

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **040627**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2022.07.07**

(21) Номер заявки  
**202091658**

(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**

---

(43) **2022.02.28**

(96) **2020000070 (RU) 2020.08.06**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**СУРГУЧЕВА АННА ЛЕОНИДОВНА;  
СУРГУЧЕВ ЛЕОНИД  
МИХАЙЛОВИЧ; СУРГУЧЕВА  
ЕЛИЗАВЕТА ЛЕОНИДОВНА (RU)**

(56) WO-A1-2019224326  
US-A1-2008115935  
WO-A1-2020060435  
WO-A1-2008033268  
EA-A1-201100319

(72) Изобретатель:  
**Сургучев Леонид Михайлович,  
Сургучева Елизавета Леонидовна,  
Сургучева Анна Леонидовна (RU)**

(74) Представитель:  
**Сургучева А.Л., Сургучев Л.М. (RU)**

---

(57) Данное 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.

**B1**

**040627**

**040627**

**B1**

### Область изобретения

Настоящее изобретение относится к процессу разложения углеводородного газа в пласте и производству водорода. Горизонтальные и наклонные скважины с многоступенчатым 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 неkomмерческих 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:

$$\nabla \times \mathbf{E} = -d\mathbf{B}/dt$$

$$\nabla \times \mathbf{H} = -d\mathbf{D}/dt + \mathbf{J}$$

где  $E$  - напряженность электрического поля, В/м;

$B$  - плотность магнитного потока, также называемая магнитной индукцией, Тл или В/м<sup>2</sup>.

$H$  - напряженность магнитного поля, А/м;

$D$  - электрическая индукция, Кл/м<sup>2</sup>;

$J$  - плотность электрического тока, А/м<sup>2</sup>.

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

$$\mathbf{D} = \epsilon_0\epsilon_r \mathbf{E}$$

где  $\epsilon_0$  - абсолютная диэлектрическая проницаемость вакуума или диэлектрическая константа,

$\epsilon_r$  - 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 многоступенчатым гидроразрывом пласта с наполнителями.

На месторождении природного газа 1 пробурена горизонтальная или наклонная скважина 2 и вертикальная добывающая скважина 3 (фиг. 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 (фиг. 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 (фиг. 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 (фиг. 1).

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

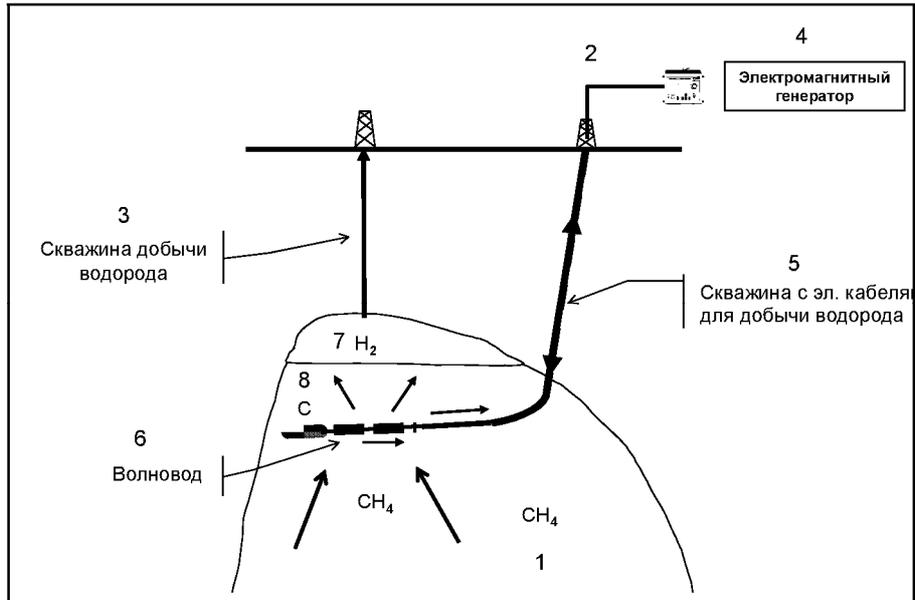
Процесс разложения природного газа в пласте месторождения представляет способ декарбонизации углеводородного топлива для перехода на водородную экономику с получением более чистых и недорогих углеродных продуктов.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

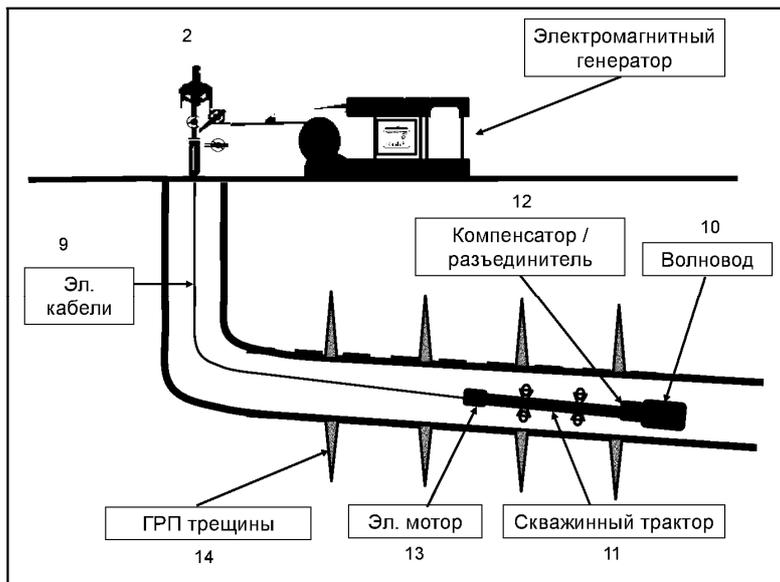
1. Способ добычи водорода на месторождениях углеводородов с использованием микроволновых направленных антенн-волноводов, перемещаемых забойными тракторами вдоль горизонтальных или наклонных участков ствола скважины, используемой для генерации водорода в результате микроволнового нагрева, плазменного пиролиза и каталитического крекинга газа, дренируемого в скважину через создаваемую искусственно систему трещин, наполняемых частицами катализатора вместе с расклинивающим трещины наполнителем пропантом.

2. Способ по п.1, в котором используются мобильные или наземные стационарные генераторы электромагнитных волн, кабельные линии передач в скважине, забойные волноводные антенны или трубки для генерации микроволн в скважине, многоступенчатый гидравлический разрыв пласта с наполнителем для создания системы трещин.

3. 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.



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



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

