорюючого агента), і/або розчинника (наприклад, здатного викликати перехід молекул закупорюючого агента з твердої фази, та їх розподіл і/або розчинення в рідкій фазі), наприклад, компонент, який викликає зміни рівня рН і/або мінералізації. У деяких варіантах реалізації винаходу видаленню можна сприяти або прискорювати його за допомогою промивального розчину, що містить відповідний компонент, який змінює рівень рН і/або мінералізації. Видаленню також може сприяти збільшення температури, наприклад, коли обробка виконується перед нагнітанням в пласт пари і/або зміною тиску.

[80] У деяких варіантах реалізації винаходу речовини закупорюючого агента, що видаляється, можуть являти собою речовину, що розкладається, і/або розчинну речовину. Речовина, що розкладається, належить до матеріалу, який щонайменше частково розкладатиметься (наприклад, за рахунок розщеплювання хімічного зв'язку) впродовж необхідного періоду часу так, щоб для видалення пробки не здійснювати ніяке додаткове втручання. Наприклад, може розкладатися щонайменше 30 % матеріалу, що видаляється, наприклад, щонайменше 50 %, або щонайменше 75 %. У деяких варіантах реалізації винаходу може розкладатися 100 % матеріалу, що видаляється. Розкладання матеріалу, що видаляється, може починатися через зміну температури і/або через хімічну реакцію між матеріалом, що видаляється, або іншою реагуючою речовиною. Розкладання може включати розчинення матеріалу, що видаляється.

[81] Матеріали, що видаляються, необхідні для використання в якості закупорюючого агента, можуть бути представленими у будь-якій прийнятній формі: наприклад, у вигляді порошку, твердих часток, крапель, крихти або волокна. Коли матеріал, що видаляється, перебуває у вигляді волокон, останні можуть мати довжину від близько 2 до близько 25 мм, наприклад, від близько 3 до близько 20 мм. В деяких варіантах реалізації винаходу волокна можуть мати лінійну масову щільність від близько 0,111 до близько 22,2 дтекс (від близько 0,1 до близько 20 денье), наприклад, від близько 0,167 до близько 6,67 дтекс (від близько 0,15 до близько 6 денье). Прийнятні волокна можуть розкладатися в умовах забою свердловини, які можуть включати температури, що досягають близько 180 °C (близько 350 °F) або більше, і тиски, що досягають близько 137,9 МПа (близько 20 000 фунт/кв. дюйм) або більше, в період, прийнятний для обраної операції, від мінімального періоду від близько 0,5, близько 1, близько 2 або близько 3 годин до максимального близько 24, близько 12, близько 10, близько 8 або близько 6 годин, або в діапазоні від будь-якого мінімального періоду до будь-якого максимального періоду.

[82] Матеріали, що видаляються, можуть бути чутливими до довкілля, тому при виборі відповідного матеріалу, що видаляється, слід враховувати властивості розбавлення і осадження. Матеріал, що видаляється, який використовується в якості ущільнювача, може зберігати працездатність у формації або стовбурі свердловини впродовж досить довгого періоду часу (наприклад, від близько 3 до близько 6 годин). Період має бути досить довгим для

операцій на каротажному кабелі для перфорації наступного продуктивного піску, з подальшим завершенням операцій гідравлічного розриву (розривів), і тріщини, щоб замкнути розклинювальний агент, перш ніж він повністю осяде, за умови поліпшеної проникності тріщини.

[83] Додаткові прийнятні матеріали, що видаляються, і способи їх використання включають такі способи, які розкриті в публікаціях заявки на патент США № 2006/0113077, 2008/0093073 і 2012/0181034, описи яких включені в цей документ в повному обсязі за допомогою посилання. Такі матеріали містять неорганічні волокна, наприклад, вапняк або скло, але частіше являють собою полімери або співполімери ефірів, амідів або інших аналогічних матеріалів. Вони можуть бути частково гідролізованими в не основних місцях розташування. Будь-які такі матеріали, що є витягуваними (завдяки тому, що матеріали можуть, наприклад, розкладатися і/або розчинятися), у відповідний час за умов, що зустрічаються, також можуть використовуватися в способах цього винаходу. Наприклад, можуть використовуватися полііоли, що містять три або більшу кількість гідроксильних груп. Прийнятні полііоли включають полімерні полііоли, які здатні розчинятися при нагріванні, демінералізації або при їх комбінації, і містять гідроксилзаміщені атоми вуглецю в полімерному ланцюжку, відокремлені від сусідніх гідроксилзаміщених атомів вуглецю щонайменше одним атомом вуглецю в полімерному ланцюжку. Полііоли можуть бути вільні від сусідніх заміщуючих гідроксильних груп. В деяких варіантах реалізації винаходу полііоли мають середньомовгову молекулярну масу від близько 5 000 до близько 500 000 дальтон або більше, таку як від близько 10 000 до близько 200 000 дальтон.

[84] Додаткові приклади матеріалів, що видаляються, містять полігідроксиалканоати, поліаміди, полікапролактони, полігідроксибутирати, поліетилентерефталати, полівінілалкоголі, поліетиленоксид (поліетиленгліколь), полівінілацетат, частково гідролізований полівінілацетат і співполімери цих матеріалів. Полімери або співполімери ефірів, наприклад, включають заміщену і незаміщену кислоту лактиду, гліколід, полілактиду і полігліколеву кислоту. Наприклад, прийнятні матеріали, що видаляються, призначені для використання в якості закупорюючих агентів, містять полілактидну кислоту, полікапролактон, полігідроксибутират, полігідроксивалерат, поліетилен, полігідроксиалканоати (такі, як полі[R-3-гідроксибутират], полі[R-3-гідроксибутират-со-3-гідроксивалерат], полі[R-3-гідроксибутират-со-4-гідроксивалерат] і тому подібне), полімери на основі крохмалю, полілактидну кислоту і співполієфіри, полігліколеву кислоту і співполімери, аліфатично-ароматичні полієфіри (такі, як полі(ε-капролактон), поліетилентерефталат, полібутилентерефталат і тому подібне), полівінілпіролідон, полісахариди, полівінілімідазол, поліметакрилову кислоту, полівініламін, полівінілпіридин і протеїни (такі, як желатин, пшеничний і кукурудзяний глютен, борошно з насіння бавовника, білки молочної сироватки, міофібрилярні білки, казеїни і тому подібне). Полімери або співполімери амідів, наприклад, можуть включати поліакриламід.

[85] Матеріали, що видаляються, такі як, наприклад, матеріали, що розкладаються і/або розчиняються, можуть використовуватися в закупорюючому агенті у високих концентраціях (таких, як від близько 20 фунт/1 000 галонів до близько 1 000 фунт/1 000 галонів, або від близько 40 фунт/1 000 галонів до близько 750 фунт/1 000 галонів), необхідних для утворення тимчасові пробки або перемички. Матеріали, що видаляються, можуть також використовуватися при концентраціях щонайменше 4,8 г/л (40 фунт/1 000 галонів), щонайменше 6 г/л (50 фунт/1 000 галонів) або щонайменше 7,2 г/л (60 фунт/1 000 галонів). Максимальні концентрації цих матеріалів при їх використанні можуть залежати від встановленого на поверхні обладнання для додавання і змішування.

[86] Прийнятні закупорюючі агенти, що видаляються, також містять розчинні матеріали і плавкі матеріали (обидва з яких можуть також бути такими, що здатні до розкладання). Плавкий матеріал являє собою матеріал, який переходить з твердої фази в рідку фазу після впливу адекватного каталізатора, яким зазвичай є температура. Розчинний матеріал (в протилежність матеріалу, що розкладається, який, наприклад, може являти собою матеріал, який може (за певних умов) бути зруйнований на менші частки за рахунок хімічного процесу, який призводить до розщеплювання хімічних зв'язків, такого як гідроліз), являє собою матеріал, який переходить з твердої фази в рідку фазу після впливу відповідного розчинника або системи розчинників (тобто, він є розчинним в одному або більшій кількості розчинників). Розчинник може бути рідиною-носієм, використовуваною для гідророзриву свердловини, або рідиною (вуглеводнями), що видобувається, або іншою рідиною, використовуваною під час обробки свердловини. У деяких варіантах реалізації винаходу обидва процеси розчинення і розкладання можуть застосовуватися для видалення закупорюючого агента.

[87] Такі матеріали, що видаляються, наприклад, розчинні, здатні до плавлення і/або матеріали, що розкладаються, можуть знаходитися у будь-якій формі: наприклад, у вигляді порошку, твердих часток, крапель, крихти або волокна. Коли такий матеріал знаходиться у

вигляді волокон, останні можуть мати довжину від близько 2 до близько 25 мм, наприклад, від близько 3 мм до близько 20 мм. Волокна можуть мати будь-яке відповідне значення ваги, виражене в одиницях денье, таку як від близько 0,1 до близько 20, або від близько 0,15 до близько 6 денье.

5 [88] Приклади прийнятних волокнистих матеріалів, що видаляються, містять волокна полілактидної кислоти (PLA) та полігліколіду (PGA), скловолкна, волокна поліетилентерефталату (PET) і тому подібне.

[89] В деяких варіантах реалізації винаходу склад закупорюючого агента може містити заздалегідь оброблені волокнисті пластівці, які являють собою тверді частки, що утримуються

10 усередині мережі волокна.
[90] Матеріал, що не видаляється

[91] В деяких варіантах реалізації винаходу закупорюючий агент може бути матеріалом, що не видаляється, який являє собою матеріал, який щонайменше частково не розкладається впродовж необхідного періоду часу. Матеріали, що не розкладаються, та є прийнятними для

15 використання в якості закупорюючого агента, містять цемент, розклинювальний агент і матеріал зі складом, аналогічним розклинювальному агенту (наприклад, кераміка, піски, боксити). Матеріали, що не розкладаються, утворюють пробку, що не розкладається (і/або не розчиняється), яка може згодом бути щонайменше частково або повністю видаленою з використанням інших засобів, таких як колона насосно-компресорних труб або такий абразив, як

20 пісок.

[92] Вищевикладене додатково проілюстроване з посиланням на наступні приклади, які надані з метою ілюстрації і не призначені для обмеження обсягу цього винаходу.

Приклади

[93] У першому прикладі горизонтальна свердловина піддана гідророзриву в ділянках, які є

25 механічно ізольованими за допомогою мостів-пробок. Кожна ділянка має 300 футів в довжину і шість інтервалів перфорації довжиною в 1 фут, які відокремлені один від одного інтервалами в 50 футів. Кожний інтервал перфорації містить по шість перфорованих отворів. Перфоровані отвори знаходяться на вимірній глибині, внаслідок чого об'єм, що витісняється зі стовбура свердловини в перфоровані отвори, складає близько 300 барелів.

30 [94] Ступінь гідророзриву, що містить 80 000 фунтів розклинювального агента, була закачана у свердловину для розміщення в неї розклинювального агента. Після розміщення розклинювального агента в свердловину було закачано близько 20 барелів заповнювача з подальшим закачуванням закупорюючого агента. Закупорюючий агент містить (i) 50 фунтів часток, що розкладаються, з гранулометричним складом, що коливається від близько 3 до 100

35 меш, і (ii) 8,4 фунти волокон в 5 барелях 25-фунтового лінійного гелю. Це відповідає 238 фунт/1000 галонів часток і 40 фунт/1000 галонів волокон.

[95] Закупорюючий агент подавався з висококонцентрованого потоку, який закачувався з витратою близько 8 барель/хв., тоді як насоси гідророзриву закачували лінійний гель з витратою близько 42 барель/хв., необхідною для досягнення загальної витрати при закачуванні близько

40 50 барель/хв. Таким чином, висококонцентрований потік був "розведений" в потоці рідини для гідророзриву, і внутрішньосвердловинний загусник має властивості, показані в наступній Таблиці.

Таблиця

Компоненти внутрішньо-свердловинного загусника

Об'єм загусника	барель	30
Концентрація часток	фунтів/1 000 галонів (частин на тисячу)	40
Концентрація волокон	частин на тисячу	50

45 [96] Загусник витіснявся за допомогою близько 350 барелів поперечно зв'язаної рідини, що не містить твердих часток. Відразу після того, як розклинювальний агент був видавлений в перфоровані отвори, швидкість закачування було скинуто з 50 барель/хв. до 20 барель/хв., щоб підтримувати функціональність закупорюючого агента. Час, використаний для уповільнення насоса, обумовлює об'єм заповнювача між кінцем розклинювального агента, який був закачаний

50 в перфоровані отвори при повній витраті, і початком закупорюючого агента, який був видавлений в перфоровані отвори при зниженій витраті.

[97] Як показано на Фіг. 2, тиск на поверхні збільшувався близько на 3 100 фунт/кв. дюйм, коли закупорюючий агент досягав місця контакту з пластом. Приріст тиску обробки свідчить, що деякі пробки перфорованих отворів є закупореними. Збільшення тиску супроводжується раптовим падінням тиску до близько 1 000 фунт/кв. дюйм, що може вказувати на те, що перфоровані отвори, які залишилися не інтенсифікованими під час етапу утворення тріщини, тепер є відкритими і готовими прийняти витісняючу рідину, тоді як перфоровані отвори, в які раніше був поміщений розклинювальний агент, є закупореними розклинювальним агентом.

[98] Згодом міст-пробка закачувався в стовбур свердловини, і подальша секція завершувалася аналогічно першій секції, описаній вище. В процесі промивання свердловини і закачування в стовбур свердловини розклинювальний агент не витіснявся глибше в тріщину, тому що рідина спрямовувалася в перфоровані отвори, які не були інтенсифіковані під час послідовного виконання операцій від заповнення до промивання свердловини.

[99] Хоча попередній опис був розкритий в цьому документі з посиланнями на конкретні засоби, матеріали і варіанти здійснення, він не призначений для обмеження викладеними тут особливостями, але поширюється на усі функціонально еквівалентні конструкції, способи і застосування, такі, що знаходяться в обсязі пунктів формули винаходу, що додаються. Крім того, хоча в наданому вище описі детально були розкриті лише декілька типових варіантів реалізації винаходу, фахівці в цій галузі техніки без зусиль зрозуміють, що в типових варіантах реалізації винаходу можлива безліч модифікацій без істотного відхилення від винаходу СПОСОБИ МІНІМІЗАЦІЇ НАДМІРНОГО ВИТІСНЕННЯ РОЗКЛИНЮВАЛЬНОГО АГЕНТА ПРИ ГІДРАВЛІЧНИХ РОЗРИВАХ ПЛАСТА. Відповідно, передбачається включення усіх таких модифікацій в обсяг цього опису, як визначено у наступній формулі винаходу. У формулі винаходу вислів "засіб-плюс-функція" призначена для охоплення структур, описаних в цьому документі, як тих, що виконують вказану функцію, і не лише конструктивних еквівалентів, так й еквівалентних конструкцій. Таким чином, хоча цвях і шуруп можуть не бути конструкційними еквівалентами в тому, що цвях використовує циліндричну поверхню для скріплення дерев'яних деталей, тоді як шуруп використовує гвинтову поверхню, в умовах кріплення дерев'яних деталей цвях і шуруп можуть бути еквівалентними конструкціями. Це - виражений намір заявника не посилається на статтю 35 § 112(f) кодексу США для будь-яких обмежень будь-якого з пунктів формули винаходу, за винятком тих, в яких пункт явно використовує вислів "призначений для" разом зі зв'язаною функцією.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Спосіб обробки підземної формації, через яку проходить свердловина, що включає: створення тріщини в підземній формації; закачування рідини для обробки у стовбур свердловини під тиском рідини, що дорівнює або є більшим, ніж тиск початку утворення тріщини підземної формації, при цьому рідина для обробки використовується для транспортування у стовбур свердловини заздалегідь визначеної кількості розклинювального агента; введення закупорюючого агента без зменшення тиску рідини при закачуванні рідини для обробки, причому закупорюючий агент вводиться в рідину для обробки після того, як вся заздалегідь визначена кількість розклинювального агента введена в стовбур свердловини, але перед тим, як уся заздалегідь визначена кількість розклинювального агента досягає тріщини, причому спосіб додатково включає нагнітання об'єму заповнювача між кінцевою ділянкою розклинювального агента і переднім краєм закупорюючого агента, причому цей об'єм менший, ніж об'єм стовбура свердловини між отвором свердловини на поверхні та закупорюваною за допомогою розкладаної пробки тріщиною; утворення витягнутої пробки із закупорюючого агента в тріщині, в результаті чого відвертається надмірне витіснення розклинювального агента, який потрапив у тріщину.
2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що закупорюючий агент містить матеріал, вибраний з групи, яка складається з матеріалу, що видаляється, і матеріалу, що не видаляється.
3. Спосіб за п. 2, який **відрізняється** тим, що: закупорюючий агент являє собою матеріал, що видаляється, який містить матеріал, що розкладається, та спосіб додатково включає забезпечення можливості матеріалу, що розкладається, щонайменше частково розкладатися після заздалегідь визначеного періоду часу таким чином.
4. Спосіб за п. 2, який **відрізняється** тим, що: закупорюючий агент являє собою матеріал, що видаляється, який містить розчинний матеріал, та

спосіб додатково включає забезпечення можливості розчинному матеріалові щонайменше частково розчинятися після заздалегідь визначеного періоду часу таким чином.

5. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що закупорюючий агент вводиться в рідину для обробки з останнім 1 % мас. заздалегідь визначеної кількості розклинювального агента, який

6. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що закупорюючий агент вводиться в рідину для обробки за час, який знаходиться в діапазоні від близько 2 секунд до близько 180 секунд після того, як уся заздалегідь визначена кількість розклинювального агента закачана в стовбур свердловини.

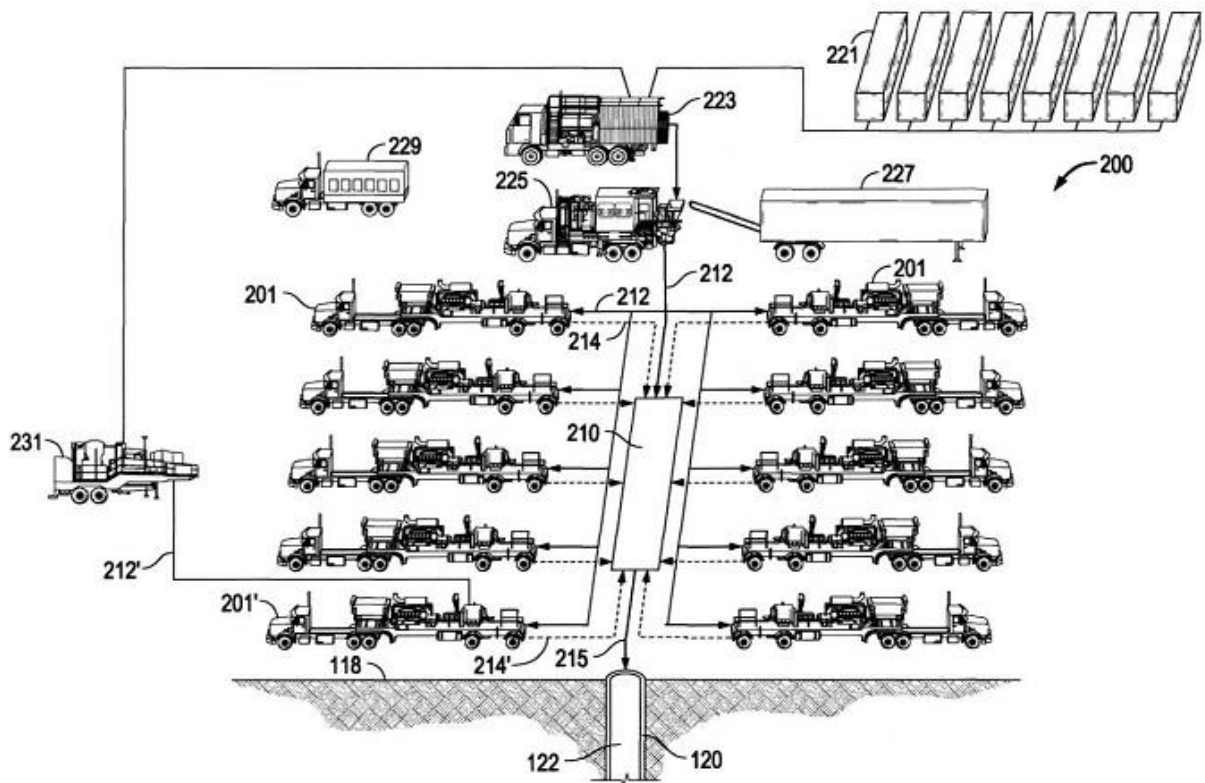
7. Спосіб за п. 1, який додатково включає виконання внутрішньосвердловинної операції після того, як була утворена пробка, що розкладається.

8. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що рідина для обробки закачується у стовбур свердловини з витратою в діапазоні від близько 20 барелів за хвилину (барель/хв) ($2,38 \text{ м}^3/\text{хв}$) до близько 120 барелів за хвилину (барель/хв) ($14,31 \text{ м}^3/\text{хв}$).

9. Спосіб за п. 1, який також включає:
встановлення моста-пробки в стовбурі свердловини між отвором на поверхні стовбура свердловини і тріщиною.

10. Спосіб за п. 9, який **відрізняється** тим, що ані міст-пробка, ані піщана пробка не встановлюється в стовбур свердловини перед гідророзривом наступного пласта.

11. Спосіб за п. 9, який **відрізняється** тим, що рідинна фаза суспензії містить один або кілька елементів, вибраних з групи, що складається з в'язкопружної поверхнево-активної речовини, додаткової поверхнево-активної речовини та модифікатора реології.



Фиг. 1

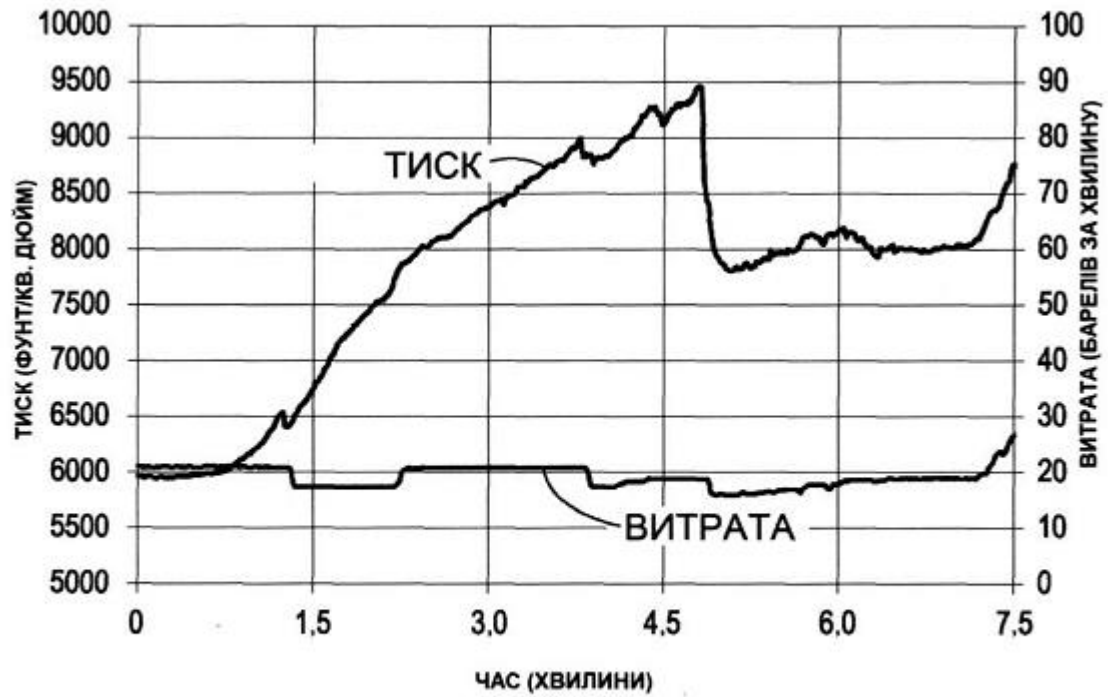


Fig. 2

Комп'ютерна верстка О. Гергіль

Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України,
вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601