



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
*F24T 10/00 (2019.02)*

(21)(22) Заявка: 2018124493, 04.07.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
04.07.2018

Дата регистрации:  
24.09.2019

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 04.07.2018

(45) Опубликовано: 24.09.2019 Бюл. № 27

Адрес для переписки:  
355017, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1, СКФУ

(72) Автор(ы):

**Шапошников Евгений Владимирович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Северо-Кавказский федеральный университет" (RU)**

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2288413 C1, 27.11.2006. EA 201170019 A1, 30.08.2011. RU 2644807 C1, 14.02.2018. RU 2529769 C2, 27.09.2014. WO 2005090747 A1, 29.09.2005. US 4912941 A1, 03.04.1990.

## (54) СПОСОБ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ПЕТРОТЕРМАЛЬНОГО ТЕПЛА

(57) Реферат:

Изобретение относится к способам извлечения петротермальной энергии с последующим применением в системах теплоснабжения и хладоснабжения. Из скважины с температурным градиентом по обсадной трубе теплоноситель подается в подземный котел-теплообменник, нагревается, поднимается по концентрично опущенной в обсадную трубу трубе и передает тепло потребителю при помощи теплового насоса. Затем теплоноситель охлаждается и снова поступает в скважину, цикл повторяется. В теплый период используется для нужд хладоснабжения, включая в работу второй тепловой насос. Для создания подземного котла-теплообменника методом многоступенчатого гидравлического разрыва пласта выполнены

смещенные по глубине отверстия в оконечной части обсадной трубы и трубы, концентрично опущенной в обсадную трубу. Для образования подземного котла-теплообменника жидкость для гидравлического разрыва подается сначала по трубе, концентрично опущенной в обсадную трубу для образования трещин, после промывается кислотным раствором для снижения сопротивления движению жидкости в трещинах, а затем по обсадной трубе с удалением промывочной жидкости через трубу, концентрично опущенную в обсадную трубу. Техническим результатом является снижение глубины бурения без потери тепловой мощности. 2 з.п. ф-лы, 1 ил.

RU 2 701 029 C1

RU 2 701 029 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*F24T 10/00 (2019.02)*

(21)(22) Application: **2018124493, 04.07.2018**

(24) Effective date for property rights:  
**04.07.2018**

Registration date:  
**24.09.2019**

Priority:

(22) Date of filing: **04.07.2018**

(45) Date of publication: **24.09.2019** Bull. № 27

Mail address:  
**355017, g. Stavropol, ul. Pushkina, 1, SKFU**

(72) Inventor(s):

**Shaposhnikov Evgenij Vladimirovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe avtonomnoe obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya "Severo-Kavkazskij federalnyj universitet" (RU)**

(54) **METHOD OF PETROTHERMAL HEAT EXTRACTING**

(57) Abstract:

FIELD: heating equipment.

SUBSTANCE: invention relates to methods of extracting petrothermal energy with subsequent application in heat supply and cooling systems. From the well with a temperature gradient along the casing pipe the heat carrier is supplied to the underground boiler-heat exchanger, is heated, rises along the pipe concentrically lowered into the casing pipe and transfers heat to the consumer by means of the heat pump. Then the heat carrier is cooled down and again enters the well, the cycle is repeated. In warm period is used for cold supply, including operation of second heat pump. In order to create underground heat exchanger boiler

by method of multistage hydraulic fracturing there made are depth-shifted holes in end part of casing pipe and pipe concentrically lowered into casing pipe. To form an underground boiler-heat exchanger fluid for hydraulic fracturing is supplied first through a pipe, concentrically lowered into the casing pipe for formation of cracks, after washed with acid solution to reduce resistance to movement of liquid in cracks, and then along casing with removal of flushing liquid through pipe, concentrically lowered into casing pipe.

EFFECT: reduced depth of drilling without loss of heat power.

3 cl, 1 dwg

RU 2 701 029 C1

RU 2 701 029 C1

Изобретение относится к способам извлечения петротермального тепла глубинных пород для использования в системах энергоснабжения.

Известен способ извлечения геотермального тепла с помощью парового котла на подземном тепле (патент РФ №2099649, 20.12.1997. Паровой котел на подземном тепле), с водяным пространством и пространством парообразования с пароотводящей трубой, двумя трубами разного диаметра, из которых большего диаметра установлена в земной скважине, а вторая труба размещена внутри первой с примыканием к ее внутренней стороне и дополнительно снабжена обратным клапаном.

В трубу меньшего диаметра поступает самотеком или накачивается вода, обратный клапан под давлением воды открывается, и вода поступает в трубу большего диаметра (котел) до определенного уровня в водном пространстве. Под действием подземного тепла образовавшийся пар отводится трубой большего диаметра потребителю, например к паровой машине с электрогенератором или для обогрева теплиц, зданий и т.д.

Недостатком известного способа является то, что водяной пар при подъеме отдает тепло грунтам, температура которых уменьшается по мере приближения к поверхности, что приводит к «экологическому тепловому загрязнению» поверхностных слоев грунта.

Известен способ извлечения тепла земных недр (заявка РФ №2003113562, 27.10.2004. Установка для выработки геотермальной энергии) с помощью установки для выработки геотермальной энергии, включающей вертикальный нагнетательный ствол скважины, идущий от поверхности в толщу земли и вертикальный выходной ствол скважины, идущий также от поверхности в толщу земли, находящиеся на расстоянии друг от друга, горизонтальный ствол скважины, который соединяет указанные два вертикальные ствола скважины вместе, причем горизонтальный ствол скважины расположен в горячей горной породе, при этом все указанные вертикальные и горизонтальные скважины имеют обсадные трубы, предотвращающие протекание жидкости через стенки скважины и контакт ее с почвой или с грунтовыми водами. Нагнетательный ствол скважины выполнен с возможностью приема воды, а выходной ствол скважины выполнен с возможностью отвода из него пара, причем предусмотрены средства для пропускания воды из нагнетательного ствола скважины через горизонтальный ствол скважины для того, чтобы превратить воду в пар; вода из выходного ствола скважины или вода, полученная после конденсации пара из выходного ствола скважины, возвращается в нагнетательный ствол скважины и используется повторно.

Недостатком известного способа является необходимость бурения трех скважин, что существенно увеличивает капитальные затраты.

Также известны технологии извлечения тепла из горячих сухих подземных коллекторов (НВК) [Петрогеотермальные ресурсы как новый вид энергии XXI века. Маркшейдерия и недропользование №3(41), май-июнь 2009 г.]. Сущность НВК технологии заключается в следующем.

Пробурируется 2-3 скважины до глубин с температурами, отвечающими требованиям теплоснабжения или производства электроэнергии. Одна из них является нагнетательной, подающей под давлением воду в зону нагрева, другие 1-2 скважины - эксплуатационные, по ним образующийся пар с необходимой температурой поступает на поверхность. Если естественная проницаемость раскаленного массива пород недостаточна, то осуществляется его гидроразрыв для образования подземного «котла».

Методы гидроразрыва пластов и наклонного бурения скважин хорошо освоены нефтегазовой промышленностью и применяются для интенсификации притоков флюидов, однако применение гидроразрыва возможно для создания петротермальных циркуляционных систем (ПЦС). Трещины, образовавшиеся в результате гидроразрыва,

поддерживаются в раскрытом состоянии гидростатическим давлением жидкости. При этом потери теплоносителя в окружающий массив составят около 1% его общего объема теплоносителя.

5 Недостатком известного способа является необходимость бурения не менее двух скважин, что существенно увеличивает капитальные затраты.

Наиболее близким к предложенному является способ извлечения геотермального тепла (Патент РФ №2288413, 27.11.2006), при котором из скважины с температурным градиентом по обсадной трубе при помощи теплоносителя, циркулирующего в контуре, и используемого для нужд теплоснабжения, охлажденный теплоноситель подается в 10 обсадную трубу, а нагретый - поднимается по трубе, концентрично опущенной в обсадную трубу, и передает тепло потребителю при помощи теплового насоса.

Недостатком известного способа является то, что необходима большая глубина скважины, что связано с существенными капитальными затратами, т.к. основная проблема извлечения геотермальной энергии заключается в низкой теплоотдаче 15 грунтов скважины (тепловая мощность скважины достигает 1-1,2 МВт при глубине до 3000 м). Это связано с низкими коэффициентами теплопроводности грунтов (термическая характеристика горных пород в основном определяется физическими свойствами, зависящими от их структурно-текстурных особенностей, свойств породообразующих минералов и среды, заполняющей пространство между минералами), что приводит к 20 низким значениям коэффициента теплопередачи, и низкими температурными градиентами скважин ( $\text{grad}T=(20\div 90)^\circ\text{C}/\text{км}$ ).

Техническим результатом заявляемого изобретения является создание экологически чистых энергоустановок, снижение глубины бурения без потери тепловой мощности, увеличение теплоотдачи, ускорение запуска установки в эксплуатацию при 25 использовании обработанных нефтяных и газовых скважин. Создание комбинированной установки по теплоснабжению и хладоснабжению.

Указанный технический результат достигается за счет того, что теплоноситель подается в обсадную трубу, контактирует с разогретой сухой горной породой (подземным котлом - теплообменником) и нагретый - поднимается по трубе, 30 концентрично опущенной в обсадную трубу, передает тепло теплообменнику теплового насоса, охлаждается и возвращается обратно в обсадную трубу. Тепловой насос в свою очередь передает энергию в систему теплоснабжения потребителя тепла. Для образования подземного котла - теплообменника методом многоступенчатого гидравлического разрыва пласта выполнены смещенные по глубине отверстия в 35 оконечной части обсадной трубы и трубы, концентрично опущенной в обсадную трубу. Диаметр отверстий определяется по известным формулам в зависимости от расчетной мощности скважины, т.е. их количество и диаметр зависят от расхода теплоносителя. Жидкость для гидравлического разрыва подается сначала по трубе, концентрично опущенной в обсадную трубу, для образования трещин, после промывается кислотным 40 раствором для увеличения площади теплообмена и снижения сопротивления движению жидкости в трещинах, а затем по обсадной трубе с удалением промывочной жидкости через трубу, концентрично опущенную в обсадную трубу. В связи с повсеместным распространением геотермальных источников указанная технология может быть использована для круглогодичного теплоснабжения обособленных и удаленных 45 объектов, и создания экологически чистых энергоустановок, а также хладоснабжения в летний период за счет установки в контуре трехходового крана и дополнительного теплового насоса, который в свою очередь передает выработанное тепло в скважину по имеющемуся контуру для аккумуляции тепла в подземном котле теплообменнике.

Снижение капитальных затрат на бурение скважины достигается за счет снижения глубины бурения и внедрение технических и технологических решений энергоэффективного использования возобновляемых источников энергии.

На фиг. 1 представлена схема извлечения петротермального тепла по предлагаемому способу. Схема включает в себя следующие элементы: скважину с обсадной трубой 1; трубу 2, концентрично опущенную в обсадную трубу; подземный котел - теплообменник 3; тепловой насос 4 (для теплоснабжения); потребитель тепла 5; тепловой насос 6 (для хладоснабжения); трехходовой кран 7; участок труб со смещенными по глубине отверстиями 8.

Способ осуществляется следующим образом.

Воду полученную из артезианской скважины или иного резервуара с водой, подготавливают и закачивают в скважину по обсадной трубе 1 в подземный котел теплообменник 3, где происходит контакт воды с разогретой горной породой, процесс теплообмена, затем нагретая до  $t_1$  вода поднимается по трубе 2 концентрично опущенной в обсадную трубу 1 и подается в теплообменник теплового насоса 4, затем на выходе из теплообменника, охлаждается имея температуру  $t_2$ , поступает к нагнетательным насосам 5 и закачивается через обсадную трубу 1 скважины в подземный котел теплообменник 3, таким образом контур замыкается и цикл повторяется. В период работы установки на теплоснабжение и хладоснабжение, в систему включается второй тепловой насос 6 при помощи трехходового крана 7 который открывает дополнительный контур системы не нарушая цикл.

Применение теплового насоса позволяет увеличить теплоотдачу скважины за счет понижения температуры обратной воды  $t_2$ , закачиваемой в скважину. При этом исключается необходимость тепловой изоляции оголовка скважины. Скважина предназначена для круглогодичного использования потребителем: в холодный период - на производственные нужды и коммунально-бытовые (отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение); в теплый период - на производственные нужды, коммунально-бытовые (горячее водоснабжение, хладоснабжение).

**ПРИМЕР** осуществления способа.

Основываясь на основном законе теплопередачи

$$Q = kF\Delta t,$$

где  $Q$  - тепловая мощность, Вт;

$k$  - коэффициент теплопередачи, Вт/(м<sup>2</sup>К);

$\Delta t$  - среднелогарифмический температурный напор, °С;

$F$  - площадь поверхности теплообмена, м<sup>2</sup>,

для повышения теплоотдачи петротермальной скважины при одинаковых температурном напоре  $\Delta t$  и коэффициенте теплопередачи к необходимо увеличение поверхности контакта грунтов с теплоносителем (площади поверхности теплообмена  $F$ ).

Перспективным видится с точки зрения экологичности и снижения капитальных затрат способ многоступенчатого гидравлического разрыва пласта при бурении одиночной петротермальной скважины, который применяется в настоящее время для увеличения нефтеотдачи нефтеносного пласта. А также промывка полученной сети каналов подземного котла - теплообменника кислотными растворами для увеличения площади теплообмена и проницаемости трещин. Многоступенчатым гидравлическим разрывом называется процесс, при котором давление жидкости воздействует непосредственно на породу пласта вплоть до ее разрушения и образования трещины,

проходящий в несколько этапов (ступеней). Продолжающееся воздействие давления жидкости расширяет трещину вглубь от точки разрыва. В закачиваемую жидкость добавляется расклинивающий материал, например, песок, керамические шарики или агломерированный боксит. Назначение этого материала - держать созданную трещину в раскрытом состоянии после сброса давления жидкости. Таким образом, создается новый, более просторный канал притока. Канал объединяет существующие природные трещины и создает дополнительную площадь теплообмена. Кислотный раствор увеличивает площадь теплообмена и способствует уменьшению сопротивления движению теплоносителя в канале - трещине.

Для создания подземного котла - теплообменника методом многоступенчатого гидравлического разрыва пласта выполнены смещенные по глубине относительно друг друга на равные расстояния отверстия на участке 8; в оконечной части обсадной трубы 1 и трубы 2, концентрично опущенной в обсадную трубу 1, диаметр отверстий зависит от проектируемой тепловой мощности скважины, наличие смещенных отверстий в трубах 1 и 2., отличает данный способ от способа многоступенчатого гидравлического разрыва пласта применяемого в нефтегазодобыче.

Жидкость для гидравлического разрыва подается сначала по трубе 2, концентрично опущенной в обсадную трубу 1 для образования трещин, а затем по обсадной трубе 1 с удалением промывочной жидкости через трубу 2 (на фиг. 1 показано стрелками направление движения жидкости), концентрично опущенную в обсадную трубу 1., трещины могут быть горизонтальными, вертикальными и наклонными.

Пространственная ориентация трещины определяется напряженным состоянием горных пород в зоне скважины и изменениями обусловленными распределением напряжений. Напряжения формируются главным образом под действием гравитационных сил.

Технология многоступенчатого гидравлического разрыва пластов достаточно хорошо отработана на нефтяных скважинах и не требует разработки специализированного оборудования. Также в качестве петротермальных скважин могут использоваться отработанные нефтяные скважины, что существенно ускорит процесс строительства и запуска в эксплуатацию системы, снизит капитальные затраты на обустройство скважины, которые являются основными. Таким образом, поверхность контакта теплоносителя с грунтом может быть увеличена на 30-60%, что, как ожидается, приведет к увеличению теплоотдачи петротермальной скважины также на 30-60% или снижения глубины бурения на ту же величину.

В свою очередь теплоотдача скважины увеличивается с увеличением глубины бурения в связи с увеличением температуры грунтов. Однако, применение многоступенчатого гидравлического разрыва пласта, как показано выше, позволяет увеличить теплоотдачу за счет увеличения площади теплообмена и получения глубоких вертикальных трещин, в результате чего возможно снижение глубины бурения скважины без потери тепловой мощности петротермальной скважины, при одновременном снижении капитальных затрат, т.к. технология многоступенчатого гидравлического разрыва пласта менее затратная по сравнению с глубинным бурением.

Известно, что капитальные затраты на бурение скважины находятся в квадратичной зависимости от глубины бурения

$$R=kL^2, \text{ тыс.руб.},$$

где L - глубина скважины, км;

k - стоимостной коэффициент.

Тогда при одинаковых значениях (k) при снижении глубины бурения на 30-60% капитальные затраты снижаются в 2-5 раз.

Таким образом, задачей оптимизации с целью снижения капитальных затрат является определение требуемой глубины скважины и площади поверхности раскрытия трещин при гидравлическом разрыве для обеспечения заданной тепловой мощности.

(57) Формула изобретения

5

1. Способ извлечения петротермального тепла из скважины с температурным градиентом по обсадной трубе при помощи теплоносителя, циркулирующего в контуре и используемого для нужд теплоснабжения, при котором охлажденный в тепловом насосе теплоноситель подается в обсадную трубу, контактирует с горной породой, нагревается, поднимается по концентрично опущенной в обсадную трубу трубе и передает тепло потребителю при помощи теплового насоса, отличающийся тем, что теплоноситель нагревается от разогретой породы в подземном котле-теплообменнике, образованном методом многоступенчатого гидравлического разрыва пласта.

10

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что для образования подземного котла-теплообменника методом многоступенчатого гидравлического разрыва пласта выполнены смещенные относительно друг друга на равные расстояния отверстия с диаметром, зависящим от расчетной мощности скважины, расположенные на обсадной и концентрично опущенной трубах в зоне создаваемого подземного котла-теплообменника.

15

3. Способ по п. 1, отличающийся тем, что жидкость для гидравлического разрыва подается сначала по трубе, концентрично опущенной в обсадную трубу, для образования трещин, после промывается кислотным раствором для увеличения площади теплообмена и снижения сопротивления движению жидкости в трещинах, а затем по обсадной трубе с удалением промывочной жидкости через трубу, концентрично опущенную в обсадную трубу.

20

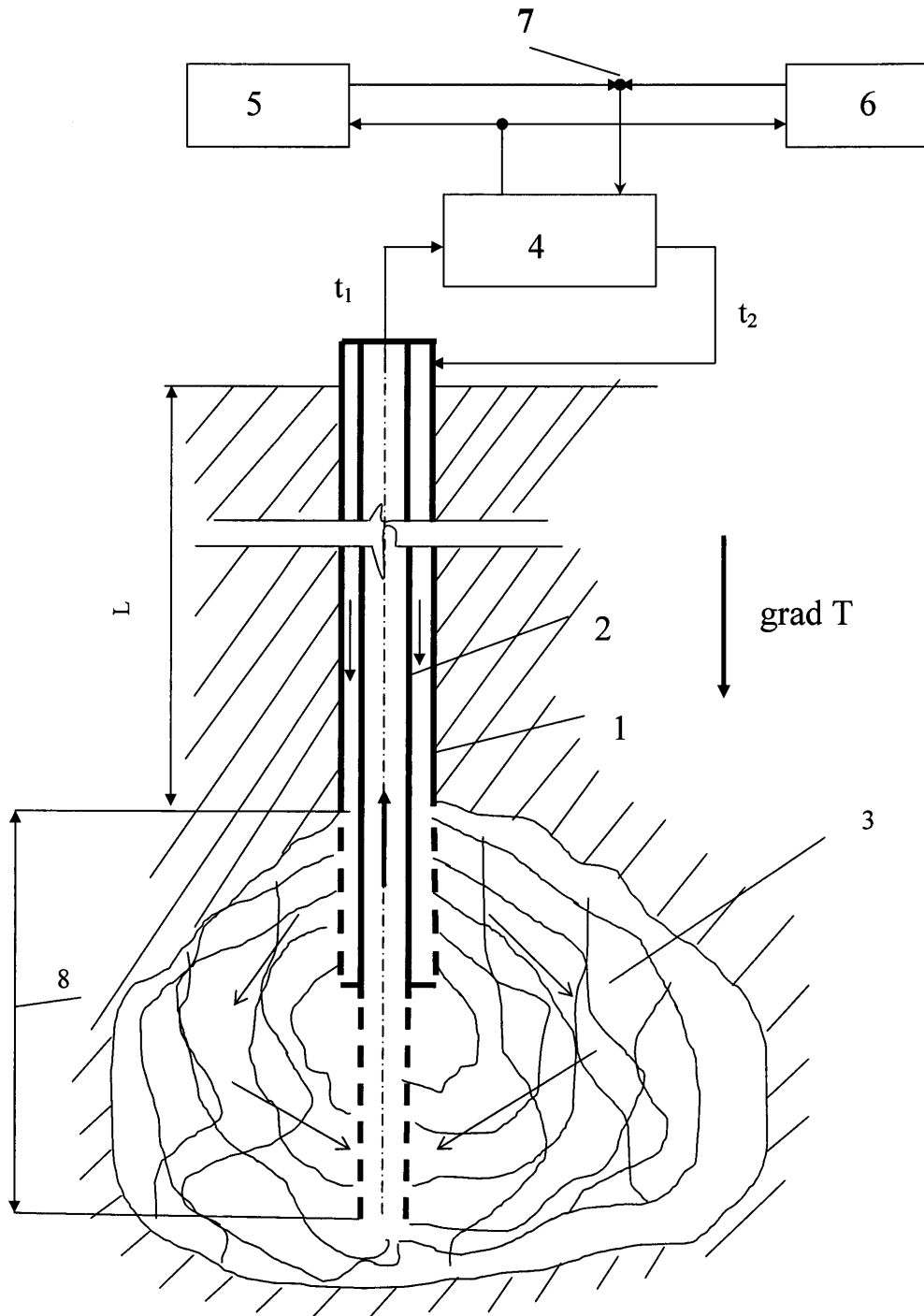
25

30

35

40

45



Фиг.1