

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **044782**

(13) **B1**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

**(45)** Дата публикации и выдачи патента  
**2023.09.29**

**(51)** Int. Cl. *E21B 43/24* (2006.01)  
*E21B 43/26* (2006.01)  
*E21B 43/30* (2006.01)

**(21)** Номер заявки  
**202291954**

**(22)** Дата подачи заявки  
**2020.11.27**

---

**(54) СПОСОБ ДОБЫЧИ НЕФТИ И ГАЗА С ПРИМЕНЕНИЕМ РЕСУРСА ПОДОШВЕННОЙ ВОДЫ НЕФТЕГАЗОВОЙ ЗАЛЕЖИ**

---

**(31)** 201911298237.1

**(32)** 2019.12.17

**(33)** CN

**(43)** 2022.11.01

**(86)** PCT/CN2020/129595

**(87)** WO 2021/120964 2021.06.24

**(71)(73)** Заявитель и патентовладелец:  
**БЕЙДЖИН ХУНЛАНЬХЭЙ  
ЭНЕРДЖИ ТЕКНОЛОДЖИ КО., ЛТД  
(CN)**

**(74)** Представитель:  
**Кузнецова С.А. (RU)**

**(56)** CN-A-110905470  
(WANG, Yigang et al.). (Feasibility Arguments of Thermal Process: Electric Heating Formation Water by Horizontal Wells-Taking Bottom Water Heavy Oil Reservoir From Liaohe Oilfield as An Example)"Unconventional Oil & Gas, 28 February 2018 (2018-02-28), pp. 70-75  
CN-A-103615215  
CN-A-106640012  
CN-A-106437650  
CN-A-106285584  
US-B2-8875788

**(72)** Изобретатель:  
**Юй Вэньин (CN)**

---

**(57)** Способ добычи нефти и газа с применением ресурса подошвенной воды нефтегазовой залежи, в котором в любой нефтегазовой залежи, содержащей слой краевой и подошвенной вод и характеризующейся первоначальными пластовыми условиями А (P<sub>o</sub>, T<sub>o</sub>) и текущим состоянием добычи В (P<sub>i</sub>, T<sub>i</sub>), на основании геологических особенностей нефтегазовой залежи, начального пластового давления и разрывного давления в коллекторе, а также прогностической кривой коррелятивной связи температуры с давлением в точке кипения воды непрерывно нагревают в определенном диапазоне давления верхнюю часть слоев краевой и подошвенной вод в нефтегазовой залежи; в условиях возможности движения пластовой нефти и перепада производственного давления путем регулирования давления и стабилизации давления обеспечивают непосредственный переход пластовой воды в кипящее состояние и продолжение выработки пара подошвенной воды; ресурс подошвенной воды нефтегазовой залежи превращают в энергию, в целом обеспечивающую движение вверх, при этом в области всего водонефтяного контакта нефтегазовой залежи возникают площадная движущая сила, основой которой являются вытеснение паром подошвенной воды и вытеснение горячей подошвенной водой, и движущая энергия для комбинированной добычи нефти и газа, которая проходит сквозь всю нефтегазовую залежь и процесс производства нефти и газа и основой которой является упругое давление теплового расширения коллектора, при этом в способе может обеспечиваться компенсация недостатка пластовой энергии в нефтегазовой залежи, и за счет поиска возможности использования, а не блокирования ресурсов природной пластовой воды, такой отрицательно влияющий на производство аспект, как проникание краевой и подошвенной вод в нефтяной пласт, превращается в положительно влияющий на производство аспект с дополнительным повышением тем самым степени выработки запасов и процента извлечения для разных типов нефтегазовых залежей, содержащих подошвенную воду.

---

**B1**

**044782**

**044782 B1**

### **Область техники**

Способ предназначен для применения в нефтегазовой промышленности для добычи нефти и газа в нефтегазовых залежах, содержащих краевую и подошвенную воду.

### **Уровень техники**

Сегодня значение краевой и подошвенной воды в нефтегазовой залежи при добыче нефти и газа выражается в двух аспектах: в одном аспекте, когда краевая и подошвенная вода продвигаются как одно целое, в отношении добычи нефти и газа они оказывают стимулирующее действие; в другом аспекте краевая и подошвенная вода в виде конуса/гребня подошвенной воды и языков краевой воды движутся вдоль высокопроницаемого слоя и проникают в нефтяной пласт, что приводит к попаданию воды в нефтяной пласт, повышению содержания воды в эксплуатационной скважине и уменьшению объема добычи нефти, чем серьезно влияет на добычу, вплоть до закрытия крупных нефтяных и газовых скважин.

В процессе добычи для предотвращения проникания краевой и подошвенной воды, вполне вероятно, применяются способы, позволяющие избежать краевой и подошвенной воды, то есть путем обхода высококачественных нефтяных пластов, имеющих определенную толщину или находящихся на определенном расстоянии, предотвращается преждевременное проникание краевой и подошвенной воды, но в результате определенное количество высококачественных геологических запасов нефти нельзя использовать. Кроме того, если обход невозможен, то в процессе добычи, вполне вероятно, применяются механические или химические способы поиска и изоляции воды; у этих способов эффективность за определенный период времени в большинстве случаев ограничена, а некоторые являются просто неэффективными, и даже в эксплуатационных скважинах, в которых успешно проводились поиск и изоляция воды, в скором времени обнаруживаются новые точки выхода воды, поэтому в конечном итоге зачастую происходит закрытие крупных эксплуатационных скважин. Поэтому работы по поиску и изоляции воды являются сложными и трудными и требуют расхода огромного количества ресурсов.

Кроме того, в другом аспекте для компенсации недостатка пластовой энергии и увеличения движущей энергии нефтедобычи в применяемом способе с помощью ценного ресурса поверхностной воды осуществляют нагнетание воды/пара, при этом в допускаяющей термошахтную добычу залежи нагнетание пара на ранних стадиях повышает температуру для снижения вязкости, а на поздних стадиях нагнетание пара также компенсирует недостаток пластовой энергии и повышает движущую энергию нефтедобычи. В результате этого расходы на нагнетание воды/пара не снижаются и повышение процента извлечения из нефтегазовых залежей ограничено. Сегодня процент извлечения из нефтяных залежей газированной нефти составляет 60-70%, при этом содержание воды доходит до 98%, и происходит переход к режиму малоэффективного, даже неэффективного, цикла нагнетания воды для нефтедобычи. Кроме того, в случае нефтяных залежей густой нефти средний коэффициент извлечения не доходит до 20%, а установленный коэффициент извлечения не доходит до 35%, и большую часть запасов нефтегазовых залежей трудно использовать.

В документе CN 201480001286.3 предложен термошахтный способ добычи путем электрического нагревания слоев краевой и подошвенной вод нефтяной залежи в горизонтальной скважине, то есть способ, в котором нагревают верхнюю часть слоев краевой и подошвенной вод нефтяной залежи, обеспечивает тепловой энергией всю нефтяную залежь и решает проблемы, связанные с тем, что тепловая энергия не доходит до слоев высоковязкой нефти на малой и средней глубине нефтяных залежей, а эффективность нагревания слоев на большой и сверхбольшой глубине нефтяных залежей теплом от пара является низкой, чем не только достигает цели повышения температуры для снижения вязкости пластовой нефти, но и в процессе производства также может обеспечивать вытеснение паром подошвенной воды, вытеснение горячей подошвенной водой и вытеснение упругим давлением теплового расширения коллектора с эффективной компенсацией недостатка пластовой энергии и повышением процента извлечения из нефтяной залежи.

Разумеется, такой способ применения природной пластовой воды не только позволяет экономить ценные ресурсы поверхностной воды и обеспечивает возможность эффективного использования геологических запасов нефти в высококачественных нефтяных пластах, предназначенных для обхода краевой и подошвенной воды, но и обеспечивает то, что проникание подошвенной воды на поздних стадиях не будет заметно изменять проницаемость коллектора, поскольку гомологические свойства краевой и подошвенной воды и поровой воды нефтяного пласта являются аналогичными. Он представляет собой термошахтный способ концентрированной добычи из нефтяной залежи в пласте, при этом энергия для электрического нагревания подошвенной воды используется эффективнее и быстрее, и является термошахтным способом добычи, который характеризуется низкими расходами, энергосбережением, высокой эффективностью, экологической безопасностью, безопасностью, удобством и быстротой осуществления. Тем не менее, как и в случае общепринятых термошахтных способов добычи, кроме распространенного вытеснения паром густой нефти нефтяной залежи в этом термошахтном способе добычи применяют только тепловую энергию концентрированного предварительного нагревания для нефтедобычи, то есть для нефтедобычи применяют принцип нефтедобычи, основанный на повышении температуры для снижения вязкости, и не применяют поддержку подачи движущей энергии нефтедобычи на стадии производства, что влияет на повышение коэффициента извлечения.

Кроме допускающих термошахтную добычу залежей среди залежей нефти и газа из нетрадиционных источников большой удельный вес имеют нефтегазовые залежи в плотных породах, но качество их запасов низкое, и они характеризуются плохой проницаемостью коллекторов, низкой концентрацией и низким давлением, при этом природной энергии недостаточно, поэтому естественный объем производства нефтяной скважины низкий. Поэтому в ходе добычи часто применяют гидроразрыв, опережающее обводнение и нагнетание газа  $\text{CO}_2$  для добычи. Однако связанные с гидроразрывом расходы высокие, а трещины легко закрываются, и гидроразрыв необходимо осуществлять снова, при этом остро стоит вопрос защиты окружающей среды; при обводнении обычно из-за взаимодействия глинистых минералов с водой происходит их разбухание, что влияет на проницаемость коллектора; кроме того, в случае нагнетания газа  $\text{CO}_2$  тяжело решить проблему загрязнения окружающей среды выбросами углекислого газа и проблему хранения углерода.

Таким образом, для повышения коэффициента извлечения разных типов нефтегазовых залежей основными условиями являются контроль движения подошвенной воды в виде конуса/гребня и увеличение движущей энергии нефтедобычи.

### **Сущность изобретения**

Продвижение краевой и подошвенной вод как одного целого в нефтегазовой залежи способствует производству нефти и газа, при этом основной целью заявленного способа является повышение степени использования и процента извлечения из нефтегазового коллектора с применением способа, в котором применяют опыт древних людей в контроле воды с целью ее использования, а не блокирования, термошахтного способа добычи путем электрического нагревания слоев краевой и подошвенной вод нефтяной залежи в горизонтальной скважине, раскрытого в CN 201480001286.3, а также гидравлического разрыва в отношении нефтегазовых залежей в плотных породах и производственного опыта по нагнетанию воды и пара, позволяющих находить возможности использования, а не блокирования ресурсов природной пластовой воды.

Физические свойства воды показывают: при определенных условиях давления происходит нагревание воды с повышением ее температуры. Когда температура достигает температуры в точке кипения, температура воды больше не повышается, и при продолжении нагревания вода будет непрерывно испаряться с образованием водяного пара. В ходе всего процесса нагревания одновременно происходит непрерывное переполнение растворенным газом, и чем выше температура, тем больше переполнение растворенным газом.

Кроме того, при нагревании в относительно закрытых условиях по мере непрерывного повышения температуры воды, переполнение растворенным газом увеличивается, при этом давление в емкости непрерывно увеличивается, и чем выше давление, тем выше температура в точке кипения воды. Прогностическая кривая связи температуры с давлением в точке кипения воды в закрытых условиях (фиг. 1) показывает, что нижняя часть кривой представляет собой область возникновения растворенного газа, объемного расширения жидкости и непрерывного повышения температуры и давления воды. Когда температура и давление воды достигают определенной точки на кривой, то продолжают нагревать воду, и температура и давление в точке кипения воды изменяются вдоль прогностической кривой. Когда значение давления в любой точке на кривой постоянно и нагревание продолжается в условиях сброса давления, возникнет большое количество пара, и чем выше температура, тем выше степень сухости пара.

Способ добычи нефти и газа с применением ресурса подошвенной воды нефтегазовой залежи характеризуется тем, что в любой нефтегазовой залежи, содержащей слои краевой и подошвенной вод и характеризующейся первоначальными пластовыми условиями  $A(P_o, T_o)$  и текущим состоянием добычи  $B(P_i, T_i)$ , на основании геологических особенностей нефтегазовой залежи, начального пластового давления и разрывного давления в коллекторе, а также прогностической кривой коррелятивной связи температуры с давлением в точке кипения воды непрерывно нагревают в определенном диапазоне давления верхнюю часть слоев краевой и подошвенной вод в нефтегазовой залежи; в условиях возможности движения пластовой нефти и перепада производственного давления путем регулирования давления и стабилизации давления обеспечивают непосредственный переход пластовой воды в кипящее состояние и продолжение выработки пара подошвенной воды; ресурс подошвенной воды нефтегазовой залежи превращают в энергию, в целом обеспечивающую движение вверх, при этом в области всего водонефтяного контакта нефтегазовой залежи возникают площадная движущая сила, основой которой являются вытеснение паром подошвенной воды и вытеснение горячей подошвенной водой, и движущая энергия для комбинированной добычи нефти и газа, которая проходит сквозь всю нефтегазовую залежь и процесс производства нефти и газа и основой которой является упругое давление теплового расширения коллектора, при этом происходит компенсация недостатка пластовой энергии в нефтегазовой залежи; способ, основной целью которого является поиск возможности использования, а не блокирования ресурсов природной пластовой воды, превращает такой отрицательно влияющий на производство аспект, как проникание краевой и подошвенной вод в нефтяной пласт, в положительно влияющий на производство аспект с дополнительным повышением тем самым степени выработки запасов и процента извлечения для разных типов нефтегазовых залежей, содержащих подошвенную воду.

В заявленном способе механизм нефтедобычи без ограничения включает операции по объединению

нефтяных залежей для создания эффекта масштаба; повышают температуру пластовой нефти для снижения вязкости; при полном испарении воды объем пара одинаковой массы приблизительно в 17 раз больше объема воды, при этом его распространение в любое микропространство в коллекторе проходит легче, и происходит компенсация недостатка пластовой энергии с увеличением степени использования коллектора; движущая энергия для комбинированной нефтедобычи, основой которой являются вытеснение паром подошвенной воды, вытеснение горячей подошвенной водой и вытеснение упругим давлением теплового расширения коллектора, повышает конечный процент извлечения из коллектора.

Из кривой коррелятивной связи температуры с давлением в точке кипения воды можно понять, что при непрерывном нагревании пластовой воды в закрытых условиях давление в коллекторе будет непрерывно повышаться. Поэтому, кроме нефтегазовых залежей в плотных породах, в обычных нефтегазовых залежах в процессе нагревания давление необходимо удерживать ниже разрывного давления в коллекторе, при этом регулирование величины давления и поддержание стабильного давления могут обеспечиваться путем сброса давления в эксплуатационной скважине, или регулирования нагревания пластовой воды, или одновременного использования и того и другого.

В отличие от способа в CN 201480001286.3, в заявленном способе акцент ставится не на предварительное нагревание всей нефтяной залежи, а на поддержание пластового давления стабильным при условии возможности движения пластовой нефти, то есть при условии эффективного вытеснения паром, и на непрерывное нагревание пластовой воды, чтобы из пластовой воды долго и непрерывно вырабатывалось большое количество пара, и, следовательно, в процессе производства активно осуществлялось вытеснение паром подошвенной воды, вытеснение горячей подошвенной водой и вытеснение упругим давлением теплового расширения коллектора, поэтому способ подходит для добычи из любых нефтегазовых залежей, содержащих внутри ресурс контурной и подошвенной воды, в том числе из допускающих термошахтную добычу залежей (фиг. 2).

Способ в CN 201480001286.3 представляет собой обязательную к выполнению стадию заявленного способа касательно обеспечения в допускающей термошахтную добычу залежи вытеснения паром подошвенной воды, то есть стадию предварительного нагревания нефтяной залежи с обеспечением возможности движения пластовой нефти, при этом после завершения предварительного нагревания нефтяной залежи, при условии возможности движения пластовой нефти, согласно этому способу дополнительно продолжают стабилизацию давления, а затем непрерывно нагревают пластовую воду с получением необходимой движущей энергии для комбинированной нефтедобычи. Основная идея способа в CN 201480001286.3 заключается в концентрированном нагревании нефтяной залежи, при этом повышают температуру неочищенной нефти для снижения вязкости, затем с помощью полученной на стадии предварительного нагревания начальной энергии снижают давление, поэтому в способе не хватает своевременной подачи движущей энергии нефтедобычи на стадии производства, то есть движущей энергии на стадии производства нефтедобычи недостаточно.

В отличие от современных способов нефтедобычи путем вытеснения высоковязкой нефти из нефтяных залежей паром, в предшествующих не проводилось полное предварительное нагревание нефтяной залежи, и наибольшая часть пластовой нефти не двигалась, при этом вводимый пар поверхностной воды вдоль высокопроницаемых каналов размывает твердую поверхность пластовой нефти, и результаты подобны результатам производства с циклическим нагнетанием пара; такие способы относятся к добыче с предварительным нагреванием нефти, при этом в нефтяном пласте имеет место неравномерное использование пластовой нефти, степень использования неочищенной нефти низкая, и концепция вытеснения не ясна. В заявленном способе при условии возможности движения пластовой нефти, то есть после способа в CN 201480001286.3, в условиях регулирования давления для стабилизации давления непрерывно нагревают пластовую воду с выработкой пара подошвенной воды и активным осуществлением вытеснения паром подошвенной воды, вытеснения горячей подошвенной водой и вытеснения упругим давлением коллектора.

Заявленный способ с момента разработки и развития на основании способа в CN 201480001286.3 расширен до применения в добычи из нефтегазовых залежей, содержащих краевую и подошвенную воду, и включает способ в CN 201480001286.3 и его процесс нагревания, но не ограничивается ими.

В отличие от механизма обеспечения вытеснения паром и вытеснения горячей подошвенной водой согласно способу в CN 201480001286.3, в заявленном способе нагревают пластовую воду в определенном диапазоне давления, при этом в условиях некоторого стабильного давления непрерывно нагревают пластовую воду, чтобы из пластовой воды непосредственно вырабатывалось большое количество водяного пара, при этом вытеснение паром подошвенной воды может осуществляться в ходе всего процесса производства. В способе в CN 201480001286.3 производство путем вытеснения паром подошвенной воды основано на том, что температура в нижней части нефтяного пласта превышает температуру парообразования пластовой воды, и под действием перепада производственного давления высокотемпературная подошвенная вода, проникающая в нефтяной пласт, испаряется с обеспечением вытеснения паром подошвенной воды. Когда температура в нефтяном пласте становится меньше или равной температуре парообразования пластовой воды, то проникающая подошвенная вода может обеспечивать только вытеснение горячей подошвенной водой. То есть после завершения концентрированного предварительного

нагрева то, сможет ли обеспечиваться вытеснение паром подошвенной воды на стадии производства, зависит от того, превышает ли или нет температура в нефтяном пласте температуру парообразования воды в условиях имеющегося давления, и если это условие не удовлетворится, то вытеснение паром подошвенной воды происходить не будет.

В отличие от способа в CN 201480001286.3, для нагрева в горизонтальной скважине можно использовать электрическое нагревание, но это не является ограничением, и могут быть использованы другие энергосберегающие источники тепла, такие как, ядерная энергия, солнечная энергия, энергия ветра и т.п.

Как и в способе в CN 201480001286.3, в заявленном способе тепловые потери пластовой воды находятся в регулируемом диапазоне. Принципы этого заключаются в следующем: направление движения нагретой пластовой воды под действием тепловой двигательной энергии является направлением вверх или вверх под наклоном (фиг. 3); движущаяся пластовая вода будет повторно использовать часть направляемой вниз тепловой энергии; такая особенность, как разделение по весу холодной и горячей воды, обеспечивает распределение горячей воды и холодной воды на верхние и нижние слои, которые тяжело смешиваются, и тепловые потери передаются вниз только с помощью небольшой контактной теплопередачи; на основании особенностей нефтегазовой залежи оптимизируется схема нагрева в горизонтальной скважине, при этом горизонтальная скважина расположена в месте, где верхняя часть слоев краевой и подошвенной вод в нефтегазовой залежи находится рядом с водонефтяным контактом, и нагретая вода в основном представляет собой пластовую воду в верхней части горизонтальной скважины, а не всю пластовую воду; конструкция для нагрева горизонтальной скважины может быть оптимально спроектирована в отношении энергосбережения и способствовать передаче тепловой энергии в направлении вверх; широкое применение материала из графена может уменьшить тепловые потери проводниковой части; при нагревании на месте отсутствуют тепловые потери в стволе скважины и трубопроводе, при этом нагревание аналогичного объема высокотемпературной пластовой воды является более энергосберегающим, чем в случае поверхностной воды; вода обладает способностью к аккумулярованию тепла, может увеличивать время стабильного производства нефти и газа, чем повышать отношение вложенных капиталов к их отдаче; нагретая высокотемпературная пластовая вода может уменьшать тепловые потери нефтегазовой залежи, а проникающая в нефтяной пласт пластовая вода не приведет к повреждению коллектора от холода и не отразится на его проницаемости; температуру нефтяной залежи можно регулировать, при этом среднее составляет 150-260°C, чем можно исключить расходы на подъем неочищенной нефти в стволе скважины и на ее нагревание в коллекторе.

Что касается разных нефтегазовых залежей, то на фиг. 2 представлены конкретные способы осуществления. В частности,

(1), (2), (3), (7) подходят для распространенных нефтегазовых залежей, в отношении которых требования к температуре не высокие, для распространенных нефтегазовых залежей с густой нефтью, для которых подходит низкотемпературная термошахтная добыча, и для нефтегазовых залежей с нефтью с высокой температурой застывания;

(4), (8), (10) подходят для коллекторов средней и высокой проницаемости, для нефтегазовых залежей с густой нефтью, для которых подходит высокотемпературная термошахтная добыча, для нефтегазовых залежей с нефтью с высокой температурой застывания;

(4), (5), (6), (9), (10), (11) подходят для нефтегазовых залежей в плотных породах, требующих нагнетания пара под высоким давлением или гидроразрыва;

следует отметить, что в случае нефтегазовых залежей, в которых начальное пластовое давление высокое, а качество нефти хорошее, и низких требований к температуре может быть предпочтительно осуществление производства со сбросом давления, то есть давление нефтяной залежи из состояния А переводят в состояние В, затем при регулировании давления и стабилизации давления в условиях низкого давления нагревают пластовую воду непосредственно до обеспечения эффективного вытеснения паром подошвенной воды и вытеснения горячей подошвенной водой;

отрезок I: давление нефтяной залежи находится между ( $P_i$ ,  $P_o$ ), недостаток пластовой энергии, процент извлечения из нефтегазовой залежи в основном меньше, чем установленный коэффициент извлечения, но расход электроэнергии небольшой;

отрезок II: давление нефтяной залежи находится между ( $P_o$ ,  $P_b$ ), пластовая энергия в избытке и температура нефтегазовой залежи высокая, что способствует повышению процента извлечения из нефтегазовой залежи, при этом конечный процент извлечения намного превышает установленный коэффициент извлечения;

отрезок III: давление нефтяной залежи равно или превышает  $P_b$ , коллектор разрывается, при этом состояние высокой температуры и высокого давления увеличивает переполнение низкоконцентрированными нефтью и газом, что подходит для нефтегазовой залежи в плотных породах, у которых процент извлечения равен или превышает установленный коэффициент извлечения.

#### **Описание прилагаемых графических материалов**

На фиг. 1 представлена прогностическая кривая коррелятивной связи температуры в точке кипения воды/температуры насыщенного водяного пара с давлением.

На фиг. 2 представлен график изменения траектории температуры и давления в процессе нагревания пластовой воды в нефтегазовой залежи:

А: первоначальные пластовые условия ( $P_0$ ,  $T_0$ ) нефтегазовой залежи: начальное пластовое давление  $P_0$ , МПа; первоначальная пластовая температура  $T_0$ , °С;

В: текущие пластовые условия ( $P_i$ ,  $T_i$ ) нефтегазовой залежи: текущее пластовое давление  $P_i$ , МПа; текущая пластовая температура  $T_i$ , °С;

$P_b$ : разрывное давление в коллекторе нефтегазовой залежи, МПа;

отрезок I: давление нефтяной залежи находится между ( $P_i$ ,  $P_0$ ), недостаток пластовой энергии, процент извлечения из нефтегазовой залежи  $\leq$  установленный коэффициент извлечения;

отрезок II: давление нефтяной залежи находится между ( $P_0$ ,  $P_b$ ), пластовая энергия в избытке, процент извлечения из нефтегазовой залежи равен или превышает установленный коэффициент извлечения;

отрезок III: давление нефтяной залежи равно или превышает  $P_b$ , коллектор разрывается, процент извлечения из нефтегазовой залежи в плотных породах равен или превышает установленный коэффициент извлечения;

(1) в условиях сброса давления и стабилизации давления в открытой нефтегазовой залежи непрерывно нагревают пластовую воду до температуры в точке кипения воды, затем при стабилизированном давлении продолжают нагревание с обеспечением эффективного вытеснения паром подошвенной воды;

(2) в условиях регулирования давления в открытой нефтегазовой залежи непрерывно нагревают пластовую воду до температуры в точке кипения воды, затем при стабилизированном давлении продолжают нагревание непосредственно до обеспечения эффективного вытеснения паром подошвенной воды;

(3) в условиях регулирования давления в открытой нефтегазовой залежи непрерывно нагревают пластовую воду; затем, после того как давление немного превысит начальное пластовое давление, при стабилизированном давлении продолжают нагревание непосредственно до эффективного вытеснения паром подошвенной воды;

(4) в условиях регулирования давления в открытой нефтегазовой залежи непрерывно нагревают пластовую воду; когда давление приближается к разрывному давлению в коллекторе, при стабилизированном давлении осуществляют нагревание непосредственно до обеспечения эффективного вытеснения паром подошвенной воды;

(5) в условиях регулирования давления в открытой нефтегазовой залежи непрерывно нагревают пластовую воду до температуры в точке кипения воды; когда давление немного превышает разрывное давление в коллекторе, то при стабилизированном давлении продолжают нагревание с обеспечением эффективного вытеснения паром подошвенной воды;

(6) в условиях регулирования давления в открытой нефтегазовой залежи непрерывно нагревают пластовую воду; когда давление немного превышает разрывное давление в коллекторе, при стабилизированном давлении нагревают непосредственно до обеспечения эффективного вытеснения паром подошвенной воды;

(7) в условиях сброса давления и стабилизации давления в закрытой нефтегазовой залежи непрерывно нагревают пластовую воду до температуры в точке кипения воды, затем при стабилизированном давлении продолжают нагревание непосредственно до обеспечения эффективного вытеснения паром подошвенной воды;

(8) в условиях регулирования давления в закрытой нефтегазовой залежи непрерывно нагревают пластовую воду до температуры в точке кипения воды, затем при стабилизированном давлении продолжают нагревание непосредственно до обеспечения эффективного вытеснения паром подошвенной воды;

(9) в условиях регулирования давления в закрытой нефтегазовой залежи непрерывно нагревают пластовую воду; когда давление немного превышает разрывное давление в коллекторе, при стабилизированном давлении продолжают нагревание непосредственно до обеспечения эффективного вытеснения паром подошвенной воды;

(10) в условиях регулирования давления в закрытой нефтегазовой залежи непрерывно нагревают пластовую воду; когда давление приближается к разрывному давлению в коллекторе, при стабилизированном давлении продолжают нагревание непосредственно до обеспечения эффективного вытеснения паром подошвенной воды;

(11) в условиях регулирования давления в закрытой нефтегазовой залежи непрерывно нагревают пластовую воду; когда давление немного превышает разрывное давление в коллекторе, при стабилизированном давлении продолжают нагревание непосредственно до обеспечения эффективного вытеснения паром подошвенной воды.

На фиг. 3 представлено схематическое изображение направления движения частиц воды вниз нагреваемой скважины и энергосбережения при нагревании пластовой воды.

На фиг. 4 представлено изображение результатов цифро-аналогового производства в некоторой допускаящей термошахтную добычу залежи с применением "Способа добычи нефти и газа с применением ресурса подошвенной воды нефтегазовой залежи".

### Полезные эффекты изобретения

В заявленном способе для добычи нефти и газа применяют ресурс природной контурной и подошвенной воды нефтегазовой залежи, при этом путем регулирования давления нагревают верхнюю часть слоев краевой и подошвенной вод в нефтегазовой залежи; при условии возможности движения неочищенной нефти и под действием перепада производственного давления обеспечивают эффективное вытеснение паром подошвенной воды, вытеснение горячей подошвенной водой и вытеснение упругим давлением теплового расширения коллектора, что способствует продвижению всей энергии краевой и подошвенной вод вверх и превращает аспект краевой и подошвенной вод, отрицательно влияющий на производство, в положительный, при этом может быть полностью компенсирован недостаток пластовой энергии, что повышает степень использования и конечный процент извлечения в отношении нефтегазовой залежи.

Это представляет собой обновление, улучшение и расширенное применение в отношении первоначального способа термощахтной добычи в CN 201480001286.3 и представляет собой эффективный способ увеличения движущей энергии нефтедобычи путем активного использования энергии краевой и подошвенной вод в нефтегазовой залежи, в котором можно использовать пар подошвенной воды и тепловое расширение коллектора для полной компенсации недостатка пластовой энергии во всех нефтегазовых залежах; можно вводить достаточно много тепловой энергии, чтобы повышать температуру пластовой нефти в нефтяных залежах густой нефти для снижения вязкости и улучшать ситуацию с отложением парафина неочищенной нефти в нефтяной залежи с нефтью с высокой температурой застывания; путем нагнетания пара под высоким давлением и осуществления разлома коллектора избыточным давлением можно улучшать проницаемость коллектора нефтегазовой залежи в плотных породах; можно использовать три вида движущей энергии, чтобы увеличить движущую энергию, необходимую для добычи нефти и газа; можно эффективно повышать степень использования и конечный процент извлечения в отношении нефтегазовой залежи.

В заявленном способе не нужно вводить ценный ресурс поверхностной воды и не нужно повторять работы по поиску и изоляции воды, можно эффективно использовать геологические запасы нефти в высококачественных нефтяных пластах, предназначенные для обхода краевой и подошвенной воды, не нужно проводить обработку грязной воды, не нужно беспокоиться о проблеме закрытия трещин в случае нефтегазовых залежей плотных коллекторов, не нужно беспокоиться о проблеме загрязнения окружающей среды; в заявленном способе используют ресурс природной пластовой воды, то есть применяют местные ресурсы, и в зависимости от обстоятельств он является термощахтным способом добычи, который характеризуется низкими расходами, энергосбережением, высокой эффективностью, экологической безопасностью, безопасностью, удобством и быстротой осуществления.

В то же время после применения заявленного способа имеющиеся водо- или паронагнетательные скважины становятся эксплуатационными скважинами, что сокращает расходы на бурение эксплуатационных скважин и повышает производственные возможности нефтяных залежей; температура нефтегазовой залежи является регулируемой, и производство неочищенной нефти с применением высокой температуры позволяет сократить расходы на подъем и транспортировку нефти и газа в стволе скважины; посредством пластовой воды за один раз обеспечивают достаточно много тепловой энергии, чтобы повышать температуру пластовой нефти в нефтяных залежах густой нефти для снижения вязкости и улучшать ситуацию с отложением парафина неочищенной нефти в нефтяной залежи с нефтью с высокой температурой застывания, при этом для комбинированной термощахтной добычи создается эффект масштаба и сокращаются затраты времени.

### Разбор случаев

При применении заявленного способа в отношении специальной нефтяной залежи густой нефти, содержащей подошвенную воду, выполняют цифровое моделирование, при этом геологические условия нефтяной залежи следующие: глубина: 1000 м, К: 1500 мкм<sup>2</sup>, φ: 0,30, Т: 42°C, Р: 9,5 МПа, S<sub>o</sub>: 65 %, μ: 7272 МПа м/с.

Процесс моделирования: в отношении нефтяной залежи сначала проводят концентрированное предварительное нагревание, при этом пространство нагреваемой скважины составляет 30-40 м; при достижении температурой нефтяной залежи значения, при котором неочищенная нефть может двигаться, происходит превышении точки изменения температуры вязкости неочищенной нефти, и осуществляется производство со сбросом давления; затем при стабилизированном давлении непрерывно нагревают пластовую воду, и в условиях непрерывного кипения подошвенной воды осуществляют производство, пока содержание воды не составит 98 %, затем останавливают производство.

Результаты моделирования показывают, что время предварительного нагревания нефтяной залежи составляет 2,5-5 лет; в условиях стабилизированного высокого давления или низкого давления происходит вытеснение паром подошвенной воды, при этом процент извлечения из нефтяной залежи может достигать по меньшей мере 70-80 %, а потребление энергии составляет 66,6-94×10<sup>5</sup> кДж/т; наиболее оптимальные цифро-аналоговые расходы электричества на тонну нефти составляют 950-1057 юаней/тонна, что эквивалентно 21-24 долларам США/баррель (фиг. 4).

С учетом влияния энергосберегающей конструкции устройства для электрического нагрева на расходы, затраты на электричество при практическом применении этого решения могут сократиться по меньшей мере на 1/3, то есть затраты на электричество могут снизиться до 634-705 юаней/тонна, 14-16 долларов США/баррель.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ добычи нефти и газа с применением ресурса подошвенной воды нефтегазовой залежи, отличающийся тем, что в любой нефтегазовой залежи, содержащей слои краевой и подошвенной вод и характеризующейся первоначальными пластовыми условиями  $A (P_o, T_o)$  и текущим состоянием добычи  $B (P_i, T_i)$ , на основании геологических особенностей нефтегазовой залежи, начального пластового давления и разрывного давления в коллекторе, а также прогностической кривой коррелятивной связи температуры с давлением в точке кипения воды непрерывно нагревают в определенном диапазоне давления верхнюю часть слоев краевой и подошвенной вод в нефтегазовой залежи; в условиях возможности движения пластовой нефти и перепада производственного давления путем регулирования давления и стабилизации давления обеспечивают непосредственный переход пластовой воды в кипящее состояние и продолжение выработки пара подошвенной воды; ресурс подошвенной воды нефтегазовой залежи превращают в энергию, в целом обеспечивающую движение вверх, при этом в области всего водонефтяного контакта нефтегазовой залежи возникают площадная движущая сила, основой которой являются вытеснение паром подошвенной воды и вытеснение горячей подошвенной водой, и движущая энергия для комбинированной добычи нефти и газа, которая проходит сквозь всю нефтегазовую залежь и процесс производства нефти и газа и основой которой является упругое давление теплового расширения коллектора, при этом происходит компенсация недостатка пластовой энергии в нефтегазовой залежи.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что включает следующие этапы:

воздействуют тепловой двигательной энергией на пластовую воду, которая повторно использует часть направляемой вниз тепловой энергии, при этом такая особенность, как разделение по весу холодной и горячей воды, обеспечивает распределение горячей воды и холодной воды на верхние и нижние слои, которые тяжело смешиваются, и тепловые потери передаются вниз только с помощью небольшой контактной теплопередачи;

в условиях определенного давления непрерывно нагревают пластовую воду и после перехода воды в кипящее состояние продолжают нагревание, при этом температура воды больше не повышается, и тепловая энергия в основном идет на испарение воды, на основании особенностей нефтегазовой залежи оптимизируют схему нагрева в горизонтальной скважине, при этом горизонтальная скважина расположена в месте, где верхняя часть слоев краевой и подошвенной вод в нефтегазовой залежи находится рядом с водонефтяным контактом, и нагретая вода в основном представляет собой пластовую воду в верхней части горизонтальной скважины, а не всю пластовую воду;

при этом конструкцию для нагрева горизонтальной скважины оптимально проектируют в отношении энергосбережения, для передачи тепловой энергии в направлении вверх;

для уменьшения тепловых потерь проводниковой части применяют материал из графена;

на стадии производства обеспечивают движущую энергию для добычи нефти и газа;

регулируют температуру нефтегазовой залежи; водо- или паронагнетательные скважины становятся эксплуатационными скважинами.

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что механизм нефтедобычи без ограничения включает операции по объединению нефтяных залежей для создания эффекта масштаба; повышают температуру пластовой нефти для снижения вязкости; при полном испарении воды объем пара одинаковой массы приблизительно в 17 раз больше объема воды, при этом его распространение в любое микропространство в коллекторе проходит легче, и происходит компенсация недостатка пластовой энергии с увеличением степени использования коллектора; движущая энергия для комбинированной нефтедобычи, основой которой являются вытеснение паром подошвенной воды, вытеснение горячей подошвенной водой и вытеснение упругим давлением теплового расширения коллектора, повышает конечный процент извлечения из коллектора.

4. Способ по п.1, отличающийся тем, что типы нефтегазовых залежей представляют собой различные нефтегазовые залежи, содержащие слои краевой и подошвенной вод, которые без ограничения содержат нефтегазовые залежи в плотных породах, содержащие слои краевой и подошвенной вод, залежи густой нефти, требующие использования термошахтной добычи, нефтегазовые залежи с нефтью с высокой температурой застывания и распространенные нефтегазовые залежи, требующие добычи с применением нагнетания воды.

5. Способ по п.1, отличающийся тем, что, кроме нефтегазовых залежей в плотных породах, в обычных нефтегазовых залежах в процессе нагрева давление необходимо удерживать ниже разрывного давления в коллекторе, и способ регулирования давления включает:

сброс давления в эксплуатационной скважине; или

регулирование нагрева пластовой воды; или

использование и того и другого.

6. Способ по п.1, отличающийся тем, что в определенном диапазоне давления путем регулирования давления и стабилизации давления обеспечивают кипение пластовой воды и непрерывную выработку пара подошвенной воды, то есть, при условии возможности движения неочищенной нефти, для уменьшения потерь тепловой энергии пластовой воды в отношении разных типов нефтегазовых залежей максимально фиксируют давление при относительно низком давлении в таких типах нефтегазовых залежей и непрерывно нагревают пластовую воду с обеспечением вытеснения паром подошвенной воды и вытеснения горячей подошвенной водой под действием перепада производственного давления.

7. Способ по п.1, отличающийся тем, что в случае допускающих термошахтную добычу нефтегазовых залежей сначала путем концентрированного электрического нагревания подошвенной воды обеспечивают возможность движения пластовой нефти, затем в условиях регулирования давления и стабилизации давления нагревают пластовую воду с обеспечением ее непрерывного кипения и под действием перепада производственного давления с помощью движущей энергии для комбинированной добычи нефти и газа осуществляют добычу нефти и газа.

8. Способ по п.6, отличающийся тем, что в случае допускающих термошахтную добычу нефтегазовых залежей после того, как подошвенная вода, из которой получают пар для вытеснения паром подошвенной воды, достигает точки кипения, продолжают стабилизацию давления и нагревание подошвенной воды для обеспечения непрерывного кипения подошвенной воды с выработкой большого количества пара подошвенной воды, содержащего пар, полученный испарением движущейся в виде конуса подошвенной воды в нефтяном пласте.

9. Способ по п.6, отличающийся тем, что в случае допускающих термошахтную добычу нефтегазовых залежей повышение степени выработки запасов и процента извлечения включает повышение степени использования запасов и процента извлечения при концентрированной термошахтной добыче с применением нагревания подошвенной воды, а также включает повышение степени использования и процента извлечения остаточной нефти за счет непрерывной подачи движущей энергии нефтедобычи на стадии производства при концентрированной термошахтной добыче.

10. Способ по п.1, отличающийся тем, что в случае нефтегазовых залежей в плотных породах путем непрерывного нагревания пластовой воды до разрыва коллектора улучшают проницаемость коллектора с последующим предотвращением закрытия трещин в коллекторе за счет вытеснения паром подошвенной воды; или в условиях давления, которое меньше разрывного давления в коллекторе и приближается к нему, непосредственно путем регулирования давления и стабилизации давления, под действием перепада производственного давления в полной мере используют движущую энергию подошвенной воды для осуществления добычи нефти и газа.

11. Способ по п.1, отличающийся тем, что в случае распространенных нефтегазовых залежей средней и высокой проницаемости, не допускающих термошахтную добычу, в основном в условиях низкого давления и стабильного давления нагревают пластовую воду с обеспечением ее постоянного кипения, затем путем регулирования давления и стабилизации давления обеспечивают давление, немного превышающее начальное пластовое давление, и с помощью движущей энергии для комбинированной нефтедобычи осуществляют добычу нефти и газа.

12. Способ по п.1, отличающийся тем, что в зависимости от разных геологических особенностей нефтегазовых залежей нагревание краевой и подошвенной вод в нефтегазовой залежи без ограничения включает следующее:

(1) в условиях сброса давления и стабилизации давления в открытой нефтегазовой залежи непрерывно нагревают пластовую воду до температуры в точке кипения воды, затем при стабилизированном давлении продолжают нагревание с обеспечением эффективного вытеснения паром подошвенной воды;

(2) в условиях регулирования давления в открытой нефтегазовой залежи непрерывно нагревают пластовую воду до температуры в точке кипения воды, затем при стабилизированном давлении продолжают нагревание непосредственно до обеспечения эффективного вытеснения паром подошвенной воды;

(3) в условиях регулирования давления в открытой нефтегазовой залежи непрерывно нагревают пластовую воду; затем, после того как давление немного превысит начальное пластовое давление, при стабилизированном давлении продолжают нагревание непосредственно до эффективного вытеснения паром подошвенной воды;

(4) в условиях регулирования давления в открытой нефтегазовой залежи непрерывно нагревают пластовую воду; когда давление приближается к разрывному давлению в коллекторе, при стабилизированном давлении осуществляют нагревание непосредственно до обеспечения эффективного вытеснения паром подошвенной воды;

(5) в условиях регулирования давления в открытой нефтегазовой залежи непрерывно нагревают пластовую воду до температуры в точке кипения воды; когда давление немного превышает разрывное давление в коллекторе, то при стабилизированном давлении продолжают нагревание с обеспечением эффективного вытеснения паром подошвенной воды;

(6) в условиях регулирования давления в открытой нефтегазовой залежи непрерывно нагревают пластовую воду; когда давление немного превышает разрывное давление в коллекторе, при стабилизи-

ванном давлении нагревают непосредственно до обеспечения эффективного вытеснения паром подошвенной воды;

(7) в условиях сброса давления и стабилизации давления в закрытой нефтегазовой залежи непрерывно нагревают пластовую воду до температуры в точке кипения воды, затем при стабилизированном давлении продолжают нагревание непосредственно до обеспечения эффективного вытеснения паром подошвенной воды;

(8) в условиях регулирования давления в закрытой нефтегазовой залежи непрерывно нагревают пластовую воду до температуры в точке кипения воды, затем при стабилизированном давлении продолжают нагревание непосредственно до обеспечения эффективного вытеснения паром подошвенной воды;

(9) в условиях регулирования давления в закрытой нефтегазовой залежи непрерывно нагревают пластовую воду; когда давление немного превышает разрывное давление в коллекторе, при стабилизированном давлении продолжают нагревание непосредственно до обеспечения эффективного вытеснения паром подошвенной воды;

(10) в условиях регулирования давления в закрытой нефтегазовой залежи непрерывно нагревают пластовую воду; когда давление приближается к разрывному давлению в коллекторе, при стабилизированном давлении продолжают нагревание непосредственно до обеспечения эффективного вытеснения паром подошвенной воды;

(11) в условиях регулирования давления в закрытой нефтегазовой залежи непрерывно нагревают пластовую воду; когда давление немного превышает разрывное давление в коллекторе, при стабилизированном давлении продолжают нагревание непосредственно до обеспечения эффективного вытеснения паром подошвенной воды;

(12) в случае нефтегазовых залежей, в которых начальное пластовое давление высокое, а качество нефти хорошее, и низких требований к температуре является предпочтительным осуществление производства со сбросом давления, то есть давление нефтяной залежи из состояния А переводят в состояние В, затем при регулировании давления и стабилизации давления в условиях низкого давления нагревают пластовую воду непосредственно до обеспечения эффективного вытеснения паром подошвенной воды и вытеснения горячей подошвенной водой;

при этом: (1), (2), (3), (7) подходят для распространенных нефтегазовых залежей, в отношении которых требования к температуре не высокие, для распространенных нефтегазовых залежей с густой нефтью, для которых подходит низкотемпературная термошахтная добыча, и для нефтегазовых залежей с нефтью с высокой температурой застывания;

(4), (8), (10) подходят для коллекторов средней и высокой проницаемости, для нефтегазовых залежей с густой нефтью, для которых подходит высокотемпературная термошахтная добыча, для нефтегазовых залежей с нефтью с высокой температурой застывания;

(4), (5), (6), (9), (10), (11) подходят для нефтегазовых залежей в плотных породах, требующих нагнетания пара под высоким давлением или гидроразрыва.

13. Способ по п.1, отличающийся тем, что для повышения конечного процента извлечения из нефтегазовой залежи нагревание слоев краевой и подошвенной вод в нефтегазовой залежи основано на том, что динамическое давление в нефтяной залежи равно или превышает  $P_0$ ; в случае допускающей термошахтную добычу залежи обеспечивают вытеснение пластовой нефти паром при условии возможности движения, при этом:

на отрезке I давление нефтяной залежи находится между ( $P_1$ ,  $P_0$ ), расход электроэнергии небольшой, но есть недостаток пластовой энергии, что подходит для распространенных нефтегазовых залежей, характеризующихся хорошим качеством нефти, средней и высокой проницаемостью коллектора и невысокими требованиями к температуре; для распространенных нефтегазовых залежей с густой нефтью, для которых подходит низкотемпературная термошахтная добыча; и для нефтегазовых залежей с нефтью с высокой температурой застывания;

на отрезке II давление нефтяной залежи находится между ( $P_0$ ,  $P_b$ ), пластовая энергия в избытке, температура нефтегазовой залежи высокая, что подходит для коллекторов средней и высокой проницаемости; нефтегазовых залежей с густой нефтью, для которых подходит высокотемпературная термошахтная добыча; и нефтегазовых залежей с нефтью с высокой температурой застывания;

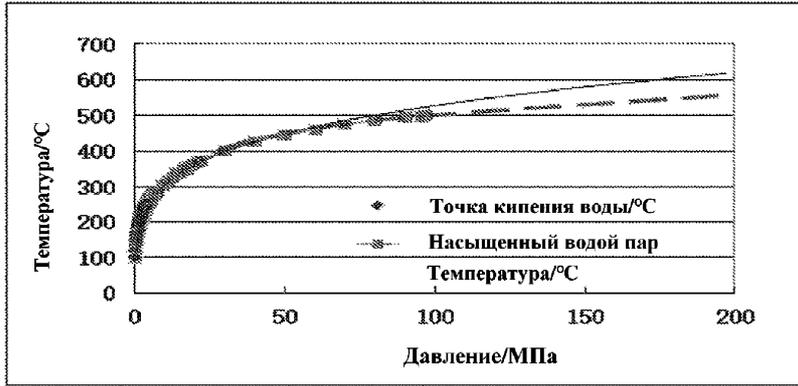
на отрезке III давление нефтяной залежи равно или превышает разрывное давление в коллекторе  $P_b$ , высокая температура и высокое давление увеличивают переполнение низкоконцентрированными нефтью и газом, что подходит для нефтегазовых залежей в плотных породах, требующих нагнетания пара под высоким давлением или гидроразрыва.

14. Способ по п.1, отличающийся тем, что нагревание слоев краевой и подошвенной вод без ограничения включает:

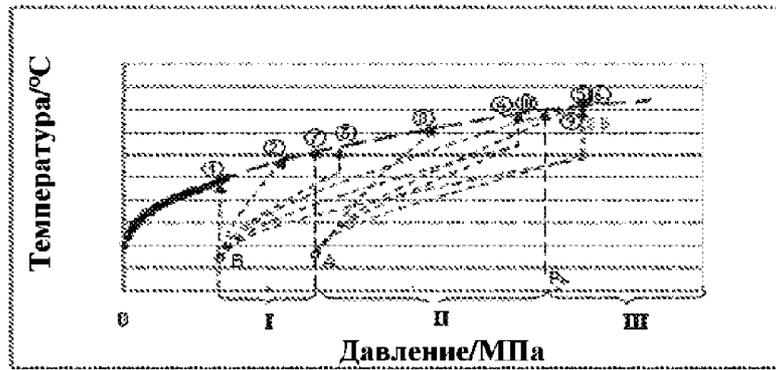
электрическое нагревание, нагревание с применением ядерной энергии;

при этом нагреваемая скважина, используемая для нагревания слоев краевой и подошвенной вод, представляет собой любой тип горизонтальной скважины;

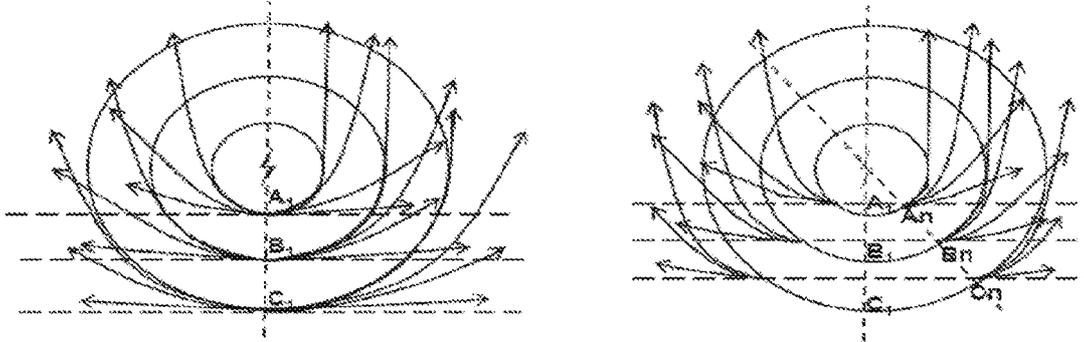
нагревательное устройство, размещенное в горизонтальной скважине, представляет собой любое энергосберегающее нагревательное оборудование.



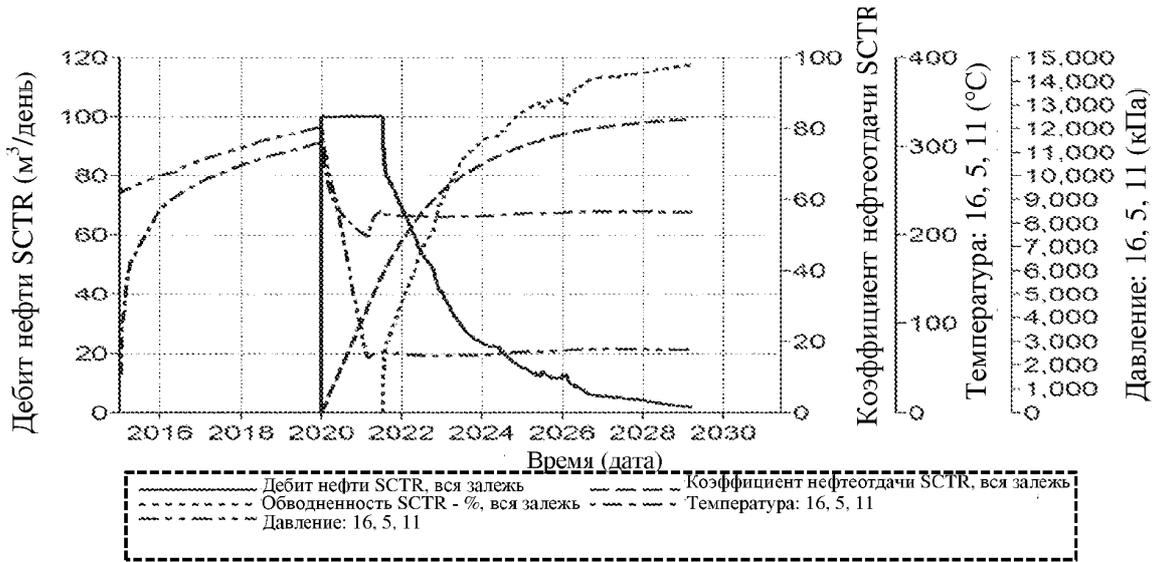
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4

