

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202091658** (13) **A1**

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

(43) Дата публикации заявки
2022.02.28

(22) Дата подачи заявки
2020.08.06

(51) Int. Cl. *C01B 3/26* (2006.01)
C01B 32/00 (2017.01)
E21B 43/24 (2006.01)
E21B 36/00 (2006.01)

(54) **ПРОЦЕСС РАЗЛОЖЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДНОГО ГАЗА В ПЛАСТЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА БЕЗ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ**

(96) **2020000070 (RU) 2020.08.06**
(71) Заявитель:
**СУРГУЧЕВА АННА ЛЕОНИДОВНА;
СУРГУЧЕВ ЛЕОНИД
МИХАЙЛОВИЧ; СУРГУЧЕВА
ЕЛИЗАВЕТА ЛЕОНИДОВНА (RU)**

(72) Изобретатель:
**Сургучев Леонид Михайлович,
Сургучева Елизавета Леонидовна,
Сургучева Анна Леонидовна (RU)**
(74) Представитель:
Сургучева А.Л., Сургучев Л.М. (RU)

(57) Изобретение относится к процессу пиролиза углеводородов, каталитического крекинга и разложения на водород и углерод с использованием электромагнитного микроволнового нагрева в месторождениях природного газа или нефтегазовых месторождениях. Микроволновое воздействие в скважинах месторождения позволяет декарбонизировать углеводородное топливо в самом пласте и добывать водород. Углеродные продукты, такие как графен и активированный уголь, полученные в процессе плазменного пиролиза углеводородов, также могут быть извлечены на поверхность при низких затратах.

202091658
A1

202091658

A1

Процесс разложения углеводородного газа в пласте для получения водорода без выбросов парниковых газов

Область изобретения

Настоящее изобретение относится к процессу разложения углеводородного газа в пласте и производству водорода. Горизонтальные и наклонные скважины с много ступенчатым гидроразрывом пласта с наполнителями, оборудованные забойными скважинными тракторами используются для добычи водорода с применением электромагнитного микроволнового прогрева, плазменного пиролиза и каталитического крекинга углеводородов.

Вступление

Значительные запасы природного газа в мире накапливаются залегают в низкопроницаемых пластах, сланцевых, истощенных некоммерческих газовых месторождениях.

Процесс разложения углеводородного газа на водород и углерод в пласте открывает доступ к огромному источнику чистой энергии. Разложение природного газа при высокой температуре позволяет получать водород без образования и выбросов парниковых газов.

Крекинг метана при температуре выше 1000°C является эндотермической реакцией:



В присутствии катализаторов реакции крекинга могут протекать при более низких температурах, в диапазоне 500-600°C.

Микроволновый нагрев происходит под воздействием электромагнитных волн и за счет теплообмена. Микроволны представляют собой неионизирующее электромагнитное излучение с длиной волны 1 мм - 1 м и частотой 300 МГц - 3000 ГГц. Колебание электрических и магнитных полей распространяется в виде электромагнитного излучения. Молекулы воды и многих других веществ являются электрическими диполями. У них есть частичный положительный заряд на одном конце и частичный отрицательный заряд на другом. Переменное изменяющееся во времени электромагнитное поле микроволн вызывает вращение и колебание дипольных молекул, чтобы выровняться соответствующим образом. Вращающиеся молекулы ударяют о другие молекулы и приводят их в движение, межмолекулярное трение таким образом рассеивает энергию, повышают температуру в твердых телах и жидкостях. Материалы, подверженные воздействию электромагнитного излучения, нагреваются.

Уравнения Максвелла описывают, как электрические и магнитные поля и их связь с электрическими зарядами, токами и изменениями полей. Закон индукции Фарадея и закон Ампера с расширением Максвелла:

$$\nabla \times E = - dB / dt$$

$$\nabla \times H = - dD / dt + J$$

где:

E – напряженность электрического поля, В / м.

B – плотность магнитного потока, также называемая магнитной индукцией, Тесла или В / м².

H – напряженность магнитного поля, А / м.

D – электрическая индукция, Кл / м².

J – плотность электрического тока, А / м².

Диэлектрические свойства материалов обычно выражаются с использованием относительной диэлектрической проницаемости $\epsilon_0\epsilon_r$.

$$D = \epsilon_0\epsilon_r E$$

где:

ϵ_0 – абсолютная диэлектрическая проницаемость вакуума или диэлектрическая константа,

ϵ_r – относительная диэлектрическая проницаемость.

Микроволновая энергия ослабевает при распространении через диэлектрический материал. Поглощаемая микроволновая энергия обеспечивает электромагнитный нагрев насыщенных пластовых пород, что позволяет достичь необходимых температурных условий для пиролиза углеводородов и разложения метана.

Изобретение

Данное изобретение относится к способу получения водорода в месторождениях углеводородов за счет разложения метана в процессе плазменного пиролиза и каталитического крекинга в пласте в результате микроволнового электромагнитного воздействия с использованием горизонтальных и наклонных скважин с много ступенчатым гидроразрывом пласта с наполнителями.

На месторождении природного газа 1 пробурена горизонтальная или наклонная скважина 2 и вертикальная добывающая скважина 3 (рисунок 1). Мобильный электромагнитный микроволновый генератор 4 установлен на устье скважины 2. Кабельные линии 5 установлены в скважине для направления микроволнового излучения в пласт через антенны волноводы 6 в горизонтальной секции скважины 2. В скважине также могут быть установлены микроволновые генерационные трубки или троны. Температура в зоне, содержащей углеводородный газ, повышается, когда микроволновая энергия адсорбируется при диэлектрическом нагреве. Реакции пиролиза метана происходят в призабойной зоне скважины в горизонтальном участке скважины 2, нагретой в процессе электромагнитного облучения. Скважина 2 может представлять собой горизонтальную скважину с многоступенчатым

гидроразрывом пласта с наполнителем оснащенную забойными скважинными тракторами для перемещения антенны электромагнитных волноводов вдоль горизонтального ствола скважины. Скважинные тракторы, как правило, представляют часть компоновки забойного оборудования и размещаются в скважине стандартными спускоподъемными операциями.

Частицы металлического катализатора могут быть закачены в трещины вместе с пропантом, чтобы обеспечить протекание реакций каталитического крекинга разложения метана на водород **7** и углерод **8**, происходящий при более низких температурах (500-600°C). Произведенный твердый углерод **8** будет накапливаться в призабойной зоне, трещинах и в горизонтальном стволе скважины.

Линии электропередачи **9** (Е-линии) используются для передачи электроэнергии и электромагнитных волн к компоновке оборудования на забое скважины в скважине **2** (рисунок 2). Компоновка оборудования в горизонтальной секции скважины включает волноводные антенны **10**, скважинный забойный трактор **11**, компенсатор и устройство аварийного разъединения **12**, электродвигатель **13** привода скважинного трактора.

Трещины **14** в скважине могут быть заполнены пропантом и металлическими частицами катализатора. Частицы никеля или никель в сочетании с алюминием могут быть использованы в качестве активных катализаторов в процессе каталитического крекинга метана в трещинах и в призабойной зоне скважины. Кобальт и железо также могут быть использованы в качестве катализатора каталитического крекинга метана.

Процесс плазменного пиролиза с образованием водорода **7** и углерода **8** происходит в области волноводных антенн в трещинах, призабойной зоне и в стволе скважины. Образующийся твердый углерод будет постепенно заполнять ствол скважины. Скважинный трактор **11** используется для перемещения волноводной антенны вдоль горизонтального участка ствола скважины **2** по мере образования твердого углерода (рисунок 3). На последующей стадии процесса углерод может вымываться на поверхность, чтобы использоваться для производства углеродных продуктов, таких как графен и / или активированный уголь.

В описанном выше процессе водород, полученный из метана, поступающего из пласта в интервалы перфорации и / или трещины в скважине **2**, может быть извлечен из зон реакции через ствол скважины **2**. Водород, образующийся в пласте и гравитационно сегрегирующий вверх по пласту может быть извлечен с помощью специальной добывающей скважины **3** из кровли геологической структуры месторождения (рисунок 1).

Это изобретение с применением плазменной технологии микроволнового воздействия позволяет реализовать экономически эффективный, модульный, небольшого масштаба процесс разложения метана в пласте и добычи водорода.

Процесс разложения природного газа в пласте месторождения представляет способ декарбонизации углеводородного топлива для перехода на водородную экономику с получением более чистых и недорогих углеродных продуктов.

Процесс разложения углеводородного газа в пласте для получения водорода без выбросов парниковых газов

Формула изобретения

1. Способ разложения углеводородов на водород и углерод с использованием скважин с гидроразрывом для электромагнитного микроволнового нагрева и плазменного пиролиза в призабойных зонах скважин в пластах месторождений природного газа или нефте-газовых месторождений, низкопроницаемых, сланцевых, истощенных некоммерческих месторождениях.
2. Способ по п. 1, в котором водород получают из метана посредством реакций каталитического крекинга, когда частицы катализатора вместе с расклинивающим трещины наполнителем пропантом закачиваются в скважину.
3. Способ по п. 1, в котором скважинные забойные тракторы используются для перемещения микроволновых направляющих антенн волноводов вдоль горизонтального участка ствола скважины.
4. Способ по п. 1, в котором используются мобильные или наземные стационарные генераторы электромагнитных волн, кабельные линии передач в скважине, забойные волноводные антенны или трубки, или троны для генерации микроволн в скважине.
5. Способ по п. 1, в котором углеродные продукты, такие как графен и активированный уголь, полученные в процессе плазменного пиролиза углеводородов, также могут быть извлечены на поверхности при низких затратах.

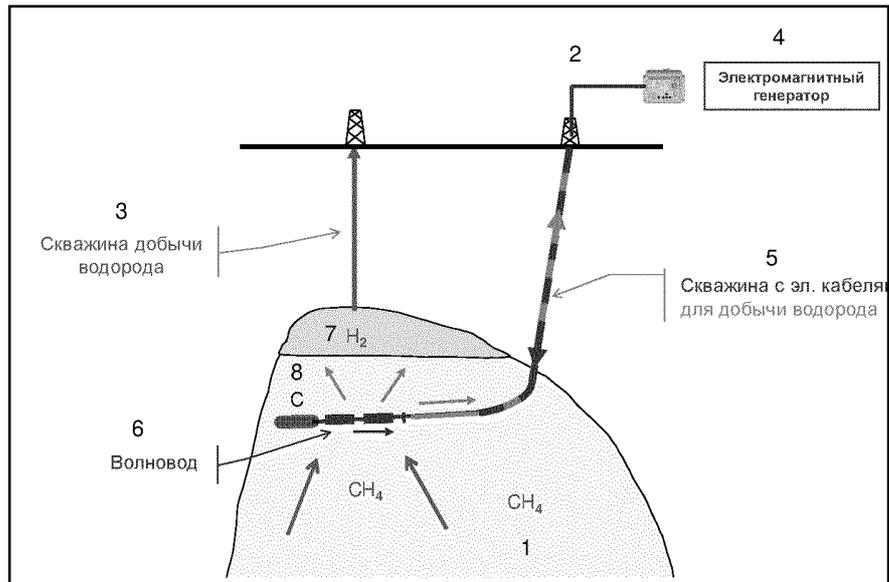


Рисунок 1. Процесс разложения метана и производства водорода при электромагнитном прогреве на месторождении углеводородов.

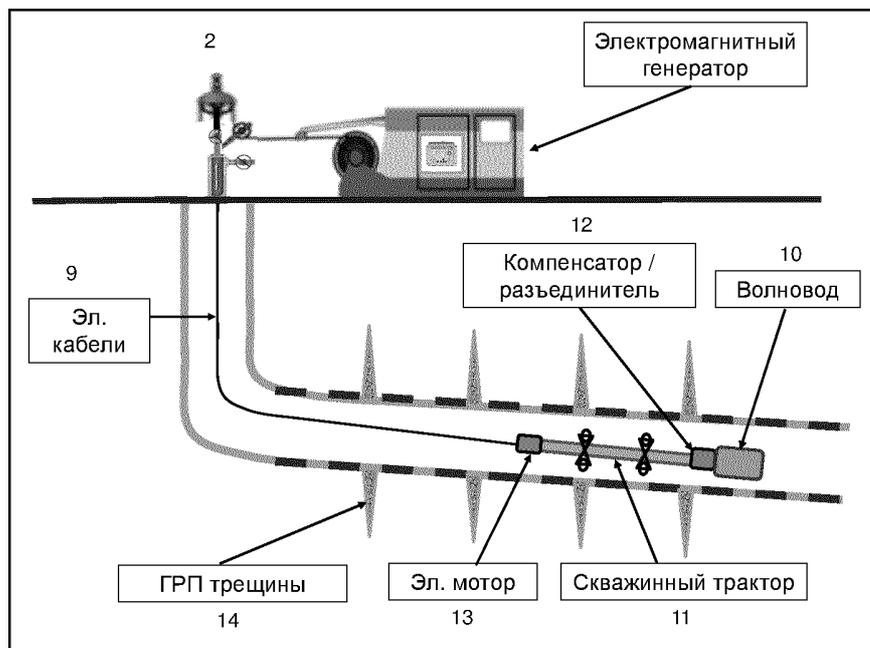


Рисунок 2. Компоновка оборудования в горизонтальной секции скважины со скважинным забойным трактором и антенной волноводом для электромагнитного прогрева.

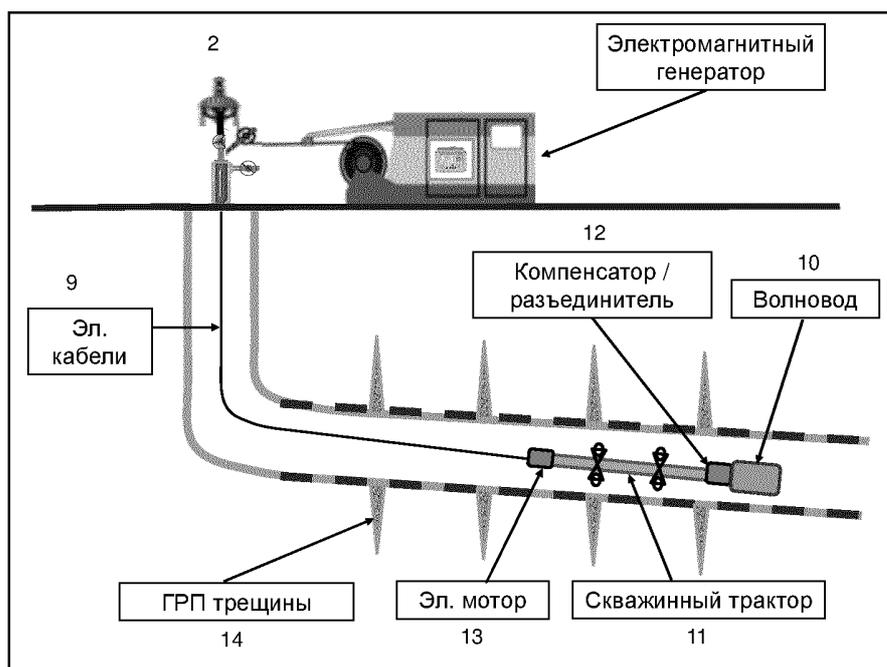


Рисунок 3. Скважинный трактор перемещающий антенну волновод вдоль горизонтальной секции скважины по мере образования твердого углерода.

ОТЧЕТ О ПАТЕНТНОМ ПОИСКЕ

(статья 15(3) ЕАПК и правило 42 Патентной инструкции к ЕАПК)

Номер евразийской заявки:

202091658**А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ:****C01B 3/26 (2006.01)****C01B 32/00 (2017.01)****E21B 43/24 (2006.01)****E21B 36/00 (2006.01)**

Согласно Международной патентной классификации (МПК)

Б. ОБЛАСТЬ ПОИСКА:

Просмотренная документация (система классификации и индексы МПК)

C01B 3, C01B 32, E21B, C09K 8

Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если, возможно, используемые поисковые термины)
Esp@cenet, PatSearch, ЕАПАТИС, Google Patents, PATENTSCOPE**В. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ**

Категория*	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
X	WO 2019/224326 A1 (HYDROGEN SOURCE AS), 28.11.2019, с. 1, строки 12-25, с. 2, строки 9-19, с. 4, строка 33 – с. 5, строка 3, с. 8, строка 31 – с. 9, строка 6, с. 9, строка 26 – с. 10, строка 16, с. 11, строки 1-12, с. 14, строки 2-7, фиг. 1, 2	1, 4, 5 2, 3
Y	US 2008/115935 A1 (MANGO FRANK D), 22.05.2008, абзац [0017]	2
Y	WO 2020/060435 A1 (ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ИЛ-МАСОНИК-НАУКА»), 26.03.2020, с. 4, строки 11-25	3
A	WO 2008/033268 A1 (UNIV CALIFORNIA, UPADHYE RAVINDRA S), 20.03.2008, реферат	1 - 5
A	EA 2011/00319 A1 (ИРИС-ФОРСКНИНГСИНВЕСТ), 31.10.2011, реферат	1 - 5

 последующие документы указаны в продолжении

* Особые категории ссылочных документов:

«А» - документ, определяющий общий уровень техники

«D» - документ, приведенный в евразийской заявке

«E» - более ранний документ, но опубликованный на дату подачи евразийской заявки или после нее

«O» - документ, относящийся к устному раскрытию, экспонированию и т.д.

"P" - документ, опубликованный до даты подачи евразийской заявки, но после даты испрашиваемого приоритета"

«Т» - более поздний документ, опубликованный после даты приоритета и приведенный для понимания изобретения

«X» - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий новизну или изобретательский уровень, взятый в отдельности

«Y» - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий изобретательский уровень в сочетании с другими документами той же категории

«&» - документ, являющийся патентом-аналогом

«L» - документ, приведенный в других целях

Дата проведения патентного поиска: **04/06/2021**

Уполномоченное лицо:

Заместитель начальника отдела механики,
физики и электротехники

 Д.Ф. Крылов