



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
E21B 43/24 (2020.08)

(21)(22) Заявка: 2020107282, 18.02.2020

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
18.02.2020

Дата регистрации:
28.01.2021

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 18.02.2020

(45) Опубликовано: 28.01.2021 Бюл. № 4

Адрес для переписки:
127591, Москва, ул. Дубнинская, 28, корп. 3, кв.
160, А.В. Корнилову

(72) Автор(ы):

Гуйбер Отто (НУ)

(73) Патентообладатель(и):

Прифолио Инвестментс Лимитед (МТ)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2480579 C2, 27.04.2013. RU
2460871 C2, 10.09.2012. RU 2223397 C2,
10.02.2004. RU 2574085 C1, 10.02.2016. US
9845667 B2, 19.12.2017. WO 2017040682 A1,
09.03.2017. FR 2901838 B1, 18.07.2008.

(54) ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ДОБЫЧИ ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМЫХ
УГЛЕВОДОРОДОВ (ВАРИАНТЫ)

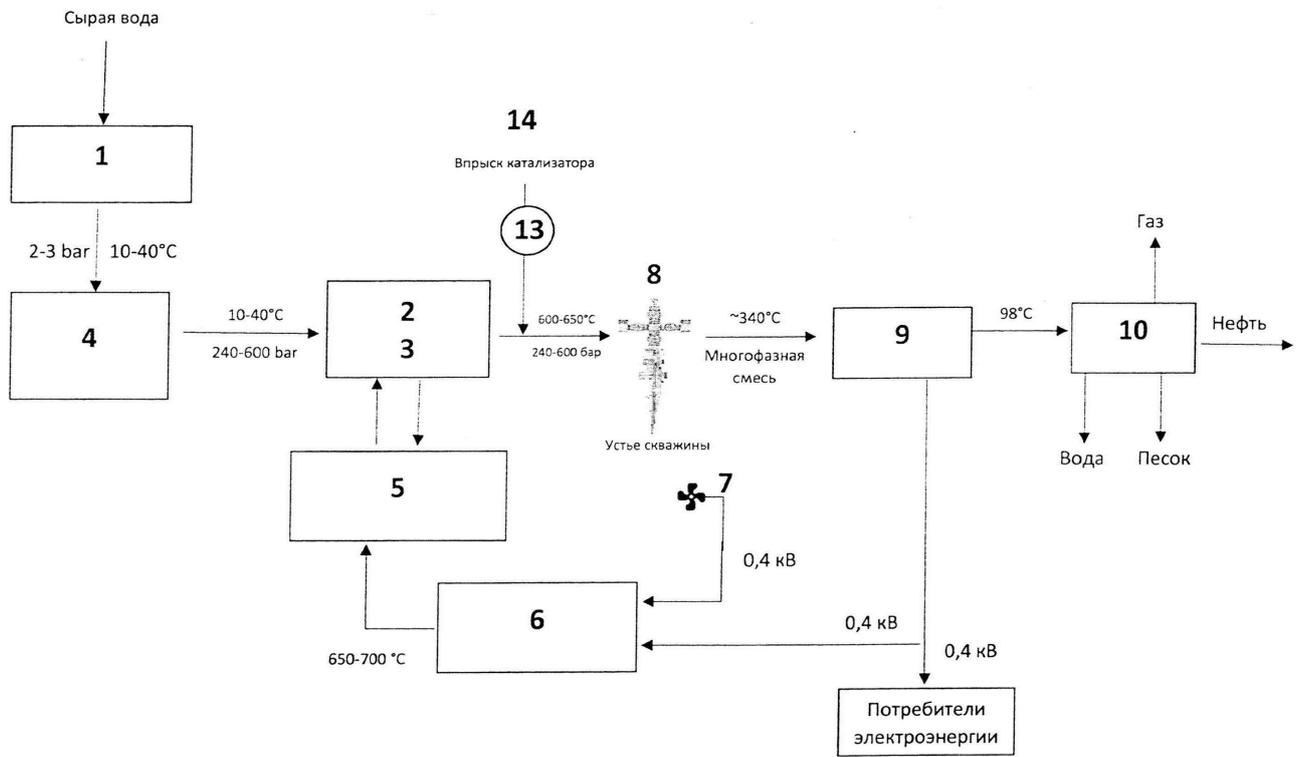
(57) Реферат:

Группа изобретений относится к нефтегазовой отрасли и может быть использована для энергоэффективной добычи трудноизвлекаемых углеводородов с использованием возобновляемых экологически чистых источников энергии. Комплекс содержит блок водоподготовки, соединенный посредством питательного трубопровода с модулем генерирования рабочего агента, включающим первый энергоблок и нагревательный блок, выход модуля имеет возможность соединения с размещенной в обсадной трубе скважины колонной насосно-компрессорных труб для доставки сгенерированного агента в продуктивный пласт, а выход скважины имеет возможность соединения с сепараторным блоком для разделения доставленной на дневную поверхность многофазной углеводородной смеси. В качестве первого энергоблока использована солнечная

тепловая станция, при этом комплекс оснащен вторым и третьим энергоблоками, а также аккумулятором тепловой энергии, подсоединенным к нагревательному блоку, а солнечная тепловая станция дополнительно подсоединена на вход аккумулятора для подпитки его сгенерированной тепловой энергией, выход второго энергоблока подведен на вход аккумулятора тепловой энергии, а на вход третьего энергоблока подведен канал отвода многофазной углеводородной смеси, а его выход соединен с блоком сепараторов, при этом третий энергоблок соединен с входом второго энергоблока для подпитки его сгенерированной энергией. В варианте комплекса в качестве первого энергоблока использован теплообменник. Повышается энергоэффективность комплекса. 2 н. и 19 з.п. ф-лы, 5 ил.

RU 2 741 642 C1

RU 2 741 642 C1



Фиг. 1

RU 2741642 C1

RU 2741642 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
E21B 43/24 (2020.08)

(21)(22) Application: **2020107282, 18.02.2020**

(24) Effective date for property rights:
18.02.2020

Registration date:
28.01.2021

Priority:

(22) Date of filing: **18.02.2020**

(45) Date of publication: **28.01.2021** Bull. № 4

Mail address:

**127591, Moskva, ul. Dubninskaya, 28, korp. 3, kv.
160, A.V. Kornilovu**

(72) Inventor(s):

Gujber Otto (HU)

(73) Proprietor(s):

Prifolio Investments Limited (MT)

(54) **PROCESSING COMPLEX FOR EXTRACTION OF HARD-TO-RECOVER HYDROCARBONS (EMBODIMENTS)**

(57) Abstract:

FIELD: oil, gas and coke-chemical industries.

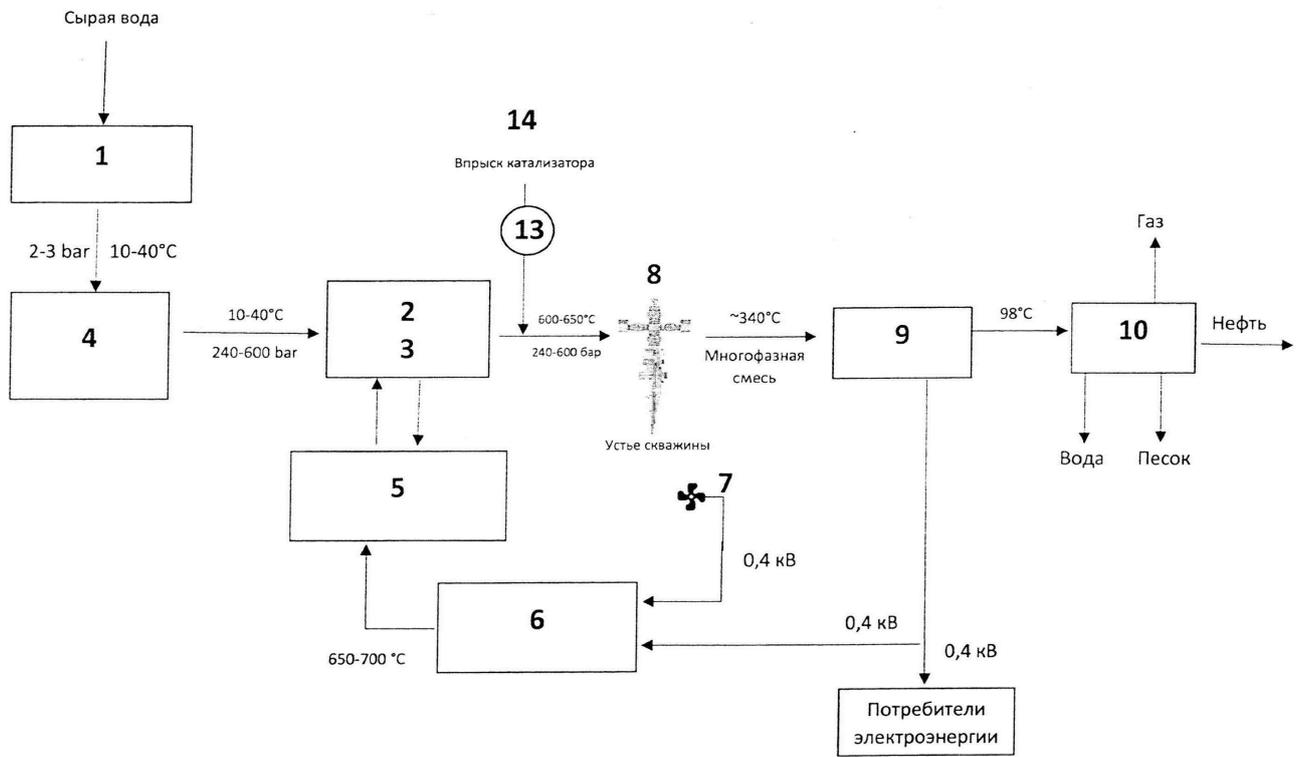
SUBSTANCE: group of inventions relates to oil and gas industry and can be used for energy-efficient extraction of hard-to-recover hydrocarbons using renewable environmentally safe energy sources. Complex comprises a water treatment unit connected through a feed pipeline with a working agent generation module, comprising a first power unit and a heating unit, module output is able to connect to the tubing string placed in the well casing pipe for delivery of the generated agent to the productive formation, and the well output can be connected to the separator unit for separation of the multiphase hydrocarbon mixture delivered to the day surface. As the first power unit a solar thermal station is used, at that, the complex is

equipped with the second and third power units, as well as the heat energy accumulator connected to the heating unit, and solar thermal station is additionally connected to input of accumulator for its makeup with generated heat energy, output of the second power unit is supplied to input of heat energy accumulator, and the input of the third power unit is fed with a channel for withdrawal of the multiphase hydrocarbon mixture, and its output is connected to the unit of separators, at that the third power unit is connected to the input of the second power unit for its feeding with generated energy. In the embodiment of the complex the heat exchanger is used as the first power unit.

EFFECT: higher energy efficiency of the complex.
21 cl, 5 dwg

RU 2 741 642 C1

RU 2 741 642 C1



Фиг. 1

RU 2741642 C1

RU 2741642 C1

Группа изобретений относится к нефтегазовой отрасли и может быть использована для энергоэффективной добычи трудноизвлекаемых углеводородов, в частности, битуминозной нефти, тяжелой нефти, сланцевой нефти из нефтеносных сланцев с использованием возобновляемых экологически чистых источников энергии.

5 В настоящее время для повышения эффективности добычи трудноизвлекаемых углеводородов все чаще используют процесс их разжижения непосредственно в продуктивном пласте перед доставкой на дневную поверхность, для чего в продуктивный пласт по колонне теплоизолированных насосно-компрессорных труб (НКТ) инжeksiруют рабочий агент. В качестве рабочего агента используют
10 генерируемый из воды перегретый пар, обеспечивающий разогрев зоны отбора продуктивного пласта, а также различные углеводородные растворители или катализаторы и композиции из перегретого пара и углеводородных растворителей (катализаторов).

Технические средства, обеспечивающие приготовление рабочего агента и доставку
15 его по колонне НКТ в продуктивный пласт, располагают на дневной поверхности скважины или группы (куста) скважин.

Иногда для разогрева продуктивного пласта используют размещаемые в его зоне отбора нагревательные элементы, подсоединенные к установленному на дневной поверхности источнику энергии, как правило, электроэнергии.

20 Типичным представителем средств для добычи трудноизвлекаемых углеводородов является установка для внутрипластовой молекулярной модификации тяжелой и/или битуминозной нефти и доставки ее на дневную поверхность, содержащая емкость для воды, соединенную выходом посредством трубопровода, в который встроены питательный насос, с генератором рабочего агента в виде перегретого пара. Выход
25 генератора подсоединен подающим трубопроводом к размещенной в нагнетательной скважине колонне НКТ.

В состав установки входит емкость для катализатора, выход которой подсоединен к трубопроводу, соединяющему емкость для воды с генератором рабочего агента.

30 На размещенной в подпакерной зоне нижней части колонны НКТ установлена сопловая насадка с соплом эжекторного типа, выше и ниже которого в обсадной колонне выполнены перфорации, сообщающие подпакерную зону с продуктивным пластом.

Сопловая насадка предназначена для обеспечения критического или сверхкритического истечения полученного в генераторе рабочего агента -перегретого
35 пара со скоростью, не менее скорости звука и внедрения его в продуктивный пласт.

(см. патент РФ №2611873, кл. E21B 43/24, 2015 г).

В результате анализа выполнения известной установки необходимо отметить, что инжeksiрование катализатора в воду до ее поступления в генератор рабочего агента приводит к потере части катализатора за счет адсорбирования его частиц на внутренней
40 поверхности теплообменных труб генератора рабочего агента, которые в процессе эксплуатации генератора образуют на его рабочих поверхностях твердые отложения, снижающие эффективность теплообмена.

Необходимость инжeksiрования в продуктивный пласт кроме перегретого пара катализатора обусловлена тем, что данная установка обеспечивает генерирование
45 рабочего агента с максимальной температурой не более 420°C. Учитывая, что при доставке такого рабочего агента с дневной поверхности в продуктивный пласт температура рабочего агента значительно снижается (примерно в два раза), эффект действия такого рабочего агента на продуктивный пласт значительно снижается и

возникает необходимость в использовании катализаторов.

Весьма существенно и то, что, остывая, значительная часть пара трансформируется в горячую воду, имеющую, по сравнению с паром, высокую плотность, что уменьшает дренирующую способность рабочего агента и не позволяет сформировать в продуктивном пласте зону разогрева достаточно большого объема, а низкое его теплосодержание не позволяет осуществлять эффективное тепловое воздействие на продуктивный пласт и содержащуюся в нем тяжелую или битуминозную нефть. Изложенное выше не позволяет эффективно использовать данную установку для добычи трудноизвлекаемых углеводородов.

Известен технологический комплекс для внутрипластовой молекулярной модификации трудноизвлекаемых углеводородов и доставки их на дневную поверхность, содержащий емкость для воды, подсоединенную посредством трубопровода, в который встроены насос, на вход генератора рабочего агента - ультра-сверхкритической воды (УСК-воды), емкость для коллоидного раствора, насыщенного катализатором - микрочастицами металлов, а также размещенную в скважине колонну теплоизолированных НКТ. Комплекс оснащен реактором окисления, первый вход которого трубопроводом связан с выходом генератора УСК-воды, а второй - посредством трубопровода, в который встроены насос - с емкостью для коллоидного раствора с микрочастицами металлов. Выход реактора окисления подсоединен к колонне НКТ, в нижней части которой установлена сопловая насадка, состоящая из полого корпуса, в котором выполнены радиальные отверстия, упора в полости корпуса в верхней его части, гильзы, установленной с возможностью осевого возвратно-поступательного перемещения в полости корпуса и периодического контакта с упором, при этом сопло закреплено на гильзе, на которой выполнены радиальные отверстия, имеющие возможность совмещения с радиальными отверстиями корпуса при отборе из продуктивного пласта водонефтяной эмульсии, и не совмещенные друг с другом при нагнетании рабочего агента через насосно-компрессорные трубы и сопловую насадку в продуктивный пласт.

Термин «ультра-сверхкритическая вода» используется в технической литературе и техническими специалистами для обозначения проектных режимов работы устройств с параметрами выше тех, которые принято называть «сверхкритическими». В теплоэнергетике типичный диапазон сверхкритических параметров находится в диапазоне от 245 до 285 бар при температуре от 540 до 630°C. Американский исследовательский институт электроэнергетики (ERPI) называет ультра-сверхкритическими такие «паровые циклы», где «пар» прогревается до температуры более 593°C при давлении более 280 бар. В заявленном изобретении под термином «ультра-сверхкритический рабочий агент» понимается рабочий агент (пароводяная смесь), имеющий температуру от 593 до 800°C и давление от 30 до 60 МПа. (см. патент РФ №2704686, кл. E21B 43/247, 2019 г).

В результате анализа известного технологического комплекса необходимо отметить, что, в отличие от приведенного выше, он обеспечивает генерирование рабочего агента с ультра-сверхкритическими параметрами, однако для получения такого рабочего агента требуется огромное количество энергии, что значительно снижает энергоэффективность эксплуатации комплекса.

Известен технологический комплекс для добычи битума и/или особо тяжелой фракции нефти, включающий газовую или паровую турбину, на вход которой подведена магистраль подачи воздуха или пара (в зависимости от типа турбины). С валом турбины механически связан электрогенератор. Выход электрогенератора подсоединен к

электрическому распределительному блоку распределительного модуля. Газовый выход турбины подсоединен к входу энергетического блока - котла, предназначенного для генерирования рабочего агента - перегретого пара из воды, подаваемой от питательной емкости на водяной вход теплообменных труб котла. Паровой выход теплообменных труб котла подведен к паровому распределительному блоку распределительного модуля. Распределительный модуль обеспечивает распределение подачи электроэнергии и пара на эксплуатируемые скважины куста (блока) скважин. Полученный в котле рабочий агент - перегретый пар подается в продуктивный пласт по колонне размещенных в скважине НКТ. Установленные в продуктивном пласте нагревательные элементы электрически соединены с электрическим распределительным блоком для их нагрева.

В процессе работы комплекса сгенерированные перегретый пар и электричество через распределительные блоки подаются на соответствующие скважины в их продуктивный пласт для теплового воздействия на углеводороды.

Доставляемые на дневную поверхность углеводороды поступают в сепараторный блок для разделения их на битум, тяжелую нефть и воду, которые собирают в накопительные емкости. Вода из накопительной емкости посредством насоса может быть подана на водяной вход котла для генерирования рабочего агента в виде пара и подачи его на распределитель для инжектирования в продуктивный пласт по колонне НКТ. Нефть и битум из накопительных емкостей могут быть отгружены потребителям или направлены на дальнейшую очистку и переработку в более легкие фракции, часть которых может быть использована в качестве топлива для турбины и/или котла.

(см. патент РФ №2480579, кл. E21B 43/24, 2013 г) - наиболее близкий аналог.

В результате анализа выполнения данного комплекса необходимо отметить, что необходимая для его функционирования энергия (тепловая и электрическая) генерируется за счет сжигания части добываемых углеводородов или полученных из них более легких фракций в автономном, замкнутом контуре циркуляции.

Для обеспечения высокой степени очистки углеводородов в составе комплекса используются сепараторы и фильтры, которые отфильтровывают тяжелые металлы, золу и иные механические примеси.

Таким образом, комплекс при его эксплуатации позволяет реализовать замкнутый энергетический цикл, основанный на использовании извлекаемых на дневную поверхность углеводородов и который практически не требует дополнительных внешних источников энергии. Тем самым обеспечивается независимость работы комплекса от существующих сетей, так как энергию для выработки пара и для электрического нагрева децентрализованно вырабатывают на месте добычи, для чего используют часть добытого битума и/или особо тяжелой фракции нефти.

Однако использование в комплексе турбины и связанного с ним линией подачи воздуха котла приводит к тому, что данные энергоагрегаты работают «в связке», что зачастую не позволяет обеспечить оптимальные режимы генерирования перегретого пара и электричества, заданных параметров и в необходимом количестве.

Весьма существенно, что высокая стоимость генерирования электрической мощности резко снижает энергоэффективность эксплуатации комплекса, чему также в немалой степени способствует значительный расход добываемых углеводородов на генерирование пара и электричества.

Техническим результатом заявленной группы изобретений является разработка комплекса, характеризующегося высокой энергоэффективностью при эксплуатации за счет использования возобновляемых экологически чистых природных источников

энергии и сведения к минимуму использование в качестве топлива для генерирования рабочего агента части добываемых углеводородов.

Указанный технический результат обеспечивается тем, что в технологическом комплексе для добычи трудноизвлекаемых углеводородов, содержащем блок водоподготовки, соединенный посредством питательного трубопровода с модулем генерирования рабочего агента, включающим первый энергоблок и нагревательный блок, выход модуля имеет возможность соединения посредством нагнетательного трубопровода с размещенной в обсадной трубе скважины колонной насосно-компрессорных труб для доставки сгенерированного рабочего агента в продуктивный пласт, а выход скважины имеет возможность соединения с сепараторным блоком для разделения доставленной на дневную поверхность многофазной углеводородной смеси, новым является то, что в качестве первого энергоблока использована солнечная тепловая станция, при этом комплекс оснащен вторым и третьим энергоблоками, а также аккумулятором тепловой энергии, подсоединенным к нагревательному блоку, а солнечная тепловая станция дополнительно подсоединена на вход аккумулятора для подпитки его сгенерированной тепловой энергией, выход второго энергоблока подведен на вход аккумулятора тепловой энергии, на вход третьего энергоблока подведен канал отвода многофазной углеводородной смеси, а его выход соединен с сепараторным блоком, при этом третий энергоблок соединен с входом второго энергоблока для подпитки его сгенерированной энергией.

В качестве второго энергоблока может быть использован оснащенный ветровым электрогенератором электрический котел.

В качестве второго энергоблока может быть использован газовый котел, к которому подведены магистрали для подачи в качестве топлива попутного газа или нефти.

В качестве второго энергоблока могут быть одновременно использованы электрический и газовый котлы, каждый из которых подсоединен на вход аккумулятора тепловой энергии.

Модуль генерирования рабочего агента может быть оснащен дополнительным энергоблоком, вход которого соединен с выходом нагревательного блока, а выход посредством нагнетательного трубопровода подсоединен к колонне насосно-компрессорных труб, причем в качестве дополнительного энергоблока может быть использован электрический котел, запитанный от третьего энергоблока или газовый котел, к которому подведены магистрали для подачи в качестве топлива попутного газа или нефти.

Комплекс может быть дополнительно оснащен емкостью для катализатора, подсоединенной к нагнетательному трубопроводу подачи сгенерированного рабочего агента в колонну насосно-компрессорных труб.

В варианте технологического комплекса новым является то, что в качестве первого энергоблока использован теплообменник, при этом комплекс оснащен вторым и третьим энергоблоками, а также аккумулятором тепловой энергии, подсоединенным к теплообменнику, выход второго энергоблока подведен на вход аккумулятора тепловой энергии, а на вход третьего энергоблока подведен канал отвода многофазной углеводородной смеси, а его выход соединен с блоком сепараторов, третий энергоблок соединен с входом второго энергоблока для подпитки его сгенерированной энергией, при этом модуль генерирования рабочего агента оснащен дополнительным энергоблоком, вход которого соединен с выходом теплообменника, а выход посредством нагнетательного трубопровода подсоединен к колонне насосно-компрессорных труб.

Разработанные комплексы относятся к объектам одного вида, одинакового

назначения и обеспечивают получение одного и того же технического результата, то есть, являются вариантами.

Сущность заявленной группы изобретений поясняется графическими материалами, на которых:

5 - на фиг. 1 - фиг. 3 схемы технологического комплекса для добычи трудноизвлекаемых углеводородов;

- на фиг. 4 - фиг. 5 схемы технологического комплекса для добычи трудноизвлекаемых углеводородов (вариант).

10 Технологический комплекс (фиг. 1, фиг. 2, фиг. 3) состоит из блока водоподготовки 1. Для обеспечения функционирования комплекса могут быть использованы различные источники воды (озера, реки, скважинная вода и пр.). Подаваемая для получения рабочего агента вода содержат разнообразные примеси, наличие которых отрицательно влияет на работоспособность узлов и агрегатов комплекса. В настоящее время существует широкая гамма оборудования, использование которой позволяет решать
15 практически любые проблемы с очисткой подаваемой на получение рабочего агента воды.

В любом случае, исполнение блока водоподготовки зависит от состава подаваемой в него воды, количества и видов примесей в ней, а также регламентированной
20 производительности комплекса. Конкретное исполнение блока водоподготовки 1 без труда определяется специалистами. Исходная вода от источника в блок водоподготовки подается по трубопроводу посредством насоса (не показаны).

В состав комплекса входит модуль генерирования рабочего агента - УСК-воды, включающий скомпонованные друг с другом первый энергоблок 2 и нагревательный блок 3 (на фиг показаны как единый блок с позициями 2 и 3).

25 Выход блока водоподготовки 1 посредством подающего трубопровода, в который встроен питательный насос 4, подсоединен к входу нагревательного блока 3, выполненного известным образом, например, в виде пучка теплообменных труб, к входному коллектору которых и подсоединен посредством подающего трубопровода выход блока водоподготовки 1. Через теплообменные трубы пропускается подаваемая
30 от блока водоподготовки вода, которая в процессе нагрева за счет тепловой энергии, вырабатываемой энергоблоком 2, постепенно доводится до параметров УСК-воды (до температуры 600-650°C).

В качестве первого энергоблока 2 использована солнечная тепловая станция, вырабатывающая тепловую энергию для обеспечения работы нагревательного блока
35 3. Для комплектации комплекса может быть использована широкая гамма таких электростанций, например, на основе линейных концентраторов энергии, таких как параболические зеркала или концентраторы Френеля, в зоне действия которых располагают теплообменные трубы нагревательного блока.

Вполне естественно, что использование для получения УСК-воды солнечной энергии
40 возможно и целесообразно на добычных скважинах, расположенных в географических районах, климатические условия которых обеспечивают достаточное количество солнечной энергии, в частности: Северная Африка (Кувейт, Египет, Алжир, Марокко); Азия (Ирак, Оман, Саудовская Аравия, ОАЭ); Северная Америка (США); Южная Америка (Чили Калама); Австралия (Алис-Спрингс, Перт).

45 Понятно, что выработка тепловой энергии на основе солнечной возможна только в светлое время суток и незначительной облачности. Поэтому, для обеспечения непрерывного функционирования комплекса, в его конструкции предусмотрено наличие аккумулятора тепловой энергии 5, обеспечивающего штатную работу модуля

генерирования рабочего агента при недостаточном количестве солнечной энергии. В качестве такового аккумулятора может быть использована широкая гамма агрегатов, в частности, выпускаемых компаниями ФРГ «Storasol storage» (сайт: storasol.com); «Frenell storage» (сайт: frenell.de) или Норвежской компанией «Energy-Nests» (сайт: energynests.com).

5 Выход аккумулятора 5 подведен к нагревательному блоку 3 для его питания тепловой энергией, а энергоблок 2 имеет возможность соединения с аккумулятором 5 для аккумуляирования в нем излишков вырабатываемой солнечной тепловой станцией в дневное время тепловой энергии.

10 Весьма существенно, что аккумулятор 5 может быть оснащен автономным энергоблоком 6 (второй энергоблок). Данный энергоблок может быть выполнен различным известным образом, например, в виде электрического или газового котла. Второй энергоблок может быть выполнен и в виде параллельно установленных и подсоединенных на вход аккумулятора 5 электрического и газового котлов ба и бб (фиг. 2). Второй энергоблок 6 может быть запитан и от ветрового электрогенератора 15 7. В качестве котлов и ветрового электрогенератора энергоблока 6 могут быть использованы стандартные агрегаты, серийно выпускаемые промышленностью.

Выходной коллектор (не показан) нагнетательного блока 3 посредством нагнетательного трубопровода (не показан), подведен на вход колонны теплоизолированных НКТ (не показана), размещенной в обсадной трубе (не показана) 20 скважины 8.

Выходная арматура скважины, через которую осуществляется доставка на дневную поверхность углеводородов в виде многофазной углеводородной смеси, подведена к третьему энергоблоку 9, выполненному, например, в виде турбины, механически соединенной с электрогенератором или в виде электростанции, в частности типа ORS 25 или KALINA. Сгенерированная в данном энергоблоке энергия может быть направлена потребителям или на энергообеспечение работы комплекса, в частности, на подпитку второго энергоблока 6.

Выход третьего энергоблока 9 соединен с сепараторным блоком 10, в котором осуществляется сепарирование поступающей многофазной углеводородной смеси на 30 целевой продукт - нефть, попутный газ, воду, твердые механические примеси породы. В качестве сепараторного блока может быть использована широкая гамма последовательно соединенных друг с другом стандартных фильтров и сепараторов, в частности, механических, для очистки многофазной смеси от механических примесей, например, песка, инерционных - для разделения очищенной от механических примесей 35 многофазной смеси на попутный газ, воду и, собственно, нефть. Конкретное конструктивное воплощение данного блока не представляет сложностей для специалистов. Часть выделенных в данном блоке попутного газа и нефти может быть направлена на питание газового котла второго энергоблока 6.

40 Естественно, что географических мест с достаточным количеством солнечной энергии для реализации на комплексе добычных технологий, использующих в качестве рабочего агента УСК-воду, немного. Поэтому приведенная выше компоновка комплекса может использоваться весьма ограниченно. Для расширения географии использования комплекса весьма целесообразно, чтобы модуль генерирования рабочего агента был 45 оснащен дополнительным (четвертым) энергоблоком 11, выполненным в виде электрического или газового котла. Питание данного энергоблока может быть осуществлено за счет сжигания сепарированного попутного газа, извлекаемой нефти (для газового котла) или использования энергии третьего энергоблока 9 (для электрического котла). При наличии в модуле генерирования рабочего агента кроме

солнечной тепловой станции 2 дополнительного энергоблока 11, эти два энергоблока установлены последовательно по направлению движения генерируемого рабочего агента, - сначала энергоблок 2, а затем энергоблок 11. При таком исполнении модуля выход нагревательного блока 3 подсоединен на водяной вход теплообменных труб котла, выход которых является выходом модуля и посредством нагнетательного трубопровода подведен на вход колонны НКТ. Использование в модуле генерирования рабочего агента дополнительного энергоблока позволяет обеспечить получение рабочего агента в два этапа, на первом из которых в нагревательном блоке 3 вода за счет тепловой энергии, вырабатываемой солнечной станцией и использованием, в случае необходимости, тепловой энергии аккумулятора 5, разогревается до температуры 250-450°C, а на втором этапе осуществляется ее донагрев до параметров УСК-воды дополнительным энергоблоком 11. Использование дополнительного энергоблока 11, имеющего характерный для котлов широкий диапазон регулирования как по количеству получаемого рабочего агента, так и по затратам энергии на его получение, позволяет обеспечить наиболее экономный режим по энергозатратам, а также уменьшить расход запасенной в аккумуляторе 5 тепловой энергии.

К нагнетательному трубопроводу может быть подведен трубопровод (позицией не обозначен) для подачи в продуктивный пласт посредством насоса 13 катализатора из емкости 14.

В варианте выполнения комплекса (фиг. 4, фиг. 5) модуль генерирования рабочего агента представляет собой два последовательно установленных энергоблока, а именно, энергоблока 2 (первый энергоблок), выполненного в виде теплообменника и дополнительного энергоблока 11 (четвертый энергоблок), выполненного в виде электрического или газового котла. Питание энергоблока 11 может быть осуществлено за счет сжигания сепарированного попутного газа, извлекаемой нефти (для газового котла) или использования энергии третьего энергоблока 9 (для электрического котла).

При таком исполнении модуля водяной вход теплообменника соединен с блоком водоподготовки 1, а выход посредством трубопровода подведен на водяной вход котла, с выхода которого сгенерированный рабочий агент - УСК-вода, по нагнетательному трубопроводу инжектируется по колонне НКТ в продуктивный пласт. В качестве теплоносителя теплообменника используется тепловая энергия (например, топочные газы) от аккумулятора тепловой энергии 5, подведенная на вход теплообменника.

В остальном компоновка данного варианта комплекса идентична компоновке описанного выше варианта его исполнения.

Конкретный вариант используемого комплекса выбирается в зависимости от того, в какой степени и соотношении имеются в наличии возобновляемые природные источники энергии (солнечная и ветровая), а также попутный газ. Если солнечная энергия неограниченно доступна в течение длительного времени, то наиболее предпочтителен вариант комплекса, представленный на фиг. 1...фиг. 3.

Если основным источником энергии является попутный газ или добываемая тяжелая нефть, то наиболее целесообразно использовать вариант комплекса, представленный на фиг. 4...фиг. 5.

Технологический комплекс может эксплуатироваться как в автоматическом, так и в ручном режиме. Для работы в автоматическом режиме он оснащается системой управления (не показана).

Блоки и агрегаты комплекса, конструкция которых не раскрыта в описании, являются известными и используются по прямому назначению.

Для транспортирования воды, рабочего агента, катализатора, целевого продукта

от скважины, его компонентов после разделения, комплекс оснащен соответствующими магистральями (трубопроводами), а также запорно-регулирующей арматурой.

Технологический комплекс работает следующим образом.

Для осуществления работы комплекса первоначально включают в работу первый энергоблок 2, ветровой электрогенератор 7 (при его наличии) и блок водоподготовки 1. Если это необходимо, в емкость 14 помещают катализатор. В качестве катализатора может быть использована широкая гамма компонентов. Так, например, в качестве катализатора может использоваться водный коллоидный раствор, содержащий микроразмерные частицы металлов, преимущественно, железа, цинка или алюминия, или их смесь. В продуктивном пласте они, реагируя с водой, трансформируются в наноразмерные частицы оксидов металлов, причем реакция проходит с выделением значительного количества теплоты, которая дополнительно разогревает продуктивный пласт. В качестве катализаторов также могут быть использованы известные специалистам компоненты, которые, при инжектировании в продуктивный пласт, вступают в реакцию с трудноизвлекаемой нефтью, трансформируя ее в более легкие фракции.

После проведения этих работ подают в нагревательный блок 3 подготовленную воду, которая разогревается, циркулируя по его теплообменным трубам, за счет генерируемого солнечной тепловой станцией тепла для ее разогрева до параметров УСК-воды.

В процессе работы тепловой солнечной станции, параллельно с разогревом воды, излишки энергии отводятся на аккумулятор 5, пополняя запасы его тепловой энергии.

В процессе работы комплекса аккумулятор 5 также может аккумулировать тепловую энергию от второго энергоблока 6, преобразующего, в зависимости от его конкретного исполнения, ветровую энергию от ветрового электрогенератора 7, тепловую энергию от газового котла, электрическую энергию от электрического котла.

В ночное время суток или при пасмурной погоде энергоснабжение нагревательного блока 3 модуля генерирования рабочего агента осуществляется полностью за счет аккумулированной в аккумуляторе 5 тепловой энергии.

В результате из подготовленной в блоке 1 воды с использованием преобразованной в тепловую солнечной энергии в нагревательном блоке 3 генерируется УСК - вода с температурой 600-650°C, которая под давлением 240-600 бар по колонне теплоизолированных НКТ инжектируется в продуктивный пласт скважины. Если это необходимо, в продуктивный пласт подаются катализаторы из емкости 14.

Полученная в продуктивном пласте многофазная углеводородная смесь, температурой примерно 340°C, отбирается из продуктивного пласта в режиме фонтанирования скважины и содержит значительное количество тепловой энергии, которая происходит частично из геотермальной и частично из тепловой энергии УСК-воды, переданной материнской породе. Из этой смеси в третьем энергоблоке 9 отбирается примерно 40-50% тепловой энергии и генерируется электрическая энергия, которые направляются потребителям или на подпитку второго энергоблока 6.

Охлажденная до температуры примерно 98-100°C многофазная углеводородная смесь с третьего энергоблока под незначительным давлением (примерно 1 бар) поступает на сепараторный блок 10, где осуществляется разделение ее на компоненты.

При эксплуатации комплекса в регионе, где имеет место дефицит солнечной энергии в модуле (фиг. 2, фиг. 3) генерируют рабочий агент в два этапа, на первом из которых, используя тепловую солнечную станцию, а также, если это необходимо, аккумулятор 5, осуществляют разогрев подготовленной воды до температуры 250-450°C, после чего

этот полуфабрикат поступает на дополнительный энергоблок 11 для донагрева, до температуры 600-650°C.

В том случае, когда недостаточно солнечной и ветровой энергии, подогрев питательной воды в блоке 3 осуществляется от аккумулятора 5, который запитывается от второго энергоблока 6, работающего в данной ситуации на сжигании попутного газа и/или нефти, или энергии от третьего энергоблока.

При работе варианта комплекса (фиг. 4, фиг. 5), поступающая в теплообменник подготовленная вода за счет теплоносителя, подаваемого от аккумулятора 5, разогревается до температуры 300-400°C и поступает на дополнительный энергоблок 11, в котором осуществляется ее донагрев до температуры 600-650°C, после чего сгенерированный рабочий агент инжектируют по колонне НКТ в продуктивный пласт. Во всем остальном, работа данного варианта комплекса аналогична приведенному выше варианту.

Использование группы изобретений позволяет повысить коэффициент извлечения углеводородов до 40-50% за счет гарантированной подачи в пласт рабочего агента с оптимальными параметрами. Весьма существенно, что при эксплуатации комплекса используются возобновляемые экологически чистые источники энергии (солнечная и ветровая) и энергия отходов (попутный газ и, в редких случаях, небольшое количество добытой нефти). Таким образом, при работе комплекса реализуется замкнутый, независимый цикл энергопотребления, который не требует никакого дополнительного внешнего источника (кроме режима запуска технологического комплекса).

В результате этого существенно повышается энергоэффективность эксплуатации комплекса, чему также способствует использование тепловой энергии извлекаемых на дневную поверхность углеводородов. Наличие автономно работающих энергоблоков позволяет обеспечить работу каждого агрегата комплекса на оптимальных энергоэффективных режимах с широким диапазоном их регулирования.

(57) Формула изобретения

1. Технологический комплекс для добычи трудноизвлекаемых углеводородов, содержащий блок водоподготовки, соединенный посредством питательного трубопровода с модулем генерирования рабочего агента, включающим первый энергоблок и нагревательный блок, выход модуля имеет возможность соединения посредством нагнетательного трубопровода с размещенной в обсадной трубе скважины колонной насосно-компрессорных труб для доставки сгенерированного рабочего агента в продуктивный пласт, а выход скважины имеет возможность соединения с сепараторным блоком для разделения доставленной на дневную поверхность многофазной углеводородной смеси, отличающийся тем, что в качестве первого энергоблока использована солнечная тепловая станция, при этом комплекс оснащен вторым и третьим энергоблоками, а также аккумулятором тепловой энергии, подсоединенным к нагревательному блоку, а солнечная тепловая станция дополнительно подсоединена на вход аккумулятора для подпитки его сгенерированной тепловой энергией, выход второго энергоблока подведен на вход аккумулятора тепловой энергии, на вход третьего энергоблока подведен канал отвода многофазной углеводородной смеси, а его выход соединен с сепараторным блоком, при этом третий энергоблок соединен с входом второго энергоблока для подпитки его сгенерированной энергией.

2. Технологический комплекс по п. 1, отличающийся тем, что в качестве второго энергоблока использован электрический котел.

3. Технологический комплекс по п. 2, отличающийся тем, что он оснащен ветровым

электрогенератором, подсоединенным к электрическому котлу.

4. Технологический комплекс по п. 1, отличающийся тем, что в качестве второго энергоблока использован газовый котел.

5 5. Технологический комплекс по п. 4, отличающийся тем, что к газовому котлу второго энергоблока подведены магистрали для подачи в качестве топлива попутного газа или нефти.

6. Технологический комплекс по п. 1, отличающийся тем, что в качестве второго энергоблока использованы электрический и газовый котлы, каждый из которых подсоединен на вход аккумулятора тепловой энергии.

10 7. Технологический комплекс по п. 1, отличающийся тем, что модуль генерирования рабочего агента оснащен дополнительным энергоблоком, вход которого соединен с выходом нагревательного блока, а выход посредством трубопровода подсоединен к колонне насосно-компрессорных труб.

15 8. Технологический комплекс по п. 7, отличающийся тем, что в качестве дополнительного энергоблока использован электрический котел, запитанный от третьего энергоблока.

9. Технологический комплекс по п. 7, отличающийся тем, что в качестве дополнительного энергоблока использован газовый котел.

20 10. Технологический комплекс по п. 9, отличающийся тем, что к газовому котлу дополнительного энергоблока подведены магистрали для подачи в качестве топлива попутного газа или нефти.

11. Технологический комплекс по п. 1, отличающийся тем, что он оснащен емкостью для катализатора, подсоединенной к нагнетательному трубопроводу подачи сгенерированного рабочего агента в колонну насосно-компрессорных труб.

25 12. Технологический комплекс для добычи трудноизвлекаемых углеводородов, содержащий блок водоподготовки, соединенный посредством питательного трубопровода с модулем генерирования рабочего агента, включающим первый энергоблок, выход модуля имеет возможность соединения посредством нагнетательного трубопровода с размещенной в обсадной трубе скважины колонной насосно-компрессорных труб для доставки сгенерированного рабочего агента в продуктивный
30 пласт, а выход скважины имеет возможность соединения с сепараторным блоком для разделения доставленной на дневную поверхность многофазной углеводородной смеси, отличающийся тем, что в качестве первого энергоблока использован теплообменник, при этом комплекс оснащен вторым и третьим энергоблоками, а также аккумулятором
35 тепловой энергии, подсоединенным к теплообменнику, выход второго энергоблока подведен на вход аккумулятора тепловой энергии, а на вход третьего энергоблока подведен канал отвода многофазной углеводородной смеси, а его выход соединен с блоком сепараторов, третий энергоблок соединен с входом второго энергоблока для подпитки его сгенерированной энергией, при этом модуль генерирования рабочего
40 агента оснащен дополнительным энергоблоком, вход которого соединен с выходом теплообменника, а выход посредством нагнетательного трубопровода подсоединен к колонне насосно-компрессорных труб.

13. Технологический комплекс по п. 12, отличающийся тем, что в качестве второго энергоблока использован электрический котел.

45 14. Технологический комплекс по п. 13, отличающийся тем, что он оснащен ветровым электрогенератором, подсоединенным к электрическому котлу.

15. Технологический комплекс по п. 12, отличающийся тем, что в качестве второго энергоблока использован газовый котел.

16. Технологический комплекс по п. 15, отличающийся тем, что к газовому котлу второго энергоблока подведены магистрали для подачи в качестве топлива попутного газа или нефти.

5 17. Технологический комплекс по п. 12, отличающийся тем, что в качестве второго энергоблока использованы электрический и газовый котлы, каждый из которых подсоединен на вход аккумулятора тепловой энергии.

18. Технологический комплекс по п. 12, отличающийся тем, что в качестве дополнительного энергоблока использован электрический котел, запитанный от третьего энергоблока.

10 19. Технологический комплекс по п. 12, отличающийся тем, что в качестве дополнительного энергоблока использован газовый котел.

20. Технологический комплекс по п. 19, отличающийся тем, что к газовому котлу дополнительного энергоблока подведены магистрали для подачи в качестве топлива попутного газа или нефти.

15 21. Технологический комплекс по п. 12, отличающийся тем, что он оснащен емкостью для катализатора, подсоединенной к нагнетательному трубопроводу подачи сгенерированного рабочего агента в колонну насосно-компрессорных труб.

20

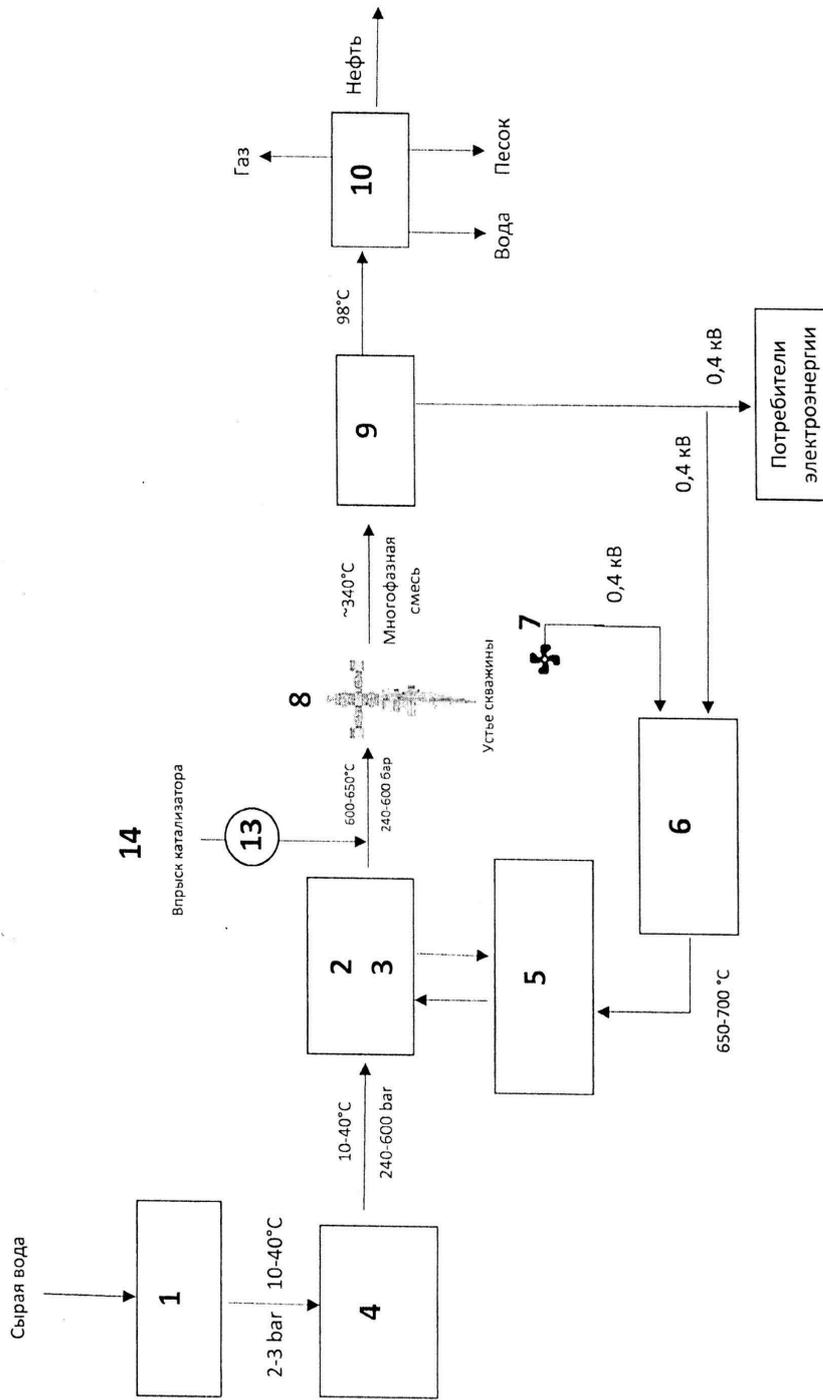
25

30

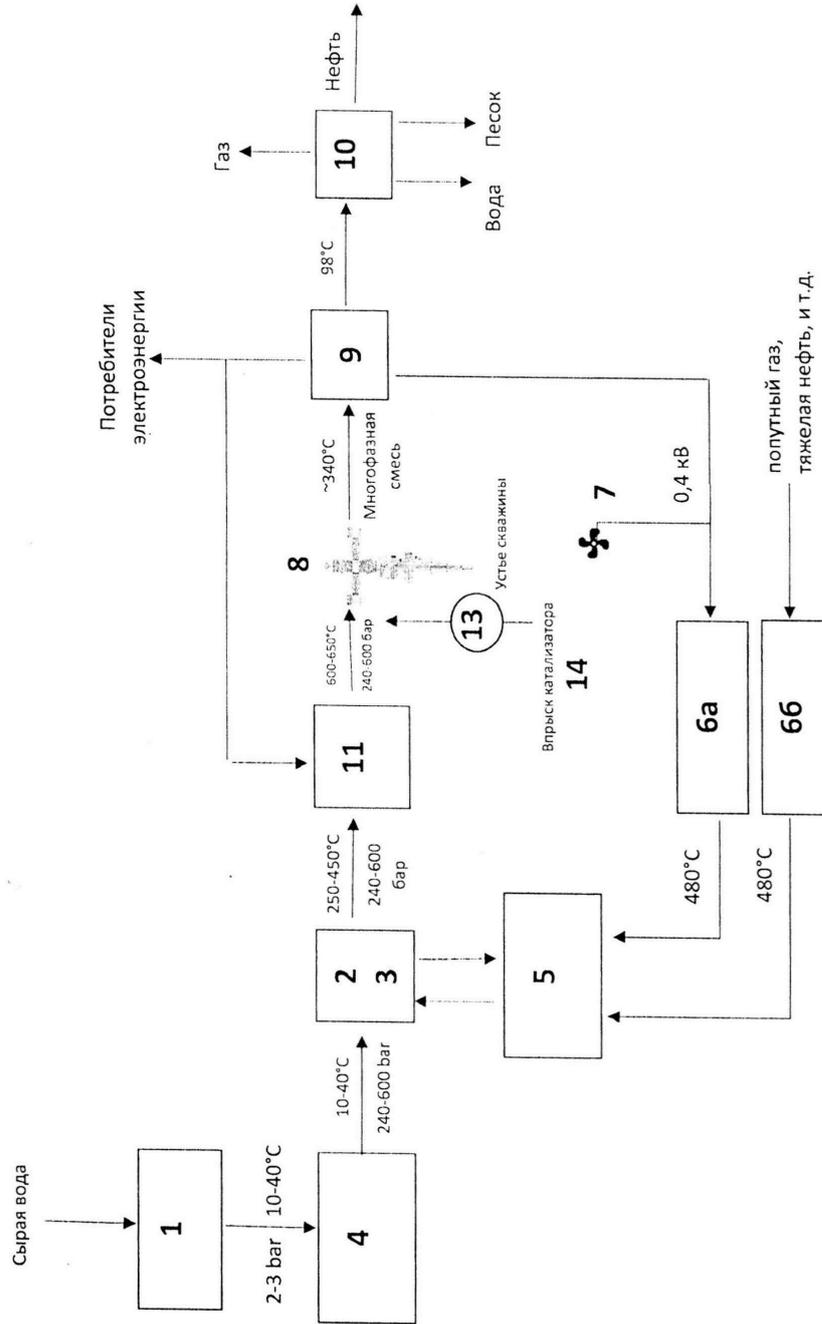
35

40

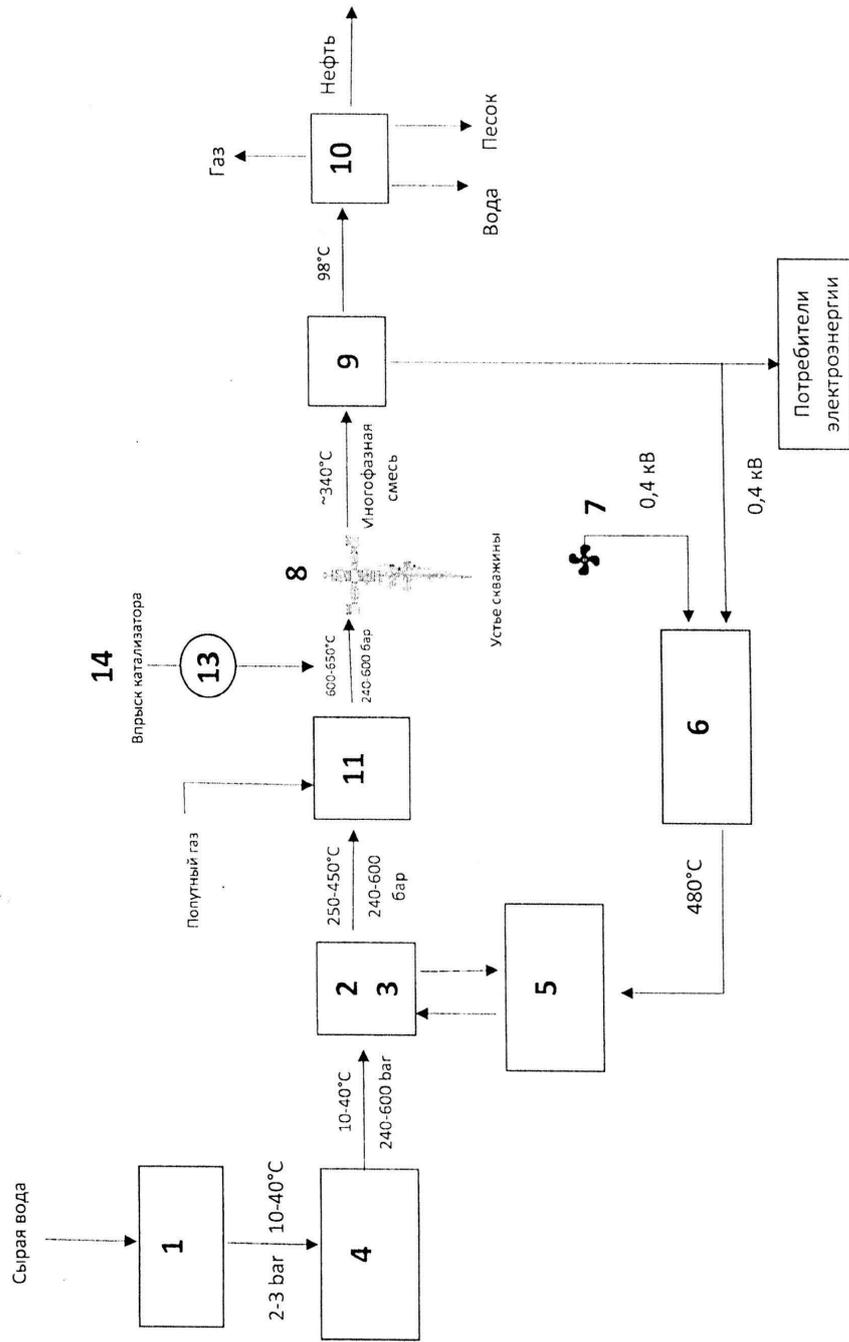
45



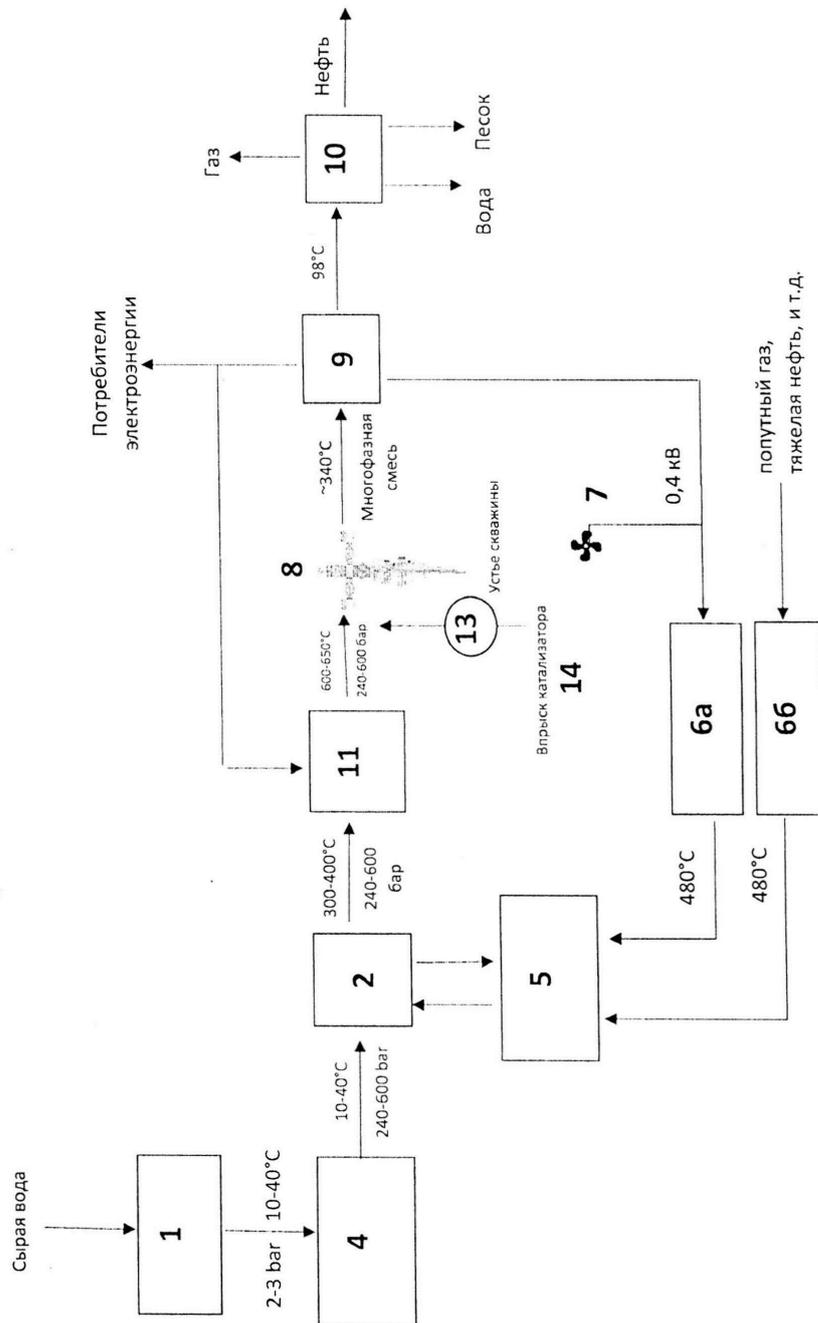
Фиг. 1



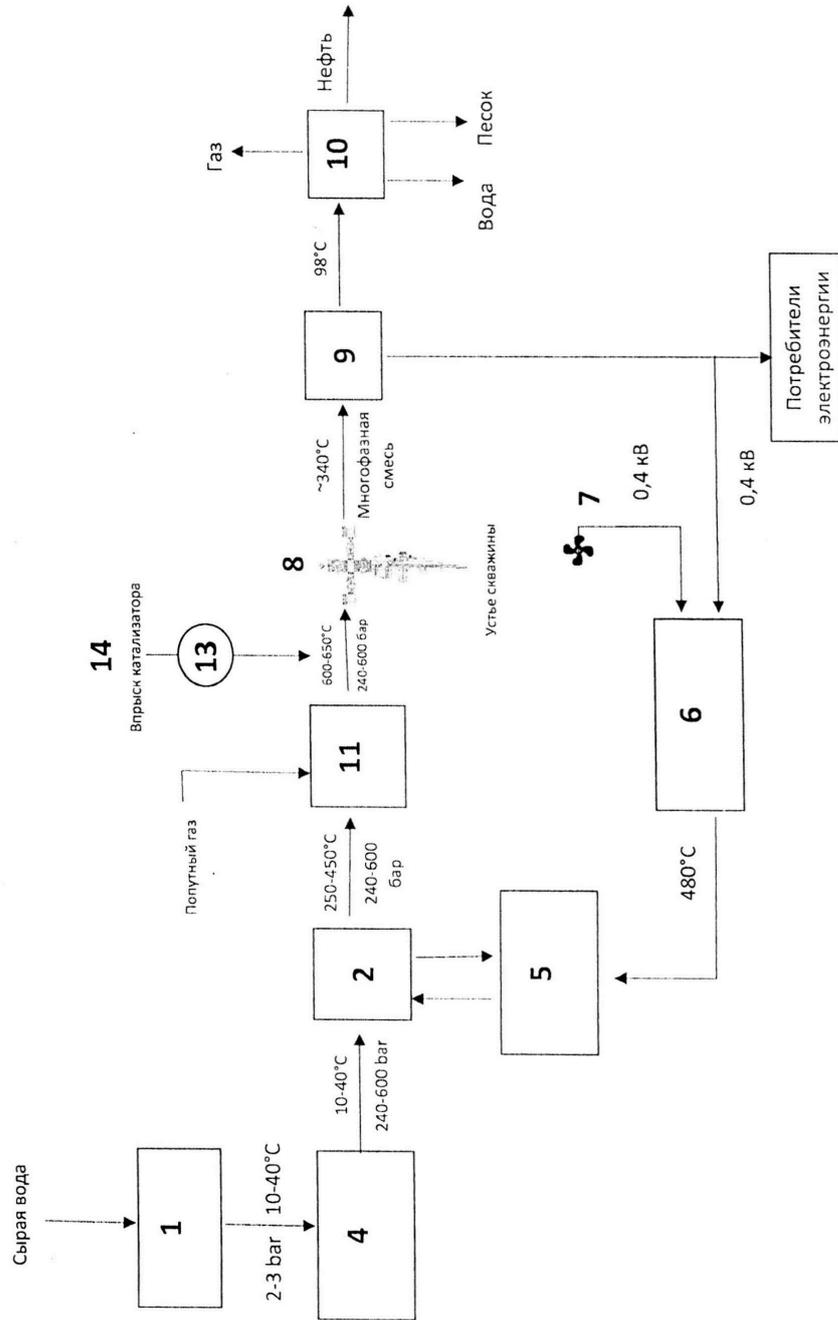
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5