РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 292 452** (13) **C2**

(51) МПК
E21B 43/26 (2006.01)
C09K 8/68 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: **2004113101/03, 27.09.2002**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
27.09.2002

(30) Конвенционный приоритет:
28.09.2001 (пп.1-16) GB 0123409.5

(43) Дата публикации заявки: **20.09.2005**

(45) Опубликовано: **27.01.2007 Бюл. № 3**

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **SU 1588862 A1, 30.08.1990. SU 452233 A, 10.08.1977. RU 2159323 C1, 20.11.2000. SU 309120 A, 15.09.1971. US 4424866 A, 10.01.1984. US 5713416 A, 03.02.1998. WO 99/48994 A, 30.09.1999.**

(85) Дата перевода заявки PCT на национальную фазу:
28.04.2004

(86) Заявка PCT:
GB 02/04382 (27.09.2002)

(87) Публикация PCT:
WO 03/029612 (10.04.2003)

Адрес для переписки:
129010, Москва, ул. Б.Спасская, 25, стр.3, ООО "Юридическая фирма Городисский и Партнеры", пат.пов. Г.Б. Егоровой

(72) Автор(ы):
АТКИНСОН Стивен (NL)

(73) Патентообладатель(и):
АТКИНСОН Стивен (NL)

RU 2292452 C2

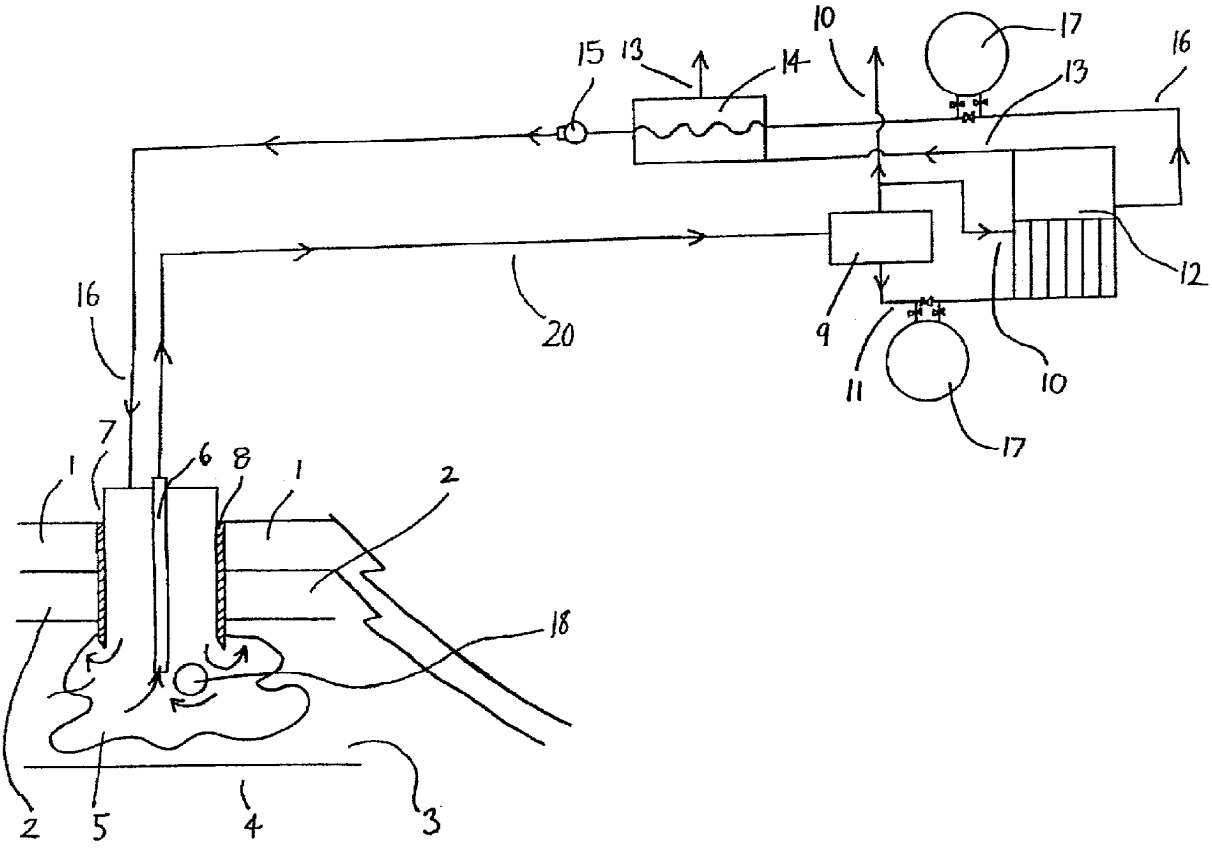
RU 2292452 C2

(54) СПОСОБ ИЗВЛЕЧЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ ИЗ ГИДРАТОВ

(57) Реферат:

Изобретение относится к способам извлечения углеводородов, захваченных в пластах гидратов, и, в частности, к способам извлечения природного газа. Технический результат - повышение эффективности и экономичности извлечения углеводородов, захваченных в пластах гидратов. Способ извлечения углеводорода, захваченного в пласте гидрата, включает следующие стадии: (a) введение водного раствора, содержащего от 10 до 75 мас.% формиата или ацетата щелочного металла или смеси двух или более формиатов или ацетатов щелочных металлов, в контакт с пластом гидрата, в результате чего указанный водный раствор обеспечивает высвобождение углеводорода из пласта гидрата с образованием смеси углеводорода и водяного пара; (b) перемещение смеси углеводорода и водяного пара и указанного водного раствора в сепаратор, при этом указанный водный раствор абсорбирует водяной пар из смеси во время стадии перемещения с образованием более разбавленного водного раствора соли щелочного металла, что препятствует образованию гидратов углеводорода; (c) отделение углеводорода от указанного разбавленного водного раствора; (d) восстановление водного раствора, полученного на стадии (a), путем нагрева указанного разбавленного водного раствора для удаления абсорбированного водяного пара; и (e) возвращение восстановленного водного раствора на стадию (a) путем рециркуляции. Применение

водного раствора, содержащего от 10 до 75 мас.% формиата любого щелочного металла, или ацетата щелочного металла, или смеси любых двух или более указанных солей в качестве осушителя для углеводорода. Изобретение развито в зависимых пунктах. 2 н. и 14 з.п. ф-лы, 2 ил.



Фиг. 1

RU 2292452 C2

RU 2292452 C2

RUSSIAN FEDERATION

(19) **RU** (11) **2 292 452** (13) **C2**

(51) Int. Cl.
E21B 43/26 (2006.01)
C09K 8/68 (2006.01)

FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: **2004113101/03, 27.09.2002**

(24) Effective date for property rights: **27.09.2002**

(30) Priority:
28.09.2001 (cl.1-16) GB 0123409.5

(43) Application published: **20.09.2005**

(45) Date of publication: **27.01.2007 Bull. 3**

(85) Commencement of national phase: **28.04.2004**

(86) PCT application:
GB 02/04382 (27.09.2002)

(87) PCT publication:
WO 03/029612 (10.04.2003)

Mail address:
129010, Moskva, ul. B.Spasskaja, 25, str.3, OOO "Juridicheskaja firma Gorodisskij i Partnery", pat.pov. G.B. Egorovoj

(72) Inventor(s):
ATKINSON Stiven (NL)

(73) Proprietor(s):
ATKINSON Stiven (NL)

(54) METHOD FOR EXTRACTING HYDROCARBONS FROM HYDRATES

(57) Abstract:

FIELD: technology for extracting hydrocarbons captured in hydrate beds, in particular, methods for extracting natural gas.

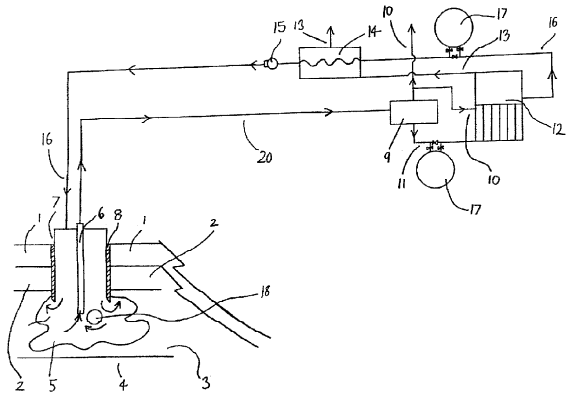
SUBSTANCE: method for extracting hydrocarbon captured in bed of hydrate includes following stages: (a) provision go contact between water solution, containing form 10 to 75 percents of mass of formate or acetate of alkali metal or mixture of two or more formates or acetates of alkali metals, and hydrate bed, as a result of which aforementioned water solution frees hydrocarbon from hydrate bed with forming of mixture of hydrocarbon and water steam; (b) movement of mixture of hydrocarbon and water steam and aforementioned water solution to separator, while aforementioned water solution absorbs water steam from mixture during movement with production of more diluted water solution of alkali metal salt, thus preventing production of hydrocarbon hydrates; (c) separation of hydrocarbon from aforementioned diluted water solution; (d) restoration of water solution received at stage (a), by heating of aforementioned diluted water solution resulting in removal of absorbed water steam; and (e) return of restored water solution to stage (a) by means of recirculation. Invention also concerns usage of water solution, containing from 10 to 75 percents of mass of formate of any alkali metal or acetate of alkali metal, or mixture of any two or more of aforementioned salts as drying agent for hydrocarbon. Invention is developed at dependent stations.

EFFECT: increased efficiency of extraction of hydrocarbons captured in beds of hydrates.

2 cl, 2 dwg

RU 2292452 C2

RU 2292452 C2



Фиг. 1

RU 2292452 C2

RU 2292452 C2

Настоящее изобретение относится к способам извлечения углеводородов, захваченных в пластах гидратов, и, в частности, к способам извлечения природного газа.

Пласты гидратов представляют собой пример из класса химических соединений, известных как клатратные соединения. Клатратное соединение представляет собой вид соединения, в котором один компонент заключен внутри структуры другого компонента. В пластах гидратов углеводород (такой как природный газ) захвачен в молекулярных подобных клетке структурах, образованных замерзшей водой. Несмотря на то что молекулы воды и молекулы углеводородов не вступают в химическое взаимодействие друг с другом, молекулы углеводородов полностью окружены молекулами воды. Следовательно, структура гидрата должна быть подвергнута диссоциации для освобождения углеводорода. Кубический метр гидрата природного газа, как правило, содержит 160 кубических метров природного газа.

Пласты гидратов можно обнаружить в огромных количествах в земной коре, главным образом в отложениях на морском дне и в регионах мира с вечной мерзлотой. Полагают, что месторождения обычного природного газа находятся под многими из этих пластов гидратов, при этом пласты гидратов, возможно, образовались, когда поднимающийся природный газ сталкивался с подземными водными пластами, которые затем замерзли с образованием гидратов и захватом газа.

Подсчитано, что подземные пласты гидратов, расположенные либо под морским дном, либо на суше, содержат природный газ в количестве, больше чем в два раза превышающем количество природного газа во всех существующих подтвержденных запасах обычных месторождений природного газа. Соответственно существует огромный потенциальный источник энергии, если будет обеспечена возможность извлечения захваченного природного газа из этих пластов гидратов.

Несмотря на то что местоположение расположенных под морским дном пластов гидратов может быть определено сравнительно легко с помощью таких способов, как сейсмическое профилирование морского дна, оказалось, что трудно или, по меньшей мере, очень дорого извлекать газ из пластов гидратов. Были разработаны различные способы решения данной проблемы, которые предусматривают использование нагревания, растворения и снижения давления или комбинации трех процессов.

Тепло может быть использовано для отделения природного газа от пластов гидратов путем введения нагретых растворов в пласт гидратов. Однако такие способы часто оказываются в некоторой степени неосуществимыми на практике из-за потерь тепла, связанных с перемещением теплоносителя с целью нагрева пласта, который расположен на глубине порядка нескольких сотен метров под вечной мерзлотой или нескольких тысяч метров ниже уровня моря. В патенте США 4424866 раскрыт способ добычи природного газа из пластов гидратов газа путем нагнетания горячего перенасыщенного раствора хлорида кальция или бромида кальция под давлением в пласт гидратов с тем, чтобы вызвать гидростатический разрыв пласта, растворить твердый гидрат и высвободить газ. В альтернативном способе нагрева, раскрытом в патенте США 5713416, обеспечивают соединение кислотной жидкости и щелочной жидкости и вступление их в экзотермическую реакцию друг с другом для образования горячего солевого раствора, который нагнетают в пласт гидрата газа с целью разложения гидрата и выделения газа. Оба этих способа являются неэкономичными.

Альтернативное решение рассмотрено в патенте США 4007787 и предусматривает введение в пласт гидрата газа реагентов, снижающих температуру замерзания, таких как метанол, с целью диссоциации гидрата и высвобождения природного газа. Однако данный способ также является дорогостоящим из-за стоимости реагента, снижающего температуру замерзания. Он также является неэффективным, поскольку предложенные реагенты, снижающие температуру замерзания, не снижают температуру замерзания гидрата в такой степени, которая была бы достаточной для высвобождения достаточного количества природного газа.

В патенте США 4007787 раскрыт способ снижения давления, в котором гидрат

подвергают диссоциации путем снижения давления окружающей среды. Преимущество этого способа заключается в том, что структура гидрата может быть разрушена при отсутствии необходимости повышения температуры. Тем не менее, способы снижения давления также являются значительно более дорогостоящими по сравнению с обычными способами добычи газа.

В патенте Великобритании GB-A-2250761 раскрыто использование водных композиций полисахаридов при бурении скважин и операциях по добыче нефти и газа. Смеси могут содержать ионные соли. Наличие спирта в водном растворе обеспечивает возможность регулирования температуры фазового перехода без существенного изменения плотности смеси. Этот ссылочный материал не направлен на решение проблемы извлечения углеводородов из пластов гидратов.

В публикации международной заявки WO-A-9726311 раскрыто использование различных смешанных солевых систем, предназначенных для использования в качестве различных текучих сред, используемых при операциях бурения, таких как гидравлический разрыв пласта. В этом ссылочном материале не раскрыто решение конкретных проблем, которые возникают при извлечении углеводородов из отложений гидратов.

Патент США US-A-1866560 относится к способу дегидратации газов путем использования растворов хлорида кальция. В этом документе также не раскрыто решение каких-либо конкретных проблем, которые возникают при извлечении углеводородов из пластов гидратов.

Патент США US-A-4979965 также относится к способу обезвоживания газа, при котором используют солевой раствор, который содержит кристаллы соли, так что концентрация соли не будет существенно уменьшаться во время абсорбции. Этот ссылочный материал не относится к извлечению углеводородов из отложений гидратов.

Публикация международной заявки WO-A-9818542 относится к дегидратации природных газов путем использования состава для дегидратации, содержащего гликоль и растворенную соль. Указанный ссылочный материал не относится к извлечению углеводородов из отложений гидратов.

Даже если будет обеспечена возможность извлечения газообразного углеводорода из гидрата с помощью одного из вышеуказанных способов путем использования нагревания, растворения или снижения давления, могут возникнуть дополнительные проблемы при транспортировании высвобожденного газа в обратном направлении к судну или буровой установке для очистки и хранения. Трудность состоит в том, что высвобожденный газ будет влажным, то есть он будет нести с собой некоторое количество воды и водяного пара из пласта гидрата, а при температурах и давлениях, существующих в зонах ниже уровня моря, водяной пар скорее всего замерзнет, в результате чего произойдет повторное образование гидратов газа, что может привести к блокированию трубопровода.

В соответствии с настоящим изобретением разработан способ извлечения углеводорода, захваченного в пласте гидрата, включающий следующие стадии:

(a) введение водного раствора, содержащего от 10 до 75 мас.% формиата или ацетата щелочного металла или смеси двух или более формиатов или ацетатов щелочных металлов, в контакт с пластом гидрата, в результате чего указанный водный раствор обеспечивает высвобождение углеводорода из пласта гидрата с образованием смеси углеводорода и водяного пара;

(b) перемещение смеси углеводорода и водяного пара и указанного водного раствора в сепаратор, в результате чего указанный водный раствор абсорбирует водяной пар из смеси во время операции перемещения с образованием более разбавленного водного раствора соли щелочного металла, что препятствует образованию гидратов углеводорода;

(c) отделение углеводорода от указанного разбавленного водного раствора;

(d) восстановление водного раствора, полученного на стадии (a), путем нагрева указанного разбавленного водного раствора для удаления абсорбированного водяного пара; и

(e) возвращение восстановленного водного раствора на стадию (a) путем рециркуляции.

Во избежание неопределенности следует указать на то, что фраза "смесь двух или более формиатов или ацетатов щелочных металлов" означает смесь двух или более любых возможных солей, то есть она охватывает (отдельно) следующие смеси: смесь различных формиатов щелочных металлов; смесь различных ацетатов щелочных металлов и смесь формиатов и ацетатов.

Общее количество соли в указанном водном растворе составляет от 10 до 75 мас.%, предпочтительно, по меньшей мере, 40 мас.% и наиболее предпочтительно от 40 до 65 мас.%.

Несмотря на то что формиаты или ацетаты любых из щелочных металлов могут быть использованы в способе по настоящему изобретению, из экономических соображений предпочтительно использовать формиаты или ацетаты калия, натрия, рубидия или цезия. Наиболее предпочтительной солью является формиат калия. Раствор может быть нагрет перед введением его в контакт с пластом гидрата.

Использование водных растворов данных определенных солей обеспечивает ряд преимуществ. Во-первых, водные растворы представляют собой очень эффективные реагенты, снижающие температуру замерзания. Это означает, что отсутствует необходимость в нагреве указанного водного раствора для обеспечения диссоциации гидрата (хотя при некоторых обстоятельствах может оказаться предпочтительным нагреть раствор). Следовательно, указанный водный раствор может быть закачан через породу в зоне вечной мерзлоты при достаточно низкой температуре в пласт гидратов, и при этом он не вызовет таяния этой породы и тем самым риска утечки газа из скважины.

Во-вторых, сами водные растворы определенных солей имеют очень низкие температуры замерзания. Это означает, что указанные водные растворы могут быть использованы при очень низкой температуре, что также позволяет уменьшить риск утечки газа, и при этом не возникает опасность застывания указанного водного раствора в стволе скважины. Кроме того, водные растворы не будут замерзать в резервуарах для хранения при использовании их в чрезвычайно холодной среде, например, такой, которая существует в Арктике.

В-третьих, водные растворы указанных солей обладают дополнительным преимуществом, заключающимся в том, что они обладают способностью абсорбировать пар. В том случае, когда пар, который абсорбируется, представляет собой водяной пар, можно полагать, что указанный водный раствор будет действовать как осушитель. Следовательно, водяной пар, который смешан с высвобожденным природным газом, будет абсорбироваться указанным водным раствором с образованием разбавленного водного раствора и тем самым с высушиванием природного газа. Следствием этого является подавление повторного образования гидратов газа в трубопроводах, ведущих обратно к буровой установке. Кроме того, абсорбция водяного пара указанным водным раствором сопровождается повышением температуры указанного водного раствора, что само по себе действует как фактор, препятствующий образованию гидратов газа.

Наконец, рассматриваемые растворы оказывают очень малое коррозионное воздействие и имеют очень низкую токсичность для окружающей среды.

Как правило, диоксид углерода присутствует в высвобожденном природном газе, и он растворяется в указанном водном растворе и вызывает снижение его водородного показателя pH, в результате чего повышается его коррозионная активность. Эта проблема может быть решена либо путем добавления щелочи (такой как гидроксид калия или натрия, или карбонат калия) в указанный водный раствор, предпочтительно перед возвратом его путем рециркуляции, для повышения водородного показателя pH до значений порядка 8-11, либо, альтернативно, путем добавления антикоррозийной добавки (ингибитора коррозии), такого как силикат натрия, одноатомный спирт, полиатомный спирт, соединение триазола, молибдат щелочного металла или смесь двух или нескольких из этих соединений.

Указанный водный раствор может быть закачан в пласт гидратов через изоляционную рубашку, при этом рубашка имеет слой холодной изоляционной текучей среды,

содержащей водный раствор формиата любого щелочного металла или ацетата любого щелочного металла, или смесь любых двух или более формиатов щелочных металлов и ацетатов щелочных металлов. Это создает дополнительное средство для обеспечения того, что порода в зоне вечной мерзлоты не растает, и означает то, что в случае необходимости указанный водный раствор может быть нагрет перед нагнетанием его в пласт гидрата.

Электрический погружной насос может быть размещен в нижней части скважины для снижения давления, действующего на пласт гидрата, или для интенсификации притока больших количеств газа.

Конструкция может быть такой, что будет обеспечиваться циркуляция указанного водного раствора вниз по системе труб, подвешенных в обсаженной скважине, с целью вытеснения указанного разбавленного водного раствора из пластов гидрата, в результате чего уменьшается необходимость либо в нагнетании в скважину, либо в откачивании из скважины. Природный газ, высвобожденный из гидрата, может способствовать перемещению указанного разбавленного водного раствора из гидрата и в трубопровод, в результате чего снижаются расходы на откачивание.

Когда смесь газа и указанного разбавленного водного раствора достигнет буровой установки, эту смесь разделяют и обеспечивают испарение водяного пара из указанного разбавленного водного раствора для восстановления указанного водного раствора из системы рециркуляции и повторного его использования.

Пар, образующийся при восстановлении указанного водного раствора, может быть использован для нагрева указанного водного раствора для повторного нагнетания с целью повышения степени диссоциации гидрата. В альтернативном варианте пар может быть использован для удовлетворения других потребностей в нагреве или выработке энергии.

В предпочтительном варианте осуществления раствор соли (например, формиата калия) закачивают вниз в одиночную скважину, пробуренную в гидрате природного газа, а газ и воду, образующиеся за счет диссоциации гидрата, добывают из этой одиночной скважины по концентрической трубе. Ствол, пробуренный от поверхности, может пересекать пласт гидрата в вертикальном направлении или может быть пробурен в виде наклонного или горизонтального ствола в соответствии с наклоном месторождения.

Во втором предпочтительном варианте осуществления две или несколько скважин могут быть пробурены в отложении гидрата с поверхности, и в пласте гидрата могут быть образованы соединения между ними. Соединительные стволы могут быть пробурены в виде наклонных, горизонтальных стволов или стволов со многими боковыми ответвлениями. Таким образом, солевой раствор может быть закачан через одну скважину, а газ и вода могут быть извлечены из другой(-их) скважины (скважин). Соединительный ствол, проходящий через пласт гидрата, также может потребовать обеспечения опоры для трубы с щелевидными отверстиями или экрана, если окружающий пласт становится рыхлым после диссоциации гидрата.

В еще одном варианте осуществления обоих вышеупомянутых способов при определенных благоприятных геомеханических условиях гидравлический разрыв пласта в горизонтальном направлении может быть осуществлен с тем, чтобы увеличить площадь контакта с жидкостью разрыва в пласте гидрата, что способствует высвобождению захваченного углеводорода, при этом жидкость разрыва содержит водный раствор формиата щелочного металла или ацетата любого щелочного металла, или смесь из двух или более подобных солей. Предпочтительно, если указанная жидкость разрыва имеет тот же состав, что и указанный водный раствор.

Гидравлический разрыв пласта представляет собой хорошо известный способ обеспечения доступа к подземным пластам и интенсификации добычи углеводородов из таких пластов. Жидкость разрыва закачивают с поверхности и вниз скважины, пробуренной в пласте, под достаточно высоким давлением с целью преодоления обычно существующих ограничивающих давлений в пласте и образования трещины в пласте. Созданная трещина будет оставаться открытой до тех пор, пока достаточное количество текучей среды будут

закачивать при достаточно высоком давлении, чтобы преодолеть воздействие просачивания текучей среды из стенок образованной трещины.

Специалист в данной области техники может выбрать соответствующие добавки для жидкости разрыва из общеизвестных публикаций предшествующего уровня техники.

Преимущество использования являющихся предметом притязаний водных растворов в качестве жидкостей разрыва заключается в том, что они остаются в виде раствора в образованных трещинах при очень низких температурах, поскольку они имеют значительно более низкие температуры замерзания по сравнению с другими известными водными жидкостями разрыва.

Тем не менее, способ является единственно возможным в тех случаях, когда имеются очень неглубокие пласты гидратов, где возможен гидравлический разрыв пласта в горизонтальном направлении. Как описано выше, температура в горизонтальном разрыве может поддерживаться на очень низком уровне путем использования солевых растворов, описанных в качестве жидкостей разрыва.

Если в пласте гидрата существуют благоприятные вязкоупругие геомеханические условия, например, если пласт находится под большим солевым отложением, поток между двумя скважинами может быть вызван за счет повышения давления в нагнетательной скважине посредством формиата калия при одновременном уменьшении давления в продуктивной скважине.

Во время осуществления процесса важно внимательно следить за тем, каким образом происходит диссоциация гидрата, и за имеющим место в результате этого уменьшением толщины пласта гидрата, особенно в том случае, если под гидратом имеется залежь обычного газа под высоким давлением. В частности, необходимо внимательно следить за тем, чтобы давление не вызвало гидравлического разрыва в расположенных выше пластах, что могло бы привести к выходу газа к поверхности земли или морскому дну.

Разложение гидрата газа приводит к увеличению уровня добычи газа из расположенных ниже газоносных пластов. Уменьшение давления гидратов обеспечивает увеличение добычи по мере того, как происходит разложение.

Ряд предпочтительных вариантов осуществления изобретения будет описан далее со ссылкой на чертежи, в которых:

фиг.1 показывает схему, иллюстрирующую способ согласно изобретению, и

фиг.2 представляет собой схему, иллюстрирующую альтернативный вариант осуществления способа.

Как показано на фиг.1, ствол 8 скважины бурят через непроницаемую покрывающую породу 1 и породу в зоне вечной мерзлоты 2 в пласт 3 гидрата, расположенный над источником 4 природного газа. Ствол 8 скважины имеет обсадную колонну 7, имеющую кольцевое пространство, герметично перекрытое цементом для предотвращения выхода газа из ствола 8 скважины.

В процессе использования нагнетательный насос 15 высокого давления обеспечивает нагнетание водного раствора, содержащего 65 мас.% формиата калия, из нагнетательной магистрали 16 буровой установки через обсадную колонну 7 и в пласт 3 гидрата. Концентрированный раствор формиата калия служит для растворения пласта 3 гидрата, в результате чего создается зона 5 растворения, содержащая природный газ, водяной пар и раствор формиата калия. Эти компоненты нагнетаются вверх по эксплуатационной лифтовой колонне 6 посредством электрического погружного насоса 18 и обратно в буровую установку по трубопроводу 20.

Концентрированный раствор формиата калия абсорбирует водяной пар в трубопроводе 20, тем самым препятствуя образованию гидратов газа.

Смесь природного газа и разбавленного раствора формиата разделяют с помощью сепаратора 9, и большая часть газа транспортируется для отгрузки или хранения по трубопроводу 10.

Разбавленный раствор формиата транспортируется по трубопроводу 11 в испаритель 12, подачу энергии к которому обеспечивают за счет части извлеченного газа.

Разбавленный раствор формиата подвергают выпариванию в испарителе 12 для восстановления концентрированного раствора формиата и получения воды. Воду хранят в резервуарах 17, и концентрированный раствор формиата (который теперь находится при повышенной температуре) подают по трубопроводу в теплообменник 14, в котором избыточное тепло либо используют для предварительного нагрева нагнетательной магистрали, либо направляют посредством пара по паропроводу 13 для выработки энергии и/или для другого целевого использования отходящей теплоты.

Перед рециркуляцией достаточное количество гидроксида или карбоната калия добавляют в раствор формиата для стабилизации водородного показателя pH раствора на уровне значений, находящихся в диапазоне от 8 до 11, чтобы уменьшить его коррозионное воздействие. В альтернативном варианте может быть добавлен ингибитор коррозии, например, один из упомянутых выше. После этого концентрированный раствор формиата может быть направлен обратно в ствол скважины для повторного использования.

Как показано на фиг.2, два ствола 8a и 8b скважин пробурены вертикально через непроницаемую покрывающую породу 1 и многолетнемерзлую породу 2 в пласт 3 гидрата, расположенный над источником 4 природного газа. Стволы 8a и 8b скважин имеют соответствующие обсадные колонны 7a и 7b, каждая из которых имеет кольцевое пространство, герметично перекрытое цементом для предотвращения выхода газа соответственно из стволов 8a и 8b скважин. Другие элементы конструкции по фиг.2 работают так же, как в конструкции по фиг.1.

Бурение продолжают в наклонном или горизонтальном направлении в сторону от одной скважины к другой, при этом пересекают пласт гидрата. Это осуществляется для того, чтобы обеспечить возможность циркуляции текучей среды вниз через нагнетательную скважину и обеспечения текучей среды, проходящей вверх по второй скважине, соединенной с нагнетательной скважиной.

Для поддержания целостности горизонтального ствола может оказаться необходимым установить экран с щелевидными отверстиями или перфорированную трубу на всей длине горизонтального ствола. Моделирование источников природного газа может быть использовано для определения комбинированных геомеханических и термодинамических нагрузок, действующих на горизонтальное отверстие, для определения того, необходимы ли подобные меры в каком-либо конкретном случае применения или нет.

Дополнительные многочисленные боковые ответвления скважины могут быть пробурены от вертикального ствола скважины для того, чтобы дополнительно окружить вертикальные скважины с целью увеличения зоны проникновения в пласт гидрата.

Для специалиста в данной области техники очевидно, что возможны многие модификации конструкций, описанных в данной заявке, в пределах объема притязаний приложенной формулы изобретения.

Формула изобретения

1. Способ извлечения углеводорода, захваченного в пласте гидрата, включающий следующие стадии:

(a) введение водного раствора, содержащего от 10 до 75 мас.% формиата или ацетата щелочного металла или смеси двух или более формиатов или ацетатов щелочных металлов, в контакт с пластом гидрата, в результате чего указанный водный раствор обеспечивает высвобождение углеводорода из пласта гидрата с образованием смеси углеводорода и водяного пара;

(b) перемещение смеси углеводорода и водяного пара и указанного водного раствора в сепаратор, при этом указанный водный раствор абсорбирует водяной пар из смеси во время стадии перемещения с образованием более разбавленного водного раствора соли щелочного металла, что препятствует образованию гидратов углеводорода;

(c) отделение углеводорода от указанного разбавленного водного раствора;

(d) восстановление водного раствора, полученного на стадии (a), путем нагрева указанного разбавленного водного раствора для удаления абсорбированного водяного

пара; и

(е) возвращение восстановленного водного раствора на стадию (а) путем рециркуляции.

2. Способ по п.1, включающий стадию подвергания пласта гидрата гидравлическому разрыву пласта с помощью жидкости разрыва для того, чтобы снизить давление в пласте гидрата и тем самым способствовать высвобождению захваченного углеводорода, при этом жидкость разрыва содержит водный раствор, включающий от 10 до 75 мас.% формиата или ацетата щелочного металла, или смеси двух или более указанных солей.

3. Способ по п.2, в котором указанная жидкость разрыва имеет тот же состав, что и указанный водный раствор по п.1.

4. Способ по п.1, в котором указанный водный раствор содержит, по меньшей мере, 40 мас.% указанной соли.

5. Способ по п.4, в котором указанный водный раствор содержит от 40 до 65 мас.% указанной соли.

6. Способ по п.1, в котором указанный щелочной металл представляет собой калий, натрий, рубидий или цезий.

7. Способ по п.1, в котором указанная соль представляет собой формиат калия.

8. Способ по п.1, в котором указанный водный раствор нагревают перед введением его в контакт с пластом гидрата.

9. Способ по п.1, в котором водный раствор закачивают в пласт гидрата через изоляционную рубашку, при этом рубашка имеет слой изоляционной текучей среды, содержащей водный раствор, который включает формиат любого щелочного металла или ацетат любого щелочного металла, или смесь любых двух или более формиатов щелочных металлов и ацетатов щелочных металлов в количестве от 10 до 75 мас.%.

10. Способ по п.1, в котором в пласте гидрата природного газа бурят одиночную скважину, при этом в скважине имеются концентрические трубы, обеспечивающие наличие, по меньшей мере, двух каналов, причем указанный солевой раствор закачивают вниз, по меньшей мере, по одному из указанных каналов, а газ и воду, образующиеся за счет диссоциации гидрата, извлекают, по меньшей мере, из второго из указанных каналов.

11. Способ по п.10, в котором скважину бурят так, чтобы она пересекала отложение гидрата в вертикальном направлении, или так, чтобы она следовала наклону отложения гидрата.

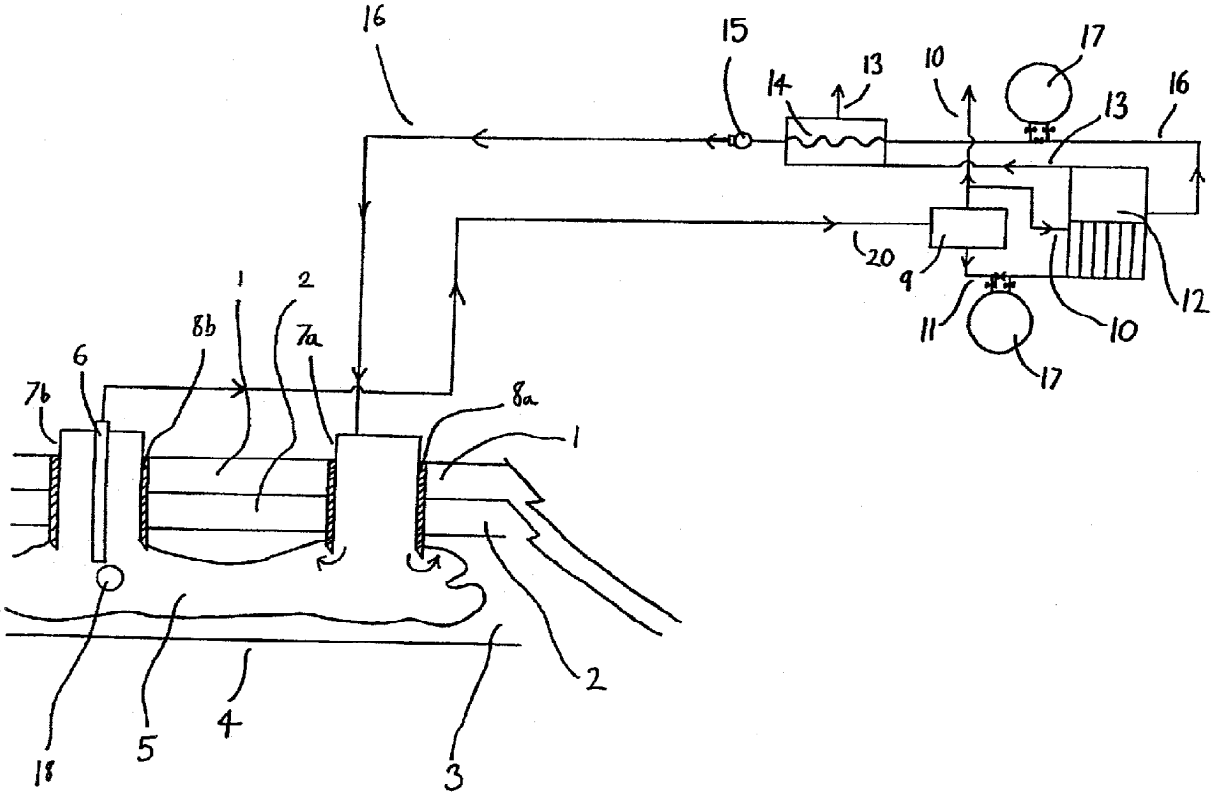
12. Способ по любому из пп.1-9, в котором две или более скважин бурят в пласте гидрата с поверхности и соединяют соединительными каналами, проходящими между указанными скважинами в пласте гидрата, при этом указанный солевой раствор закачивают вниз, по меньшей мере, через одну указанную скважину, а газ и воду, образующиеся за счет диссоциации гидрата, извлекают, по меньшей мере, из второй указанной скважины через посредство указанных соединительных каналов.

13. Способ по п.12, в котором соединительные каналы являются наклонными, горизонтальными или имеют много боковых ответвлений.

14. Способ по п.12, в котором соединительные каналы снабжены опорами.

15. Способ по п.12, в котором давление создают в, по меньшей мере, одной указанной скважине и в котором пониженное давление создают в, по меньшей мере, одной второй указанной скважине.

16. Применение водного раствора, содержащего от 10 до 75 мас.% формиата любого щелочного металла или ацетата щелочного металла, или смеси любых двух или более указанных солей в качестве осушителя для углеводорода.



Фиг. 2