

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 202391790 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2023.09.20

(51) Int. Cl. E21B 43/295 (2006.01)
E21B 43/24 (2006.01)
E21B 43/243 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2021.12.14

(54) СПОСОБЫ ПЕРЕОРИЕНТАЦИИ ОПЕРАЦИЙ ТЕРМИЧЕСКОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ
УГЛЕВОДОРОДОВ ДЛЯ ДОБЫЧИ СИНТЕЗ-ГАЗА

(31) 63/127,754

(72) Изобретатель:

(32) 2020.12.18

Стрем Грант Д., Гэйтс Иэн Д., Ван
Цзиньи (СА)

(33) US

(86) PCT/CA2021/051803

(87) WO 2022/126257 2022.06.23

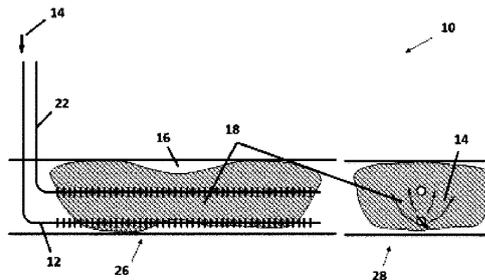
(74) Представитель:

(71) Заявитель:

ПРОТОН ТЕКНОЛОДЖИС ИНК.
(СА)

Билык А.В., Поликарпов А.В.,
Соколова М.В., Путинцев А.И.,
Черкас Д.А., Игнатъев А.В., Дмитриев
А.В., Бучака С.М., Бельтюкова М.В.
(RU)

(57) Способы переориентации операций термического извлечения углеводородов, в которых пласт, который был ранее обработан паром для мобилизации углеводородов, дополнительно обрабатывают окислителем для вызова одной или нескольких реакций термического крекинга (термолиза), газификации, конверсии водяного газа и акватермолиза для генерирования синтез-газа внутри пласта, при этом синтез-газ или его составные компоненты затем могут быть добыты на поверхность.



A1

202391790

202391790

A1

УГЛЕВОДОРОДОВ ДЛЯ ДОБЫЧИ СИНТЕЗ-ГАЗА

Область техники, к которой относится изобретение

Область техники относится к добыче ценных продуктов из углеводородных пластов и, в частности, к вторичным или третичным способам обработки пластов.

Предпосылки создания изобретения

Углеводородные пласты в изобилии встречаются во всем мире, и для добычи нефти или газа из этих пластов используют множество технологий, включая первичные процессы, а также процессы повышения нефтеотдачи, такие как водяное заводнение, паровое заводнение и химическое заводнение, для добычи дополнительного углеводорода из пластов.

Для нефти различных типов, в том числе, но без ограничения, тяжелой нефти и сверхтяжелой нефти (битума), различные факторы пласта осложняют или уменьшают продуктивность в отношении нефти, в том числе тогда, когда нефть имеет высокую вязкость в исходных условиях пласта, и поэтому нефть различных типов, в том числе, но без ограничения, тяжелую нефть и битум, обычно подвергают термической обработке для снижения вязкости и, возможно, повышения давления в пласте таким образом, чтобы облегчить течения углеводородов в пласте и обеспечить возможность их добычи на поверхность. В большинстве термических способов в пласт нагнетают пар для нагрева тяжелой нефти или битума с целью снижения их вязкости таким образом, чтобы они могли добываться на поверхность. В некоторых случаях используют альтернативные вспомогательные способы нагрева, отличные от пара, или способы в дополнение к пару, которые могут включать нагнетание поверхностно-активных веществ или смешивающихся текучих сред, или множество других способов.

Одним из двух наиболее распространенных процессов извлечения на основе пара для добычи битума является гравитационное дренирование при закачке пара (SAGD). На фиг. 1 и 2 проиллюстрирован традиционный процесс 1 SAGD. В операции термического извлечения SAGD, такой как проиллюстрированный процесс 1, добывающую скважину 2 бурят в нижней области заданного пласта 3, а нагнетательную скважину 4 бурят над добывающей скважиной 2 для нагнетания пара 5 (содержащего или не содержащего добавки). По мере нагнетания пара 5 в пласт 3 через открытую нагнетательную скважину 4, он нагревает и мобилизует углеводороды, содержащиеся в пласте 3, при этом

мобилизованные углеводороды стекают вниз через пласт 3 под действием гравитации в направлении добывающей скважины 2, и, таким образом, текучие среды 8 (нефть, воду и газ) добывают на поверхность через открытую добывающую скважину 2. Вследствие действий нагнетания и добычи, по мере высвобождения углеводородов из пласта 3, в пласте 3 образуется обедненная углеводородами запарная камера 9, как показано на виде 6 сбоку и виде 7 в сечении. Как можно видеть на фиг. 2, со временем запарная камера 9 распространяется наружу от нагнетательной и добывающей скважин 4, 2.

Другим обычно используемым процессом извлечения на основе пара для добычи битума является циклическая паростимуляция (CSS). В традиционной системе CSS для нагнетания пара (содержащего или не содержащего добавки) в заданном пласте используют одну скважину (обычно вертикальную). Скважину затем перекрывают и позволяют нагнетаемому веществу нагреть и мобилизовать углеводороды внутри пласта. Затем скважину переводят в режим добычи и используют для добычи на поверхность мобилизованных углеводородов. И снова, по мере мобилизации углеводородов и их извлечения вокруг скважины в пласте образуется запарная камера.

В процессах других разновидностей в ходе процесса к пару добавляют растворитель или неконденсирующийся газ для мобилизации большего количества битума или повышения теплового коэффициента полезного действия процесса извлечения.

В некоторый момент времени скорость добычи тяжелой нефти или битума процессов извлечения на основе пара или их разновидностей, в которых используются добавки в виде растворителя или неконденсирующегося газа к пару, падает до величины, при которой эксплуатация такого процесса становится экономически нецелесообразной. В этот момент скважину обычно останавливают.

Существует потребность в нахождении других возможностей продления полезного и экономического срока эксплуатации таких операций термического извлечения.

Сущность изобретения

В широких аспектах в способах и системах, описанных в данном документе, используются ранее обработанные паром пласты после SAGD или CSS, или другие операции извлечения на основе пара и разновидности этих процессов (например, в которых используют нагнетание совместно с паром растворителя или неконденсирующегося газа), когда нагнетание пара остановлено, и в запарную камеру пласта нагнетают воздух, кислород или другой окислитель, вызывающий реакции окисления, термического крекинга (термолиза), акватермолиза, газификации и/или

конверсии водяного газа, а также другие реакции, таким образом в пласте генерируется синтез-газ, при этом газ или его составные компоненты можно добыть на поверхность. Извлечение на основе пара может представлять собой либо первичную, либо вторичную методику извлечения.

В первом широком аспекте настоящего изобретения предоставлен способ переориентации системы термического извлечения углеводородов для добычи синтез-газа из обработанной паром части пласта после завершения извлечения углеводородов, причем система термического извлечения углеводородов содержит по меньшей мере одну скважину от поверхности до пласта, при этом способ включает этапы:

a. эксплуатации системы термического извлечения углеводородов для мобилизации углеводородов и их извлечения из пласта посредством нагнетания пара и добычи мобилизованных углеводородов с использованием по меньшей мере одной скважины, результатом чего является обработанная паром часть пласта, смежная с по меньшей мере одной скважиной и содержащая окисляемые материалы;

b. завершения нагнетания пара и добычи мобилизованных углеводородов;

c. нагнетания окислительного средства в обработанную паром часть пласта через по меньшей мере одну скважину для обеспечения горения окисляемых материалов;

d. обеспечения возможности горения окисляемых материалов для обеспечения возникновения по меньшей мере одной из реакций термического крекинга, акватермолиза, газификации и конверсии водяного газа в обработанной паром части пласта с образованием синтез-газа; и

d. добычи по меньшей мере одного составного компонента синтез-газа на поверхность через по меньшей мере одну скважину.

В некоторых иллюстративных вариантах осуществления первого широкого аспекта настоящего изобретения совместно с окислительным средством нагнетают по меньшей мере одно из пара, растворителя, карбоната, конденсата от продувки котлов, гидроксида кальция, неочищенных сточных вод, морской воды и отработавшей воды. Окислительное средство предпочтительно выбирают из воздуха и кислорода.

В некоторых иллюстративных вариантах осуществления по меньшей мере одну скважину перекрывают после этапа c. для обеспечения возможности горения с обеспечением по меньшей мере одной из реакций термического крекинга, акватермолиза, газификации и конверсии водяного газа этапа d.

Синтез-газ предпочтительно содержит водород и оксиды углерода. Этапы c.–e. можно повторить, когда объем по меньшей мере одного составного компонента синтез-газа,

добываемого на поверхность через по меньшей мере одну скважину, падает ниже выбранного порогового значения объема. Когда по меньшей мере одним составным компонентом является водород, после этапа d. способ предпочтительно дополнительно включает этап использования мембраны для обеспечения возможности добычи на поверхность только водорода.

Система термического извлечения углеводородов может представлять собой систему гравитационного дренирования при закачке пара, и тогда по меньшей мере одна скважина может представлять собой нагнетательную скважину и добывающую скважину, и для этапов нагнетания окислительного средства и добычи по меньшей мере одного составного компонента синтез-газа на поверхность можно использовать одну или обе из нагнетательной скважины и добывающей скважины. Система гравитационного дренирования при закачке пара может содержать по меньшей мере одну уплотняющую сетку скважину, и тогда по меньшей мере одна скважина включает по меньшей мере одну уплотняющую сетку скважину. По меньшей мере одна скважина может представлять собой по меньшей мере одну из горизонтальной скважины, вертикальной скважины, наклонной скважины и многозабойной скважины. По меньшей мере одна скважина может представлять собой скважину, законченную в двух пластах, при этом этапы нагнетания окислительного средства и добычи по меньшей мере одного составного компонента синтез-газа на поверхность происходят в разных частях скважины, законченной в двух пластах. По меньшей мере одна скважина может дополнительно содержать устройства для управления потоком для управления тем, где вдоль по меньшей мере одной скважины происходят нагнетание окислительного средства и добыча по меньшей мере одного составного компонента синтез-газа.

Подробное описание иллюстративных вариантов осуществления настоящего изобретения приведено ниже. Однако следует понимать, что настоящее изобретение не должно истолковываться как ограниченное этими вариантами осуществления. Иллюстративные варианты осуществления относятся к конкретным применениям настоящего изобретения, хотя специалисту в данной области техники будет ясно, что настоящее изобретение имеет применимость за пределами иллюстративных вариантов осуществления, изложенных в данном документе.

Краткое описание графических материалов

В сопроводительных графических материалах, в которых проиллюстрированы иллюстративные варианты осуществления настоящего изобретения:

на фиг. 1 и 2 проиллюстрированы стадии процесса SAGD известного уровня техники.

На фиг. 3 проиллюстрирована стадия нагнетания окислительного средства согласно одному иллюстративному варианту осуществления настоящего изобретения, при этом окислительное средство нагнетают в запарную камеру, созданную в ходе процесса извлечения на основе пара.

На фиг. 4 проиллюстрирована стадия добычи согласно иллюстративному варианту осуществления, представленному на фиг. 3.

На фиг. 5 проиллюстрирован другой иллюстративный вариант осуществления настоящего изобретения после остановки извлечения на основе пара, при этом в продуктивный горизонт нагнетают окислительное средство и одновременно добывают из пласта синтез-газ (с другими пластовыми текучими средами).

Иллюстративные варианты осуществления будут описаны теперь со ссылкой на сопроводительные графические материалы.

Подробное описание иллюстративных вариантов осуществления

Во всем следующем описании изложены конкретные подробности, чтобы обеспечить специалистам в данной области более полное понимание. Однако общеизвестные элементы могут не быть показаны или описаны подробно, чтобы избежать нежелательного затруднения понимания настоящего изобретения. Нижеследующее описание примеров настоящего изобретения не предназначено для того, чтобы быть исчерпывающим или ограничивать настоящее изобретение точной формой любого иллюстративного варианта осуществления. Соответственно, описание и графические материалы следует рассматривать в иллюстративном, а не в ограничительном смысле.

Настоящее изобретение направлено на добычу ценных продуктов из пластов, которые были подвергнуты первичному или вторичному извлечению, включающему нагнетание пара, результатом чего является обедненная углеводородами запарная камера. Таким образом, способы, описанные в данном документе, могут извлекать пользу из тепла, внесенного в пласт (вследствие нагнетания пара в пласт), а также присутствия в пласте пара, что, совместно с нагнетанием окислителя, способствует выполнению реакций газификации и конверсии водяного газа для получения синтез-газа в пласте. Синтез-газ или часть синтез-газа затем добывают из пласта и могут использовать в качестве химического сырья для химических продуктов, например, метанола, аммиака, углеродного волокна, или в качестве топлива для генерирования пара или производства электроэнергии, например, в двигателях внутреннего сгорания или топливных элементах.

В ходе добычи синтез-газа из пласта можно также добывать мобилизованные нефтепродукты, в том числе тяжелую нефть или битум, или метан.

В общем, в настоящем описании описаны способы обработки углеводородных пластов (обычной нефти, тяжелой нефти, пластов нефтеносного песка, пластов карбонатной нефти, природного газа, сероводорода), которые ранее были подвергнуты обработке паром, для добычи синтез-газа, причем такая предыдущая обработка проиллюстрирована в одном иллюстративном способе SAGD, представленном на фиг. 1 и 2, и описана выше. Иллюстративные способы согласно настоящему изобретению включают нагнетание кислорода или обогащенного кислородом пара в обработанный паром пласт для сжигания части окисляемых текучих сред и/или твердых веществ в пласте, причем в этом случае запарная камера становится зоной реакции для газификации, конверсии водяного газа, термического крекинга (термолиза) и/или акватермолиза. Доставляемый чистый кислород или кислород с примесями можно нагнетать совместно с паром и/или другими текучими средами, включая растворители, или сам по себе. Совместное нагнетание с паром обладает дополнительным преимуществом того, что пар представляет собой конденсирующуюся текучую среду и полезную текучую среду-теплоноситель. В ходе этой части процесса текучие среды не обязательно, но можно добывать на поверхность. После того, как в пласте будет достигнута заданная температура, нагнетание кислорода можно остановить или уменьшить, и пласту позволяют пропитаться, в течение этого времени может расходоваться оставшийся в пласте кислород и происходят реакции газификации и реакция конверсии водяного газа. Эта фаза может включать продолжение нагнетания других текучих сред, таких как пар/вода и/или растворители. В ходе этих реакций внутри пласта образуются водород и оксиды углерода. Из добывающей скважины, когда она открыта для добычи, на поверхность добывают смесь водорода, оксидов углерода, воды (как часть синтез-газа), углеводородных газов и сероводорода. Альтернативно, если используется скважинная водородная мембрана или фильтр, такие как мембрана из сплава палладия или фильтр на основе углерода, водород можно добывать на поверхность с повышенной чистотой. После того, как скорость добычи синтез-газа и/или водорода падает до порогового значения, нагнетание кислорода можно запускать заново или усиливать, и процесс можно повторять множество раз с подобной или переменной длительностью до тех пор, пока общая скорость добычи синтез-газа не упадет до порогового значения. Таким образом, процесс приводит к синтез-газу или газу, обогащенному водородом, из углеводородов и воды, которые присутствуют внутри пласта вследствие предыдущих методик извлечения на основе пара, примененных к пласту. Вода

или пар, или разновидности горючего топлива, или отходы, такие как органический материал или сточные воды, или другие текучие среды или частицы, или катализаторы, или растворенные ионы, можно нагнетать в пласт вместе с кислородом или отдельно от него.

В некоторых иллюстративных вариантах осуществления окислитель нагнетают в одну или несколько скважин, а добычу синтез-газа можно обеспечить из другой скважины или скважин. В другом варианте осуществления окислитель можно нагнетать в скважину, а затем, через некоторое время нагнетания, нагнетание останавливают, и затем скважину вводят в эксплуатацию для получения синтез-газа и/или других пластовых текучих сред, в том числе, но без ограничения, нефти или водорода. В пределах одного нефтяного месторождения различные скважины могут являться нагнетательными или добывающими альтернативно, одновременно или постоянно.

В пласте после SAGD, таком как в проиллюстрированных вариантах осуществления, нагнетательную и добывающую скважины из одной пары скважин можно использовать либо с одной, либо с обеими скважинами, применяемыми для нагнетания окислителя, и с одной или обеими скважинами, применяемыми для добычи синтез-газа и других текучих сред, и нагнетание и добычу можно осуществлять одновременно или циклическим образом, что может включать любые непарные уплотняющие сетку скважины, которые можно использовать в качестве части системы или отдельно. В циклическом процессе после падения добычи синтез-газа до некоммерческих показателей процесс можно перезапустить или усилить путем перезапуска или усиления нагнетания окислителя. Уплотняющие сетку скважины различных типов могут разнообразно являться добывающими или нагнетающими различные текучие среды или химические вещества, во взаимодействии, в виде системы с другими расположенными рядом скважинами, или без этого взаимодействия. Как можно видеть, в этом случае существующие скважины из устройства для термического извлечения можно использовать для нагнетания окислительного средства (с паром или другими добавками или без них) и добычи синтез-газа или его составных компонентов (таких как, например, водород). Альтернативно, оператор может использовать существующее устройство термического извлечения, но бурить дополнительные скважины для нагнетания и/или добычи, например, бурить новые скважины в воду в нижней области пласта или в образовавшуюся запарную камеру. Существующие скважины с нагнетанием пара можно использовать для смешанного нагнетаемого вещества из кислорода/пара, когда технические условия скважин являются достаточными для желаемого уровня кислорода, что очевидно для специалистов в данной

области техники, и при применении нескольких нагнетательных скважин кислород можно нагнетать только в некоторые из нагнетательных скважин или циклическим образом и/или поэтапным образом. Способ не ограничен горизонтальными скважинами, такими как скважины, используемые в операциях SAGD, но его также можно осуществлять с помощью любых конфигураций скважин, включая, но без ограничения, вертикальные и наклонные, а также многозабойные скважины, с различными комбинациями расстояний и масштабов времени. Нагнетание или добыча может происходить вблизи либо более высоких зон пласта, либо более низких зон пласта, в том числе, в некоторых подходящих случаях несколько выше или ниже пласта. Окончание в двух пластах внутри одних и тех же стволов скважин может обеспечивать возможность того, что зоны скважины являются добывающими и нагнетательными одновременно или в разные моменты времени. Устройства для управления потоком можно использовать так, что нагнетание или добычу можно сосредотачивать переменным образом в различных местах по длине горизонтального ствола скважины, для того чтобы, например, нагнетать окислитель и пар в направлении носка одной из скважин из пары скважин, в то время как добыча происходит в направлении пятки соответствующей парной скважины.

Способ можно осуществлять с помощью нагнетания пара в пласт. Пар можно нагнетать одновременно или параллельно, или циклическим образом с нагнетанием окислителя в любых соотношениях. Кроме того, совместно с окислительным средством (с паром или без него) можно нагнетать химические вещества, известные специалистам в данной области техники, которые ускоряют осаждение карбонатов внутри пласта, что, таким образом, обеспечивает возможность сохранения в пласте некоторого количества углерода в твердой форме, а не в виде газа. Обычные карбонаты включают CaCO_3 и $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Нагнетаемое вещество может включать одно или несколько из конденсата от продувки котлов, гидроксида кальция, неочищенных сточных вод, морской воды и потоков отработавшей воды, которые могут выбираться специалистом в данной области техники. Это ускорение образования карбонатов или других углеродсодержащих твердых веществ можно осуществить в аналогичных проектах, где целью является ускорение осаждения оксидов углерода для хранения в твердой форме, что может способствовать улучшению ограничений объема и давления, а также уменьшению подвижности углерода через геологические системы, из которых он может в конечном итоге протекать на поверхность. Варианты осуществления могут включать проекты по секвестрации углерода, также известные как проекты по улавливанию и хранению углерода, которые стали популярны по соображениям парниковых газов и загрязнения воздуха. В этих случаях оксиды

углерода можно улавливать из источника, богатого оксидом углерода, такого как выбросы отработавших газов с электростанций на угольном топливе или природном газе, или генераторов пара, тепла или энергии, или из способов прямого улавливания из воздуха и нагнетания.

Синтез-газ или газ, обогащенный водородом, который добывают при помощи способов согласно настоящему изобретению, можно использовать для выработки энергии путем его сжигания в качестве топлива для генерирования пара, который используется для вращения турбины, которая, в свою очередь, вырабатывает электроэнергию. Другой вариант осуществления включает использование добытого синтез-газа или газа, обогащенного водородом, для выработки электроэнергии в топливных элементах. Синтез-газ или газ, обогащенный водородом, можно также использовать в качестве химического сырья, для повышения качества или рафинирования разновидностей топлива, или создания других продуктов, в том числе, но без ограничения, метанола или аммиака. Синтез-газ или газ, обогащенный водородом, можно также подавать в процесс паровой конверсии метана с предварительной обработкой или дополнением из других запасов разновидностей углеводородного топлива, в том числе, но без ограничения, метана, нефти, угля или природного газа, или без них, при этом избыток какого-либо водорода можно извлечь с помощью методик полной или частичной реализации улавливания и/или секвестрации, или хранения углерода, или без них.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения дополнительную выгоду может обеспечить оборудование, относящееся к генерированию кислорода. Например, для извлечения кислорода из запасов воздуха обычно используют воздухоразделительную установку (ASU), а одним из побочных продуктов процесса разделения является азот. Синтез-газ, добываемый при помощи вариантов осуществления согласно настоящему изобретению, содержит водород, который можно извлечь из синтез-газа при помощи известных мембранных технологий. Азот можно затем объединить с водородом с использованием сбросного тепла из процесса для производства аммиака. Другим примером является электролиз для добычи окислителя и водорода вблизи этих площадок, за счет чего экономическую пользу извлекают из выходного кислорода, который обычно выпускают, а дополнительный водород, полученный в результате электролиза, также можно потреблять на месте, например, при производстве электроэнергии или образовании пара, или при обеспечении топливом транспортных средств с топливными элементами, или транспортировать на расстояние при помощи трубопроводов или резервуаров по дороге, железной дороге, при помощи барж/кораблей

или летательных аппаратов, таких как дирижабли, экранопланы, транспортные средства на воздушной подушке и другие летательные аппараты.

В другом варианте осуществления горячей добываемый синтез-газ или водород и/или углеводороды, и/или дигидрогена оксид можно пропустить через теплообменную систему для регенерации тепла. Это регенерированное тепло можно использовать дальше по ходу потока относительно ASU для нагрева отделенного потока кислорода перед нагнетанием, что способствует реакциям образования синтез-газа внутри пласта. Уменьшение количества тепла потока водорода может способствовать сжижению водорода для транспортировки. Это регенерированное тепло можно также использовать для выработки электроэнергии или в других каскадных тепловых системах, таких как производство пива, перегонка спирта, теплицы, немецкие бани, финские сауны, переработка пищевых продуктов, или в других применениях.

В способах согласно настоящему изобретению используют обработанный паром пласт или обработанные паром объемы внутри пласта, которые по-прежнему могут подвергаться нагнетанию пара где-либо, и нагнетают в пласт окислитель, который, окисляя нефть (и газ) в пласте, нагревает пласт до температуры, при которой происходят реакции газификации и конверсии водяного газа между смесью углеводородов и водой внутри пласта путем непрерывного или периодического нагнетания кислорода в пласт, для того чтобы обеспечить возникновение реакций горения на месте, которые нагревают пласт до предпочтительной температуры от 400 до 700 °С. Этот температурный диапазон может достигаться или превышать кратковременно в поровом масштабе или внутри некоторых областей пласта, но средняя температура всего пласта необязательно должна находиться в пределах этого диапазона.

Во время нагрева пласта и его нахождения при повышенной температуре происходят реакции газификации, конверсии водяного газа и аквагермолиза с последующим образованием водорода, сероводорода, монооксида углерода, диоксида углерода и пара (водяного пара). По мере того как реакции происходят в пласте, компоненты газа собираются в пространстве пласта, но имеют тенденцию подниматься из-за эффектов плавучести в пласте, в котором мобилизованная нефть собирается вокруг нагнетательной скважины, поддерживая там реакции, и газы поднимаются вверх по направлению к добывающей скважине выше и собираются в пласте. Синтез-газ и другие текучие среды добывают из пласта через добывающую скважину. В другом варианте осуществления нагнетательная скважина может также находиться в верхней части пласта, и нагнетание

выполняют периодически или непрерывно, потенциально во взаимодействии с периодической или непрерывной добычей из добывающей скважины.

По мере того как кислород нагнетают в пласт, внутри пласта создается реакционная зона. Реакционная зона характеризуется зоной с температурой выше исходной температуры пласта. В реакционной зоне температура может повышаться выше 450 °С, а на фронте реакции температура может превышать 900 °С. При температурах выше 400 °С внутри горячей зоны происходят реакции газификации, в результате которых генерируется водород, который можно добыть на поверхность исключительно посредством верхней добывающей скважины. Внутри горячей зоны вокруг нагнетательной скважины нагретая нефть стекает и скапливается вокруг нагнетательной скважины, обеспечивая тем самым больше топлива для реакций, которые происходят вокруг нагнетательной скважины. В другом варианте осуществления добывающая скважина для газа и нефти может представлять собой одну и ту же скважину, например, если разместить ниже в пласте многофазный насос большой производительности, такой как струйный насос или насос вентури, или насосы других типов, в том числе, но без ограничения, винтовой насос или электрический погружной насос, погруженный для извлечения жидкостей и твердых веществ вверх по добывающей обсадной колонне, которая является отдельной от трубопровода для добычи газа или обсадных труб, тогда забор для синтез-газа или газа, обогащенного водородом, может находиться ниже в пласте. Этот вариант осуществления может содержать или не содержать перфорационные каналы или зоны притока/оттока, или фильтры притока/оттока в более чем одном уровне по высоте пласта.

Ключом к способу является проведение реакций газификации на месте внутри пласта, при этом из скважины при добыче добывают на поверхность синтез-газ или газ, обогащенный водородом.

Синтез-газ, генерируемый благодаря предложенным здесь способам, можно использовать для выработки энергии, тепла, сжигания для получения пара, который может быть использован для выработки энергии, или пара для других процессов извлечения нефти на месте, или в качестве сырьевого материала для производства других химических продуктов, включая топливо, пластмассу, метанол, мочевины, водород, серу и т. д. Водород, отделенный от синтез-газа, можно использовать для управления получением пара, нагревом резервуаров, обезвоживанием эмульсий под действием температуры, извлечением разбавителя, биоцидом, рекультивацией мест разлива и других действий на объекте.

Как показано в иллюстративной системе 10 добычи синтез-газа, проиллюстрированной на фиг. 3 в виде 26 сбоку и виде 28 в сечении, окислительное средство 14 втекает в зону 18 реакции (раньше представлявшую собой запарную камеру SAGD) пласта 16 через скважину 12 для нагнетания окислительного средства (которая раньше могла представлять собой добывающую скважину традиционной системы SAGD) и вступает в реакции, обеспечивая возможность горения части окисляемых текучих сред и/или твердых веществ для обеспечения возникновения реакций термического крекинга (термолиза), акватермолиза, газификации и/или конверсии водяного газа внутри пласта 16 с образованием синтез-газа 20. На этом этапе в качестве нагнетательной скважины 12 можно использовать любую из двух скважин 22, 12 (верхней или нижней скважин). Как показано на фиг. 4, после нагнетания достаточного количества окислительного средства 14 или достижения давлением пласта 16 максимального порогового значения (заданного давлением разрыва пласта 16 или регламентом, или предпочтением) нагнетание останавливают, и включают скважину 22 для добычи газа (которая раньше могла представлять собой нагнетательную скважину традиционной системы SAGD), а также добывают синтез-газ 20 и другие пластовые текучие среды на поверхность в виде добываемого газа 24. На этом этапе любую из двух скважин 22, 12 (верхней или нижней скважин) можно использовать в качестве добывающей скважины 22.

Способ, проиллюстрированный на фиг. 3 и 4, можно повторять циклическим образом, после того, как этап добычи на фиг. 4 больше не позволяет добывать добываемый газ 24, нагнетание окислительного средства 14 можно продолжить, и процесс можно повторить множество раз.

В другой альтернативной системе 30 добычи синтез-газа, как показано на фиг. 5 в виде 48 сбоку и виде 50 в сечении, после остановки процесса извлечения на основе пара, окислительное средство 34 нагнетают через скважину 32 для нагнетания окислительного средства (которая раньше могла представлять собой добывающую скважину традиционной системы SAGD) в зону 38 реакции (раньше представлявшую собой запарную камеру SAGD) пласта 36 и добывают добываемый газ 46 из пласта 36 вместе с другими пластовыми текучими средами через скважину 42 для добычи газа (которая раньше могла представлять собой нагнетательную скважину традиционной системы SAGD) одновременно с нагнетанием окислительного средства 34.

Рассмотренное выше является лишь иллюстрацией принципов настоящего изобретения. Объем формулы изобретения не следует ограничивать приведенными в качестве примера

вариантами осуществления, изложенными выше, а ему следует давать самую широкую интерпретацию, согласующуюся с описанием в целом.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ переориентации системы термического извлечения углеводородов для добычи синтез-газа из обработанной паром части пласта после завершения извлечения углеводородов, причем система термического извлечения углеводородов содержит по меньшей мере одну скважину от поверхности до пласта, при этом способ включает этапы:

a. эксплуатации системы термического извлечения углеводородов для мобилизации углеводородов и их извлечения из пласта посредством нагнетания пара и добычи мобилизованных углеводородов с использованием по меньшей мере одной скважины, результатом чего является обработанная паром часть пласта, смежная с по меньшей мере одной скважиной и содержащая окисляемые материалы;

b. завершения нагнетания пара и добычи мобилизованных углеводородов;

c. нагнетания окислительного средства в обработанную паром часть пласта через по меньшей мере одну скважину для обеспечения горения окисляемых материалов;

d. обеспечения возможности горения окисляемых материалов для обеспечения возникновения по меньшей мере одной из реакций термического крекинга, акватермолиза, газификации и конверсии водяного газа в обработанной паром части пласта с образованием синтез-газа; и

e. добычи по меньшей мере одного составного компонента синтез-газа на поверхность через по меньшей мере одну скважину.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что совместно с окислительным средством нагнетают по меньшей мере одно из пара, растворителя, карбоната, конденсата от продувки котлов, гидроксида кальция, неочищенных сточных вод, морской воды и отработавшей воды.

3. Способ по п. 1, отличающийся тем, что окислительное средство выбирают из воздуха и кислорода.

4. Способ по п. 1, отличающийся тем, что по меньшей мере одну скважину перекрывают после этапа c. для обеспечения возможности горения с обеспечением по меньшей мере одной из реакций термического крекинга, акватермолиза, газификации и конверсии водяного газа этапа d.

5. Способ по п. 1, отличающийся тем, что синтез-газ содержит водород и оксиды углерода.

6. Способ по п. 5, отличающийся тем, что по меньшей мере одним составным компонентом является водород, причем после этапа d. способ дополнительно включает этап использования мембраны для обеспечения возможности добычи на поверхность только водорода.

7. Способ по п. 1, отличающийся тем, что этапы с.–е. повторяют, когда объем по меньшей мере одного составного компонента синтез-газа, добываемого на поверхность через по меньшей мере одну скважину, падает ниже выбранного порогового значения объема.

8. Способ по п. 1, отличающийся тем, что система термического извлечения углеводородов представляет собой систему гравитационного дренирования при закачке пара, и по меньшей мере одна скважина представляет собой нагнетательную скважину и добывающую скважину, и для этапов нагнетания окислительного средства и добычи по меньшей мере одного составного компонента синтез-газа на поверхность используют одну или обе из нагнетательной скважины и добывающей скважины.

9. Способ по п. 8, отличающийся тем, что система гравитационного дренирования при закачке пара содержит по меньшей мере одну уплотняющую сетку скважину, и по меньшей мере одна скважина включает по меньшей мере одну уплотняющую сетку скважину.

10. Способ по п. 1, отличающийся тем, что по меньшей мере одна скважина представляет собой по меньшей мере одну из горизонтальной скважины, вертикальной скважины, наклонной скважины и многозабойной скважины.

11. Способ по п. 1, отличающийся тем, что по меньшей мере одна скважина представляет собой скважину, законченную в двух пластах, при этом этапы нагнетания окислительного средства и добычи по меньшей мере одного составного компонента синтез-газа на поверхность происходят в разных частях скважины, законченной в двух пластах.

12. Способ по п. 1, отличающийся тем, что по меньшей мере одна скважина содержит устройства для управления потоком для управления там, где вдоль по меньшей мере одной скважины происходят нагнетание окислительного средства и добыча по меньшей мере одного составного компонента синтез-газа.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

измененная на международной стадии

1. Способ переориентации системы термического извлечения углеводородов для добычи синтез-газа из обработанной паром, обедненной углеводородами части пласта после завершения операций извлечения углеводородов, причем система термического извлечения углеводородов содержит по меньшей мере одну скважину от поверхности до пласта, при этом способ включает этапы:

a. эксплуатации системы термического извлечения углеводородов для мобилизации углеводородов и их извлечения из пласта посредством нагнетания пара и добычи мобилизованных углеводородов с использованием по меньшей мере одной скважины, результатом чего является обработанная паром, обедненная углеводородами часть пласта, смежная с по меньшей мере одной скважиной и содержащая окисляемые материалы, внесенное тепло и нагнетаемый пар;

b. завершения нагнетания пара и завершения эксплуатации системы термического извлечения углеводородов;

c. после завершения эксплуатации системы термического извлечения углеводородов нагнетания окислительного средства в обработанную паром часть пласта через по меньшей мере одну скважину для образования зоны реакции в обработанной паром, обедненной углеводородами части пласта и обеспечения горения окисляемых материалов в ней в присутствии внесенного тепла и нагнетаемого пара;

d. обеспечения возможности горения окисляемых материалов в зоне реакции для обеспечения возникновения по меньшей мере одной из реакций термического крекинга, акватермолиза, газификации и конверсии водяного газа в обработанной паром, обедненной углеводородами части пласта с образованием синтез-газа; и

e. добычи по меньшей мере одного составного компонента синтез-газа на поверхность через по меньшей мере одну скважину.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что совместно с окислительным средством нагнетают по меньшей мере одно из дополнительных пара, растворителя, карбоната, конденсата от продувки котлов, гидроксида кальция, неочищенных сточных вод, морской воды и отработавшей воды.

3. Способ по п. 1, отличающийся тем, что окислительное средство выбирают из воздуха и кислорода.

4. Способ по п. 1, отличающийся тем, что по меньшей мере одну скважину перекрывают после этапа c. для обеспечения возможности горения с обеспечением по

меньшей мере одной из реакций термического крекинга, акватермолиза, газификации и конверсии водяного газа этапа d.

5. Способ по п. 1, отличающийся тем, что синтез-газ содержит водород и оксиды углерода.

6. Способ по п. 5, отличающийся тем, что по меньшей мере одним составным компонентом является водород, причем после этапа d. способ дополнительно включает этап использования мембраны для обеспечения возможности добычи на поверхность только водорода.

7. Способ по п. 1, отличающийся тем, что этапы с.–е. повторяют, когда объем по меньшей мере одного составного компонента синтез-газа, добываемого на поверхность через по меньшей мере одну скважину, падает ниже выбранного порогового значения объема.

8. Способ по п. 1, отличающийся тем, что система термического извлечения углеводородов представляет собой систему гравитационного дренирования при закачке пара, и по меньшей мере одна скважина представляет собой нагнетательную скважину и добывающую скважину, и для этапов нагнетания окислительного средства и добычи по меньшей мере одного составного компонента синтез-газа на поверхность используют одну или обе из нагнетательной скважины и добывающей скважины.

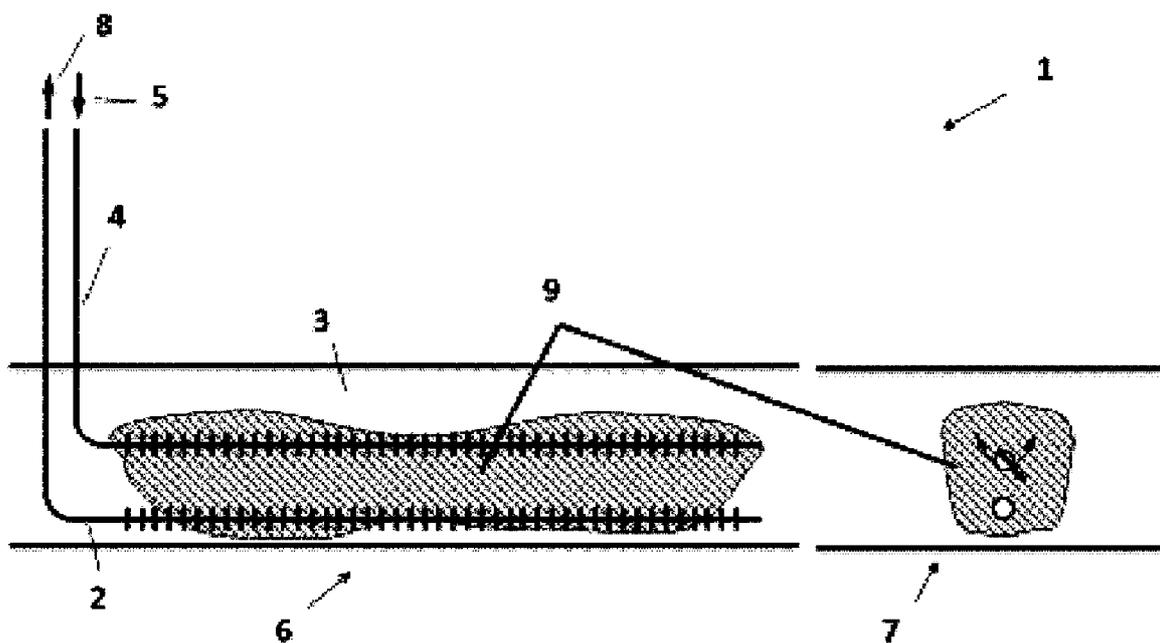
9. Способ по п. 8, отличающийся тем, что система гравитационного дренирования при закачке пара содержит по меньшей мере одну уплотняющую сетку скважину, и по меньшей мере одна скважина включает по меньшей мере одну уплотняющую сетку скважину.

10. Способ по п. 1, отличающийся тем, что по меньшей мере одна скважина представляет собой по меньшей мере одну из горизонтальной скважины, вертикальной скважины, наклонной скважины и многозабойной скважины.

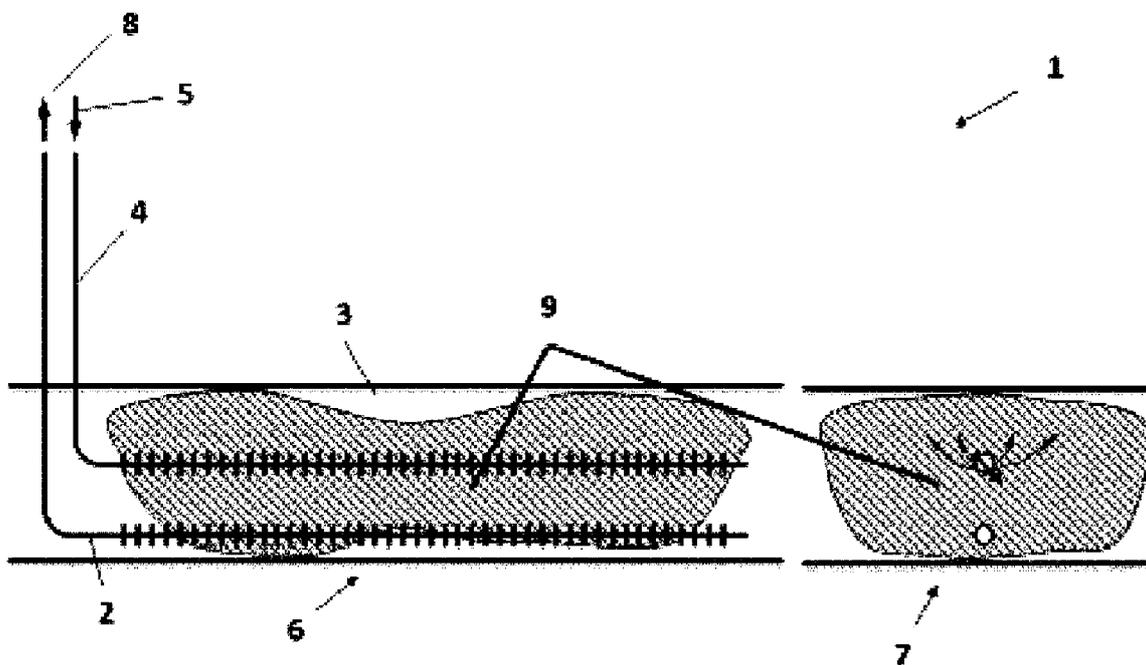
11. Способ по п. 1, отличающийся тем, что по меньшей мере одна скважина представляет собой скважину, законченную в двух пластах, при этом этапы нагнетания окислительного средства и добычи по меньшей мере одного составного компонента синтез-газа на поверхность происходят в разных частях скважины, законченной в двух пластах.

12. Способ по п. 1, отличающийся тем, что по меньшей мере одна скважина содержит устройства для управления потоком для управления тем, где вдоль по меньшей мере одной

скважины происходят нагнетание окислительного средства и добыча по меньшей мере одного составного компонента синтез-газа.



Фиг. 1
ИЗВЕСТНЫЙ УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ



Фиг. 2
ИЗВЕСТНЫЙ УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

