

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202192226** (13) **A1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2022.01.12

(22) Дата подачи заявки
2020.02.11

(51) Int. Cl. **C09K 8/592** (2006.01)
C09K 8/62 (2006.01)
C09K 8/70 (2006.01)
C09K 8/92 (2006.01)
C09K 8/94 (2006.01)

(54) ОБРАБОТКА ПОДЗЕМНЫХ ПЛАСТОВ

(31) 1901928.0

(32) 2019.02.12

(33) GB

(86) PCT/GB2020/050314

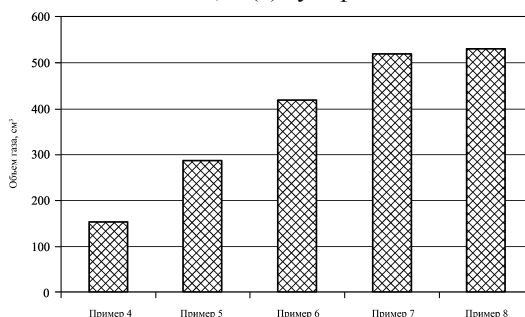
(87) WO 2020/165576 2020.08.20

(71) Заявитель:
ИННОСПЕК ЛИМИТЕД (GB)

(72) Изобретатель:
**Макробби Айан Малкольм, Тренхолм
Уильям (GB)**

(74) Представитель:
Хмара М.В. (RU)

(57) Описан способ обработки подземного пласта, где способ включает приведение пласта в контакт со следующими веществами: (a) аммониевым соединением; (b) окислителем, выбранным из перхлората или нитрита или их комбинаций; и (c) сульфаминовой кислотой.



A1

202192226

202192226

A1

ОБРАБОТКА ПОДЗЕМНЫХ ПЛАСТОВ

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

Настоящее изобретение относится к обработке подземных пластов, например, к осуществлению разрыва пластов (геологических формаций) и/или к
5 стимуляции (интенсификации) притока углеводорода, например, нефти и/или газа.

ПРЕДШЕСТВУЮЩИЙ УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

Извлечение запасов нефти и газа, захваченных в слабопроницаемых резервуарах, таких как сланцевые пласты и труднопроницаемые для газа породы, традиционными способами сопряжено с трудностями и высокими затратами. Таким
10 образом, для увеличения добычи из таких пластов необходимо создать широкомасштабную и сложную сеть трещин. Двумя наиболее часто применяемыми способами являются гидравлический разрыв (гидроразрыв) пласта и применение взрывчатых средств. Несмотря на то, что в результате гидравлического разрыва пласта действительно образуются трещины, разброс и сложность трещинных
15 систем могут быть недостаточны для максимального извлечения нефти, и, кроме того, применяемые для гидроразрыва текучие среды имеют высокую стоимость и могут повреждать пласты. Для создания множества радиальных трещин гораздо более эффективным является применение взрывчатых средств, но в этом способе также образуются большие спрессованные зоны горной породы, препятствующие
20 вытеканию из них текучих сред.

Уже были предложены разнообразные способы и композиции для проведения гидроразрыва. Однако известные способы могут быть дорогостоящими и/или требовать применения коррозионно активных химических средств. Таким образом, все еще имеется насущная необходимость создания улучшенных
25 способов и химических средств для проведения гидроразрыва.

СВЕДЕНИЯ, ПОДТВЕРЖДАЮЩИЕ ВОЗМОЖНОСТЬ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ

В основе предпочтительных примеров осуществления настоящего изобретения лежит обработка, например, гидроразрыв, подземных пластов
30 посредством применения смеси химических веществ, которые способны вступать в экзотермическую реакцию и/или генерировать большие количества газа под землей. Комбинация теплоты и давления газа может быть применена для обработки пласта,

например, для образования трещин (разрывов). Воздействие комбинации теплоты и газа может создавать новые трещины, расширять существующие трещины или создавать микротрещины внутри трещин, образованных при гидроразрыве. В предпочтительных примерах осуществления смесь химических веществ генерирует

5 большие объемы газа на один моль реагентов смеси и высвобождает нетоксичные побочные продукты.

Генерация теплоты и газа внутри скважины для проведения операции вторичного гидроразрыва известна. Однако в известных способах образуется ограниченное количество газа. Величины давления, развивающегося внутри пласта,

10 показывают, что для создания давления, достаточного для преодоления ограничивающего горного давления внутри ствола скважины, требуется большое количество газа.

Предпочтительные примеры осуществления описанного далее изобретения предоставляют средства для повышения количества газа, который может быть

15 быстро образован химической системой для создания в пласте давления, достаточного для преодоления ограничивающего горного давления, и разрыва пласта.

Задача настоящего изобретения состоит в устранении проблем, связанных с гидроразрывом и/или стимуляцией притока углеводородов в пластах.

Первый аспект изобретения относится к способу обработки подземного пласта, где способ включает приведение пласта в контакт со следующими веществами:

20

(a) аммониевым соединением;

(b) окислителем, выбранным из перхлората или нитрита или их комбинаций;

25 и

(c) сульфаминовой кислотой.

Аммониевое соединение предпочтительно выбирают таким образом, чтобы оно было способно реагировать с окислителем и/или сульфаминовой кислотой с выделением газа. Аммониевое соединение предпочтительно выбирают таким

30 образом, чтобы в реакции аммониевого соединения выделялся газообразный азот, как указано выше. Аммониевое соединение предпочтительно включает фрагмент NH_4^+ , атом азота которого переходит к газообразному азоту, образуемому в

реакции аммониевого соединения. Например, аммониевое соединение может представлять собой соль аммония и: металла, комплекса металла, неорганической кислоты или органической кислоты.

Аммониевое соединение может быть выбрано из следующих соединений:

- 5 фторида аммония, хлорида аммония, бромид аммония, иодида аммония, нитрата аммония, сульфата аммония, гидросульфата аммония, карбоната аммония, карбамата аммония, бикарбоната аммония, гидроксида аммония, ацетата аммония, боратов аммония, хромата аммония, дихромата аммония, цианидов аммония, глутамата аммония, молибдата аммония, оксалата аммония, гидрооксалата аммония, одноосновного фосфата аммония, двухосновного фосфата аммония, тиосульфата аммония, формиата аммония, сульфамата аммония, сульфита аммония, персульфата аммония, сульфида аммония, двухосновного тартрата аммония, тиоцианата аммония, дигидрофосфата аммония, глицината аммония или смеси перечисленных соединений.

- 15 Аммониевое соединение предпочтительно выбрано из сульфамата аммония, гидроксида аммония, хлорида аммония, карбоната аммония, бикарбоната аммония, карбамата аммония и формиата аммония.

- Наиболее предпочтительно, кроме фрагмента NH_4^+ , аммониевое соединение включает второй фрагмент, который предпочтительно способен генерировать газ (например, диоксид углерода или азот) в реакции аммониевого соединения с окислителем и/или сульфаминовой кислотой. В этом случае второй фрагмент может включать атом азота, например, представлять собой фрагмент NH или NH_2 , или он может включать атом углерода, например, представлять собой фрагмент CO или CO_2 . Второй фрагмент может включать частицу NH_2SO_3 или CO_3 (которая может быть частью фрагмента HCO_3). Второй фрагмент может включать фрагмент сульфамата, карбоната или бикарбоната. Аммониевое соединение, включающее фрагмент, который предпочтительно способен генерировать газ, может быть выбрано из сульфамата аммония, карбоната аммония, бикарбоната аммония, карбамата аммония и формиата аммония.

- 30 Способ может включать приведение пласта в контакт с одним или более аммониевыми соединениями, например, каждое из которых представляет собой аммониевое соединение, описанное в настоящей работе. В одном из предпочтительных примеров осуществления способ включает приведение пласта в контакт с аммониевым соединением только одного типа.

Предпочтительно окислитель выбран из перхлората или нитрита, и более предпочтительно окислитель включает перхлорат или нитрит, но не оба эти реагента.

5 Предпочтительным перхлоратом является перхлорат щелочного металла, и особенно предпочтительным является перхлорат натрия.

Предпочтительно, при выборе между перхлоратом и нитритом предпочтительным является нитрит. В водном растворе нитрит предпочтительно способен генерировать нитрит-ионы.

10 Окислитель может включать фрагмент, включающий атом азота, связанный с атомом кислорода. Фрагмент может включать атом азота, связанный с двумя атомами кислорода. Предпочтительно окислитель способен генерировать нитрит-ионы в водном растворе. Окислитель предпочтительно представляет собой нитрит.

15 Нитрит может быть выбран из нитритов щелочных металлов, нитритов щелочноземельных металлов, нитрита аммония или органических нитритов. Нитрит предпочтительно выбран из нитрита лития, нитрита натрия, нитрита калия, нитрита кальция, нитрита магния, нитрита аммония и комбинаций перечисленных веществ. Нитрит предпочтительно представляет собой нитрит натрия.

20 Аммониевое соединение, окислитель (например, нитрит) и сульфаминовую кислоту предпочтительно приводят в контакт, приводящий к протеканию реакции, в результате которой в пласте генерируется газ, например, включающий азот и/или диоксид углерода.

25 Отношение (A) определяют как отношение количества молей аммониевого соединения к количеству молей нитрита, контактирующих с пластом и/или реагирующих в пласте. Не существует минимального или максимального количества нитрита, требуемого для осуществления изобретения, и, таким образом, отношение (A) может составлять любую величину, превышающую 0. Отношение (A) может составлять от 0,05 до 2,0, например, от 0,1 до 0,8, и предпочтительно отношение (A) составляет от 0,2 до 0,6.

30 Способ предпочтительно включает приведение пласта в контакт с аммониевым соединением, окислителем и сульфаминовой кислотой. Вышеуказанные реагенты взаимодействуют с образованием газа, и образующийся газ предпочтительно включает атомы азота, предоставляемые кислотой. Таким

образом, способ предпочтительно представляет собой способ обработки подземного пласта, включающий генерацию в пласте газа. Образование газа может быть произведено так, чтобы разрыв пласта произошел в участке, прилегающем к области, в которой образуется этот газ.

- 5 В настоящей работе термин “газ” включает продукты, находящиеся в газообразном состоянии при стандартной температуре и стандартном давлении (сокращенно “СТД”) (что составляет 0°C и 1 атм. ($1,013 \cdot 10^5$ Па)).

- 10 Если применяют, как указано выше, сульфаминовую кислоту, то в результате реакции кислота может выделять газ, который может дополнять газ, получаемый в реакции аммониевого соединения и окислителя.

Способ может включать приведение пласта в контакт с одной или более кислотами, причем одна из кислот представляет собой, как указано, сульфаминовую кислоту.

- 15 Отношение (B), определяемое как отношение количества молей аммониевого соединения к общему количеству молей кислоты (например, к количеству молей сульфаминовой кислоты), приводимых в контакт с пластом и/или реагирующих с аммониевым соединением и окислителем в пласте, может превышать 0 и составлять 10 или менее. Отношение (B) может составлять менее приблизительно 2,0 и, таким образом, отношение (B) может составлять от 0 (т.е. кислота может 20 находиться в большом избытке) до 2, например, от 0,1 до 1,1, в частности, от 0,4 до 0,6.

- Общее количество молей кислоты может включать суммарное количество молей сульфаминовой кислоты и любой другой кислоты, приводимой в контакт с пластом и/или реагирующей с аммониевым соединением и окислителем в пласте.
- 25 Сульфаминовая кислота предпочтительно составляет по меньшей мере 50% мол., предпочтительнее по меньшей мере 90% мол., более предпочтительно по меньшей мере 95% мол., в частности, по меньшей мере 99% мол. от общего количества молей кислоты, приводимых в контакт с пластом и/или реагирующих в пласте, как указано.

- 30 Отношение (C), определяемое как отношение количества молей аммониевого соединения к суммарному количеству молей одной или более кислот (например, количеству молей сульфаминовой кислоты), которые предназначены для реакции, например, с другими материалами, приведенными в контакт с пластом,

с целью образования газа (например, азота), как описано, может превышать 0 и может составлять 10 или менее. Отношение (C) может составлять от 0 до 10, например, от 0,01 до 4, подходящим образом от 0,05 до 2, предпочтительно от 0,1 до 1,1 и, в частности, может составлять от 0,4 до 0,6.

5 Отношение (H), определяемое как отношение количества молей окислителя к общему количеству молей кислоты (например, к количеству молей сульфаминовой кислоты) (приводимых в контакт с пластом и/или реагирующих с аммониевым соединением и окислителем в пласте), может составлять от 0,5 до 10, предпочтительно от 0,6 до 5,0, более предпочтительно от 0,75 до 3,5, в частности,
10 от 0,9 до 2,6.

 Отношение (I), определяемое как отношение количества молей окислителя к количеству молей сульфаминовой кислоты, которая предназначена для реакции, например, с другими материалами, приведенными в контакт с пластом, с целью образования газа (например, азота), как описано, может составлять от 0,5 до 10,
15 предпочтительно от 0,6 до 5, более предпочтительно от 0,75 до 3,5 и, в частности, от 0,9 до 2,6.

 Таким образом, предпочтительно, сульфаминовая кислота не просто катализирует другую реакцию, а непосредственно участвует в образовании газа, предоставляя образующемуся газу атомы, отличные от атомов водорода (например,
20 предоставляя атомы азота).

 Аммониевое соединение может быть предоставлено в виде суспензии, эмульсии или раствора. Аммониевое соединение может быть предоставлено в воде, и способ может включать выбор водного раствора аммониевого соединения. Раствор может иметь любую подходящую концентрацию, вплоть до образования насыщенного раствора. Аммониевое соединение может быть заключено в капсулы
25 или может быть не заключено в капсулы, материал которых способен замедлять реакцию с окислителем (например, нитритом) и/или с сульфаминовой кислотой при контакте с ними. Аммониевое соединение предпочтительно не заключено в капсулы.

 Окислитель, например, нитрит, может быть предоставлен в виде суспензии,
30 эмульсии или раствора. Окислитель, например, нитрит, может быть предоставлен в воде, и способ может включать выбор водного раствора окислителя, например, нитрита. Раствор может иметь любую подходящую концентрацию, вплоть до образования насыщенного раствора. Окислитель, например, нитрит, может быть

заклучен в капсулы или может быть не заклучен в капсулы, материал которых, например, способен замедлять реакцию с аммониевым соединением и/или сульфаминовой кислотой при контакте с ними. Окислитель, например, нитрит, предпочтительно не заклучен в капсулы.

- 5 Сульфаминовая кислота может быть предоставлена в воде, например, в виде раствора или суспензии в воде. Сульфаминовая кислота может быть заклучена в капсулы или может быть не заклучена в капсулы. Сульфаминовая кислота предпочтительно не заклучена в капсулы, материал которых, например, способен замедлять реакцию с аммониевым соединением и/или окислителем.
- 10 Сульфаминовая кислота ограниченно растворима в воде, и для повышения ее растворимости сульфаминовая кислота может быть включена в композицию, содержащую соль щелочного металла, щелочноземельного металла или бисульфата аммония или полярный соразтворитель, например, метанол или формамид.
- 15 Кроме образования газа, как было описано, в способе также может выделяться теплота, облегчающая обработку пласта.

- 20 Способ обработки подземного пласта может быть применен для обработки любого подземного пласта, которой может способствовать полезный эффект быстрого выделения газа или тепла реакции, например, для усиления притока (облегчения извлечения) углеводородов. Способ может включать обработку подземного пласта при бурильных работах, работах по интенсификации (стимуляции) притока, работах по гидравлической интенсификации притока, при борьбе с пескопроявлением, операциях заканчивания скважины, при борьбе с отложениями в скважине, при образовании водяного барьера, при работе по стабилизации неустойчивых глин, при разрыве пласта пеной, при гидроразрыве, совмещенном с установкой гравийного фильтра, при установке гравийных фильтров, при укреплении ствола скважины, при устранении провисания, при кислотной обработке, при щелочной обработке, при удалении отложений, при пароциклической обработке скважины, в способе ингибирования "взлома скважины",
25 при устранении повреждения ствола скважины, при прочистке перфорации, при снижении гидростатического давления в скважине, при высвобождении прихваченных гибких НКТ (насосно-компрессорных труб, наматываемых на барабан) и/или трубопроводов, при повторном нагнетании давления в резервуаре, при ограничении добычи минерального сырья, для отведения потоков флюида в
- 30

дальней зоне, для уменьшения осаждения пропанта, для снижения количества осыпавшегося в скважину песка, для повышения сложности системы трещин или при осуществлении гидроразрыва.

Способ обработки пласта может представлять собой “пароциклическую
5 обработку скважины”.

Пароциклическая обработка скважины представляет собой способ повторного нагнетания давления в прискважинной зоне резервуара и снижения вязкости нефти в окружающей породе. Вязкость нефти может быть понижена нагнетанием давления в резервуаре с помощью газа или текучей среды (флюида),
10 включающей диоксид углерода, который растворяется в нефти и снижает ее вязкость. Давление в резервуаре может быть повышено посредством проведения любых реакций согласно изобретению, протекающих с образованием газа. Типичная пароциклическая обработка скважины включает первый этап (i) размещения газообразующих химических веществ в стволе скважины и протекания реакции этих
15 веществ до достижения требуемого давления и второй этап “остановки скважины” (ii), во время которого останавливают фонтанирование скважины. Этап остановки скважины может длиться целые сутки или в течение ночи. После открытия скважины добыча может быть возобновлена.

Способ обработки подземного пласта может представлять собой способ
20 ингибирования “взлома скважины”.

“Взлом скважины” происходит, если скважины были пробурены слишком близко друг к другу, и трещины, образовавшиеся в недавно пробуренной скважине, достигают продуктивной зоны более старой скважины и проникают через эту зону, в некоторых случаях вызывая повреждения более старой скважины. Трещины
25 главным образом распространяются через слабые места в пласте, и, таким образом, повышение давления в и вокруг более старой скважины может перенаправить и/или отклонить новые трещины от более старых скважин. Нагнетание давления в более старой скважине может быть произведено за счет контакта аммониевого соединения, окислителя, в частности нитрита, и
30 сульфаминовой кислоты в стволе более старой скважины. Обработка может быть произведена в виде однократной обработки, или, для поддержания требуемого давления, закачка аммониевого соединения, окислителя, в частности нитрита, и сульфаминовой кислоты, может быть непрерывной.

Способ может включать обработку подземного пласта, например, для разрыва пласта или повышения сложности сети трещин и/или стимуляции притока углеводородов, например, нефти и/или газа. Под стимуляцией притока углеводородов подразумевают способ, улучшающий течение углеводородов из пласта в продуктивную скважину. Более предпочтительно способ включает обработку подземного пласта для разрыва пласта или повышения сложности сети трещин с целью улучшения притока углеводорода, например, нефти и/или газа. Например, способ может быть применен для расширения существующих трещин, создания новых трещин или создания микротрещин, распространяющихся за пределы гидравлического разрыва.

Предпочтительно способ применяют для: интенсификации притока, гидравлической интенсификации притока, пароциклической обработки скважины, в способе ингибирования “взлома скважины”, для устранения повреждения ствола скважины, прочистки перфорации, снижения гидростатического давления в скважине, для высвобождения прихваченных гибких НКТ и/или трубопроводов, для повторного нагнетания давления, для ограничения добычи минерального сырья, для отведения потоков флюида в дальней зоне, для уменьшения осаждения пропанта, для снижения количества осыпавшегося в скважину песка, для повышения сложности системы трещин или для осуществления гидроразрыва.

Способ обработки пласта может включать устранение повреждения ствола скважины.

Способ обработки пласта может представлять собой высвобождение прихваченных гибких НКТ и/или трубопроводов.

Способ обработки пласта может включать очистку оборудования, например, бурового оборудования, такого как гибкие НКТ, находящиеся под землей. Образующийся газ может быть направлен на очистку оборудования под давлением газа, с помощью которого из оборудования выдувают масляные (нефтесодержащие) и/или другие твердые/жидкие загрязняющие вещества.

Способ обработки пласта может включать операцию повторного нагнетания давления в резервуаре.

Способ обработки пласта может включать отведение потоков флюида в дальней зоне.

Способ обработки пласта может включать уменьшение осаждения пропанта.

Способ обработки пласта может включать операцию стимуляции притока.

В одном из примеров осуществления аммониевое соединение, описанное в подпункте (а), и окислитель, выбранный из перхлората или нитрита, как описано в подпункте (b), могут быть введены в различные стволы скважин, после чего реагенты диффундируют через пласт до тех пор, пока они не начинают контактировать друг с другом и реагировать друг с другом в пласте. В этом случае стволы скважин предпочтительно находятся рядом друг с другом. Давление и концентрации реагентов могут быть подходящим образом выбраны, чтобы обеспечить протекание реакции по существу в определенном участке внутри пласта. Такой способ размещения реагентов внутри скважины может быть применен для проведения повторного нагнетания давления в резервуаре, ограничения добычи минерального сырья, для устранения повреждений или для отклонения получаемых в результате гидравлического разрыва трещин в дальней зоне.

Подземный пласт может включать нефтегазоматеринскую породу, содержащую углеводороды (например, нефть или природный газ), и может включать сланец, песчаник, известняк или смеси перечисленных пород. Подземный пласт может находиться под толщей морской воды.

Способ согласно первому аспекту предпочтительно представляет собой способ обработки пласта с целью стимуляции пласта, например, для усиления притока углеводородов, например, нефти или газа из пласта. Способ может включать обработку пласта для образования или усиления распространения разрыва в пласте. Способ предпочтительно включает обработку уже разорванного пласта, причем способ выполняют с целью усиления существующей сети трещин и/или дополнительной стимуляции притока углеводородов из существующего пласта.

Способ может включать введение пропанта и/или микропропанта в пласт так, что он проникает в трещины, образованные при выполнении способа. Пропант и/или микропропант может быть включен в композицию, вводимую в пласт после обработки пласта бикарбонатом аммония, окислителем и необязательно другими реагентами, как было описано.

Способ также может включать введение пропанта и/или микропропанта в составе одной или более применяемых в способе композиций для расклинивания трещин или микротрещин, образующихся в результате обработки.

5 Способ может включать введение аммониевого соединения, например, в водном растворе, в пласт. Аммониевое соединение может быть направлено в тот участок пласта, который нуждается в обработке, например, в проведении разрыва и/или стимуляции. Способ может включать введение аммониевого соединения через нагнетательную скважину. Для подачи аммониевого соединения в требуемый участок могут быть применены гибкие НКТ (или подобное оборудование).

10 Способ может включать введение в пласт окислителя, например, в водном растворе. Окислитель может быть направлен в тот участок пласта, который нуждается в обработке, например, в проведении разрыва и/или стимуляции. Способ может включать введение окислителя через нагнетательную скважину. Для подачи соединения (В) в требуемый участок могут быть применены гибкие НКТ (или
15 подобное оборудование).

Способ может включать введение в пласт сульфаминовой кислоты, например, в водном растворе. Сульфаминовая кислота может быть направлена в тот участок пласта, который нуждается в обработке, например, в проведении разрыва и/или стимуляции. Способ может включать введение сульфаминовой
20 кислоты через нагнетательную скважину. Для подачи сульфаминовой кислоты в требуемый участок могут быть применены гибкие НКТ (или подобное оборудование).

При осуществлении способа аммониевое соединение и окислитель предпочтительно не приводят в контакт друг с другом в надземном участке. Их
25 предпочтительно приводят в контакт под землей, предпочтительно во время транспортировки к тому участку пласта или после доставки в тот участок пласта, который необходимо обработать.

При осуществлении способа сульфаминовую кислоту предпочтительно не приводят в контакт с аммониевым соединением и окислителем в надземном
30 участке. Ее предпочтительно приводят в контакт с аммониевым соединением и/или окислителем под землей, предпочтительно во время транспортировки к тому участку пласта или после доставки в тот участок пласта, который необходимо обработать.

При осуществлении способа, например, при гидроразрыве пласта посредством образования в пласте газа, суммарное массовое процентное содержание композиции (F1) (например, водной композиции), включающей аммониевое соединение, композиции (F2) (например, водной композиции), включающей окислитель, и композиции (F3) (например, водной композиции), включающей сульфаминовую кислоту, которые вводят в пласт, составляет по меньшей мере 80% масс., предпочтительно по меньшей мере 90% масс., более предпочтительно по меньшей мере 98% масс. от общей массы материалов, вводимых в пласт при проведении операций гидроразрыва пласта посредством образования в пласте газа, как было указано выше. Предпочтительно, если обработка с целью генерации газа включает применение только трех композиций, например, (F1), (F2) и (F3).

В другом примере осуществления способа, например, при гидроразрыве пласта посредством образования в пласте газа, суммарное массовое процентное содержание композиции (F3) (например, водной композиции), включающей сульфаминовую кислоту, и композиции (F4) (например, водной композиции), включающей аммониевое соединение, окислитель, предпочтительно нитрит, и щелочь, которые вводят в пласт, составляет по меньшей мере 80% масс., предпочтительно по меньшей мере 90% масс., более предпочтительно по меньшей мере 98% масс. от общей массы материалов, вводимых в пласт в операциях способа обработки пласта посредством образования газа и/или подачи тепла в пласт, как описано в первом аспекте. Во избежание неясностей следует отметить, что вышеуказанное суммарное массовое процентное содержание не включает массу композиции (например, инертной буферной жидкости), которая может быть введена в пласт (и может контактировать с композицией (F3) и/или (F4)), но которая не включает активного ингредиента, участвующего, как описано в настоящей работе, в генерации в пласте газа.

Суммарное массовое процентное содержание окислителя и воды в композиции (F1) предпочтительно составляет по меньшей мере 80% масс., предпочтительно по меньшей мере 90% масс., более предпочтительно по меньшей мере 95% масс.

Суммарное массовое процентное содержание соединения (B) и воды в композиции (F2) предпочтительно составляет по меньшей мере 80% масс.,

предпочтительно по меньшей мере 90% масс., более предпочтительно по меньшей мере 95% масс.

Суммарное массовое процентное содержание сульфаминовой кислоты и воды в композиции (F3) предпочтительно составляет по меньшей мере 50% масс., предпочтительно по меньшей мере 90% масс., более предпочтительно по меньшей мере 95% масс.

Суммарное массовое процентное содержание аммониевого соединения, окислителя, предпочтительно нитрита, щелочи и воды в композиции (F4), вводимой в пласт, предпочтительно составляет по меньшей мере 80% масс., предпочтительно по меньшей мере 90% масс., более предпочтительно по меньшей мере 95% масс.

В другом примере осуществления способа, например, при гидроразрыве пласта посредством генерации в пласте газа, может быть предоставлена композиция (F5), которая представляет собой водную композицию и включает аммониевое соединение и сульфаминовую кислоту. При осуществлении способа, например, при гидроразрыве пласта посредством генерации в пласте газа, суммарное массовое процентное содержание композиции (F5) и композиции (F2) (например, водной композиции), включающей окислитель, предпочтительно нитрит, составляет по меньшей мере 80% масс., предпочтительно по меньшей мере 90% масс., более предпочтительно по меньшей мере 98% масс. от общей массы материалов, вводимых в пласт при проведении операций гидроразрыва пласта посредством генерации в пласте газа, как было указано выше. Во избежание неясностей следует отметить, что вышеуказанное суммарное массовое процентное содержание не включает массу композиции (например, инертной буферной жидкости), которая может быть введена в пласт (и может контактировать с композицией (F5) и/или (F2)), но которая не включает активного ингредиента, участвующего, как описано в настоящей работе, в генерации в пласте газа.

Любая из композиций (F1), (F2), (F3), (F4) и (F5) может включать дополнительные компоненты, обычно применяемые при обработке подземных пластов, например: биоциды, разжижители, сорастворители, ингибиторы коррозии, сшивающие агенты, понизители водоотдачи, понизители трения, добавки для контроля содержания ионов железа, поглотители кислорода, регуляторы pH, пропанты, микропропанты, соли, ингибиторы образования отложений, поверхностно-активные вещества, поглотители сульфидов, увеличители вязкости, стабилизаторы глин и подобные компоненты.

В любую из композиций (F1), (F2), (F3), (F4) и (F5) для повышения растворимости реагентов в воде и/или для повышения термодинамической стабильности раствора могут быть добавлены сорастворители. Сорастворителями предпочтительно являются полярные растворители, например: спирты, гликоли, амиды, сложные эфиры, кетоны, сульфоксиды и т.д. Предпочтительно сорастворителями являются метанол или формамид или их смеси. Конкретные примеры сорастворителей могут быть выбраны из метанола и/или формамида.

Для размещения реагентов в скважине и/или подачи в требуемый участок пласта может быть применен любой подходящий способ. Скважина может быть горизонтальной или вертикальной. Однако в предпочтительных способах выбранные реагенты находятся в изолированном друг от друга состоянии до тех пор, пока они не достигнут требуемого участка пласта.

Для размещения реагентов внутри скважины могут быть применены гибкие насосно-компрессорные трубы (НКТ). В этом случае конец трубы размещают в том месте, в котором требуется генерация газа. Один раствор прокачивают через трубу, а другой раствор – вдоль защитного кожуха. Например, композиция (F3) может быть закачана через гибкую трубу, и композиция (F4) может быть закачана вдоль защитного кожуха.

Гибкие НКТ могут быть особенно подходящими для размещения реагентов внутри скважины при проведении следующих операций: гидроразрыва, прочистки перфорации, устранения повреждения ствола скважины, снижения гидростатического давления в скважине или для высвобождения прихваченных гибких НКТ и/или трубопроводов.

Для поддержания реагентов и/или композиций отдельно друг от друга до тех пор, пока они не достигнут целевого участка в пласте, могут быть применены буферные жидкости. Согласно этой методике, для разделения двух композиций, содержащих реакционноспособные компоненты, применяют текучую среду, предпочтительно инертную текучую среду. Обычно для осуществления этой методики может быть использовано от 5 до 10 баррелей (что приблизительно составляет от 0,8 до 1,6 м³) инертной текучей среды. Примеры инертных текучих сред, подходящих для осуществления этой методики, включают, без ограничений, чистую воду и нефть.

В одном из примеров осуществления композиции (F1), (F2) и (F3) вводят в любом порядке, и при этом все композиции разделяют инертной буферной жидкостью. В качестве буферной жидкости для разделения композиций (F1) и (F2) может быть применена композиция (F3).

- 5 В другом примере осуществления композиции (F3) и (F4) могут быть введены в композиции таким образом, чтобы эти две композиции были разделены инертной буферной жидкостью.

- 10 Буферные жидкости могут быть применены для размещения композиций внутри скважины при проведении следующих операций: повторная разработка резервуара, ограничение добычи минерального сырья, устранение повреждений, отведение потоков флюида в дальней зоне, проведение гидроразрыва, уменьшение осаждения песка или пропанта.

- 15 Композиции могут быть предоставлены в виде части эмульсии, например, эмульсии “вода в масле” или двойной эмульсии, например, “вода в масле в воде”. В двойной эмульсии внутренняя водная фаза может быть композицией, например, (F3), и внешняя водная фаза может быть другой композицией, например, (F4).

В предпочтительных примерах осуществления, описанных в настоящей работе, количество молей газа, образующегося на один моль реагентов, может быть увеличено по сравнению с предшествующим уровнем техники.

- 20 Выраженная в граммах (г) суммарная масса аммониевого соединения, окислителя, предпочтительно нитрита, и кислоты (кислот) (включающей или состоящей из сульфаминовой кислоты), вводимых в пласт, в настоящей работе обозначена SUM-W. Выраженный в см³ суммарный объем газа (например, CO₂ и/или N₂), образующегося в реакции аммониевого соединения, окислителя, 25 предпочтительно нитрита, и кислоты (кислот), в настоящей работе обозначен SUM-V. Предпочтительно, при осуществлении способа Эффективность Реакции определяют как отношение объема образующихся газов к массе реагентов (т.е. отношение величины SUM-V к величине SUM-W). Эффективность Реакции предпочтительно составляет по меньшей мере 100 см³/г, например, по меньшей 30 мере 160 см³/г или по меньшей мере 200 см³/г. Она может составлять менее 300 см³/г.

Эффективность Реакции, как было описано, может быть подходящим образом вычислена, исходя из масс конкретных выбранных реагентов и объема

газа, образующегося в реакции этих реагентов, проводимой в контролируемых условиях на поверхности, с пересчетом на количества реагентов, которые необходимо ввести в пласт, поскольку проведение измерений в пласте не представляется практически реализуемым. Если не указано иное, указываемые
5 величины подходящим образом определяют при стандартной температуре и стандартном давлении (СТД).

Для уменьшения количеств одной или более композиций, которые могут просачиваться в пласт, и для усиления эффекта гидроразрыва желательно, чтобы газ образовывался вскоре после контакта компонентов друг с другом. Образование
10 газа может по существу завершаться в течение 10 минут после приведения всех компонентов в контакт друг с другом. Предпочтительно образование газа по существу завершается в течение 5 минут после приведения компонентов в контакт друг с другом.

Количества композиций, которые вводят в пласт при выполнении части
15 способа, могут быть подходящим образом выбраны в зависимости от характеристик пласта, например, ограничивающего горного давления и давления, необходимого для достижения требуемого эффекта от способа обработки пласта. Таким образом, согласно изобретению, может быть применено любое количество композиций. Однако предпочтительно по меньшей мере может быть применен 1 баррель (0,16
20 м³), например, от 10 до 500 баррелей (от 1,6 до 79,5 м³) или от 100 до 350 баррелей (от 15,9 до 55,6 м³), предпочтительно от 150 до 250 баррелей (от 23,8 до 39,7 м³).

Скорость, с которой вводят одну или более текучих сред, может быть подходящим образом отрегулирована в соответствии со способом обработки пласта и способом подачи компонентов. Например, компоненты могут быть введены со
25 скоростью, достаточной для создания давления, подходящего для разрыва пласта.

В некоторых способах обработки подземного пласта может быть предпочтительной генерация в пласте импульсов более высокого и более низкого давления. Такой эффект может быть достигнут за счет многократного проведения в пласте реакции газообразующей композиции. Для регулирования режима
30 приведения композиций в контакт с пластом с целью создания серии импульсов давления могут быть применены как механические, так и химические способы или комбинации механических и химических способов. Импульсы давления могут генерироваться при обработке подземного пласта способом, включающим:

- (i) введение в пласт первой газообразующей композиции, которая генерирует в пласте газ;
- (ii) снижение скорости генерации газа в пласте таким образом, что достигаемое в этом этапе давление оказывается ниже, чем на этапе (i) и может быть равно 0;
- (iii) введение в пласт второй газообразующей композиции, причем композиция может быть идентична первой газообразующей композиции или отличаться от первой газообразующей композиции, что приводит к нагнетанию давления, превышающего давление на этапе (ii); и необязательно
- (iv) снижение скорости введения второй газообразующей композиции в пласт.

При необходимости этапы (ii) и (iii) могут быть подходящим образом повторены для создания дополнительных импульсов давления.

Этапы (i)-(iv) могут быть проведены непрерывно, дискретно или в виде комбинации непрерывных и дискретных операций.

- На этапе (ii) снижение скорости генерации газа в пласте может быть произведено механическим образом, например, за счет уменьшения или прекращения подачи одного или более газообразующих реагентов, вводимых в пласт.

Этап (ii) может быть проведен с применением химических средств.

- Например, в одном из примеров осуществления этап (ii) может быть проведен закачиванием инертной текучей среды, например, буферной жидкости между операциями закачивания газообразующих композиций. В другом примере осуществления этап (ii) может быть проведен закачиванием инертной текучей среды одновременно с первой газообразующей композицией для снижения концентрации газообразующей композиции и скорости образования газа. Затем этап (iii) может включать прекращение закачивания инертной текучей среды.

В некоторых примерах осуществления газообразующие реагенты, включаемые в состав газообразующей композиции, применяемой на этапе (i), могут находиться не в стехиометрическом соотношении. В этом случае при проведении этапа (ii) один из реагентов (в рассматриваемом случае реагент (P)) может закончиться, в результате чего генерация газа прекращается, и остается избыток остальных реагентов (в рассматриваемом случае реагентов (Q)). Затем этап (iii)

может включать введение композиции, включающей избыток реагента (P). Этапы (i)-(iii) могут быть проведены многократно с попеременным введением композиций. Например, на этапе (i) способ может включать приведение пласта в контакт с 20 баррелями (3,2 м³) раствора аммониевого соединения и кислоты и 10 баррелями (1,6 м³) раствора нитрита натрия. Этап (ii) проводят, расходуя 10 баррелей нитрита натрия. Этап (iii) может включать введение 10 баррелей или более нитрита натрия для создания второго импульса давления. Если способ выполняют многократно, то на этапе (iii) возможно применение большого избытка нитрита натрия.

Второй аспект изобретения относится к смеси для обработки подземного пласта, которая включает:

- (a) аммониевое соединение;
- (b) окислитель, выбранный из перхлората или нитрита или их комбинаций; и
- (c) сульфаминовую кислоту.

Смесь предпочтительно образуется под землей, например, внутри подземного пласта.

Смесь может включать более одной кислоты, среди которых одна из кислот представляет собой сульфаминовую кислоту.

Аммониевое соединение, окислитель и сульфаминовая кислота могут представлять собой соединения, описанные в первом аспекте.

Третий аспект изобретения относится к размещению реагентов (средств) вблизи подземного пласта и/или вблизи нагнетательной скважины подземного пласта, где размещение реагентов включает размещение (P), (Q) или (R), указанных ниже:

(P) композиции, включающей аммониевое соединение (например, композиции (F1) согласно первому аспекту), которая предпочтительно содержится внутри емкости (например, емкости (A));

композиции, включающей окислитель (например, композиции (F2) согласно первому аспекту), которая предпочтительно содержится внутри емкости (например, емкости (B)); и необязательно (но предпочтительно)

композиции, включающей сульфаминовую кислоту (например, композиции (F3) согласно первому аспекту), где композиция предпочтительно содержится внутри емкости (например, емкости (C));

- 5 (Q) композиции, включающей аммониевое соединение и окислитель, предпочтительно нитрит, которая предпочтительно содержится внутри емкости; и, необязательно (но предпочтительно)

композиции, включающей сульфаминовую кислоту, где композиция предпочтительно содержится внутри емкости;

- 10 (R) композиции (F5), где композиция представляет собой водную композицию и включает аммониевое соединение и сульфаминовую кислоту, и композиция предпочтительно содержится внутри емкости; и

композиции (F2) (например, водной композиции), включающей окислитель, предпочтительно нитрит, которая предпочтительно содержится внутри емкости.

- 15 Размещение реагентов подходящим образом включает применение сети трубопроводов для доставки композиций в подземный пласт. Емкость (A) может находиться в соединении с трубопроводом (который может включать гибкие НКТ), установленным с возможностью подачи в пласт композиции (F1). Емкость (B) может находиться в соединении с трубопроводом (который может включать гибкие НКТ), установленным с возможностью подачи в пласт композиции (F2). Емкость (C) может
- 20 находиться в соединении с трубопроводом (который может включать гибкие НКТ), установленным с возможностью подачи в пласт композиции (F3).

- В другом примере осуществления емкость (D) может находиться в соединении с трубопроводом (который может включать гибкие НКТ), установленным с возможностью подачи в пласт композиции (F4), и при той же обработке емкость (C)
- 25 может находиться в соединении с трубопроводом (который может включать гибкие НКТ), установленным с возможностью подачи в пласт композиции (F3).

Четвертый аспект относится к применению для генерации газа в подземном пласте следующих веществ:

- (a) аммониевого соединения;
- 30 (b) окислителя, выбранного из перхлората или нитрита или их комбинаций; и
- (c) сульфаминовой кислоты.

Количество молей газа, образующегося на один моль реагентов, может быть увеличено по сравнению с предшествующим уровнем техники, в частности, по сравнению с предшествующим уровнем техники, согласно которому проводят реакцию аммониевого соединения с минеральной кислотой, такой как соляная кислота.

Применение может представлять собой применение, описанное в первом аспекте.

Любой признак любого аспекта изобретения или любого примера осуществления изобретения, описанного в настоящей работе, может быть скомбинирован, с учетом необходимых поправок, с любым признаком любого аспекта любого другого примера осуществления изобретения, описанного в настоящей работе.

Ниже описаны конкретные неограничивающие примеры осуществления настоящего изобретения со ссылками на Фиг. 1, на которой представлена диаграмма, где показан объем газа, образовавшегося в Примерах 4-8.

ОПИСАНИЕ ПРИМЕРОВ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Подземный пласт может быть обработан реагентами, которые подходят для проведения реакции образования газа и/или подачи тепла в пласт. Это может стимулировать пласт посредством улучшения сети трещин в пласте, например, за счет образования новых трещин, увеличения существующих трещин, раскрытия природных трещин или образования микротрещин. В нижеследующих примерах описаны реагенты, которые могут быть применены для обработки.

Пример 1

Общая процедура проведения реакций

В круглодонную колбу помещали 10 ммоль аммониевого соединения и 30 ммоль соединения, содержащего нитрит или перхлорат, и растворяли в минимальном количестве воды. Устанавливали подходящее устройство для измерения количества высвобождаемого газа, и раствор нагревали при перемешивании до 75°C. После того, как температура раствора достигла 75°C, 20 ммоль кислоты также нагревали до 75°C и вводили в реакционный сосуд. Выделившееся количество газа регистрировали.

Примеры 2 и 3Сравнение применений HCl и сульфаминовой кислоты

- Для сравнения применения сульфаминовой кислоты и HCl, в Примере 3 в реакцию с хлоридом аммония, бикарбонатом аммония и сульфаматом аммония вводили сульфаминовую кислоту и определяли объем газа. Для сравнения в Примере 2 ту же реакцию и оценку проводили, используя вместо сульфаминовой кислоты HCl.

Пример	Газ, образовавшийся в реакции с хлоридом аммония (см ³)	Газ, образовавшийся в реакции с бикарбонатом аммония (см ³)	Газ, образовавшийся в реакции с сульфаматом аммония (см ³)
2 – HCl (сравнительный)	330	560	920
3 – Сульфаминовая кислота	960	1360	1320

- Из результатов Примеров 2 и 3 ясно, что применение сульфаминовой кислоты приводит к генерации больших объемов газа, чем в тех реакциях, в которых вместо сульфаминовой кислоты использовали обычно применяемую соляную кислоту.

Примеры 4-8

- Исследовали реакцию между бикарбонатом аммония, нитритом натрия и сульфаминовой кислотой. Исследовали влияние различных количеств сульфаминовой кислоты, применяя общую процедуру, описанную в Примере 1.

Данные по применяемым реагентам представлены в таблице ниже:

No. примера	Бикарбонат аммония, ммоль	Нитрит натрия, ммоль	Сульфаминовая кислота, ммоль
4	10	10	5
5	10	10	7,5
6	10	10	10
7	10	10	20
8	10	10	25

Результаты представлены на Фиг. 1, и они показывают, что, если количества сульфаминовой кислоты превышают 20 ммоль, то значительного усиления выделения газа не наблюдается; таким образом, предпочтительное отношение количества бикарбоната аммония к количеству сульфаминовой кислоты составляет 1 : 2.

Примеры 9 и 10

Сравнение применения HCl и сульфаминовой кислоты при отношении сульфамат аммония : кислота : нитрит натрия, составляющем 1:2:4

Сравнение действия сульфаминовой кислоты и HCl было произведено при предпочтительном соотношении (определенном в других, не описанных здесь экспериментах) сульфамат аммония : кислота : нитрит натрия, составляющем 1:2:4.

Пример 9

В круглодонную колбу помещали 2,9 мл водного раствора сульфамата аммония (5 ммоль) и нитрита натрия (20 ммоль). Устанавливали подходящее устройство для измерения количества высвобождаемого газа, и раствор нагревали до 75°C. После того, как температура раствора достигла 75°C, в реакционный сосуд вводили 0,83 мл 12М водного раствора соляной кислоты (10 ммоль), нагретого до той же температуры. Выделившееся количество газа регистрировали. Эффективность Реакции вычисляли как отношение количества газа к массе взятых реагентов.

Пример 10

В круглодонную колбу помещали 2,9 мл водного раствора сульфамата аммония (5 ммоль) и нитрита натрия (20 ммоль). Устанавливали подходящее устройство для измерения количества высвобождаемого газа, и раствор нагревали до 75°C. После того, как температура раствора достигла 75°C, в реакционный сосуд вводили 4,75 мл 2,11М водного раствора сульфаминовой кислоты (10 ммоль), нагретого до той же температуры. Выделившееся количество газа регистрировали. Эффективность Реакции вычисляли как отношение количества газа к массе взятых реагентов.

Результаты представлены в таблице ниже.

Пример	Ммоль $\text{NH}_4\text{NH}_2\text{SO}_3$	Ммоль NaNO_2	Кислота	Ммоль кислоты	Выделив- шийся газ (см^3)	Общая масса (г)	Эффек- тивность ($\text{см}^3/\text{г}$)
4 (сравнительн.)	5	20	Соляная	10,0	460	2,95	156
5	5	20	Сульф- аминовая	10,0	750	2,92	257

Результаты показывают, что применение сульфаминовой кислоты гораздо предпочтительнее применения соляной кислоты с точки зрения выделяющегося объема газа и Эффективности Реакции.

- 5 Реагенты, описанные в настоящей работе, могут быть применены для обработки пласта, как было описано. Реагенты могут быть доставлены в емкостях к устью скважины для последующего введения в пласт, например, с помощью гибких НКТ, как описано в настоящей работе. Составы примеров композиций, включающие концентрации и количества, выраженные в фунтах (lb), представлены в таблице
- 10 ниже. Фунты (lb) могут быть переведены в килограммы умножением на 0,45.

Композиция	Кислота	Концентрация кислоты (М)	Масса раствора кислоты (фунт)	Количество 0,83М раствора NH_4HCO_3 (фунт)	Количество 2,50М раствора NaNO_2 (фунт)
Пр. 11	Сульфаминовая	2,11	8130	2531	6626

- Изобретение не ограничено деталями описанного выше примера (примеров) осуществления. Изобретение включает любой новый признак или любую новую комбинацию признаков, описанных в настоящей работе (включая любые
- 15 прилагаемые пункты формулы изобретения, реферат и графические материалы), или любой новый этап или любую новую комбинацию этапов любого описанного способа.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ обработки подземного пласта, где способ включает приведение пласта в контакт со следующими веществами:

(a) аммониевым соединением; и

5 (b) окислителем, выбранным из перхлората или нитрита или их комбинаций; и

(c) сульфаминовой кислотой.

2. Способ по пункту 1, где способ представляет собой способ обработки пласта с целью стимуляции пласта, например, для усиления притока из пласта углеводородов, например, нефти или газа.

10 3. Способ по пункту 1 или пункту 2, где способ включает обработку пласта для образования или увеличения разрыва в пласте.

4. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором окислитель включает нитрит.

15 5. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором окислитель представляет собой нитрит натрия.

6. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором аммониевое соединение и окислитель приводят в контакт, приводящий к их реакции, которая приводит к образованию в пласте азота и диоксида углерода.

20 7. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором отношение (A), определяемое как отношение количества молей аммониевого соединения к количеству молей нитрита, контактирующих с пластом и/или реагирующих в пласте, составляет от 0,05 до 2,0, предпочтительно от 0,2 до 0,6.

25 8. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором сульфаминовая кислота способна реагировать с образованием газа, причем образующийся газ включает атомы азота, предоставляемые сульфаминовой кислотой.

30 9. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором сульфаминовую кислоту обрабатывают при осуществлении способа, в результате чего образуется газ, дополняющий газ, получаемый в результате реакции аммониевого соединения и окислителя.

10. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором аммониевое соединение выбрано из фторида аммония, хлорида аммония, бромида аммония, иодида аммония, нитрата аммония, сульфата аммония, гидросульфата аммония, карбоната аммония, карбамата аммония, бикарбоната аммония, 5 гидроксида аммония, ацетата аммония, боратов аммония, хромата аммония, дихромата аммония, цианидов аммония, глутамата аммония, молибдата аммония, оксалата аммония, гидрооксалата аммония, одноосновного фосфата аммония, двухосновного фосфата аммония, тиосульфата аммония, формиата аммония, сульфамата аммония, сульфита аммония, персульфата аммония, сульфида 10 аммония, двухосновного тартрата аммония, тиоцианата аммония, дигидрофосфата аммония и глицината аммония или смесей перечисленных соединений.

11. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором кроме фрагмента NH_4^+ аммониевое соединение включает второй фрагмент, который способен генерировать газ (например, диоксид углерода или азот) в реакции с 15 окислителем и/или сульфаминовой кислотой.

12. Способ по пункту 11, в котором второй фрагмент включает фрагмент сульфамата, карбоната или бикарбоната.

13. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором отношение (В), определяемое как отношение количества молей аммониевого соединения к 20 общему количеству молей кислоты, приводимых в контакт с пластом и/или реагирующих с бикарбонатом и окислителем в пласте, превышает 0 и составляет 10 или менее; предпочтительно это отношение составляет от 0,4 до 0,6.

14. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором отношение (С), определяемое как отношение количества молей аммониевого соединения к 25 суммарному количеству молей одной или более кислот, предназначенных для реакции с другими материалами, приводимыми в контакт с пластом с целью образования газа, превышает 0 и составляет 10 или менее; предпочтительно это отношение составляет от 0,4 до 0,6.

15. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором отношение 30 (Н), определяемое как отношение количества молей окислителя к общему количеству молей кислоты, приводимых в контакт с пластом, составляет от 0,5 до 10 и предпочтительно составляет от 0,9 до 2,6.

16. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором аммониевое соединение предоставлено в виде суспензии, эмульсии или раствора, и способ включает выбор водного раствора аммониевого соединения.

5 17. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором окислитель, например, нитрит, предоставлен в виде суспензии, эмульсии или раствора, и способ включает выбор водного раствора окислителя, например, нитрита.

18. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором сульфаминовая кислота предоставлена в воде, и способ включает выбор водного раствора или суспензии сульфаминовой кислоты.

10 19. Способ по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что в способе суммарное массовое процентное содержание композиции (F1), включающей аммониевое соединение, композиции (F2), включающей окислитель, предпочтительно нитрит, и композиции (F3), включающей сульфаминовую кислоту, вводимых в пласт, составляет по меньшей мере 80% масс., предпочтительно по
15 меньшей мере 98% масс. от общей массы материалов, вводимых в пласт при проведении операций гидроразрыва пласта посредством генерации в пласте газа.

20. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором:

выраженная в граммах (г) общая суммарная масса аммониевого соединения, окислителя, предпочтительно нитрита, и кислоты (кислот), вводимых в пласт,
20 обозначена SUM-W;

выраженный в см³ суммарный общий объем газа, образующегося в реакции аммониевого соединения, окислителя, предпочтительно нитрита, и кислоты (кислот), обозначен SUM-V;

25 в способе Эффективность Реакции определяют как отношение SUM-V к SUM-W; и

Эффективность Реакции составляет по меньшей мере 100 см³/г, предпочтительно по меньшей мере 160 см³/г.

21. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором композиции, включающие аммониевое соединение, окислитель и/или
30 сульфаминовую кислоту, включают один или более соразтворителей, выбранных из метанола или формамида.

22. Способ по любому из предшествующих пунктов, который включает создание в пласте импульсов давления, например, посредством регулирования контакта и/или количеств бикарбоната аммония, окислителя и/или кислоты (АА) в пласте.

5 23. Смесь для обработки подземного пласта, включающая:

- (a) аммониевое соединение;
- (b) окислитель, выбранный из перхлората или нитрита или их комбинаций; и
- (c) сульфаминовую кислоту.

10 24. Смесь по пункту 23, отличающаяся тем, что смесь включает аммониевое соединение, окислитель и сульфаминовую кислоту по любому из пунктов 1-22.

25. Размещение реагентов вблизи подземного пласта и/или вблизи нагнетательной скважины, имеющейся в подземном пласте, где размещение включает размещение (P), (Q) или (R), указанных ниже:

15 (P) композиции, включающей аммониевое соединение, которая предпочтительно содержится внутри емкости;

композиции, включающей окислитель, которая предпочтительно содержится внутри емкости; и необязательно (но предпочтительно);

20 композиции, включающей сульфаминовую кислоту, где композиция предпочтительно содержится внутри емкости;

(Q) композиции, включающей аммониевое соединение и окислитель, предпочтительно нитрит, которая предпочтительно содержится внутри емкости; и необязательно (но предпочтительно)

25 композиции, включающей сульфаминовую кислоту, где композиция предпочтительно содержится внутри емкости;

(R) композиции (F5), которая представляет собой водную композицию и включает аммониевое соединение и сульфаминовую кислоту, где композиция предпочтительно содержится внутри емкости; и

композиции (F2), включающей окислитель, которая предпочтительно содержится внутри емкости.

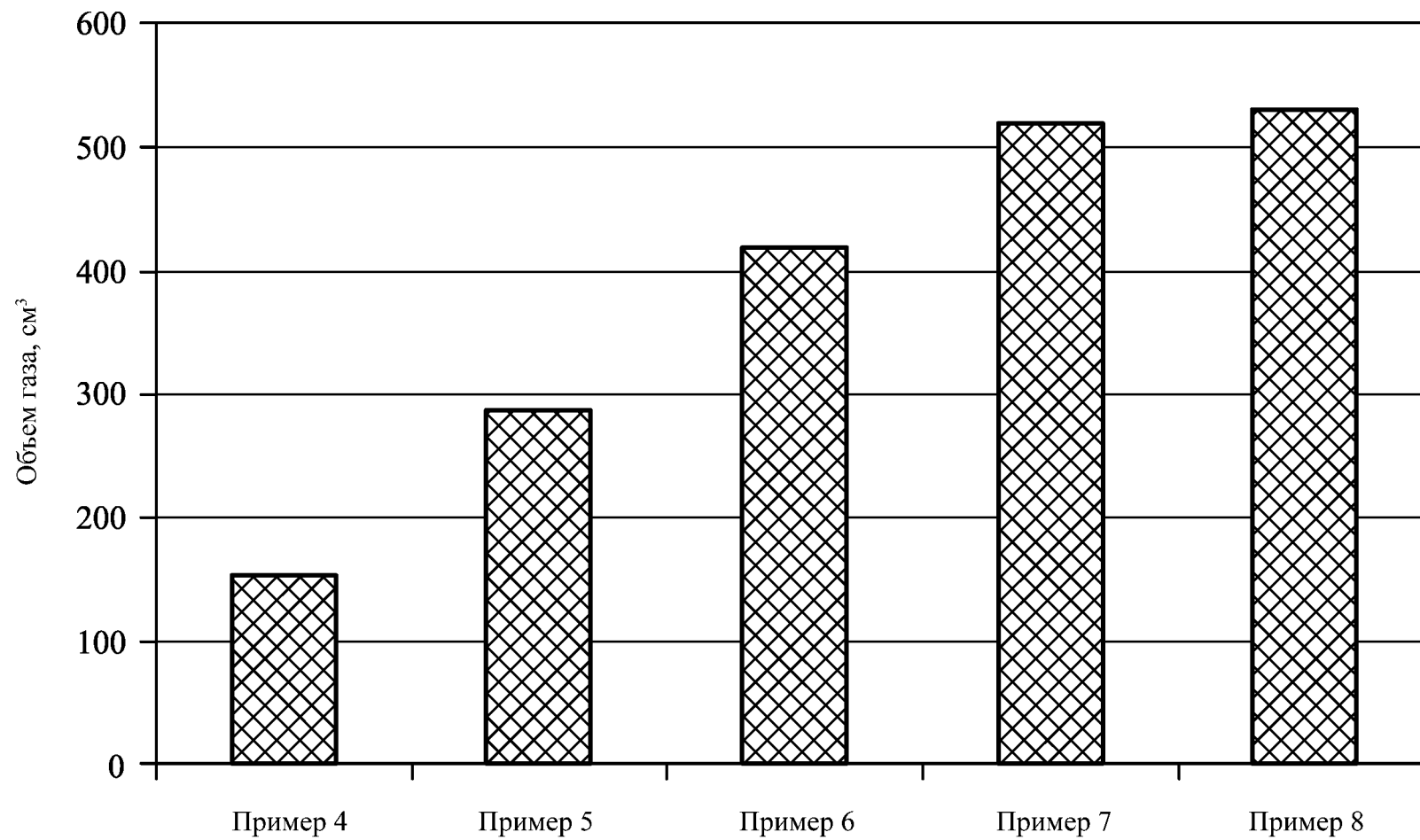
26. Размещение реагентов по пункту 25, в котором аммониевое соединение, окислитель и сульфаминовая кислота представляют собой аммониевое
5 соединение, окислитель и сульфаминовую кислоту по любому из пунктов 1-22.

27. Применение следующих веществ для генерации газа в подземном пласте:

- (a) аммониевого соединения;
- (b) окислителя, выбранного из перхлората или нитрита или их комбинаций;
- 10 (c) сульфаминовой кислоты.

28. Применение по пункту 27 для стимуляции подземного пласта и/или для образования или увеличения разрыва в пласте.

29. Применение по пункту 27 или пункту 28, в котором аммониевое соединение, окислитель и сульфаминовая кислота представляют собой аммониевое
15 соединение, окислитель и сульфаминовую кислоту по любому из пунктов 1-22.



ФИГ. 1