

(19)



Евразийское  
патентное  
ведомство

(11) 040567

(13) B1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

- |                                       |               |                              |
|---------------------------------------|---------------|------------------------------|
| (45) Дата публикации и выдачи патента | (51) Int. Cl. | <i>E21B 43/00</i> (2006.01)  |
| 2022.06.24                            |               | <i>E21B 43/24</i> (2006.01)  |
| (21) Номер заявки                     |               | <i>E21B 43/243</i> (2006.01) |
| 202091470                             |               | <i>E21C 41/00</i> (2006.01)  |
| (22) Дата подачи заявки               |               | <i>C09K 8/00</i> (2006.01)   |
| 2020.07.13                            |               | <i>C10G 47/00</i> (2006.01)  |

---

(54) ПРОЦЕСС СЕПАРАЦИИ И ДОБЫЧИ ВОДОРОДА, ГЕНЕРИРУЕМОГО В ПЛАСТЕ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ, ПУТЕМ ГЕТЕРОГЕННОЙ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ КОНВЕРСИИ, РЕАКЦИЙ АКВАТЕРМОЛИЗА ИЛИ ОКИСЛЕНИЯ

---

- |   |                      |
|---|----------------------|
| (43) 2022.01.31   | (56) EA-A1-201100319 |
| (96) 2020000058 (RU) 2020.07.13                         | WO-A1-2008033268     |
| (71)(72)(73) Заявитель, изобретатель и патентовладелец: | US-A1-2003213594     |
| СУРГУЧЕВ ЛЕОНИД   | US-A1-2002036103     |
| МИХАЙЛОВИЧ; СУРГУЧЕВА                                   | US-A-5145003         |
| АННА ЛЕОНИДОВНА (RU)                                    |                      |

- (57) Данное изобретение относится к способу сепарации и добычи водорода, генерируемого в пласте нефтяных или газовых месторождений, путем гетерогенной каталитической конверсии, реакций аквагермолиза или окисления. Процесс, описываемый в этом изобретении, позволяет достичь сегрегации водорода в углеводородном пласте с использованием сил гравитации, разности плотностей и растворимостей газов и жидких фазах. Водород, накапливающийся в газовой фазе без "парниковых" газов, в верхней части нефтяного или газового месторождения, может быть добыт для коммерческого использования.

040567 B1

040567 B1

040567 B1

### Область изобретения

Настоящее изобретение относится к сепарации и добыче водорода, образующегося в пласте нефтяных или газовых месторождений в результате реакций гетерогенной каталитической конверсии, реакций аквагермолиза или окисления.

#### Вступление

Существует общее понимание того, что выбросы "парниковых" газов из-за быстрого роста потребления ископаемой углеродной энергии привели к глобальному потеплению. В то же время, с ростом численности населения, ростом спроса на энергию и развитием нефтехимической промышленности в мире существует проблема извлечения экологически приемлемым способом газа и нефти из неkomмерческих и истощенных месторождений, тяжелой нефти и битумов.

Конверсия углеводородов в водород в пласте с дальнейшей сепарацией, накоплением, хранением и производством водорода позволит получить чистую энергию как из "трудноизвлекаемых" запасов углеводородов, так и из новых и уже разрабатываемых месторождений нефти и природного газа.

Процесс этого изобретения, относящийся к сепарации и добыче водорода, исключая извлечение "черного углерода" на поверхность и эмиссию "парниковых" газов в атмосферу, открывает новый огромный потенциальный источник коммерческого водорода для химической промышленности и использования экологически чистой энергии.

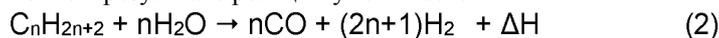
#### Изобретение

Данное изобретение относится к способу сепарации и добычи водорода, генерируемого в пласте нефтяных или газовых месторождений. Конверсия углеводородов в водород в пласте месторождения может быть достигнута в результате одной или нескольких химических реакций.

Конверсия гетерогенного катализа:



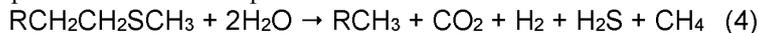
Реакция паровой конверсии или реформирование метана (SMR) является высокоэнтальпийной. Если продукты реакции SMR составляют 3 моль водорода и один моль CO, то для более тяжелых углеводородов это соотношение в результате реакции уменьшается:



Реакция замещения водой (WGS) обратима и умеренно экзотермическая:

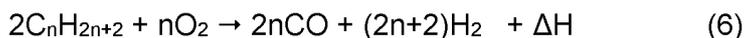


Реакции аквагермолиза тяжелых нефтей:



Различные реакции пиролиза, гидрирования, раскрытия кольца, закрытия кольца и десульфурации участвуют в аквагермолизе тяжелой нефти.

Реакции окисления в случае нагнетания воздуха:



Процесс генерации водорода в области пласта, где присутствует катализатор, требует высокой температуры, при которой происходит образование водорода, выше 500°C, особенно 600°C, например от 700°C до 900°C. На первой стадии процесса генерации водорода под землей катализатор закачивается в пласт (патенты US 8763697 и Евразийский 021444). Целесообразно распределение катализатора в пласта на возможно большее горизонтальное расстояние, например с использованием горизонтальной, наклонной или вертикальной скважины 1, фиг. 1. При желании нагнетание может осуществляться на двух или более глубинах, чтобы создать две или более вертикально расположенные реакционные зоны, например, чтобы по мере вертикального распространения реакций в пласте они достигали бы зон с вновь введенным в пласт катализатором.

Повышение температуры в пласте может быть достигнуто по меньшей мере двумя способами: путем нагнетания перегретого пара или нагнетанием кислорода (например, в воздухе) и иницированием горения углеводородов в пласте. Нагнетание кислорода и/или воды может происходить в тех же зонах, где осуществлялось введение катализатора в скважину 1, фиг. 1. В вышеупомянутых химических реакциях (1-6) водород в пласте генерируется с образованием нежелательных для окружающей среды "парниковых" газов, окиси углерода и азота (если закачивается воздух), сероводорода (если в нефтяном месторождении содержится сера), которые являются более тяжелыми и намного более растворимыми в воде, чем водород.

Это изобретение представляет собой процесс достижения эффективной сегрегации генерируемого водорода от нежелательных для окружающей среды "парниковых" газов в пласте.

Скважина 2, пробуренная в кровлю антиклинальной структуры месторождения, или в верхнюю сводовую часть тектонически экранированной или литологической ловушки, предназначена на первой

стадии процесса для нагнетания воды или воды с растворенным катализатором (или прекурсором для образования катализатора уже в пласте), фиг. 1. Нагнетательная скважина может быть вертикальной или многоствольной. Закачиваемая в скважину 2 вода гравитационно сегрегирует вниз из-за значительной разницы в плотности между водой и газами, присутствующими в пласте, и поступает в часть пласта, насыщенную газами, являющимися результатом одной или нескольких реакций конверсии (1-6).

Растворимость  $H_2$  в воде в 100 раз меньше растворимости  $CO_2$ , в 200 раз меньше растворимости  $H_2S$  и в 20 раз меньше растворимости  $CH_4$ ,  $CO$  и  $N_2$ , фиг. 2.

На второй стадии процесса (фиг. 3) вода, нагнетаемая в скважину 1 в верхнюю часть пласта, будет гравитационно опускаться вниз, проходя через газовую фазу с водородом и газами, образовавшимися в каталитических и окислительных (в случае закачки воздуха) реакциях (1-6), и остающимся не прореагировавшим метаном (и углеводородными газами в нефтяных месторождениях). Водород, практически нерастворимый в воде (растворимость в пластовых условиях в диапазоне 0,0010-0,0013 г/кг), будет выделяться из жидкой водной фазы, гравитационно сегрегировать и накапливаться в верхней части пласта, как показано на фиг. 3. Во время фильтрации закачанной воды в нижнюю часть пласта, в воде будут растворяться нежелательные для окружающей среды "парниковые" газы, которые гораздо более растворимы в воде, чем водород. Формирующаяся в кровле пласта шапка искусственного газа из сегрегированного водорода будет расширяться и способствовать вытеснению воды с растворенными в ней газами вниз. Скважина 1 переводится в режим мониторинга насыщенности и, возможно, геотермальной в будущем. На третьей стадии процесса сегрегированный и накопленный водород может быть добыт из верхней части пласта из водонагнетательной скважины 2 после ее перевода в скважину для добычи водорода, фиг. 4.

Данное изобретение сепарации и добычи водорода, генерируемого в пласте, позволяет захоронить "черный углерод" и нежелательные для окружающей среды "парниковые" газы в пласте без их попадания на поверхность Земли и в атмосферу.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ сепарации, накопления и добычи водорода, полученного из углеводородов в пласте газовых или нефтяных месторождений, в котором осуществляют каталитические реакции в пласте, после чего производят закачку воды в верхнюю часть пласта, посредством которой за счет различий в растворимости и плотности газов и жидких фаз происходит выделение и сепарация водорода в пласте.

2. Способ по п.1, в котором сепарация и добыча водорода осуществляются в процессе реализации следующих этапов:

введение катализатора в углеводородсодержащую зону в пласте с использованием горизонтальных, наклонных или вертикальных скважин;

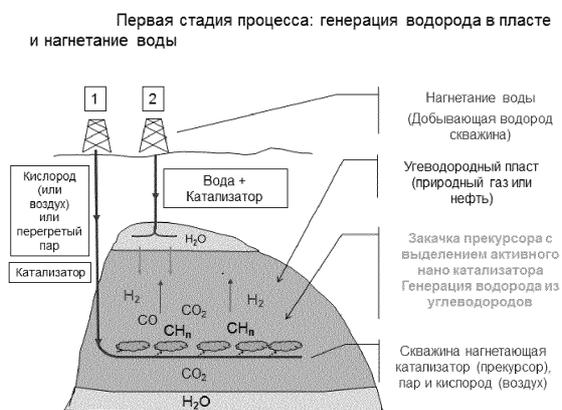
повышение температуры в указанной зоне пласта до температуры, при которой происходит каталитическая конверсия углеводородов в водород путем нагнетания кислородсодержащего газа в скважину и частичного сжигания углеводородов в пласте или нагнетания перегретого пара в пласт;

нагнетание воды или воды с катализатором в вертикальную или многоствольную скважину в верхней части пласта, с последующей гравитационной сегрегацией и фильтрацией воды или воды с катализатором вниз, в зону конверсии водорода;

растворение в воде и удаление из газовой фазы экологически нежелательных "парниковых" газов, образующихся в каталитических реакциях образования водорода;

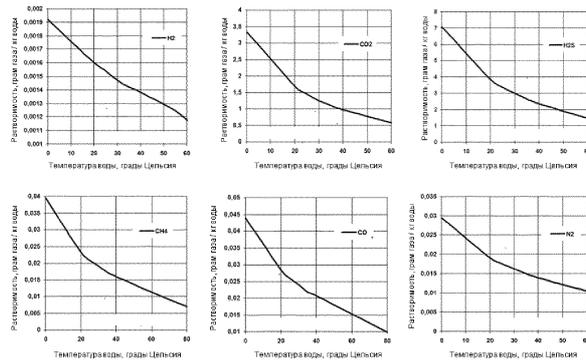
накопление водорода, практически нерастворимого в воде, в верхней сводовой части пласта в искусственной газовой шапке;

добыча сегрегированного и накопленного водорода из верхней части пласта из скважины, которая ранее была переведена из водонагнетательной в скважину для добычи водорода.



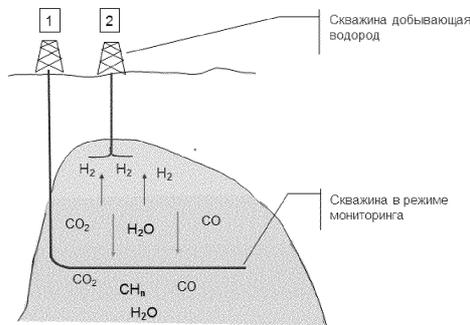
Фиг. 1

Растворимость газов в воде



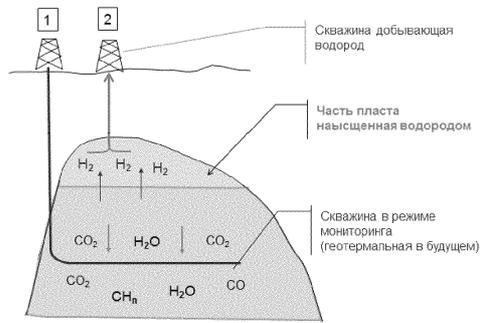
Фиг. 2

Вторая стадия процесса: растворение «парниковых» газов в воде и гравитационная сегрегация водорода и воды



Фиг. 3

Третья стадия процесса: добыча водорода и захоронение в пласте «парниковых» газов растворенных в воде



Фиг. 4

