

(19)



Евразийское  
патентное  
ведомство

(21) 202490436 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки  
2024.04.09

(51) Int. Cl. F24T 10/17 (2018.01)  
F24T 10/20 (2018.01)

(22) Дата подачи заявки  
2022.08.12

(54) СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ СОЗДАНИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ СКВАЖИНЫ С ЦИРКУЛЯЦИЕЙ ТЕКУЧЕЙ СРЕДЫ В ЗАМКНУТОМ КОНТУРЕ С ЦЕЛЬЮ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ

(31) 63/232,693

(72) Изобретатель:  
Веставик Ола (NO)

(32) 2021.08.13

(33) US

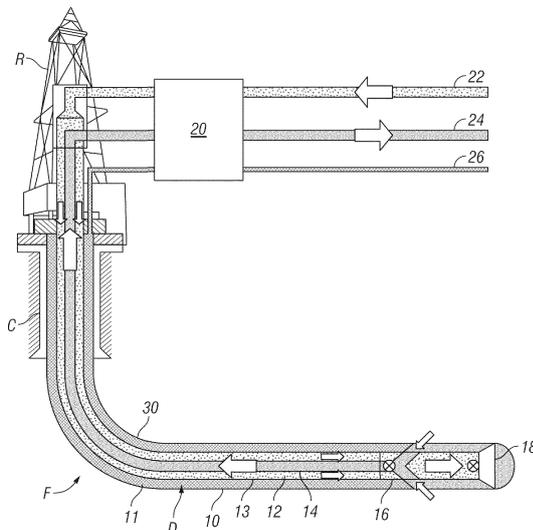
(74) Представитель:  
Хмара М.В. (RU)

(86) PCT/IB2022/057563

(87) WO 2023/017485 2023.02.16

(71) Заявитель:  
РИЛВЕЛЛ АС (NO)

(57) Способ для создания скважины (10) с использованием бурильной колонны/колонны заканчивания с вложенной трубой. Бурильная колонна (D)/колонна заканчивания с вложенной трубой содержит внутреннюю трубу (14), вложенную в наружную трубу (13), перепускной переходник (16), расположенный на конце бурильной колонны (D) с вложенной трубой и буровое долото (18), расположенное с одной стороны перепускного переходника (16). Буровой раствор (22) закачивают в скважину через первый кольцевой промежуток (12) между внутренней трубой (14) и наружной трубой (13), а буровые отходы, создаваемые буровым долотом (18), возвращают на поверхность через внутреннюю трубу (14). Для заканчивания скважины (10) либо (i) замещают текучую среду в первом кольцевом промежутке (12) текучей средой с более низкой теплопроводностью, либо (ii) опорожняют указанный кольцевой промежуток. Подлежащую нагреванию текучую среду (26) закачивают через второй кольцевой промежуток (11) между скважиной (10) и внешней стороной бурильной колонны (D) с вложенной трубой, а геотермально нагретую текучую среду перемещают из подземного пласта на поверхность по внутренней трубе (14).



A1

202490436

202490436

A1

## СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ СОЗДАНИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ СКВАЖИНЫ С ЦИРКУЛЯЦИЕЙ ТЕКУЧЕЙ СРЕДЫ В ЗАМКНУТОМ КОНТУРЕ С ЦЕЛЬЮ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ

5            Область техники, к которой относится изобретение

Изобретение относится к области получения энергии из тепла, содержащегося в формациях под земной поверхностью. Конкретнее, изобретение относится к способам и устройствам для строительства скважин, проникающих в подземные формации с целью извлечения тепловой энергии, содержащейся в  
10 таких формациях.

### Уровень техники

Известно бурение скважин сквозь толщу подземных формаций с целью извлечения энергии из таких формаций в форме тепла. Тепло можно извлекать  
15 путем закачивания с поверхности в скважину холодной текучей среды (например, жидкости), которая проходит в проницаемую формацию, и извлечения на поверхность указанной текучей среды, после того как последняя будет нагрета окружающей проницаемой формацией.

20            На фиг. 1 изображено хорошо известное решение как можно получать геотермальную энергию, т.е. пробурить в такую формацию F и оснастить оборудованием две практически вертикальные скважины P, I. Скважины P, I отнесены друг от друга на расстояние L. Текучую среду, например, воду закачивают в одну из скважин, которую называют «инжекторная скважина» I, а нагретую среду получают из формации F из другой скважины, которую называют «добывающая скважина» P. Текучая среда нагревается породой на глубине, когда течет сквозь формацию F между скважинами P, I. Есть несколько серьезных проблем, связанных с таким традиционным решением извлечения геотермальной энергии.

30

1. Текучая среда может растворять и поглощать минералы из формации F, что часто создает проблемы образования твердых отложений и коррозии, что может увеличивать затраты на техническое обслуживание скважины и перекачивание текучей среды.

35

2. Имеют место значительные потери тепловой энергии в добывающей скважине P.

3. Чтобы обеспечить достаточную проницаемость формации F, в некоторых случаях может возникать необходимость в гидравлическом разрыве формации F, что может увеличивать риск загрязнения грунтовых вод, риск сейсмичности и нарушения экологии.

4. Циркулирующая текучая среда обычно ограничена использованием воды.

5. Традиционное бурение и заканчивание скважин P, I с возвратом текучей среды через кольцевое пространство может приводить к разогреву устья скважин, и может становиться причиной нестабильности грунта вблизи устья скважины, особенно в арктических областях (т.е. опасности разрушения вечномёрзлой породы).

15

Известное решение, направленное на уменьшение остроты вышеуказанных проблем с использованием разнесённых вертикальных скважин, заключается в том, чтобы вести бурение и оснащать оборудованием скважины с наклонно-направленными или горизонтальными участками, соединяя две скважины на глубине, и тем самым создавая замкнутый контур циркуляции, но с этим связаны трудности горизонтального направленного бурения.

На фиг. 2 изображено другое решение для замкнутого контура циркуляции, например, установить теплоизолированную насосно-компрессорную колонну T заканчивания в горизонтальную скважину большой длины или «скважину с вложенным трубопроводом» СВТ (NCW, Nested Conduit Well). Обсадная колонна С может быть использована для облицовки пробуренного участка скважины, а изолированный трубопровод Т может быть встроен в обсадную колонну С для передачи нагретой текучей среды на поверхность. В данном случае отбор геотермального тепла от формации F происходит на горизонтальном участке скважины. Строительство такой скважины СВТ считается трудной задачей, поскольку бурение горизонтального участка скважины может сопровождаться непродуктивными потерями времени НПВ (NPT, Non-Productive Time) из-за простоев, связанных с потерей жидкой среды, очисткой скважины, высоким крутящим моментом, сопротивлением и эквивалентной плотностью бурового раствора при циркуляции (ECD, Equivalent Circulation Density). Рентабельность решения, изображенного на фиг. 2, может быть ограничена достигаемостью

горизонтального участка и ожидаемыми НПВ для бурения и заканчивания скважины СВТ. При строительстве скважины СВТ, какая показана на фиг. 2, известен способ бурения с использованием традиционной бурильной колонны и бурового инструмента, и последующего введения обсадной колонны С после  
5 извлечения бурового инструмента. Помимо других рисков, связанных со строительством протяженной горизонтальной скважины, существует опасность, что обсадную колонну С не удастся ввести на намеченную глубину из-за невозможности полностью очистить пробуренную скважину и/или частичного смятия скважины или наличия уступов по ходу скважины.

10

Существует потребность в усовершенствованных способах и устройствах для строительства геотермальных скважин.

#### Раскрытие изобретения

15

В соответствии с настоящим изобретением в одном аспекте, предложен способ для бурения скважины и получения из этой скважины текучей среды. В соответствии с указанным аспектом способ включает бурение скважины с применением бурильной колонны с вложенной трубой. Бурильная колонна с вложенной трубой содержит внутреннюю трубу, вложенную в наружную трубу,  
20 перепускной переходник, расположенный на конце бурильной колонны с вложенной трубой и буровое долото, расположенное с одной стороны перепускного переходника. Буровой раствор закачивают в скважину через кольцевой промежуток между внутренней трубой и наружной трубой, а буровые отходы, создаваемые буровым долотом, возвращают на поверхность через  
25 внутреннюю трубу. Текучую среду в указанном кольцевом промежутке либо (i) замещают текучей средой/газом с более низкой теплопроводностью, либо (ii) опорожняют указанный кольцевой промежуток, при этом подлежащую нагреванию текучую среду перемещают с поверхности через кольцевой промежуток между наружной трубой и скважиной, а после нагревания передают  
30 на поверхность по внутренней трубе.

Некоторые варианты осуществления изобретения дополнительно содержат заполнение кольцевого промежутка между скважиной и внешней стороной бурильной колонны с вложенной трубой текучей средой, имеющей  
35 более высокую плотность, чем плотность бурового раствора.

Согласно некоторым вариантам осуществления изобретения, по меньшей мере часть скважины является по существу горизонтальной.

В соответствии с настоящим изобретением в другом его аспекте, способ  
5 для бурения и заканчивания скважины, и извлечения из скважины геотермальной энергии включает бурение скважины по меньшей мере частично с применением бурильной колонны с вложенной трубой. Бурильная колонна с вложенной трубой содержит внутреннюю трубу, вложенную в наружную трубу, перепускной переходник, расположенный на конце бурильной колонны с вложенной трубой и  
10 буровое долото, расположенное с одной стороны перепускного переходника. Буровой раствор закачивают в скважину через первый кольцевой промежуток между внутренней трубой и наружной трубой, а буровые отходы, создаваемые буровым долотом, возвращают на поверхность через внутреннюю трубу. Бурильную колонну с вложенной трубой удаляют из скважины. В скважину вводят  
15 колонну заканчивания с вложенной трубой. Указанная колонна с вложенной трубой содержит внутреннюю трубу, вложенную в наружную трубу, чтобы обеспечить первый кольцевой промежуток между указанными трубами и второй кольцевой промежуток между наружной трубой и скважиной. Способ включает либо (i) подачу текучей среды с низкой теплопроводностью в первый кольцевой  
20 промежуток, либо (ii) опорожнение первого кольцевого промежутка; и геотермальное нагревание текучей среды путем закачивания текучей среды в скважину через второй кольцевой промежуток, и возвращение закачанной текучей среды через внутреннюю трубу.

25 Согласно некоторым вариантам осуществления изобретения, по меньшей мере часть скважины является по существу горизонтальной.

В соответствии с настоящим изобретением в еще одном аспекте предложен способ для извлечения геотермальной энергии из предварительно  
30 пробуренной скважины. В скважину вводят колонну с вложенной трубой. Колонна с вложенной трубой содержит внутреннюю трубу, вложенную в наружную трубу, чтобы обеспечить первый кольцевой промежуток между указанными трубами и второй кольцевой промежуток между наружной трубой и скважиной. Способ включает либо (i) подачу текучей среды с низкой теплопроводностью в первый  
35 кольцевой промежуток, либо (ii) опорожнение первого кольцевого промежутка; и геотермальное нагревание текучей среды путем закачивания текучей среды в скважину через второй кольцевой промежуток, и возвращение закачанной

текучей среды через внутреннюю трубу. Первый кольцевой промежуток по существу является непрерывным по всей длине колонны с вложенной трубой.

5 Согласно некоторым вариантам осуществления изобретения, по меньшей мере часть скважины является по существу горизонтальной.

10 Согласно некоторым вариантам осуществления изобретения, указанная колонна с вложенной трубой в первом кольцевом промежутке содержит по меньшей мере один из следующего: барьер теплового излучения, барьер конвективной теплопередачи и барьер теплопроводности.

Некоторые варианты осуществления изобретения дополнительно содержат создание барьера проницаемости в необсаженной части скважины.

15 Согласно некоторым вариантам осуществления, барьер проницаемости содержит по меньшей мере одно из обсаживания, химического покрытия и покрытия твердыми частицами.

20 Согласно некоторым вариантам осуществления изобретения, наружную трубу и внутреннюю трубу вводят в скважину одновременно.

Согласно некоторым вариантам осуществления изобретения, бурение скважины производят с использованием колонны с вложенной трубой.

25 Согласно некоторым вариантам осуществления изобретения, по меньшей мере одна внутренне трубы и наружной трубы содержит соединяемые концами сегменты.

30 Согласно некоторым вариантам осуществления изобретения, первый кольцевой промежуток по существу является гидравлически непрерывным по всей длине колонны с вложенной трубой.

Прочие аспекты и возможные преимущества настоящего изобретения должны быть понятными из последующего описания и формулы изобретения.

### Краткое описание чертежей

Фиг. 1 изображает известное из уровня техники устройство для получения геотермальной энергии, в котором используются две латерально разнесенные вертикальные скважины.

5

Фиг. 2 изображает известное из уровня техники устройство для получения геотермальной энергии, в котором используется горизонтальная скважина.

Фиг. 3 изображает систему и способ для получения геотермальной энергии с использованием горизонтальной скважины, пробуренной посредством бурильной колонны с вложенной трубой.

10

### Осуществление изобретения

В компании Reelwell AS, Сола, Норвегия разработан способ бурения скважин, основанный на использовании бурильной колонны с вложенным трубопроводом («двухканальной бурильной колонны»), который устраняет определенные проблемы, возникающие в протяженных горизонтальных скважинах и связанные с контролем вращающего момента на забое скважины, сопротивления и пластового давления. Такой способ бурения скважин описан, например, в патенте США 9 057 236, право на который переуступлено компании Reelwell AS. Значимой частью вышеупомянутого способа является применение на определенных участках скважины буровых растворов по системе «плотный вокруг неплотного» (HOL, от англ. Heavy Over Light), т.е. использование более плотного раствора в кольцевом пространстве скважины между стенкой ствола скважины и наружной стенкой двухканальной бурильной колонны (колонны с вложенным трубопроводом), чем плотность раствора внутри двухканальной бурильной колонны (или в кольцевом пространстве между вложенным трубопроводом или внутри внутреннего трубопровода). Способ, раскрытый в патенте 9 057 236, может обеспечить возможность бурения и заканчивания горизонтальных скважин с длинами, которые превышают длины, достижимые в настоящее время, используя стандартную технологию однетрубной буровой колонны, и таким образом может дать возможность строить геотермальные скважины с замкнутым контуром с более высокой рентабельностью.

15

20

25

30

35

Двухканальная буровая колонна, используемая для бурения такой геотермальной скважины, может также обеспечить способ перехода от указанной буровой колонны с двумя каналами к теплоизолированной эксплуатационной

трубе заканчивания после завершения бурения горизонтального участка скважины. Для выполнения такого перехода от колонны к трубе текучая среда во внутреннем кольцевом пространстве двухканальной буровой колонны (т.е. кольцевом промежутке между внутренним вложенным трубопроводом и

5 наружным трубопроводом двухканальной буровой колонны, например, обозначенном индексом 4 на фиг. 1 патента 9 057 236) может быть замещена жидкостью или газом, обладающими более низкой теплопроводностью, чем буровой раствор, который в ином случае присутствовал бы в таком внутреннем

10 кольцевом пространстве, или указанное кольцевое пространство может быть опорожнено путем герметизации и откачки, например, при помощи вакуумного насоса. Двухканальная колонна может быть опущена в скважину после окончания бурения, чтобы ее использовать в качестве специализированной

эксплуатационной колонны, или же двухканальная буровая колонна с конструкцией, исключающей потерю внутреннего тепла, может быть

15 непосредственно трансформирована в теплоизолированную колонну заканчивания после бурения скважины путем использования такой двухканальной буровой колонны. Таким образом, скважину можно бурить и заканчивать с протяженным горизонтальным участком, одновременно

минимизируя риск смятия скважины или невозможности достичь намеченной

20 глубины, при опускании трубы заканчивания после завершения бурения. Вышеописанное устройство и способ могут тем самым дать возможность проводить бурение и заканчивание геотермальных скважин более рентабельно, чем в случае более традиционных решений.

25 Фиг. 3 схематически представляет наклонно-направленную или горизонтальную скважину 10, пробуренную в земной поверхности с применением буровой установки R. Наклонно-направленная или горизонтальная скважина 10 может быть пробурена от глубины ниже кондукторной обсадной колонны или

30 промежуточной обсадной колонны С путем использования двухканальной бурильной колонны D для осуществления вращения и подачи в осевом направлении бурового долота 18 у нижнего конца двухканальной бурильной колонны D. Двухканальная бурильная колонна D содержит внутреннюю трубу 14, вложенную в наружную трубу 13. Буровой раствор 22 можно закачивать с

35 поверхности через кольцевое пространство 12 между наружной трубой 13 и внутренней трубой 14 в двухканальной бурильной колонне D. Буровой раствор 22 поступает из кольцевого пространства 12 к долоту 18 через перепускной переходник (англ. flow crossover) 16, где буровой раствор 22 в конечном счете

выпускается через буровое долото 18 с целью охлаждения и смазывания последнего и подъема буровых отходов из скважины 10 на поверхность. Перепускной переходник 16 переводит буровую мелочь и отработавший буровой раствор внутрь внутренней трубы 14, которая за счет своего сравнительно  
5 небольшого внутреннего диаметра вынуждает возвратный поток бурового раствора, переносящий буровые отходы, двигаться со сравнительно высокой скоростью, так что осаждение отходов и как следствие закупоривание скважины 10 может быть минимизировано или исключено.

10 Текущую среду в затрубное пространство 11 скважины, т.е. в кольцевой промежуток вне двухканальной бурильной трубы D (то есть вне наружной трубы 13) в пределах стенки скважины 10 и выше перепускного переходника 16 / бурового долота 18 можно закачивать с поверхности (текучая среда 26), при этом  
15 указанная текущая среда может обладать другой плотностью и свойствами по сравнению с текущей средой (т.е. буровым раствором 22), находящейся внутри двухканальной бурильной колонны D. Вышеуказанный способ позволяет игнорировать или значительно уменьшить эквивалентную плотность циркуляции ЭПЦ (ECD, от англ. Equivalent Circulating Density), а также вращающий момент и сопротивление, и тем самым обеспечить горизонтальную протяженность  
20 скважины 10, выходящую за пределы возможностей традиционного бурения и заканчивания скважин.

После завершения бурения можно выполнить заканчивание скважины 10, оставляя на месте двухканальную бурильную колонну D. Как схематически  
25 показано на фиг. 3, двухканальная бурильная колонна D или эквивалентная двойная колонна с вложенной трубой может быть превращена в теплоизолированную эксплуатационную колонну путем закрытия в двухканальной бурильной колонне D кольцевого промежутка 12, либо путем замещения текущей среды, находящейся в кольцевом промежутке 12, посредством текущей среды с  
30 низкой теплопроводностью, такой как газ, или путем опорожнения (откачки) кольцевого промежутка 12. Текущую среду, подлежащую нагреву посредством подземных формаций, через которые пробурена скважина 10, можно перемещать с поверхности через затрубное пространство 11 скважины (текучая среда 26). По мере того как указанная текущая среда движется сквозь затрубное пространство  
35 11 скважины, она нагревается формацией F, расположенной снаружи скважины 10. Текущая среда, нагретая таким образом посредством формации F, может быть переведена внутрь внутренней трубы 14, и может двигаться к поверхности,

как показывают стрелки на фиг. 3, в то время как потери тепла во внешнюю среду, а точнее, в устьевое оборудование на поверхности могут быть сокращены, поскольку внутренняя труба 14 термоизолирована от наружной трубы 13 посредством среды с низкой теплопроводностью (или вакуума) в кольцевом промежутке 12.

По окончании бурения скважины 10 на требуемую глубину, поверхность формации на «оголенном» участке скважины 10 (участке без обсадной трубы или облицовки), расположенном под нижней частью обсадной колонны С, может быть сделана непроницаемой для потока текучей среды путем создания барьера 30 проницаемости на оголенной стенке формации F. Барьер 30 проницаемости может быть создан, например, путем покрытия твердыми частицами или химическими веществами, такими, какие используются при создании фильтрационной корки на оголенных формациях при бурении скважин, или покрытия комбинациями таких химикатов или твердых частиц. Такой барьер 30 проницаемости может также улучшать механическую стабильность скважины 10. Предметом настоящего изобретения также является изоляция необсаженной части ствола скважины 10 путем введения в указанную часть дополнительной обсадки или металлической /композитной мембраны или «обшивки», чтобы обеспечить вышеупомянутую механическую стабильность и барьер проницаемости, и таким образом обеспечить эффективную циркуляцию в замкнутом контуре. Следует также понимать, что породная формация (формации) F может быть по сути непроницаемой для потока текучей среды, и одновременно может обеспечивать передачу тепла циркулирующей текучей среды, как говорилось выше, что избавляет от необходимости создания отдельного барьера проницаемости в какой-либо форме.

Хотя бурение и заканчивание скважины для получения геотермальной энергии не ограничено такими формациями, следует понимать, что скважина, бурение и заканчивание которой производится вышеописанным способом, может быть пробурена сквозь породные формации, характеризующиеся низкой проницаемостью или отсутствием проницаемости в отношении текучих сред. Согласно настоящему изобретению, скважина, представленная на поверхности в единственном числе, может быть использована для перемещения подлежащей нагреванию текучей среды в формацию, и возвращения нагретой текучей среды на поверхность.

Хотя изобретение вовсе не ограничено приведенным вариантом осуществления, посредством использования одной и той же двухканальной бурильной колонны D для бурения, заканчивания и извлечения геотермальной энергии из формации F, риск для скважины 10 между бурением и заканчиванием может быть уменьшен, при одновременном сокращении времени, затрачиваемом буровой установкой R, чтобы привести скважину 10 в состояние для производства геотермальной энергии. Специалистам в данной области должно быть понятно, что после завершения бурения скважины, согласно некоторым вариантам осуществления, двухканальная бурильная колонна D может быть из скважины 10 удалена, а колонна с вложенной трубой может быть введена в скважину 10. Колонна с вложенной трубой может быть выполнена в виде внутренней трубы, вмонтированной в наружную трубу, то есть по конструкции она может быть подобна двухканальной бурильной колонне D, но из нее могут быть исключены перепускной переходник 16 и буровое долото 18, а вместо них введены органы управления течением (не показаны), чтобы обеспечить возможность вытеснения текучей среды из внутренней трубы и кольцевого пространства, и последующего запираания течения в кольцевом пространстве, которое может служить в качестве теплового изолятора таким же образом, как это было описано выше в отношении двухканальной бурильной колонны D. Предметом настоящего изобретения также является бурение скважины, включая скважину с латеральным распространением, такую как горизонтальная скважина, с использованием системы бурения, применяемой для традиционной одноканальной трубы. Описанная колонна с вложенной трубой может быть введена в скважину после окончания бурения, как было разъяснено выше для получения геотермальной энергии. Предметом настоящего изобретения также является бурение скважины с использованием традиционной одноканальной трубы, и заканчивание такой скважины с использованием традиционного крепления обсадными трубами или облицовкой. После того как такая обсадная колонна или облицовка установлена в скважине, внутренняя труба

30

Следует также понимать, что описанная колонна с вложенной трубой может быть рассчитана на минимизацию тепловых потерь геотермально нагретой текучей среды, возвращающейся на поверхность по внутренней трубе. Колонна с вложенной трубой может содержать, например, отклонители (англ. standoffs) или центраторы с низкой теплопроводностью, расположенные между внутренней трубой и наружной трубой. Колонна с вложенной трубой может содержать в качестве дополнения или замены различные виды покрытия и/или изоляции

35

внутри наружной трубы и снаружи внутренней трубы для минимизации тепловых потерь за счет излучения, теплопроводности и/или конвекции.

В свете принципов и примеров вариантов осуществления изобретения, которые описаны и иллюстрированы в настоящем документе, следует понимать, что указанные примеры вариантов осуществления изобретения могут быть видоизменены в отношении устройства и деталей без отступления от самих принципов. Вышеприведенное рассмотрение было сосредоточено на конкретных вариантах осуществления изобретения, но также предполагается возможность существования других конфигураций. В частности, даже если в тексте использованы такие выражения как «в варианте осуществления» или им подобные, указанные фразы предусмотрены, чтобы дать общую ссылку на возможности варианта осуществления, и не направлены на ограничение изобретения конкретной конфигурацией варианта осуществления. В том виде, в котором они использованы в настоящем описании, указанные термины могут отсылать к таким же или иным вариантам осуществления, которые можно комбинировать между собой для получения других вариантов. Как правило, любой вариант осуществления изобретения, на который сделана ссылка в настоящем описании, можно свободно сочетать с любым одним вариантом или множеством других вариантов, на которые ссылается настоящее описание, и любое число отличительных признаков различных вариантов можно комбинировать друг с другом, если не оговорено обратное. Хотя выше подробно были описаны только несколько примеров, специалистам в данной области должно быть понятно, что в границах описанных примеров может быть сделано множество изменений. Соответственно, все такие изменения имеют целью быть включенными в объем настоящего изобретения, который определен прилагаемой формулой изобретения.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ для бурения и заканчивания скважины, и извлечения из скважины геотермальной энергии, включающий:

5 - бурение скважины по меньшей мере частично с применением бурильной колонны с вложенной трубой, при этом бурильная колонна с вложенной трубой содержит внутреннюю трубу, вложенную в наружную трубу, перепускной переходник, расположенный на конце бурильной колонны с вложенной трубой, и буровое долото, расположенное с одной стороны перепускного переходника, при  
10 этом буровой раствор закачивают в скважину через первый кольцевой промежуток между внутренней трубой и наружной трубой, а буровые отходы, создаваемые буровым долотом, возвращают на поверхность через внутреннюю трубу;

- либо (i) замещение текучей среды в первом кольцевом промежутке  
15 текучей средой с более низкой теплопроводностью, либо (ii) опорожнение указанного кольцевого промежутка; и

- извлечение геотермального тепла из подземной формации на  
поверхность путем прокачивания текучей среды по второму кольцевому  
промежутку между скважиной и внешней стороной бурильной колонны с  
20 вложенной трубой, и возвращения нагретой текучей среды по внутренней трубе.

2. Способ по п. 1, в котором дополнительно включает заполнение второго  
кольцевого промежутка между скважиной и внешней стороной бурильной  
колонны с вложенной трубой текучей средой, имеющей более высокую  
25 плотность, чем плотность бурового раствора во время бурения скважины.

3. Способ по п. 1, в котором по меньшей мере часть скважины является по  
существу горизонтальной.

30 4. Способ для бурения и заканчивания скважины, и извлечения из скважины геотермальной энергии, включающий:

- бурение скважины по меньшей мере частично с применением бурильной  
колонны с вложенной трубой, при этом бурильная колонна с вложенной трубой  
содержит внутреннюю трубу, вложенную в наружную трубу, перепускной  
35 переходник, расположенный на конце бурильной колонны с вложенной трубой и  
буровое долото, расположенное с одной стороны перепускного переходника, при  
этом буровой раствор закачивают в скважину через первый кольцевой

промежуток между внутренней трубой и наружной трубой, а буровые отходы, создаваемые буровым долотом, возвращают на поверхность через внутреннюю трубу;

- удаление буровой колонны с вложенной трубой из скважины;

5 - введение в скважину колонны заканчивания с вложенной трубой, при этом колонна заканчивания с вложенной трубой содержит внутреннюю трубу, вложенную в наружную трубу, чтобы обеспечить первый кольцевой промежуток между указанными трубами и второй кольцевой промежуток между наружной трубой и скважиной;

10 - либо (i) подачу текучей среды с низкой теплопроводностью в первый кольцевой промежуток, либо (ii) опорожнение первого кольцевого промежутка; и

- геотермальное нагревание текучей среды путем закачивания текучей среды в скважину через второй кольцевой промежуток, и возвращение закачанной текучей среды через внутреннюю трубу.

15

5. Способ по п. 4, в котором по меньшей мере часть скважины является по существу горизонтальной.

20 6. Способ для заканчивания предварительно пробуренной скважины и извлечения из скважины геотермальной энергии, включающий:

- ведение в скважину колонны с вложенной трубой, причем колонна с вложенной трубой содержит внутреннюю трубу, вложенную в наружную трубу, чтобы обеспечить первый кольцевой промежуток между указанными трубами и второй кольцевой промежуток между наружной трубой и скважиной, причем  
25 указанный первый кольцевой промежуток является по существу непрерывным по всей длине колонны с вложенной трубой;

- либо (i) подачу текучей среды с низкой теплопроводностью в первый кольцевой промежуток, либо (ii) опорожнение первого кольцевого промежутка; и

30 - геотермальное нагревание текучей среды путем закачивания текучей среды в скважину через второй кольцевой промежуток, и возвращение закачанной текучей среды через внутреннюю трубу.

7. Способ по п. 6, в котором по меньшей мере часть скважины является по существу горизонтальной.

35

8. Способ по п. 6, в котором указанная колонна с вложенной трубой в первом кольцевом промежутке содержит по меньшей мере один из следующего:

барьер теплового излучения, барьер конвективной теплопередачи и барьер теплопроводности.

5 9. Способ по п. 6, дополнительно содержащий создание барьера проницаемости в необсаженной части скважины.

10 10. Способ по п. 9, в котором барьер проницаемости содержит по меньшей мере одно из обсаживания, химического покрытия и покрытия твердыми частицами.

11. Способ по п. 6, в котором наружную трубу и внутреннюю трубу вводят в скважину одновременно.

15 12. Способ по п. 11, в котором бурение скважины производят с использованием колонны с вложенной трубой.

13. Способ по п. 6, в котором по меньшей мере одна внутренней трубы и наружной трубы содержит соединяемые концами сегменты.

20 14. Способ по п. 6, в котором первый кольцевой промежуток по существу является гидравлически непрерывным по всей длине колонны с вложенной трубой.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

(с изменениями согласно ст. 19 РСТ)

1. Способ для бурения и заканчивания скважины, и извлечения из  
5 скважины геотермальной энергии, включающий:

- бурение скважины по меньшей мере частично с применением бурильной колонны с вложенной трубой, при этом бурильная колонна с вложенной трубой содержит внутреннюю трубу, вложенную в наружную трубу, перепускной переходник, расположенный на конце бурильной колонны с вложенной трубой, и  
10 буровое долото, расположенное с одной стороны перепускного переходника, при этом буровой раствор закачивают в скважину через первый кольцевой промежуток между внутренней трубой и наружной трубой, а буровые отходы, создаваемые буровым долотом, возвращают на поверхность через внутреннюю трубу;

15 - либо (i) замещение текучей среды в первом кольцевом промежутке текучей средой с более низкой теплопроводностью, либо (ii) опорожнение указанного кольцевого промежутка; и

- извлечение геотермального тепла из подземной формации на поверхность путем прокачивания текучей среды по второму кольцевому  
20 промежутку между скважиной и внешней стороной бурильной колонны с вложенной трубой, и возвращения нагретой текучей среды по внутренней трубе.

2. Способ по п. 1, в котором дополнительно включает заполнение второго кольцевого промежутка между скважиной и внешней стороной бурильной  
25 колонны с вложенной трубой текучей средой, имеющей более высокую плотность, чем плотность бурового раствора во время бурения скважины.

3. Способ по п. 1, в котором по меньшей мере часть скважины является по  
30 существу горизонтальной.

4. Способ для бурения и заканчивания скважины, и извлечения из скважины геотермальной энергии, включающий:

- бурение скважины по меньшей мере частично с применением бурильной колонны с вложенной трубой, при этом бурильная колонна с вложенной трубой  
35 содержит внутреннюю трубу, вложенную в наружную трубу, перепускной переходник, расположенный на конце бурильной колонны с вложенной трубой и буровое долото, расположенное с одной стороны перепускного переходника, при

этом буровой раствор закачивают в скважину через первый кольцевой промежуток между внутренней трубой и наружной трубой, а буровые отходы, создаваемые буровым долотом, возвращают на поверхность через внутреннюю трубу;

- 5           - удаление бурильной колонны с вложенной трубой из скважины;  
          - введение в скважину колонны заканчивания с вложенной трубой, при этом колонна заканчивания с вложенной трубой содержит внутреннюю трубу, вложенную в наружную трубу, чтобы обеспечить первый кольцевой промежуток между указанными трубами и второй кольцевой промежуток между наружной
- 10 трубой и скважиной;

          - либо (i) подачу текучей среды с низкой теплопроводностью в первый кольцевой промежуток колонны заканчивания с вложенной трубой, либо (ii) опорожнение первого кольцевого промежутка колонны заканчивания с вложенной трубой; и

- 15           - геотермальное нагревание текучей среды путем закачивания текучей среды в скважину через второй кольцевой промежуток колонны заканчивания с вложенной трубой, и возвращение закачанной текучей среды через внутреннюю трубу колонны заканчивания с вложенной трубой.

- 20           5. Способ по п. 4, в котором по меньшей мере часть скважины является по существу горизонтальной.

          6. Способ для заканчивания предварительно пробуренной скважины и извлечения из скважины геотермальной энергии, включающий:

- 25           - ведение в скважину колонны с вложенной трубой, причем колонна с вложенной трубой содержит внутреннюю трубу, вложенную в наружную трубу, чтобы обеспечить первый кольцевой промежуток между указанными трубами и второй кольцевой промежуток между наружной трубой и скважиной, причем указанный первый кольцевой промежуток является по существу непрерывным по
- 30 всей длине колонны с вложенной трубой;

          - после ведения колонны с вложенной трубой — либо (i) подачу текучей среды с низкой теплопроводностью в первый кольцевой промежуток, либо (ii) опорожнение первого кольцевого промежутка; и

- геотермальное нагревание текучей среды путем закачивания текучей
- 35 среды в скважину через второй кольцевой промежуток, и возвращение закачанной текучей среды через внутреннюю трубу.

7. Способ по п. 6, в котором по меньшей мере часть скважины является по существу горизонтальной.

5 8. Способ по п. 6, в котором указанная колонна с вложенной трубой в первом кольцевом промежутке содержит по меньшей мере один из следующего: барьер теплового излучения, барьер конвективной теплопередачи и барьер теплопроводности.

10 9. Способ по п. 6, дополнительно содержащий создание барьера проницаемости в необсаженной части скважины.

15 10. Способ по п. 9, в котором барьер проницаемости содержит по меньшей мере одно из обсаживания, химического покрытия и покрытия твердыми частицами.

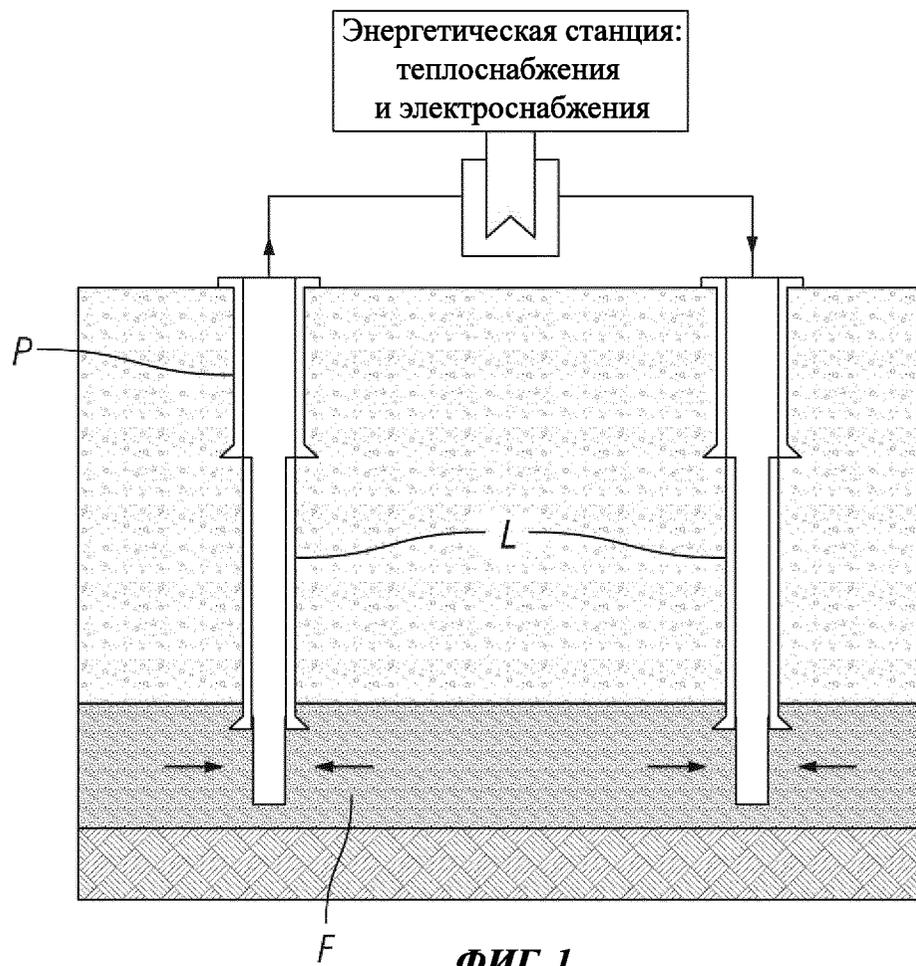
11. Способ по п. 6, в котором наружную трубу и внутреннюю трубу вводят в скважину одновременно.

20 12. Способ по п. 11, в котором бурение скважины производят с использованием колонны с вложенной трубой.

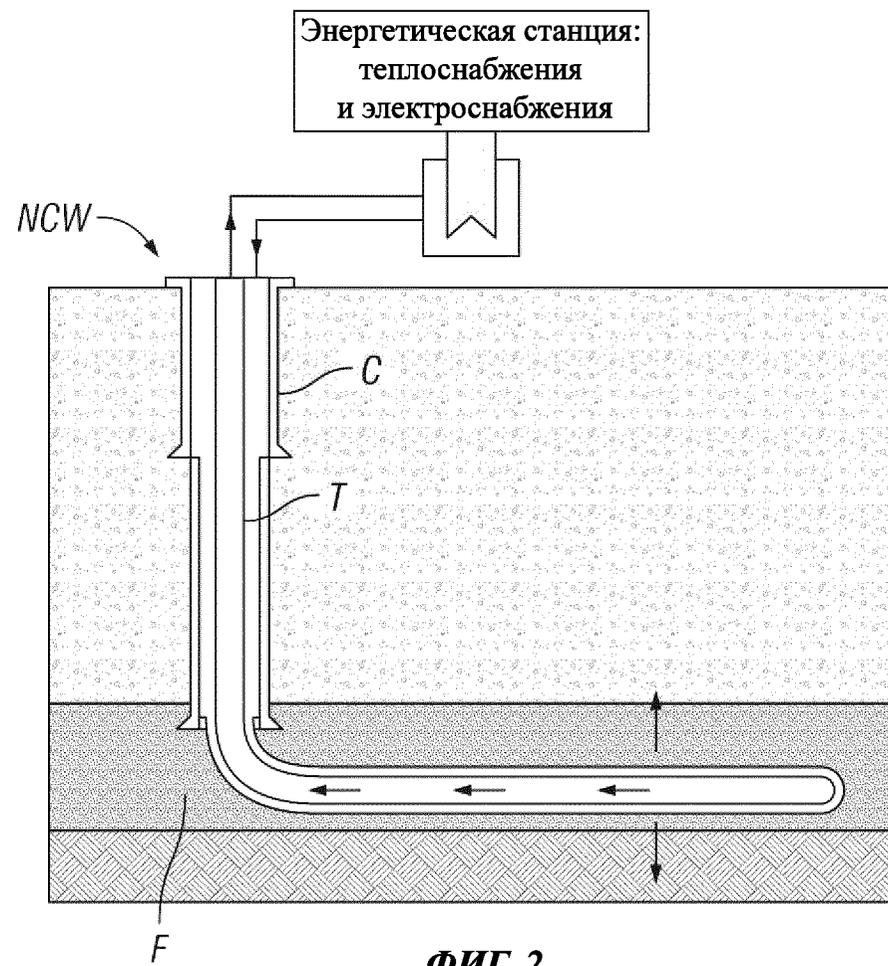
13. Способ по п. 6, в котором по меньшей мере одна внутренней трубы и наружной трубы содержит соединяемые концами сегменты.

25 14. Способ по п. 6, в котором первый кольцевой промежуток по существу является гидравлически непрерывным по всей длине колонны с вложенной трубой.

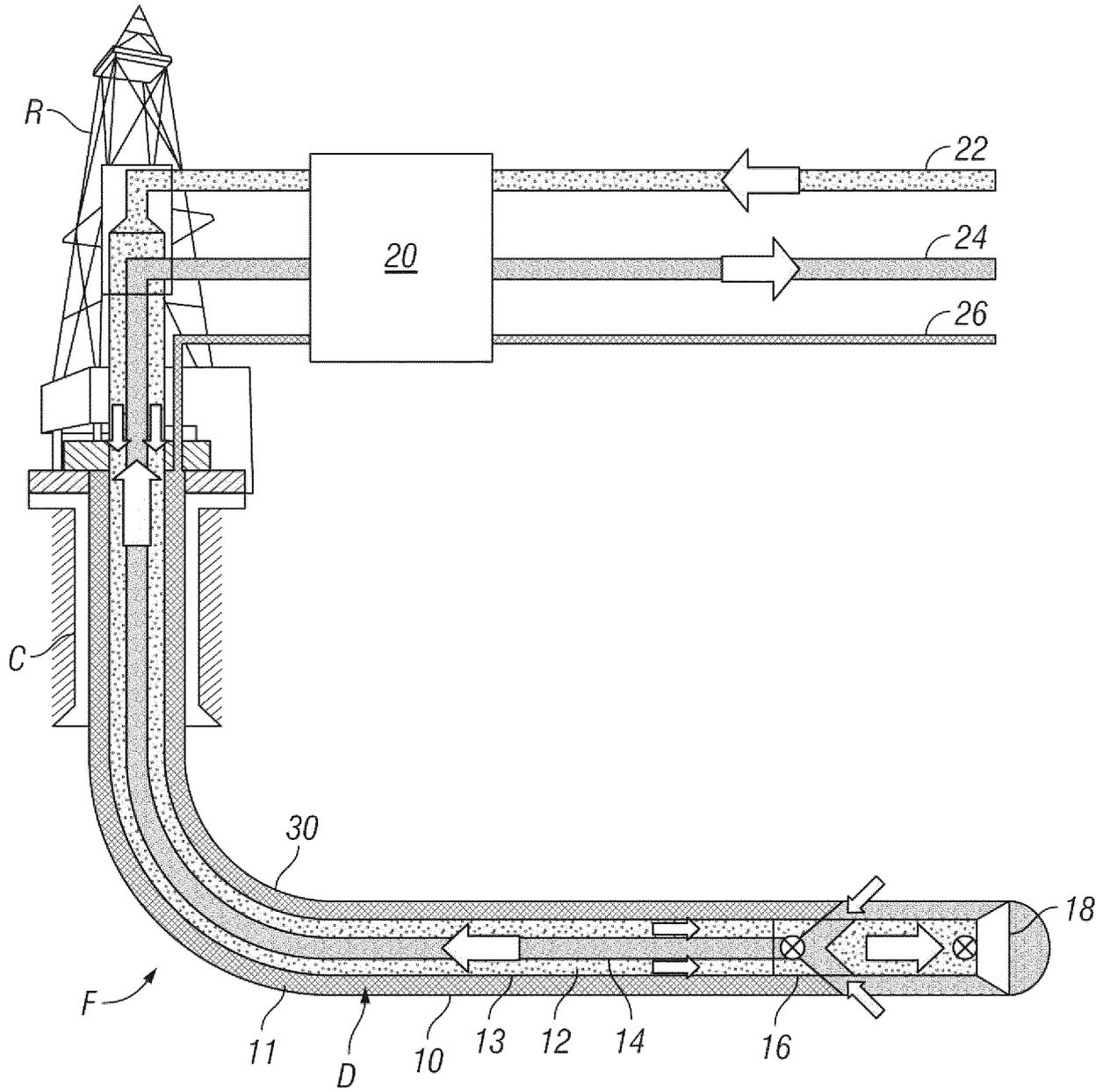
30 15. Способ по п. 6, в котором геотермальное нагревание включает передачу тепла от формаций, расположенных снаружи второго кольцевого промежутка, закаченной текучей среде, перемещаемой по второму кольцевому промежутку.



**ФИГ. 1**  
(известный уровень техники)



**ФИГ. 2**  
(известный уровень техники)



ФИГ. 3