

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(21) **202391312** (13) **A1**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ**

(43) Дата публикации заявки  
**2023.09.06**

(51) Int. Cl. **F03G 7/04** (2006.01)

(22) Дата подачи заявки  
**2020.11.30**

**(54) УЛУЧШЕНИЯ, КАСАЮЩИЕСЯ ДОБЫЧИ УГЛЕВОДОРОДОВ**

(86) **PCT/GB2020/053072**

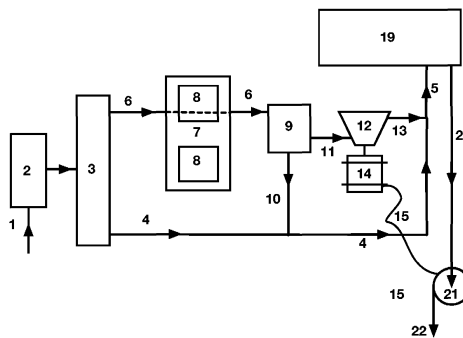
(74) Представитель:

(87) **WO 2021/105725 2021.06.03**

**Нилова М.И. (RU)**

(71)(72) Заявитель и изобретатель:  
**ПАРКЕР ДЖУЛИАН; КРИСТЕН  
АНДРЕ ДОУСОН (GB)**

(57) Способ обеспечения совершения работы добываемыми сырыми углеводородными флюидами высокого давления для получения энергии для очистки газа и утилизации загрязняющих веществ. В этом способе добываемые из скважины сырые углеводородные флюиды высокого давления поступают по трубопроводу (1), выполняется регулировка их давления посредством подавателя (2), происходит разделение флюидов на газовую и жидкую фазы с помощью сепаратора (3), газовые фазы проходят через фильтр (7) твердых частиц, затем через сепаратор жидкости (2), а затем газовые фазы проходят через устройство-преобразователь (12) совершаемой работы для извлечения энергии из совершаемой работы. В результате совершения работы может вращаться электрический генератор (14) или насос. Загрязняющие вещества, такие как CO<sub>2</sub>, могут быть отделены с помощью другой очистной установки (19), направляться по трубопроводу (20) и утилизироваться под землей, проходя через скважины и трубопровод (22), при этом насос приводится в движение непосредственно от устройства-преобразователя (12) совершаемой работы, или отдельные насосы (21) работают от электроэнергии, вырабатываемой генератором (14) и распределяемой по кабелю (15).



**202391312**  
**A1**

**202391312**  
**A1**

## УЛУЧШЕНИЯ, КАСАЮЩИЕСЯ ДОБЫЧИ УГЛЕВОДОРОДОВ

Настоящее изобретение относится к способам обеспечения совершения работы добываемыми сырыми углеводородными флюидами высокого давления для получения энергии для очистки газа и/или утилизации загрязняющих веществ.

Залежи жидких и газообразных углеводородов расположены по всему миру в различных геологических условиях и часто имеют уникальный химический состав углеводородов и неуглеводородов. Такие залежи углеводородов иногда могут скапливаться в пористых геологических структурах, называемых пластами-коллекторами, из которых локально концентрированные флюиды и газы могут быть извлечены через одну или несколько скважин, пробуренных таким образом, чтобы соединить поверхность с пластом-коллектором. Для компаний, занимающихся добычей углеводородов, наиболее экономически привлекательными месторождениями углеводородов являются те, которые содержат наиболее ценные углеводородные фракции и представляют наименьшие технические проблемы для добычи, с наименьшими уровнями содержания загрязнителей. Пласты-коллекторы с низкими уровнями содержания загрязнителей и их содержимое в отрасли добычи углеводородов часто называют «сладкими запасами».

Часто характер месторождения углеводородов не может быть установлен до бурения, и только после бурения скважины можно полностью установить истинную экономическую ценность пласта-коллектора. Факторы, влияющие на экономическую эффективность любого месторождения, помимо фактически присутствующих углеводородов, включают в себя все те факторы, которые

усложняют добычу и переработку содержащего пласта-коллектора. Такие факторы включают, но не ограничиваются перечисленными: повышенные температуры и давления в пласте-коллекторе и присутствие загрязняющих примесей в добытых углеводородах. После отбора проб из вновь подтвержденного пласта-коллектора принимается решение, является ли добыча из пласта-коллектора экономически целесообразной. В прошлом многие пласты-коллекторы углеводородов были обойдены вниманием, а от планов добычи отказывались в пользу лучших залежей, где доходность инвестиций и затраты на добычу могли принести большую прибыль, поскольку температуры были ниже, а чистота полезного ископаемого выше.

Однако по мере увеличения стоимости углеводородов и истощения запасов экономическая целесообразность разработки отдельных пластов-коллекторов может измениться. Одним из классов пластов-коллекторов, который традиционно считался менее желательным с экономической точки зрения, являются кислые пласты-коллекторы, также известные как сероводородные пласты-коллекторы. В пластах-коллекторах этого класса углеводороды загрязнены такими соединениями, как сероводород и углекислый газ, причем присутствует либо одно из веществ, либо их комбинация. Присутствие этих соединений усложняет добычу, и они должны быть удалены с поверхности, чтобы углеводороды имели какую-либо экономическую ценность.

Для очистки от примесей углеводороды подвергают обработке, называемой обессериванием, в результате которой удаляется большая часть нежелательных примесей. Затем загрязняющие вещества могут быть дополнительно переработаны в товарные продукты или закачаны обратно в подземные пласты для хранения или содействия в добыче углеводородов. Существует несколько

различных методов обессеривания углеводородов, но независимо от используемого способа этот метод очистки всегда требует больших затрат энергии. Затраты энергии на извлечение нежелательных и экономически непривлекательных загрязняющих веществ, в свою очередь, снижают экономическую отдачу и финансовую привлекательность месторождения углеводородов и увеличивают углеродный след любых добытых углеводородов по сравнению с месторождениями углеводородов с более низким содержанием загрязнителей. Кроме того, из-за высокой коррозионной природы загрязняющих веществ в газе часто требуется очистка на месте добычи. В дополнение к загрязненному углеводороду некоторые кислые или сероводородсодержащие залежи могут представлять дополнительные проблемы экономического характера из-за температуры и давления в пласте-коллекторе. Многие такие залежи могут быть классифицированы как имеющие более высокое, чем обычно, внутреннее давление или более высокие, чем обычно, температуры либо, как часто бывает, и более высокие температуры, и более высокие давления. Эти повышенные показатели пластовых условий влияют на инженерные решения, необходимые для извлечения углеводородов, что, в свою очередь, также определяет экономическую эффективность месторождения углеводородов.

По мере того, как глобальные запасы углеводородов истощаются, а стоимость углеводородов в денежном выражении увеличивается, появляются финансовые и политические стимулы для разработки месторождений, которые ранее считались менее предпочтительными. Кроме того, некоторые страны, беспокоясь об энергетической безопасности, приходят к выводу о том, что добыча из расположенных на собственной территории кислых или сероводородсодержащих пластов-коллекторов становится все более привлекательной, несмотря на

экономические недостатки. Как указывалось выше, существуют способы извлечения и получения кислых и сероводородсодержащих углеводородов, а также способы обработки полученных углеводородов после извлечения, однако стоимость извлечения и обработки выше, чем у более чистых и менее проблемных запасов углеводородов, как в финансовом смысле, так и с точки зрения углеродного следа. Поэтому необходимо разработать способ компенсации энергии, используемой на этапах добычи, обработки и утилизации отходов при успешной добыче из месторождений сернистого газа, чтобы сделать такую разработку месторождений более экономически эффективной и максимально снизить углеродный след. Существует также растущее общественное давление, направленное на то, чтобы избежать выбросов извлеченного CO<sub>2</sub>, что в настоящее время является стандартной практикой в нефтегазовой отрасли, поскольку огромные объемы ежедневно выбрасываются из месторождений сернистого газа.

В соответствии с аспектом настоящего изобретения предлагается способ рекуперации энергии в системе добычи природного газа, включающий

Извлечение природного газа из подземного пласта-коллектора природного газа

Пропускание указанного газа через сепаратор избыточного давления

Разделение жидкой и газовой фаз

Фильтрацию потока газовой фазы для удаления увлеченных твердых частиц

Сушку газовой фазы

Пропускание газовой фазы через устройство-преобразователь совершаемой работы для преобразования газовой фазы высокого давления и высокой температуры в газовую фазу более низкого давления и более низкой температуры и, таким образом, выработки энергии.

Настоящее изобретение использует собственную потенциальную и тепловую энергию флюидов высокого давления и высокой температуры (НРНТ), обнаруживаемых, например, в месторождениях сернистого газа и месторождениях бессернистого газа. В известных системах энергия «теряется» через выпускные клапаны.

Подземный пласт-коллектор природного газа предпочтительно представляет собой пласт-коллектор высокого давления и высокой температуры. Пласты-коллекторы НРНТ обычно имеют начальное пластовое давление около 10 000 фунтов на кв. дюйм абс. (690 бар абс.) и пластовую температуру около 300 °F (149 °C). Настоящее изобретение также может быть использовано в случае пластов-коллекторов сверхвысоких давления и температуры и/или пластов-коллекторов с более низким давлением и температурой, в которых требуется противовыбросный превентор.

Подземный пласт-коллектор природного газа может иметь давление по меньшей мере 7500 фунтов на квадратный дюйм и температуру по меньшей мере 100 °C.

Природный газ может быть бессернистым газом или кислым/сернистым газом. Бессернистый газ — это природный газ с содержанием загрязнителей от незначительного до полного их отсутствия, в то время как кислый/сернистый газ — это природный газ, содержащий углекислый газ или сероводород, хотя обычно в загрязненных пластах-коллекторах содержатся они оба.

Природный газ может содержать любое одно или большее количество веществ из следующих: углеводороды, метан, сверхгорячий минеральный раствор,  $\text{CO}_2$ , сверхкритическая вода.

Сверхкритическая вода может быть газом при поверхностном давлении, а такие газы как  $\text{CO}_2$  могут находиться под высоким давлением в жидкой фазе или даже в твердом состоянии.

Устройство-преобразователь совершаемой работы получает флюиды под высоким давлением и высокой температурой, подает флюиды с более низким давлением и температурой ниже по потоку и, таким образом, вырабатывает энергию, которая может быть использована в других системах.

Устройство-преобразователь совершаемой работы может содержать любые элементы для преобразования изменений давления, например, в электрическую энергию.

Устройство-преобразователь совершаемой работы может содержать турбодетандер.

Турбодетандер представляет собой центробежную или осевую турбину, в которой газ под высоким давлением расширяется, выполняя работу.

Процесс расширения считается изоэнтропным, так как в ходе него совершается работа. Это означает, что ниже по потоку от устройства-преобразователя совершаемой работы могут наблюдаться очень низкие температуры, ниже, чем в

случаях использования устройства с клапанами Джоуля-Томсона (JT) при сопоставимых соотношениях давлений.

Работа (или мощность на валу), создаваемая турбодетандерной установкой, может использоваться либо для обеспечения энергией вспомогательного компрессора (турбодетандер), либо для выработки электроэнергии (турбогенератор).

Предпочтительно способ включает этап предварительной обработки для удаления твердых частиц и жидкостей из входящего потока флюида.

Присутствие твердых веществ и/или жидкостей (более приближ. 5% об/об) может вызвать серьезные проблемы с эксплуатацией и целостностью. К ним относятся эрозия рабочего колеса, входной направляющей заслонки и корпуса, а также возможность накопления в уплотнениях и за рабочим колесом.

Преимущество заключается в том, что выше по потоку относительно устройства-преобразователя совершаемой работы выполняется фильтрация для уменьшения содержания загрязняющих частиц до размера около 2–3 мкм в диаметре.

Преимуществом также является разделение жидкостей выше по потоку относительно устройства-преобразователя совершаемой работы для отделения капель жидкости от сырьевого газа и/или уменьшения их объема. Капли жидкости могут вызывать снижение эффективности детандера, которое ускоряется вследствие эрозии, вызываемой каплями жидкости в сырьевом газе.

В соответствии с другим аспектом предложена система рекуперации энергии подземного пласта-коллектора природного газа, содержащая:



устройство защиты от избыточного давления, способное сообщаться по текучей среде с пластом-коллектором природного газа,  
сепаратор для отделения жидкой фазы от газовой,  
фильтрующую систему для отделения увлеченных твердых частиц, содержащую по меньшей мере один фильтрующий блок, очищающий газовую фазу,  
средство для сушки газовой фазы,  
по меньшей мере одно устройство-преобразователь совершаемой работы для рекуперации энергии из газовой фазы.

Устройство-преобразователь совершаемой работы может получать флюиды под высоким давлением и высокой температурой, подавать флюиды с более низким давлением и температурой ниже по потоку и, таким образом, вырабатывать энергию, которая может быть использована в других системах.

Компоненты системы могут последовательно сообщаться по текучей среде с аналогичными компонентами выше и/или ниже по потоку.

По меньшей мере, одно устройство-преобразователь совершаемой работы может быть, в свою очередь, соединено со средствами для использования рекуперированной энергии.

Средства для использования рекуперированной энергии могут включать компрессорный насос, электрический генератор и/или геотермальный двигатель.

Произведенная электроэнергия может использоваться для очистки газообразного углеводорода и/или питания секвестрационных насосов для подземной утилизации загрязняющих веществ, таких как углекислый газ.

Устройство-преобразователь совершаемой работы может сообщаться по текучей среде с трубопроводом для добываемых флюидов, так что газовая фаза может смешиваться в нем.

Смешанная газовая и жидкая фазы могут поступать на аммиачную очистную установку, в которой сероводород и углекислый газ могут быть удалены из газовой фазы углеводорода.

Как правило, водная аммиачная очистная установка работает при более низком давлении, чем другие установки для очистки газа, что позволяет, в одном варианте осуществления, вырабатывать больше электроэнергии, например, за счет процесса, описанного выше.

В одном варианте осуществления устройство-преобразователь совершаемой работы соединено с компрессорным насосом для обеспечения его энергией и может использоваться для закачки углекислого газа и/или других загрязняющих веществ под землю для секвестрации или для сжатия газообразного углеводорода для транспортировки сжиженного нефтяного газа (LPG).

В одном варианте осуществления устройство-преобразователь совершаемой работы соединено с очистной установкой, в которой сероводород и углекислый газ могут быть удалены из газовой фазы углеводорода. Углекислый газ может быть

выделен и подан в секвестрационный насос, который может получать электропитание от расположенного выше по потоку электрогенератора. Углекислый газ может транспортироваться глубоко под землю.

Способ по настоящему изобретению может снизить затраты на энергию и уменьшить выделение CO<sub>2</sub>, связанное с удалением и дальнейшей переработкой H<sub>2</sub>S и CO<sub>2</sub> из пластов-коллекторов кислых и сероводородсодержащих углеводородов, обеспечивая при этом энергию для секвестирования под землей захваченного CO<sub>2</sub> и любых других нежелательных загрязнителей вместо выброса их в атмосферу. Описанное в данном документе изобретение дополнительно обеспечивает возможность производства новых экономически полезных продуктов, если это необходимо. Предпочтительно, чтобы процесс очистки углеводородных продуктов для транспортировки с месторождения и вся вспомогательная обработка от загрязняющих веществ в максимально возможной степени осуществлялись за счет использования физических свойств находящегося в скважине и добываемого содержимого пласта-коллектора для совершения работы, которая, в свою очередь, может использоваться для приведения в действие установки и осуществления необходимых процессов без потребления каких-либо полученных углеводородов.

Газы и флюиды, включая связанную воду, добываемые из пласта-коллектора с кислым или сернистым газом, могут иметь значительно более высокие температуру и давление по сравнению с условиями на поверхности. Эта разница в температуре и давлении между пластом-коллектором и входным давлением, необходимым для очистки, указывает на наличие значительного потенциала расширения добываемых флюидов и газов. Таким образом, указанный потенциал расширения может использоваться для работы устройств-преобразователей совершаемой

работы для совершения работы, которая в конечном итоге может использоваться для генерирования электроэнергии, как это осуществляется в широко распространенных генераторах электроэнергии на основе сжигания топлива. Однако, в отличие от генерирования электроэнергии на основе сжигания топлива, в котором расширение достигается путем впрыска и сгорания очищенного углеводорода, добываемые на месторождении сернистого газа флюиды/газ являются химически агрессивными, многофазными и могут содержать нефть, воду и отложения из пласта-коллектора. Поэтому, чтобы использовать совершаемую работу, газовую фазу необходимо отделить и отфильтровать, сохраняя при этом потенциал расширения, необходимый для совершения работы, но с умеренным давлением, которое может выдержать система.

Далее настоящее изобретение будет описано исключительно в качестве примера и со ссылкой на сопроводительные графические материалы, в которых:

На Фиг. 1 проиллюстрированы этапы способа, включая производство электроэнергии.

На Фиг. 2 проиллюстрированы этапы способа, включая производство электроэнергии и водную аммиачную установку для очистки газа.

На Фиг. 3 проиллюстрированы этапы способа, включая компрессорный элемент для секвестрации CO<sub>2</sub> или сжатия LPG.

На Фиг. 4 проиллюстрированы этапы способа, включая производство электроэнергии, установку для очистки газа, секвестрацию CO<sub>2</sub> и т. д., отделенных от углеводородов.

На Фиг. 5 проиллюстрирован турбодетандер в соответствии с настоящим изобретением.

На Фиг. 1 трубопровод высокого давления или 1, по которому поступает добываемый поток из газовой скважины или скважин, пробуренных в глубокий углеводородный пласт-коллектор, соединен с устройством 2 защиты от избыточного давления, задающим максимальное давление флюида, который может поступать за пределы устройства 2 защиты, и ограничивает давление значением, совместимым с последующими этапами способа. Устройство 2 защиты от избыточного давления соединено трубопроводом с объемным сепаратором 3, выполняющим грубое отделение жидких фаз от газовых, при этом жидкие фазы обходят остальную часть системы по трубопроводу 4, чтобы затем смешаться с остальными фазами продукции скважины в трубопроводе 5. Газовые фазы проходят дальше по трубопроводу 6 в фильтрующую систему 7, которая удаляет увлеченные твердые частицы и содержит множество выбираемых фильтровальных блоков 8, обеспечивающих возможность переключения и очистки без ограничения непрерывного потока газовых фаз. Затем отфильтрованные газовые фазы проходят дальше по трубопроводу 6 к конечному сепаратору 9, чтобы обеспечить полное осушение газовых фаз. Отделенные жидкие фазы проходят по трубопроводу 10, чтобы в конечном итоге попасть в трубопровод 5, на этом чертеже — через соединяющий трубопровод 4. Сухие и чистые газовые фазы под высоким давлением проходят по трубопроводу 11 в один или большее количество

устройств-преобразователей 12 совершаемой работы перед тем, как выйти в трубопровод 13 при более низком давлении, чем на входе. Трубопровод 13 соединен с трубопроводом 5 для смешивания с остальными добываемыми флюидами в трубопроводе 5. Каждое устройство-преобразователь 12 совершаемой работы соединено с электрическим генератором 14. Производимая электроэнергия передается по кабелю 15 и может использоваться для любых целей, но предпочтительнее для очистки газообразного углеводорода и электропитания секвестрационных насосов для подземной утилизации загрязняющих веществ, таких как углекислый газ. Весь этот процесс от устья скважины до его завершения протекает при очень высоком давлении, при высоких температурах и может содержать опасные газы, такие как  $H_2S$ ,  $CH_4$  и т. д., поэтому безопасность имеет первостепенное значение. Множество регулирующих клапанов, запорных клапанов, датчиков давления, датчиков температуры, датчиков уровня, датчиков газа и системы аварийного отключения (и электрификации) необходимы для безопасной работы, но они не показаны в графических материалах для наглядности.

На Фиг. 2 трубопровод высокого давления или 1, по которому поступает добываемый поток из газовой скважины или скважин, пробуренных в глубокий углеводородный пласт-коллектор, соединен с устройством 2 защиты от избыточного давления, задающим максимальное давление флюида, который может поступать за пределы устройства 2 защиты, и ограничивает давление значением, совместимым с последующими этапами способа. Устройство 2 защиты от избыточного давления соединено трубопроводом с объемным сепаратором 3, выполняющим грубое отделение жидких фаз от газовых, при этом жидкие фазы обходят остальную часть системы по трубопроводу 4, чтобы затем смешаться с

остальными фазами продукции скважины в трубопроводе 5. Газовые фазы проходят дальше по трубопроводу 6 в фильтрующую систему 7, которая удаляет увлеченные твердые частицы и содержит множество выбираемых фильтровальных блоков 8, обеспечивающих возможность переключения и очистки без ограничения непрерывного потока газовых фаз. Затем отфильтрованные газовые фазы проходят дальше по трубопроводу 6 к конечному сепаратору 9, чтобы обеспечить полное осушение газовых фаз. Отделенные жидкие фазы проходят по трубопроводу 10, чтобы в конечном итоге попасть в трубопровод 5, на этом чертеже — через соединяющий трубопровод 4. Сухие и чистые газовые фазы под высоким давлением проходят далее по трубопроводу 11 в один или большее количество устройств-преобразователей 12 совершаемой работы перед тем, как выйти в трубопровод 13 при более низком давлении, чем на входе. Трубопровод 13 соединен с трубопроводом 5 для смешивания с остальными добываемыми флюидами в трубопроводе 5. Каждое устройство-преобразователь 12 совершаемой работы соединено с электрическим генератором 14. Производимая электроэнергия передается по кабелю 15 и может использоваться для любых целей, но предпочтительнее для очистки газообразного углеводорода и электропитания секвестрационных насосов для подземной утилизации загрязняющих веществ, таких как углекислый газ. Трубопровод 5 проходит к водной аммиачной очистной установке 17, в которой сероводород ( $H_2S$ ) и углекислый газ удаляются из газообразного углеводорода. Водная аммиачная очистная установка 17 работает при более низком давлении, чем другие установки для очистки газа, что позволяет вырабатывать больше электроэнергии в результате осуществления описанного выше способа.

Весь этот процесс от устья скважины до его завершения протекает при очень высоком давлении, при высоких температурах и может содержать опасные газы, такие как  $H_2S$ ,  $CH_4$  и т. д., поэтому безопасность имеет первостепенное значение. Множество регулирующих клапанов, запорных клапанов, датчиков давления, датчиков температуры, датчиков уровня, датчиков газа и системы аварийного отключения (и электрификации) необходимы для безопасной работы, но они не показаны в графических материалах для наглядности.

На Фиг. 3 трубопровод высокого давления или 1, по которому поступает добываемый поток из газовой скважины или скважин, пробуренных в глубокий углеводородный пласт-коллектор, соединен с устройством 2 защиты от избыточного давления, задающим максимальное давление флюида, который может поступать за пределы устройства 2 защиты, и ограничивает давление значением, совместимым с последующими этапами способа. Устройство 2 защиты от избыточного давления соединено трубопроводом с объемным сепаратором 3, выполняющим грубое отделение жидких фаз от газовых, при этом жидкие фазы обходят остальную часть системы по трубопроводу 4, чтобы затем смешаться с остальными фазами продукции скважины в трубопроводе 5. Газовые фазы проходят дальше по трубопроводу 6 в фильтрующую систему 7, которая удаляет увлеченные твердые частицы и содержит множество выбираемых фильтровальных блоков 8, обеспечивающих возможность переключения и очистки без ограничения непрерывного потока газовых фаз. Затем отфильтрованные газовые фазы проходят дальше по трубопроводу 6 к конечному сепаратору 9, чтобы обеспечить полное осушение газовых фаз. Отделенные жидкие фазы проходят по трубопроводу 10, чтобы в конечном итоге попасть в трубопровод 5, на этом чертеже — через соединяющий трубопровод 4. Сухие и чистые газовые фазы под



высоким давлением проходят далее по трубопроводу 11 в один или большее количество устройств-преобразователей 12 совершаемой работы перед тем, как выйти в трубопровод 13 при более низком давлении, чем на входе. Трубопровод 13 соединен с трубопроводом 5 для смешивания с остальными добываемыми флюидами в трубопроводе 5. Каждый устройство-преобразователь 12 совершаемой работы соединено с компрессорным насосом 18. Компрессорный насос 18 может использоваться для закачки CO<sub>2</sub> и других загрязняющих веществ в подземные пласты для секвестрации или для сжатия газообразного углеводорода для транспортировки LPG.

Весь этот процесс от устья скважины до его завершения протекает при очень высоком давлении, при высоких температурах и может содержать опасные газы, такие как H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub> и т. д., поэтому безопасность имеет первостепенное значение. Множество регулирующих клапанов, запорных клапанов, датчиков давления, датчиков температуры, датчиков уровня, датчиков газа и системы аварийного отключения (и электрификации) необходимы для безопасной работы, но они не показаны в графических материалах для наглядности.

На Фиг. 4 трубопровод высокого давления или 1, по которому поступает добываемый поток из газовой скважины или скважин, пробуренных в глубокий углеводородный пласт-коллектор, соединен с устройством 2 защиты от избыточного давления, задающим максимальное давление флюида, который может поступать за пределы устройства 2 защиты, и ограничивает давление значением, совместимым с последующими этапами способа. Устройство 2 защиты от избыточного давления соединено трубопроводом с объемным сепаратором 3, выполняющим грубое отделение жидких фаз от газовых, при этом жидкие фазы

обходят остальную часть системы по трубопроводу 4, чтобы затем смешаться с остальными фазами продукции скважины в трубопроводе 5. Газовые фазы проходят дальше по трубопроводу 6 в фильтрующую систему 7, которая удаляет увлеченные твердые частицы и содержит множество выбираемых фильтровальных блоков 8, обеспечивающих возможность переключения и очистки без ограничения непрерывного потока газовых фаз. Затем отфильтрованные газовые фазы проходят дальше по трубопроводу 6 к конечному сепаратору 9, чтобы обеспечить полное осушение газовых фаз. Отделенные жидкие фазы проходят далее по трубопроводу 10, чтобы в конечном итоге попасть в трубопровод 5, на этом чертеже — через соединяющий трубопровод 4. Сухие и чистые газовые фазы под высоким давлением проходят далее по трубопроводу 11 в один или большее количество устройств-преобразователей 12 совершаемой работы перед тем, как выйти в трубопровод 13 при более низком давлении, чем на входе. Трубопровод 13 соединен с трубопроводом 5 для смешивания с остальными добываемыми флюидами в трубопроводе 5. Каждое устройство-преобразователь 12 совершаемой работы соединено с электрическим генератором 14. Производимая электроэнергия передается по кабелю 15 и может использоваться для любых целей, но предпочтительнее для очистки газообразного углеводорода и электропитания секвестрационных насосов для подземной утилизации загрязняющих веществ, таких как углекислый газ. Трубопровод 5 проходит к очистной установке 19, в которой сероводород ( $H_2S$ ) и углекислый газ удаляются из газообразного углеводорода. Отделенный  $CO_2$  поступает в трубопровод 20 и в секвестрационный насос 21, который может получать электропитание от генератора 14 по кабелю 15. Затем  $CO_2$  направляется глубоко под землю через скважину 22.

На Фиг. 5 проиллюстрирован турбодетандер 100 в соответствии с настоящим изобретением в поперечном сечении. Газ высокого давления (ВД) 102 подают на вход 104 корпуса 106 турбодетандера 100. Турбодетандер 100 имеет турбину 108, установленную на валу 110, который размещен с возможностью вращения внутри корпуса турбодетандера. Когда газ высокого давления поступает в расширительную камеру 112, происходит вращение турбины, которая, в свою очередь, вращает вал, что можно использовать, например, для выработки электроэнергии. Газ 114 низкого давления (НД) выходит из расширительной камеры и турбодетандера.

Весь этот процесс от устья скважины до его завершения протекает при очень высоком давлении, при высоких температурах и может содержать опасные газы, такие как  $H_2S$ ,  $CH_4$  и т. д., поэтому безопасность имеет первостепенное значение. Множество регулирующих клапанов, запорных клапанов, датчиков давления, датчиков температуры, датчиков уровня, датчиков газа и системы аварийного отключения (и электрификации) необходимы для безопасной работы, но они не показаны в графических материалах для наглядности.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ рекуперации энергии в системе добычи природного газа, включающий:  
извлечение природного газа из подземного пласта-коллектора природного газа,  
пропускание указанного газа через сепаратор избыточного давления,  
разделение жидкой и газовой фаз,  
фильтрацию потока газовой фазы для удаления увлеченных твердых частиц,  
сушку газовой фазы,  
пропускание газовой фазы через устройство-преобразователь совершаемой работы для преобразования газовой фазы высокого давления и высокой температуры в газовую фазу более низкого давления и более низкой температуры и, таким образом, выработки энергии.
2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что подземный пласт-коллектор природного газа включает месторождения кислого/сернистого газа или месторождения бессернистого газа высокого давления и высокой температуры (НРНТ).
3. Способ по п. 2, отличающийся тем, что подземный пласт-коллектор природного газа имеет начальное пластовое давление около 10 000 фунтов на кв. дюйм абс. ( 690 бар абс.) и пластовую температуру около 300 °F (149 °C).
4. Способ по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что устройство-преобразователь совершаемой работы содержит средства для преобразования изменений давления в электричество.

5. Способ по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что устройство-преобразователь совершаемой работы содержит турбодетандер.

6. Способ по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что работа, совершаемая в турбодетандере, используется для приведения в действие вспомогательного компрессора и/или для выработки электроэнергии.

7. Способ по любому из предшествующих пунктов, включающий этап предварительной обработки для удаления твердых частиц и/или жидкостей из входящего потока флюида.

8. Способ по любому из предшествующих пунктов, дополнительно включающий фильтрацию выше по потоку относительно устройства-преобразователя совершаемой работы для уменьшения содержания загрязняющих частиц до размера около 2–3 мкм в диаметре.

9. Способ по любому из предшествующих пунктов, включающий разделение жидкостей выше по потоку относительно устройства-преобразователя совершаемой работы для отделения капель жидкости от сырьевого газа и/или уменьшения их объема.

10. Система рекуперации энергии, содержащая:

подземный пласт-коллектор природного газа,

в сообщении по текучей среде с устройством защиты от избыточного давления,

в сообщении по текучей среде с сепаратором для отделения жидкой фазы от газовой,

фильтрующую систему для отделения увлеченных твердых частиц, содержащую по меньшей мере один фильтрующий блок, очищающий газовую фазу, средство для сушки газовой фазы, по меньшей мере одно устройство-преобразователь совершаемой работы для обеспечения совершения работы за счет расширения газовой фазы.

11. Система по п. 10, отличающаяся тем, что устройство-преобразователь совершаемой работы получает флюиды под высоким давлением и с высокой температурой, подает флюиды с более низким давлением и температурой ниже по потоку и, таким образом, вырабатывает энергию, которая может быть использована в других системах.

12. Система по п. 10 или 11, отличающаяся тем, что по меньшей мере одно устройство-преобразователь совершаемой работы соединено со средствами для использования рекуперированной энергии.

13. Система по п. 12, отличающаяся тем, что средства для использования рекуперированной энергии содержат компрессорный насос и/или электрический генератор.

14. Система по п. 13, отличающаяся тем, что произведенная электроэнергия может использоваться для очистки газообразного углеводорода и/или питания секвестрационных насосов для подземной утилизации загрязняющих веществ, таких как углекислый газ.

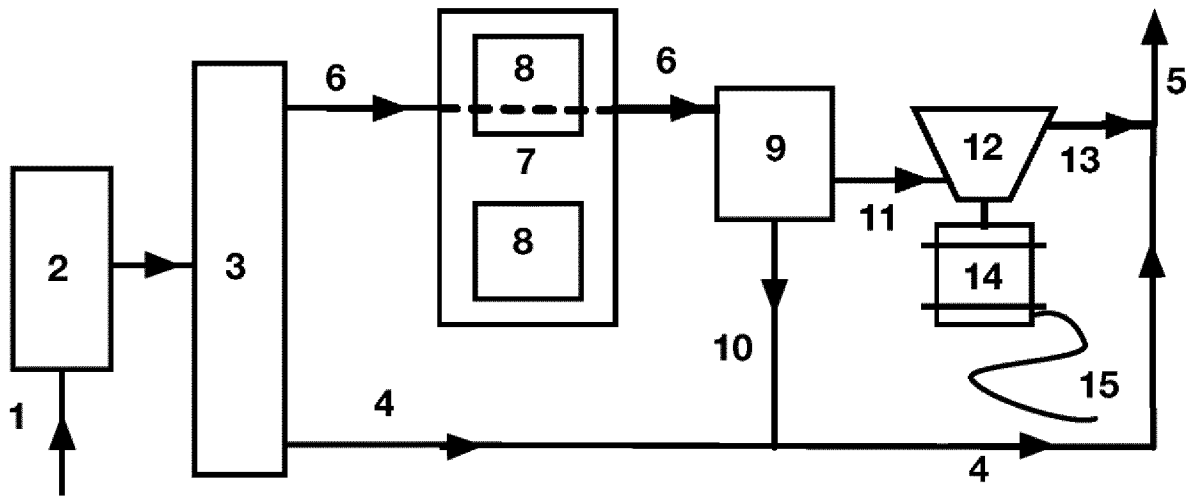
15. Система по любому из пп. 10–14, отличающаяся тем, что устройство-преобразователь совершаемой работы может сообщаться по текущей среде с трубопроводом для добываемых флюидов, так что газовая фаза может смешиваться в нем.

16. Система по любому из пп. 10–15, отличающаяся тем, что смешанная газовая и жидкая фазы могут поступать на аммиачную очистную установку, в которой сероводород и углекислый газ могут быть удалены из газовой фазы углеводорода.

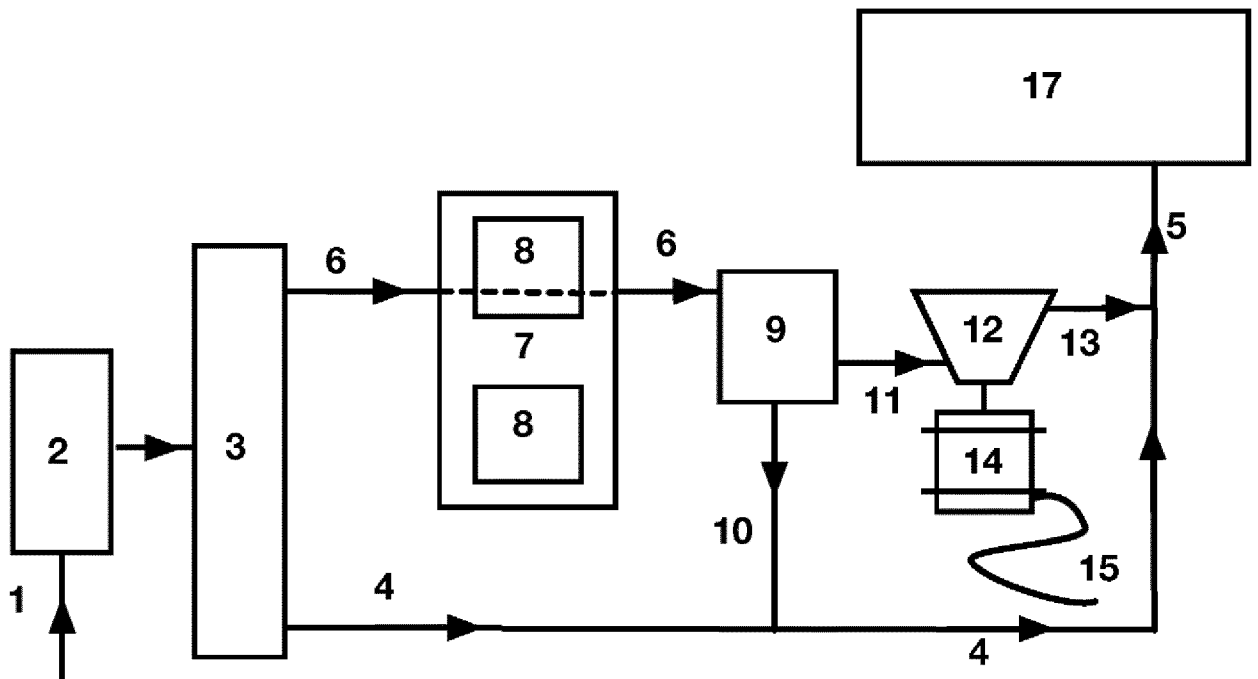
17. Система по любому из пп. 10–16, отличающаяся тем, что устройство-преобразователь совершаемой работы соединено с компрессорным насосом для обеспечения его энергией и может использоваться для закачки углекислого газа и/или других загрязняющих веществ под землю для секвестрации или для сжатия газообразного углеводорода для транспортировки сжиженного нефтяного газа (LPG).

18. Система по любому из пп. 10–17, отличающаяся тем, что устройство-преобразователь совершаемой работы соединено с очистной установкой, в которой сероводород и углекислый газ могут быть удалены из газовой фазы углеводорода.

19. Система по п. 18, отличающаяся тем, что углекислый газ отделяется и подается в секвестрационный насос, который может получать электропитание от расположенного выше по потоку электрогенератора.

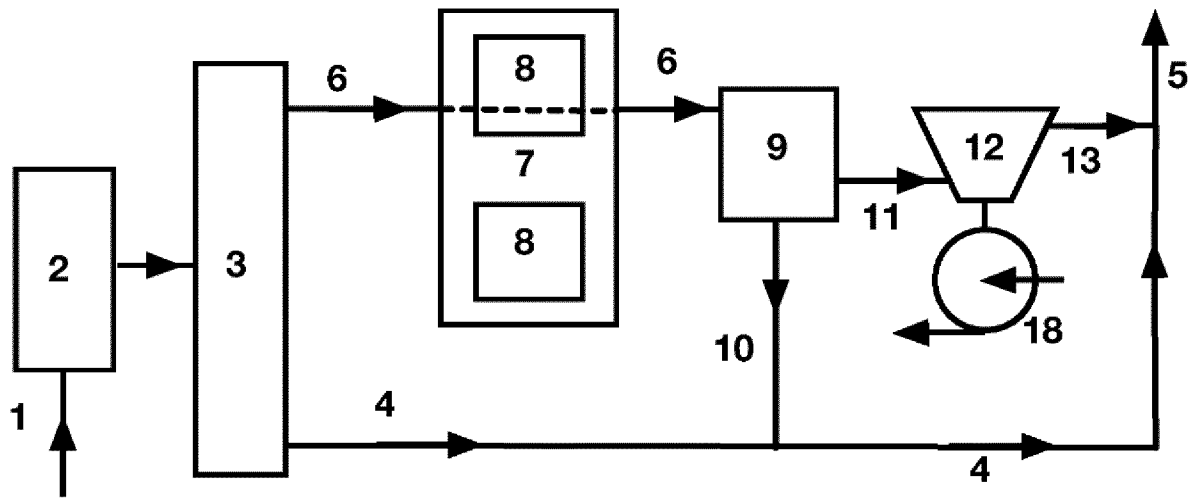


Фиг. 1

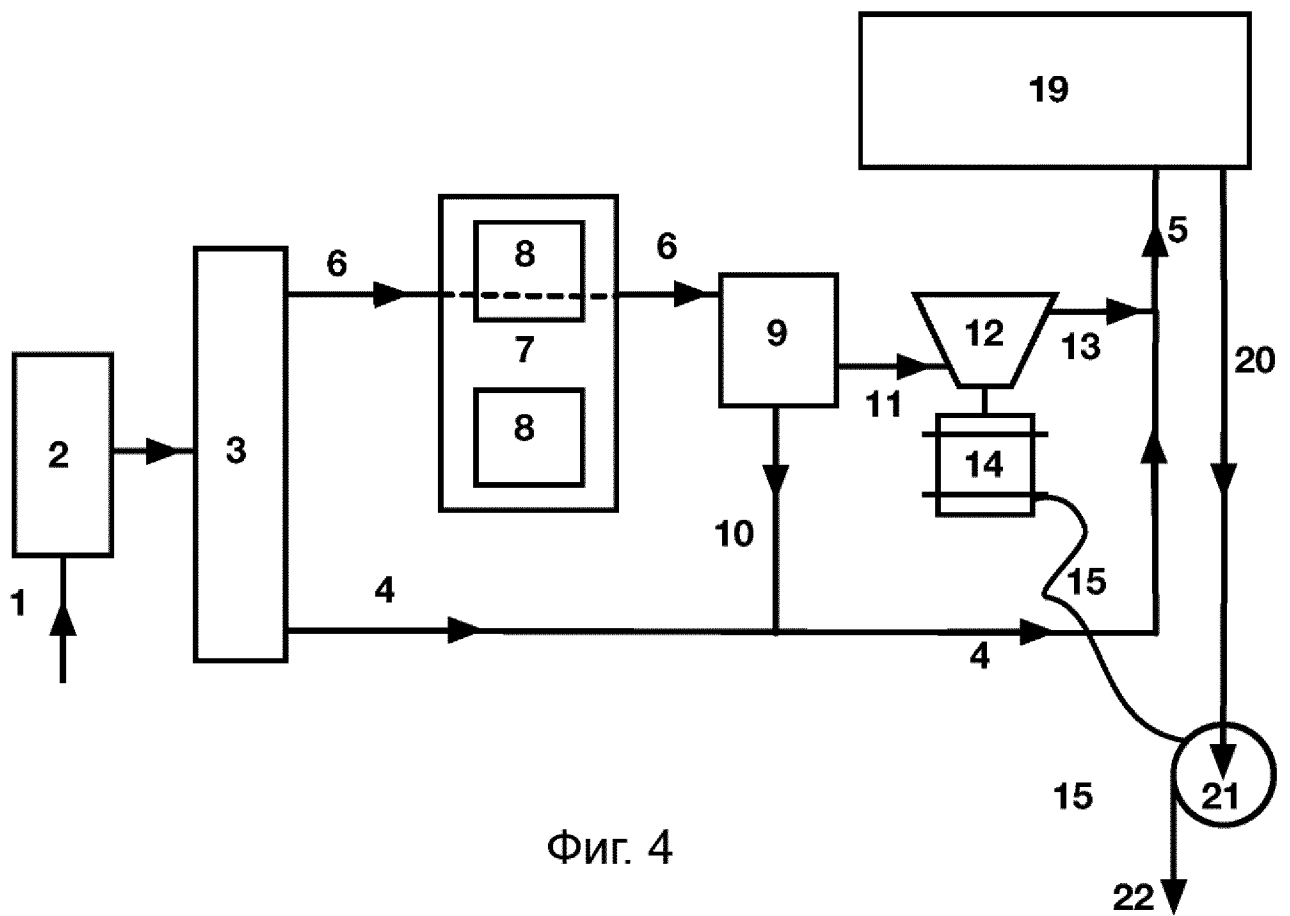


Фиг. 2





Фиг. 3



Фиг. 4

Фиг. 5

