

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 202391285 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2024.01.22

(51) Int. Cl. *B01D 19/00* (2006.01)
C10G 19/02 (2006.01)
C02F 1/50 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2022.05.09

(54) ХИМИЧЕСКИЕ КОМПОЗИЦИИ И СПОСОБЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ СЕРОСОДЕРЖАЩИХ КОМПОЗИЦИЙ И ДРУГИХ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ТЕКУЧИХ СРЕДАХ

(31) 63/185,808

(72) Изобретатель:

(32) 2021.05.07

Роу Клифтон Ли, Швейцер Линда
(US)

(33) US

(86) PCT/US2022/028379

(74) Представитель:

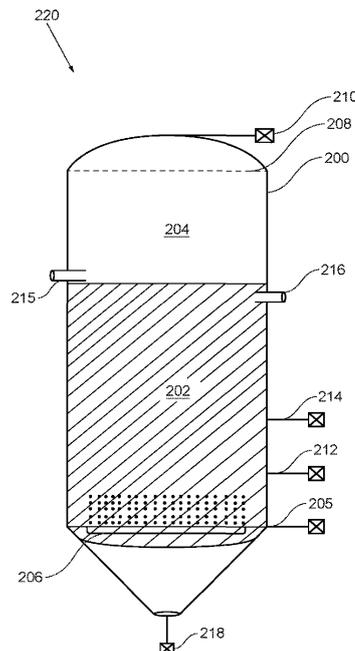
(87) WO 2022/236186 2022.11.10

Хмара М.В. (RU)

(71) Заявитель:

ГЭПС ТЕКНОЛОДЖИ, ЛЛК (US)

(57) Способ обработки для снижения содержания загрязняющих веществ в смеси загрязненных текучих сред, включающей в себя по меньшей мере одну жидкую текучую среду и по меньшей мере одну газообразную текучую среду, причем способ включает в себя следующие стадии: приготовление композиции для обработки, содержащей по меньшей мере 80 об.% водного раствора, содержащего по меньшей мере одно гидроксидное соединение в суммарной концентрации, лежащей в диапазоне от 35 до 55 мас.%, и по меньшей мере одну органическую кислоту, выбранную из группы, состоящей из фульвово́й кислоты и гуминовой кислоты, в суммарной концентрации, лежащей в диапазоне от 0,1 до 5 мас.% композиции для обработки; добавление дозы композиции для обработки к смеси загрязненных текучих сред, включающей в себя жидкую часть и газообразную часть; и обеспечение возможности реакции композиции для обработки со смесью загрязненных текучих сред в течение по меньшей мере 10 мин. pH композиции для обработки равен по меньшей мере 12,0.



202391285 A1

202391285 A1

ХИМИЧЕСКИЕ КОМПОЗИЦИИ И СПОСОБЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ СЕРОСОДЕРЖАЩИХ КОМПОЗИЦИЙ И ДРУГИХ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ТЕКУЧИХ СРЕДАХ

5 Перекрестные ссылки на родственные заявки

Данная обычная заявка заявляет приоритет в соответствии с предварительной заявкой на патент США № 63/185,808, поданной 7 мая 2021 г. Содержание этой приоритетной заявки полностью включено в данную публикацию посредством ссылки.

10

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к новым композициям для обработки и к способам обработки для снижения содержания серосодержащих соединений, включающих в себя H_2S , меркаптаны, тиофены и БТЭКС (бензол, толуол, этилбензол, ксилол) и т.п., и других загрязняющих веществ, включающих в себя CO_2 , SO_2 , металлы, соли и т.п., в различных загрязненных текучих средах, которые могут быть жидкостями, газами и их смесями. Некоторые примеры включают в себя жидкости и газы на основе углеводородов, такие как сырая нефть и природный газ, газы, выделяющиеся при сжигании ископаемого топлива, и так называемую «попутную воду», которую извлекают из подземных пластов совместно с сырой нефтью и природным газом. В частности, настоящее изобретение относится к таким композициям для обработки, к новой предварительной обработке загрязненных газов с использованием щелочной водной промывки и к способам обработки, в которых загрязненные текучие среды и смеси текучих сред химически реагируют с композициями для обработки в способах обработки, при этом содержание практически всех загрязняющих веществ в текучих средах снижается до очень низких уровней, признанных безопасными, эффективным и экономически целесообразным способом.

30 Предшествующий уровень техники

Серосодержащие соединения, в том числе сероводород (H_2S), меркаптаны, тиофены и БТЭКС, давно признаны нежелательными загрязняющими веществами в загрязненных текучих средах, в частности – в текучих средах на основе углеводородов, таких как сырая нефть и природный газ. H_2S является особенно нежелательным загрязняющим веществом, поскольку он является высокотоксичным, коррозионным и т.п., и, как правило, текучие среды на основе

35

углеводородов должны содержать менее пяти частей/млн H_2S . Снижение содержания H_2S в углеводородных текучих средах издавна было и остается очень важным центром внимания нефтеперерабатывающей промышленности во всем мире, и в характерном случае правительствами во всем мире регламентировано, что природный газ, предназначенный для продажи или использования, должен содержать не более 4-5 частей/млн H_2S .

Обработка загрязненных жидкостей, таких как сырая нефть, может быть трудной, однако известно много композиций для обработки и способов обработки для выполнения этой задачи, в том числе некоторые композиции для обработки и способы обработки, ранее предложенные авторами настоящего изобретения, например – раскрытые в Международных заявках на патент № PCT/US2018/050913 и № PCT/US2018/064015, содержание которых полностью включено в данную публикацию посредством ссылки. В способах, ранее предложенных авторами настоящего изобретения, композиции для обработки можно непосредственно добавлять к загрязненным жидкостям или объединять с ними, так что химикаты, включенные в композиции для обработки, прежде всего – гидроксидные соединения, могут реагировать с загрязняющими веществами с преобразованием загрязняющих веществ в другие, менее проблематичные, нетоксичные соединения, которые могут оставаться в обработанных жидкостях или выпадать в осадок из обработанных жидкостей.

Одно из ранее сформулированных авторами настоящего изобретения предложений по обработке загрязненных жидкостей, раскрытое в публикации PCT/US2018/050913, включает в себя водную композицию для обработки, содержащую прежде всего высокую концентрацию одного или более гидроксидов, таких как гидроксид натрия ($NaOH$) и гидроксид калия (KOH), например – в сумме гидроксиды составляют от 35 до 55 масс. %, и предпочтительно – по меньшей мере 45 масс. % раствора для обработки, которая эффективно реагирует с H_2S с преобразованием его в нетоксичные вещества. Такой раствор для обработки согласно ранее сформулированному предложению является высокощелочным с рН, лежащим в диапазоне от 13 до 14. В этом способе обработки относительно малую дозу раствора для обработки добавляют к обрабатываемым жидкостям на основе углеводородов или водным растворам, например – в стандартной дозе, лежащей в диапазоне от 0,25 мл до 6,0 мл раствора для обработки на литр обрабатываемой жидкости, что соответствует примерно 125-3000 частей/млн гидроксида (или гидроксидов) в обрабатываемой жидкости. Наиболее подходящий уровень дозы зависит от многих факторов, и гидроксид (или гидроксиды) в растворе эффективно

снижают содержание H_2S и других серосодержащих соединений до приемлемых уровней за относительно короткие периоды времени, например – лежащие в диапазоне от 15 минут до нескольких часов, причем без какого-либо значимого иного вредного влияния на жидкости на основе углеводородов или нефти или 5 загрязненные водные растворы.

Очень важно, что этот ранее предложенный способ обработки, включающий в себя композицию для обработки, является необратимым в отношении H_2S и других загрязняющих веществ, содержание которых снижается, в отличие от ранее известных поглощающих H_2S композиций, содержащих триазин или формальдегид, 10 и способов, в которых использовали поглощающие композиции для снижения содержания H_2S и других загрязняющих веществ в жидкостях, в том числе – в сырой нефти. Также очень важно, что стандартная доза композиции для обработки, указанная выше, подходит для очистки загрязненных жидкостей, в том числе – сырой нефти, имеющих широкий диапазон количеств содержащихся в них 15 загрязняющих веществ, что также очень отличается от ранее известных поглощающих H_2S композиций, содержащих триазин или формальдегид, которые требуют более специфических уровней доз в зависимости от количества H_2S и других загрязняющих веществ, подлежащих поглощению. Соответственно, за исключением аномальной жидкости, имеющей исключительно высокое содержание 20 загрязняющих веществ, в характерном случае нет необходимости регулировать дозу в зависимости от конкретного количества загрязняющих веществ, содержащихся в жидкости, подлежащей обработке, и на процесс обработки не оказываются вредных влияний, если количество загрязняющих веществ в обрабатываемых жидкостях иногда резко возрастает во время осуществления 25 процесса.

Другое ранее сформулированное предложение авторов настоящего изобретения, раскрытое в публикации PCT/US2018/064015, включает в себя использование композиции для обработки на основе воды, которая является 30 сходной с композицией, раскрытой в публикации PCT/US2018/050913, но дополнительно включает в себя соответствующее количество органической кислоты (или кислот), таких как фульвовая кислота и гуминовая кислота, которую добавляют к обрабатываемой жидкости в дозе, которая в характерном случае приводит к концентрации органической кислоты (или кислот) в обрабатываемой жидкости, лежащей в нормальном диапазоне от 0,01 части/млн до 10 частей/млн, 35 предпочтительно – от 0,1 части/млн до 3 частей/млн, независимо от того, является жидкость жидкостью на основе углеводородов или загрязненным водным

раствором. Органическая кислота или органические кислоты, такие как фульвовая кислота и гуминовая кислота, эффективно связываются с удаляемыми загрязняющими веществами и удерживают их в обрабатываемых жидкостях без образования осадков, пока загрязненные жидкости обрабатывают, транспортируют и/или хранят в течение периода времени, равного часам, дням или неделям, прежде чем обработанные жидкости будут обработаны дальше на нефтеперерабатывающем заводе или сходном предприятии. Небольшое количество, например – менее 2 масс. %, средства против накипи, такого как моноэтаноламин (МЭА), может быть использовано в этом способе обработки/композиции для обработки.

Фульвовая кислота фактически является семейством органических кислот, но в характерном случае может быть идентифицирована как 1H,3H-пирано[4,3-b][1]бензопиран-9-карбоновая кислота, 4,10-дигидро-3,7,8-тригидрокси-3-метил-10-оксо-; 3,7,8-тригидрокси-3-метил-10-оксо-1,4-дигидропирано[4,3-b]хромен-9-карбоновая кислота со средней химической формулой $C_{135}H_{182}O_{95}N_5S_2$ и молекулярными массами, в характерном случае лежащими в диапазоне от 100 г/моль до 10000 г/моль. Сходным образом, гуминовая кислота является смесью нескольких молекул, некоторые из которых основаны на мотиве ароматических ядер с фенольными и карбоксильными заместителями, соединенных друг с другом, и приведенная ниже иллюстрация демонстрирует типичную структуру. Молекулярная масса (размер) гуминовой кислоты в характерном случае гораздо больше, чем молекулярная масса фульвовой кислоты, и может варьироваться от 50000 г/моль до более чем 500000 г/моль.

(CO₂), аммиак (NH₃), воду (H₂O), соли, такие как хлорид натрия (NaCl), азот (N₂), сырую нефть, различные твердые вещества, в том числе – органические вещества, и т.п., и показано, что они являются наиболее проблемными. С использованием известных стандартных композиций для обработки и способов обработки невозможно в достаточной мере очистить такой высокозагрязненный природный газ практичным, экономически эффективным образом, чтобы сделать природный газ пригодным для продажи или использования. Соответственно, многие известные месторождения газа и имеющиеся скважины с природным газом не используются, а остаются невскрытыми или законсервированными.

10 Что касается обработки загрязненных газов, в том числе природного газа, один из авторов настоящего изобретения ранее предложил композицию для обработки и способ обработки для решения этой задачи в Патенте США № 10,913,911 B2 («Патент '911»), содержание которого включено в данную публикацию посредством ссылки. В «Патенте '911» обсуждаются многие причины, по которым
15 обработка загрязненных газов является гораздо более сложной, чем обработка загрязненных жидкостей, таких как сырая нефть и загрязненные водные растворы, даже если основным загрязняющим веществом, подлежащим удалению, в газах является H₂S, точно так же, как H₂S является основным загрязняющим веществом, подлежащим удалению, в сырой нефти. Причины прежде всего включают в себя
20 несколько значимых проблем, связанных с обработкой больших объемов загрязненного природного газа на непрерывной основе, причем композиции для обработки и способы обработки, используемые для обработки загрязненных жидкостей, невозможно прямо использовать для обработки загрязненных газов. Например, загрязненные газы, такие как природный газ, часто содержат
25 значительные количества других загрязняющих веществ в дополнение к H₂S, например - диоксид углерода (CO₂), азот (N₂), воду (H₂O), хлорид натрия (NaCl) и т.д., которые могут приводить к значительной неэффективности способов обработки газов, в том числе вследствие того, что некоторые загрязняющие вещества, такие как соли, могут иметь тенденцию к выпадению в осадок из загрязненного
30 природного газа во время его обработки, что легко может привести к закупориванию частей системы для обработки и оказать другие вредные влияния на процесс обработки. Кроме того, природа природного газа очень отличается от природы сырой нефти и других жидкостей, в том числе тем, что стоимость природного газа в пересчете на объем гораздо ниже, чем стоимость сырой нефти; например,
35 природный газ в характерном случае непрерывно поступает из скважины со значительной скоростью, под большим давлением и в объемах, равных миллионам

кубических футов (~ более 30000 м³) в день из скважины, и с ним необходимо обращаться и обрабатывать его совсем иначе, чем жидкости, и это создает другие сложности при обработке этих загрязненных газов. Например, способ обработки для очистки загрязненного газа, такого как природный газ, может обеспечить контакт между композицией для обработки и загрязненным газом всего лишь в течение нескольких секунд или менее, в отличие от обработки загрязненных жидкостей, которая может включать в себя простое добавление соответствующих количеств композиции для обработки к загрязненным жидкостям и затем оставление жидкостей на соответствующее время до тех пор, пока содержание H₂S и других загрязняющих веществ в жидкости не снизится до безопасных, приемлемых уровней.

Как обсуждается в «Патенте '911», композицию для обработки на основе воды можно использовать для снижения содержания H₂S, CO₂ и других проблемных загрязняющих веществ в газах до безопасных уровней, но вначале может потребоваться обработка природного газа для удаления других загрязняющих веществ, включающих в себя соли и воду, чтобы снижение содержания H₂S, CO₂ и других проблемных загрязняющих веществ можно было проводить непрерывно и эффективно. Композиция для обработки, раскрытая в «Патенте '911», согласно ранее сформулированному авторами настоящего изобретения предложению имеет водную основу и является сходной с композицией, раскрытой в публикации PCT/US2018/064015. Она содержит высокую концентрацию гидроксида для снижения содержания H₂S, CO₂ и т.п., а также меньшее количество органической кислоты (или кислот), таких как фульвовая кислота и гуминовая кислота, для предотвращения образования и выпадения осадков из обработанного газа, и может дополнительно содержать хелатирующий агент, такой как этилендиаминтетрауксусная кислота (EDTA; от англ.: ethylenediaminetetraacetic acid), которая, среди прочего, повышает эффективность гидроксидных соединений в отношении снижения содержания H₂S и других загрязняющих веществ и способствует превращению снижения содержания H₂S в необратимое, поверхностно-активное вещество, такое как лаурилсульфат натрия, и буферный агент, такой как карбонат калия, и т.п. Определенное количество такой композиции для обработки можно поместить в реакционную камеру или колонну, и природный газ можно барботировать через композицию для обработки, при этом содержание H₂S, CO₂ и некоторых других загрязняющих веществ будет снижаться, причем это приведет к образованию или выпадению малого количества осадков из обработанного газа, или осадки вообще не образуются. Однако перед этой стадией

снижения содержания в способе обработки могут потребоваться дополнительные, предварительные стадии обработки и оборудование для удаления воды, солей и т.п. из природного газа, прежде чем газ вступит в реакцию с композицией для обработки. Соли с высокой вероятностью выпадут в осадок из обработанного газа, если соли присутствуют, когда газ реагирует с композицией для обработки, и солевые осадки могут вызвать закупоривание и другие проблемы, которые могут сделать эту часть способа обработки неэффективной в присутствии солей. Вода в природном газе обычно содержит растворенные в ней соли и может нежелательно разбавить композицию для обработки.

10 Показано, что ранее предложенные авторами настоящего изобретения композиции для обработки и способы снижения содержания загрязняющих веществ в газах являются гораздо более практичными и экономически эффективными в отношении достаточного снижения содержания H_2S и других загрязняющих веществ в газах, таких как природный газ, по сравнению с ранее известными композициями для обработки и способами обработки, и так же, как предложения авторов настоящего изобретения по снижению содержания H_2S и других загрязняющих веществ в жидкостях, эти композиции для обработки и способы снижения содержания загрязняющих веществ в газах снижают содержание H_2S и других загрязняющих веществ необратимо, а стандартная доза композиции для обработки является выгодно эффективной в отношении снижения содержания загрязняющих веществ в широком диапазоне их содержания. Однако ранее предложенные растворы и способы обработки газов все еще требуют усовершенствования. В случае загрязненных газов и смесей загрязненных текучих сред, включающих в себя газы, в данной области техники все еще сохраняется большая проблема со снижением содержания в них H_2S , CO_2 и других загрязняющих веществ до подходящих, безопасных уровней практичным, экономически эффективным способом.

Сущность изобретения

30 Один из авторов настоящего изобретения дополнительно исследовал обработку загрязненных текучих сред, включающих в себя жидкости, газы и их смеси, и открыл новые растворы/композиции для обработки и способы обработки, которые можно использовать по отдельности или в комбинации для очистки загрязненных текучих сред, и которые являются очень эффективными, продуктивными и экономически целесообразными в отношении снижения содержания и/или удаления по существу всех типов загрязняющих веществ, в том

числе H_2S , SO_2 , других типов серосодержащих загрязняющих веществ, включающих в себя меркаптаны, тиофены, CO_2 , NH_3 , соли, БТЭКС-химикаты и т.п., которые содержатся в загрязненных газах, загрязненных жидкостях и в смесях различных жидкостей и газов, до безопасных, приемлемых уровней.

5 Первое открытие, сделанное автором настоящего изобретения, состоит в том, что если ранее предложенные композиции для обработки используют для обработки смесей и потоков смесей загрязненных текучих сред, в том числе смесей текучих сред, высоко загрязненных H_2S и другими загрязняющими веществами, то
10 такие смеси текучих сред можно продуктивно и эффективно обрабатывать с целью снижения содержания H_2S и других загрязняющих веществ посредством добавления композиции для обработки, например - одной из композиций, раскрытых в публикации PCT/US2018/064015 и «Патенте '911», и ее вариантов к загрязненной смеси текучих сред в соответствующих дозах. Такая обработка может быть
15 осуществлена в отношении непрерывно текущего потока смеси текучих сред или фиксированного или порционного количества смеси текучих сред. В качестве примера, сырую нефть, природный газ и загрязненную воду, которые в характерном случае одновременно извлекают из определенной скважины, можно непосредственно транспортировать к нефтеперерабатывающему заводу в форме смешанного потока, или текучие среды можно отделить друг от друга с помощью
20 трехходового сепаратора через непродолжительное время после извлечения из подземного пласта; например, сепаратор принимает поток смешанных текучих сред из скважины и разделяет его на три различных выходящих потока. Если смесь текучих сред необходимо транспортировать прямо к нефтеперерабатывающему заводу, дозу (или дозы) композиции (или композиций) для обработки можно просто
25 добавить к смеси текучих сред, так что композиция (или композиции) для обработки будут снижать содержание загрязняющих веществ в смеси в то время, пока она течет к нефтеперерабатывающему заводу, который может находиться на расстоянии многих миль, и это время может быть больше 1 часа. Если текучие среды отделены друг от друга, то сырую нефть и природный газ можно
30 транспортировать, хранить и очищать, тогда как загрязненную воду можно утилизировать посредством обработки и/или инъекции обратно в подземный пласт. Сырую нефть и природный газ часто транспортируют по трубопроводам, что ограничивает содержание H_2S в этих текучих средах до относительно низких уровней, например – 5 частей/млн или менее. Однако существуют трубопроводы,
35 которые могут принимать смесь загрязненной сырой нефти и загрязненного природного газа для транспортировки этих текучих сред для дальнейшей

переработки на нефтеперерабатывающих заводах и т.п., даже если природный газ может иметь значительно более высокое содержание H_2S , чем 5 частей/млн. Поэтому отдельные потоки сырой нефти и природного газа из сепаратора можно повторно объединить в таком трубопроводе для совместной транспортировки.

5 Первое открытие, сделанное авторами настоящего изобретения, состоит в том, что если добавить соответствующее количество композиции для обработки, например – одной из композиций, раскрытых в публикации PCT/US2018/064015 и «Патенте '911», в поток смешанных текучих сред, текущий в трубопроводе, то пока смесь текучих сред продолжает течь в трубопроводе, например – в характерном
10 случае на расстояние, равное нескольким милям, и в течение периода времени, равного часу и более, композиция для обработки будет реагировать и снижать содержание H_2S и других загрязняющих веществ как в жидких, так и в газообразных компонентах такой смеси текучих сред, так что содержание H_2S и других загрязняющих веществ будет значительно снижено, и из обработанных текучих сред
15 в трубопроводе по существу не выпадут осадки. Добавленная композиция для обработки в основном остается в жидкой части (или частях) смешанных текучих сред и, соответственно, оказывает больший эффект снижения содержания загрязняющих веществ в жидкой части (или частях), но при течении смешанной текучей среды по трубе происходит значительное смешивание и перемешивание
20 жидкой и газообразной частей, и некоторое количество загрязнений, содержащихся в газовой части (или частях), также удаляется. Авторы настоящего изобретения определили, что, даже если смесь загрязненных текучих сред имеет относительно высокое содержание H_2S , CO_2 и т.п., например – 60000 частей/млн или до нескольких сотен тысяч частей/млн, то посредством добавления к смеси соответствующей дозы одной из композиций для обработки содержание H_2S , CO_2 и
25 других загрязняющих веществ в жидкой части смеси, например – в сырой нефти, можно снизить до безопасного уровня, лежащего ниже 5 частей/млн, и содержание H_2S , CO_2 и других загрязняющих веществ в газообразной части смеси, например – в природном газе, также будет значительно снижено, например – ниже 30000
30 частей/млн. Выделение любого количества осадка (или осадков) из обработанных смешанных текучих сред в таком трубопроводе является очень нежелательным, поскольку осадок может частично или полностью закупорить трубопровод, и может потребоваться закрытие трубопровода для проведения корректирующих действий, однако обсуждаемые композиции для обработки содержат органическую кислоту
35 (или кислоты), например – фульвовую кислоту и гуминовую кислоту, которые выгодно являются очень эффективными в отношении предотвращения образования

и выпадения осадков из обработанных текучих сред. Аналогично предыдущим предложениям авторов настоящего изобретения по снижению содержания H_2S , CO_2 и других загрязняющих веществ в жидкостях и газах, снижение загрязнения, обеспечиваемое этими композициями и способами обработки, является
5 необратимым в отношении H_2S , CO_2 и других загрязняющих веществ, и стандартная доза композиции для обработки, например – указанная выше, является выгодно эффективной в отношении снижения содержания загрязняющих веществ в широком диапазоне концентраций, независимо от любых пиковых значений содержания загрязняющих веществ. Этот способ обработки применим к любой смеси
10 загрязненных текучих сред, которых может быть больше двух; например, способ можно применять к сырой нефти, природному газу и так называемой попутной воде сразу же после извлечения этих текучих сред из скважин и до их разделения сепаратором.

Для осуществления способа обработки по настоящему изобретению
15 композицию для обработки можно добавлять к смеси текучих сред непрерывно или прерывисто, и автор настоящего изобретения определил, что один из подходящих способов добавления композиции для обработки к смеси текучих сред может необязательно включать в себя использование смесительной камеры, которая непрерывно принимает текучие среды, подлежащие обработке, а также принимает
20 поток композиции для обработки; например, текучие среды и композицию для обработки нагнетают в нижние части смесительной камеры и часть смешанных текучих сред, содержащих смешанную с ними дозу композиции для обработки, выгружают из верхней части смесительной камеры в трубопровод, который транспортирует смешанные текучие среды к другим локациям, и в это время
25 композиция для обработки снижает содержание загрязняющих веществ в смеси текучих сред. Другой способ включает в себя простое накачивание или инъекцию композиции для обработки в трубопровод, содержащий смесь текучих сред, в соответствующей дозе (или дозах). Тем не менее, можно использовать и другие способы добавления композиции для обработки. Также этот способ обработки
30 можно применять к стационарным, фиксированным объемам смешанных загрязненных текучих сред, которые не текут.

Опять-таки, автор настоящего изобретения открыл, что в таких системе для обработки и способе обработки композиции для обработки, раскрытые в публикации PCT/US2018/064015 и «Патенте '911», а также их варианты, пригодны для
35 обработки смеси загрязненных текучих сред, поскольку компоненты этих композиций будут выполнять одновременно во всех текучих средах в смеси те же

функции очистки, которые они выполняют при отдельной обработке жидкостей или газов, но при обработке смеси обеспечивается повышенная эффективность. В публикации PCT/US2018/064015 раскрыт концентрированный водный раствор гидроксида, содержащий от 35 до 55 масс. % одного или более гидроксидных соединений в качестве основного компонента, например – по меньшей мере 80 масс. % и предпочтительно по меньшей мере 90 масс. % новой композиции для обработки, совместно с небольшим количеством, например – от 0,1 до 3 масс. %, органической кислоты, такой как фульвовая кислота или гуминовая кислота, и возможно - небольшое количество МЭА, например - от 0,1 до 3 масс. %, и возможно – антибактериальное соединение, например – силикат калия. Концентрированное гидроксидное соединение (или соединения) реагирует с H_2S , CO_2 и другими загрязняющими веществами, снижая их содержание, тогда как органические кислоты, такие как фульвовая кислота и гуминовая кислота, выполняют функцию предотвращения образования и выпадения осадков из обработанных текучих сред.

Если он включен в качестве необязательного компонента, то МЭА функционирует как противонакипное соединение. С другой стороны, композиция для обработки, раскрытая в «Патенте '911», также может быть водным раствором, прежде всего содержащим высокую концентрацию гидроксидного соединения (или соединений), например – от 35 до 55 масс. % одного или более гидроксидных соединений, в качестве основного компонента, например – по меньшей мере 80 масс. % и предпочтительно – по меньшей мере 90 масс. % композиции для обработки, совместно с: от 0,1 до 3 масс. % органической кислоты (или кислот), таких как фульвовая кислота или гуминовая кислота; небольшим количеством, например – от 0,5 до 4 масс. % EDTA ($C_{10}H_{16}N_2O_8$), которая является одним из типов хелатирующих агентов, который, среди прочего, способствует повышению молярной реакционной способности гидроксидного соединения (или соединений) и способствует предотвращению образования осадков; и возможно – с еще меньшими количествами, например – от 0,01 об. % до 0,1 об. %, поверхностно-активного вещества, такого как лаурилсульфат натрия, и буферного агента, такого как карбонат калия, и др. Автор настоящего изобретения также открыл, что некоторые другие компоненты можно включить в ранее предложенные композиции для обработки в зависимости от желаемого результата способов обработки. Композиции для обработки могут также включать в себя небольшое количество, например – от 0,5 до менее чем 5 масс. %, предпочтительно – менее 2 масс. %, полимера, который также может способствовать предотвращению выпадения осадков из обработанных текучих сред. Примером такого полимера является коммерчески доступный

анионный полимер, идентифицированный кодом продукта 3640. Композиции для обработки могут также включать в себя от 0,1 до 8,0 масс. % сульфида натрия (HNa_2S) или его гидрата $\text{Na}_2\text{S}\cdot 9\text{H}_2\text{O}$, которые оба являются бесцветными твердыми веществами. Автор настоящего изобретения сделал важное открытие, состоящее в том, что включение сульфида натрия в новые композиции для обработки может быть очень эффективным в отношении снижения общего содержания серы в загрязненных текучих средах.

Подходящее количество таких композиций для обработки будет, конечно же, основано на количестве обрабатываемых текучих сред и уровнях содержащихся в них загрязняющих веществ. Типичная нефтяная скважина с трубой оголовка скважины, имеющей диаметр в диапазоне от 2 до 10 дюймов (от ~5,1 до 25,4 см), и непрерывным режимом работы может иметь производительность, лежащую в диапазоне от 5000 баррелей до 10000 баррелей сырой нефти и от 10 миллионов до 20 миллионов куб. футов (от ~283168 до ~566337 м³) природного газа в день (24 часа), причем содержание H_2S в смешанной текучей среде может лежать в диапазоне от 60000 частей/млн до нескольких сотен тысяч частей/млн. Авторы настоящего изобретения обнаружили, что подходящее количество композиции для обработки в этом случае может лежать в диапазоне от 5 до 20 галлонов (от ~18,9 до ~75,7 литров) композиции для обработки, добавляемых в час, или от 120 до 480 галлонов (от ~454,2 до ~1817 литров) в день. Автор настоящего изобретения определил, что в этих условиях, если смесь текучих сред исходно содержит 60000 частей/млн H_2S или более, обработанная сырая нефть в смешанной текучей среде будет содержать менее 5 частей/млн H_2S , и часто – 0 частей/млн H_2S , тогда как обработанный природный газ в смешанной текучей среде будет содержать менее 30000 частей/млн H_2S , что является подходящим для превращения газа в приемлемый для транспортировки газа к нефтеперерабатывающему заводу по трубопроводу.

Одновременная обработка смешанных текучих сред по настоящему изобретению является особенно эффективной и выгодной, поскольку доза композиции для обработки, добавляемая к смешанной текучей среде, может соответствовать количеству, которое в характерном случае добавляют к жидкости, содержащей большие количества H_2S и других загрязняющих веществ, для снижения содержания загрязняющих веществ до безопасных, приемлемых уровней, которые композиция для обработки обеспечивает в жидкой части смешанной текучей среды. Однако, в качестве дополнительного преимущества в таком способе обработки та же композиция для обработки также выполняет функцию

значительного снижения содержания H_2S и других загрязняющих веществ в газообразной части смеси текучих сред.

Второе открытие, сделанное одним из авторов настоящего изобретения, относится к обработке загрязненных газов. Такие газы включают в себя природный газ из скважины, который может содержать значительные количества солей, CO_2 , H_2S , NH_3 , SO_2 , других серосодержащих загрязняющих веществ, включающих в себя меркаптаны и тиофены, и металлов, природный газ, который был частично обработан согласно первому открытию авторов настоящего изобретения, описанному в данной публикации, дымовые газы от сжигания ископаемого топлива из различных отраслей промышленности, включающих в себя электростанции, которые обычно имеют высокие концентрации CO_2 и SO_2 , газовые потоки, содержащие водяной пар с солями и металлами, и т.п. В частности, автор настоящего изобретения открыл, что если водная промывочная жидкость модифицирована так, что она является щелочной с повышенным значением pH, превышающим 8 и предпочтительно лежащим в диапазоне от примерно 8 до примерно 11, посредством добавления одного или более щелочных веществ, включающих в себя гидроксидные соединения, то такая щелочная водная промывочная жидкость неожиданно является очень эффективной в отношении удаления большинства загрязняющих веществ из загрязненных газов в способе обработки, в котором газы барботируют или иным образом пропускают через щелочную водную промывочную жидкость с временем контакта, лежащим в диапазоне от 0,5 до 10 секунд. Автор экспериментировал с этим способом обработки с использованием щелочной водной промывочной жидкости согласно второму открытию и обнаружил, что он неожиданно является очень эффективным в отношении удаления и/или снижения содержания большинства солей, CO_2 , H_2S , SO_2 , других серосодержащих загрязняющих веществ, включающих в себя меркаптаны и тиофены, и металлов из загрязненных газов, и если щелочной водный промывочный раствор регулярно заменяют или восстанавливают для поддержания его силы/эффективности, то его можно эффективно использовать для удаления большинства загрязняющих веществ из различных загрязненных газовых потоков, включающих в себя высоко загрязненные газовые потоки, практичным, экономически эффективным образом.

Вода обычно эффективна в отношении удаления солей из загрязненных газов, поскольку соли очень хорошо растворимы в воде и легко переходят из газов в воду, когда газы контактируют с водой в водной промывочной жидкости. Однако, автор настоящего изобретения открыл, что если воду в водной промывочной

жидкости сделать щелочной с pH выше 8 посредством добавления щелочных веществ, таких как гидроксидные соединения, то водная промывочная жидкость неожиданно становится очень эффективной в отношении удаления по существу всех солей из газов и также становится очень эффективной в отношении удаления и/или снижения значительных количеств H_2S и других серосодержащих загрязняющих веществ, CO_2 , металлов и по существу любых других загрязняющих веществ из газов. Например, автор настоящего изобретения открыл, что если pH водной промывочной жидкости повысить до уровня порядка 11 посредством добавления щелочных веществ, таких как гидроксидные соединения, и если газ, высоко загрязненный H_2S , SO_2 , CO_2 , солями и т.п., пропускать через щелочную водную промывочную жидкость с соответствующим временем контакта, лежащим в диапазоне от по меньшей мере 0,5 до 10 секунд, и предпочтительно равным по меньшей мере 1,5 секундам, то: 1) по существу все соли переходят из газа в водную промывочную жидкость и выпадают в осадок из водной промывочной жидкости; 2) большая часть серосодержащих загрязняющих веществ, содержавшихся в газе, в том числе H_2S , SO_2 , меркаптанов и тиофенов, удаляются за счет реакции с щелочными веществами, такими как гидроксидные соединения, добавленные к водной промывочной жидкости, и затем выпадают в осадок из газа и/или водной промывочной жидкости в форме элементарной серы и/или соединений серы, образующихся в таких реакциях очистки; 3) большая часть углеродсодержащих загрязняющих соединений, содержавшихся в газе, в том числе CO_2 и CO , удаляются за счет реакции с щелочными веществами, такими как гидроксидные соединения, добавленные к водной промывочной жидкости, и затем выпадают в осадок из газа/щелочной водной промывочной жидкости, например - в форме кристаллов карбонатов; и 4) большая часть металлических загрязняющих соединений, содержавшихся в газе, также реагирует с щелочными веществами, такими как гидроксидные соединения, добавленные к водной промывочной жидкости, и затем выпадает в осадок из газа/щелочной водной промывочной жидкости. Если содержание каждого из H_2S и CO_2 в газе равно примерно 30000 частей/млн перед водной промывкой, то после пропускания через щелочную водную промывочную жидкость содержание каждого из этих веществ может снизиться до примерно 5000 частей/млн или менее.

pH водной промывочной жидкости можно повысить выше 11 посредством добавления больших количеств щелочных веществ, таких как гидроксидные соединения, и такой щелочной водный промывочный раствор также может быть очень эффективным в отношении удаления большинства загрязняющих веществ из

загрязненных газов, однако на практике с учетом цены затрачивается пропорционально больше таких веществ для повышения рН выше 11, чем необходимо для повышения рН воды от примерно 7 до 11. С другой стороны, щелочной водный промывочный раствор становится все менее и менее эффективным в отношении снижения содержания и удаления загрязняющих веществ из газов, чем дольше его используют, что отражается в снижении рН, и может потребоваться регулярная замена щелочного водного промывочного раствора для поддержания его эффективности в отношении снижения содержания и удаления загрязняющих веществ из газов. Например, авторы настоящего изобретения посредством тестирования определили, что щелочной водный промывочный раствор становится все менее и менее эффективным в отношении снижения содержания загрязняющих веществ в газах и/или выпадения их в осадок из газа/щелочного водного промывочного раствора, если рН водного промывочного раствора снижается ниже 10; например, если рН водного промывочного раствора снижается до примерно 9,5, часть H_2S и CO_2 начинает проходить через него, если рН снижается ниже 9, способность щелочного водного промывочного раствора снижать содержание и удалять загрязняющие вещества из газов значительно снижается по сравнению с его исходной способностью при рН, равном 10 или выше, а при рН, равном примерно 8, способность щелочного водного промывочного раствора снижать содержание и удалять загрязняющие вещества из газов по существу истощается, даже если различные осадки выпадают из обработанного газа, а водную промывочную жидкость удаляют на непрерывной или по существу непрерывной основе. Соответственно, щелочной водный промывочный раствор может быть наиболее эффективным в отношении снижения содержания и/или удаления загрязняющих веществ из загрязненных газов, возможно - с эффективностью, близкой к 100%, если раствор заменяют, когда его рН снижается до значения ниже 10, но это не всегда может быть наиболее практичным, экономически эффективным способом использования водного промывочного раствора для удаления загрязняющих веществ, поскольку в щелочном водном промывочном растворе все еще содержится значительное количество реагентов, когда рН падает ниже 10. Авторы настоящего изобретения обнаружили, что наиболее практичный, экономически эффективный способ использования щелочного водного промывочного раствора состоит в начальном повышении рН до примерно 11 с использованием дополнительного количества щелочных веществ, таких как гидроксидные соединения, использовании этого раствора для удаления загрязняющих веществ из потока загрязненного газа до тех пор, пока рН раствора

не снизится до значения, лежащего в диапазоне от 9 до 8, и последующей замене раствора свежим раствором, имеющим рН, примерно равный 11, и повторении этих стадий с необходимой частотой.

Третье открытие, сделанное одним из авторов настоящего изобретения, также относится к новой композиции для обработки, которая содержит значительное количество жидкости (или жидкостей) на основе углеводородов, которую можно использовать для обработки загрязненных газов, включающих в себя природный газ из скважины, природный газ, который был частично обработан согласно первому открытию авторов настоящего изобретения, описанному в данной публикации, дымовых газов от ископаемого топлива, которые обычно имеют высокие концентрации CO_2 и SO_2 , газовых потоков, содержащих водяной пар с солями и металлами, и т.д., и она особенно эффективна и экономична для полного удаления загрязняющих веществ, таких как H_2S , CO_2 и металлы и т.п., из газов при использовании в комбинации со способом обработки щелочной водной промывочной жидкостью согласно второму открытию авторов настоящего изобретения, описанному в данной публикации.

Композиция для обработки согласно третьему открытию авторов настоящего изобретения является новой щелочной композицией для обработки на основе углеводородной жидкости, имеющей рН, равный примерно 14, которую вследствие этого можно использовать для обработки загрязненных газов, например – загрязненные газы можно пропустить через объем композиции для обработки с временем контакта, лежащим в диапазоне от 0,5 до 10 секунд, и предпочтительно – равным по меньшей мере 1,5 секундам, для обеспечения снижения содержания H_2S и других загрязняющих веществ в газах. Широкое многообразие жидкостей на основе углеводородов можно использовать в новых композициях для обработки, в том числе относительно легкие жидкости, включающие в себя спирты, толуол, гексан, ксилол и другие, а также смеси этих жидкостей, при условии, что гидроксидное соединение (или соединения) и любые другие компоненты, подлежащие включению в композиции для обработки, могут полностью растворяться или диспергироваться в жидкостях на основе углеводородов. Спирты пригодны для использования в качестве углеводородных жидкостей, поскольку они являются полярными, так что другие компоненты композиции (или композиций) для обработки обычно являются растворимыми в них и/или смешивающимися с ними. Более легкие спирты, включая метанол (CH_3OH), этанол ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) и n-пропиловый спирт ($\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$), могут быть более подходящими вследствие более низкой цены и/или более высокого давления паров. Толуол, гексан, ксилол также являются

пригодными в качестве углеводородных жидкостей, поскольку гидроксидные соединения и другие компоненты являются растворимыми или диспергируемыми в них, и поскольку они имеют относительно высокие давления паров, что желательно в связи с тем, что больше химически активных гидроксидных соединений может содержаться в парах, где они могут лучше реагировать с газообразными загрязняющими веществами, включающими в себя H_2S и CO_2 . Другие углеводородные жидкости, кроме спиртов, толуола, гексана и ксилола, также можно использовать, при условии, что гидроксидное соединение (или соединения) и другие компоненты могут растворяться или диспергироваться в них. Также углеводородные жидкости должны иметь более высокие давления паров, чем вода.

При использовании жидкости на основе углеводородов в качестве основного растворителя для композиции для обработки давление пара композиции для обработки при стандартных температуре и давлении (STP; от англ.: standard temperature and pressure) может быть больше, чем давление пара при STP ранее предложенных автором настоящего изобретения композиций для обработки на основе воды. Соответственно, большее количество композиции для обработки может находиться в паровой фазе и, соответственно, может иметь больший контакт с загрязняющими веществами, включая H_2S и CO_2 , которые обычно находятся в паровой фазе при STP, даже если H_2S и CO_2 находятся в потоке смешанных текучих сред, содержащем жидкие и газообразные текучие среды, и может более эффективно и производительно снижать содержание H_2S и CO_2 . Если загрязненные текучие среды, такие как сырая нефть, технологическая вода и природный газ, извлекают из подземного пласта через скважину, то текучие среды могут находиться при температуре, лежащей в диапазоне от $90^{\circ}F$ до $120^{\circ}F$, в тот момент, когда текучие среды достигают поверхности Земли, но пока текучие среды текут по трубопроводу по направлению к сепаратору, нефтеперерабатывающему заводу или другому месту назначения они охлаждаются до температуры среды, окружающей трубопровод, так что важно, чтобы композиция для обработки могла быть эффективной в отношении снижения содержания загрязняющих веществ, включая H_2S и CO_2 , при STP. Новые композиции для обработки эффективны в отношении удаления H_2S , CO_2 и других загрязняющих веществ из загрязненных текучих сред при STP, однако реакция (или реакции) удаления могут протекать быстрее при повышенных температурах.

В целом, можно использовать любые гидроксидные соединения, при условии, что они могут растворяться или диспергироваться в углеводородной жидкости (или жидкостях) всей композиции. Однако некоторые гидроксидные соединения дешевле,

например – NaOH и KOH, и при использовании могут делать композицию для обработки и способы обработки с использованием композиции более экономически выгодными. Также, если композицию для обработки необходимо использовать с текучими средами, такими как сырая нефть и/или природный газ, которые содержат

5 значительные количества NaCl, который в характерном случае растворен в воде, включенной в текучие среды, может быть желательным использовать мало или вообще не использовать NaOH, чтобы способствовать предотвращению выпадения солей в осадок из обработанных текучих сред. Композиция для обработки может в

10 сумме содержать от 30 до 50 масс. % одного или более гидроксидных соединений. Важно, что компоненты композиции, отличающиеся от углеводородной жидкости (или жидкостей), должны быть растворимыми, диспергируемыми и/или смешиваемыми с жидкостью (или жидкостями) на основе углеводородов, используемой в композиции для обработки, поскольку не должно выпадать осадков и т.п. из самой композиции для обработки при использовании ее в способах

15 обработки по настоящему изобретению.

Новые композиции для обработки могут содержать воду, даже значительное количество воды, достигающее 50 об. %, но присутствие воды в композициях для обработки может повысить вероятность образования осадков и их выпадения из обрабатываемых текучих сред, что во многих ситуациях является нежелательным.

20 Гидроксиды обычно более прочно связываются с водой, чем с углеводородными жидкостями, и если новые композиции для обработки добавляют к загрязненным текучим средам, содержащим воду вместе с солями и/или другими загрязняющими веществами, растворенными или диспергированными в воде, то гидроксиды, связанные с водой, могут вызывать высвобождение солей и других загрязняющих

25 веществ из обработанных текучих сред.

Новые композиции для обработки могут также содержать некоторые количества других химических соединений, в зависимости от конкретных характеристик обрабатываемых загрязненных текучих сред и желаемых результатов, в том числе – от того, существует ли проблема с образованием

30 осадков в обработанных жидкостях и выпадением осадков из обработанных жидкостей, однако количества этих других химических соединений будут значительно меньше, чем количество гидроксидного соединения (или соединений) в композициях для обработки. Например, новые композиции для обработки могут содержать от 0,01 до 6 масс. % одной или более органических кислот, таких как

35 фульвовая кислота и гуминовая кислота, которые, как обнаружил автор настоящего изобретения, очень эффективно предотвращают выпадение в осадок из

обработанных жидкостей веществ, которые образуются из удаляемого H_2S , и других загрязняющих веществ. Композиции для обработки могут содержать от 0,01 до 6 масс. % хелатирующего агента, такого как этилендиаминтетрауксусная кислота (EDTA). Среди прочего, EDTA повышает эффективность гидроксидных соединений в отношении снижения содержания H_2S и способствует необратимости снижения содержания H_2S с использованием новой обработки. Композиции для обработки могут также содержать от 0,1 до 8 масс. % сульфида натрия (HNa_2S) или его гидрата $Na_2S \cdot 9H_2O$, которые оба являются бесцветными твердыми веществами. Автор настоящего изобретения достоверно доказал, что включение сульфида натрия в новые композиции для обработки может быть очень эффективным в отношении снижения общего содержания серы в загрязненных текучих средах. Композиции для обработки также могут содержать небольшое количество, например - от 0,5 до менее чем 5 масс. %, предпочтительно – менее 2 масс. %, полимера, который также может способствовать предотвращению выпадения осадков из обработанных текучих сред. Примером такого полимера является коммерчески доступный анионный полимер, идентифицированный кодом продукта 3640. В малых количествах, например – от 0,02 до менее чем 1 масс. %, могут быть добавлены поверхностно-активное вещество, такое как лаурилсульфат натрия, и буферный агент, такой как карбонат калия.

При использовании новой композиции для обработки для обработки загрязненных газов посредством пропускания газов через объем композиции для обработки по мере использования композиции ее pH снижается, и автор настоящего изобретения определил, что такая композиция по существу истощается и подлежит замене, когда ее pH снижается до значений, лежащих в диапазоне от 10 до 9. NaOH можно использовать в качестве одного из гидроксидных соединений в композиции для обработки на основе углеводородной жидкости, но он не является предпочтительным, поскольку может быть нежелательным образование и выпадение осадков и накипи из обработанного природного газа и/или из раствора для обработки на основе углеводородной жидкости, так как осадки и накипь могут образоваться быстро и закупорить части системы для обработки и трубопроводы, которые принимают обработанные газы. Na является распространенным компонентом солей, которые обычно образуют осадки. Для обеспечения контакта загрязненных газов с раствором для обработки на основе спирта определенное количество композиции для обработки можно поместить в пузырьковую колонну или другую реакционную камеру при температуре и давлении окружающей среды, и газ можно барботировать или иным образом пропускать через композицию с

соответствующим временем контакта между газом и жидкой композицией, указанным выше, при этом над композицией для обработки в пузырьковой камере или другой реакционной камере должно иметься свободное пространство, в котором пары композиции для обработки и обрабатываемые газы будут контактировать друг с другом для дополнительного, и в большинстве случаев - полного, удаления всех загрязняющих веществ, которые могут оставаться в газах, например – H_2S и CO_2 .

Эта новая композиция для обработки на основе углеводородной жидкости является особенно производительной и эффективной в отношении снижения содержания газообразных загрязняющих веществ в газах, поскольку она имеет относительно высокое давление паров при температуре и давлении окружающей среды, гораздо более высокое, чем у композиций для обработки на основе воды согласно первому и второму открытиям авторов настоящего изобретения, описанным в данной публикации. Гидроксидное соединение (или соединения), содержащиеся в композиции для обработки, также содержатся в парах композиции, так что они будут иметь значительный контакт с газообразными загрязняющими веществами, содержащимися в газах, включающими в себя H_2S и CO_2 , не только, когда газы проходят через жидкий раствор для обработки, но и в свободном пространстве над раствором для обработки в реакционной камере. Такой контакт между загрязняющими веществами, содержащимися в газах, и парами композиции для обработки отличается от контакта между загрязняющими веществами, содержащимися в газах, и жидкостями, которые распыляют или инжектируют в газы в форме очень мелких капелек жидкости, поскольку молекулы пара гораздо мельче мелких капелек жидкости, и это приводит к более эффективному и производительному снижению содержания загрязняющих веществ. Показано, что композиция для обработки и способ обработки согласно третьему открытию авторов настоящего изобретения являются эффективными в отношении полного удаления по существу всех загрязняющих веществ, в том числе H_2S , CO_2 и металлов, содержащихся в газах, включающих в себя природный газ, дымовые газы, образующиеся при сжигании ископаемого топлива, которые в характерном случае имеют высокие концентрации CO_2 и SO_2 , и т.п. Газы, обработанные с использованием новой композиции для обработки на основе углеводородной жидкости и способа обработки, в том числе природный газ, являются настолько чистыми, что потребители могут использовать их непосредственно и безопасно без дальнейшей обработки. Так, например, если способ обработки осуществляют в скважине или вблизи скважины, из которой извлекают природный газ, то обработанный газ можно сразу же сжать с получением сжиженного нефтяного газа

(LPG; от англ.: liquefied petroleum gas) в той же локации, и за счет этого в качестве дополнительного преимущества могут быть значительно снижены расходы на транспортировку и хранение обработанного природного газа.

Кроме того, автор настоящего изобретения определил, что композиция для
5 обработки и способ обработки согласно третьему открытию автора настоящего изобретения являются особенно эффективными и производительными в отношении полного удаления по существу всех загрязняющих веществ из газов при использовании в комбинации с промывкой щелочной водной промывочной жидкостью согласно второму открытию авторов настоящего изобретения,
10 описанному в данной публикации. Показано, что при совместном последовательном использовании композиции для обработки и способа обработки согласно второму и третьему открытиям авторов настоящего изобретения являются очень хорошо подходящими и экономически целесообразными для обработки загрязненных газов, в том числе природного газа, в непрерывном режиме при высокой объемной
15 скорости потока, причем независимо от содержания H_2S , CO_2 и других загрязняющих веществ в загрязненных газах. Промывание щелочной водной промывочной жидкостью согласно второму открытию является очень эффективным в отношении удаления всех солей и большей части других загрязняющих веществ из газов при относительно низких расходах, даже несмотря на то, что может
20 потребоваться периодическая или регулярная замена щелочного водного промывочного раствора, поскольку он истощается, или непрерывное повышение концентрации щелочного водного промывочного раствора, поскольку щелочной водный промывочный раствор преимущественно содержит воду и щелочные вещества, такие как гидроксиды, которые являются относительно дешевыми. Хотя
25 композиция для обработки на основе углеводородной жидкости, используемая в способе обработки согласно третьему открытию, может иметь значительно более высокую стоимость в пересчете на единицу объема, чем щелочной водный промывочный раствор, количество загрязнений, которые удаляются с использованием этой композиции для обработки на основе углеводородной
30 жидкости и способа обработки, является относительно малым по сравнению с количествами загрязнений, которые первоначально удалены посредством промывки щелочным водным раствором. Соответственно, композицию для обработки на основе углеводородной жидкости можно использовать для удаления всех или большей части остаточных загрязняющих веществ из значительно большего объема
35 газа, прежде чем композиция для обработки на основе спирта истощится и потребуется ее замена или восстановление. Также углеводородную жидкость,

содержащуюся в истощенном растворе, можно относительно недорого выделить с использованием дистилляции или других известных способов и повторно использовать. В связи с тем, что раствор для обработки на основе углеводородной жидкости, подлежащий замене согласно способам по настоящему изобретению, содержит оставшиеся в нем неиспользованные гидроксидные соединения и органические кислоты, его можно смешать с попутной водой, извлеченной из скважины совместно с сырой нефтью и природным газом, для снижения содержания H_2S и других загрязняющих веществ, содержащихся в попутной воде, перед ее инжекцией обратно в подземный пласт.

В качестве примера, автор настоящего изобретения определил, что в случае потока природного газа, непрерывно текущего с объемной скоростью, лежащей в диапазоне от пяти до десяти миллионов кубических футов (от ~ 141584 до ~ 283168 m^3) в день, и содержащего примерно 60000 частей/млн каждого из H_2S и CO_2 , а также значительные количества других серосодержащих загрязняющих веществ, в том числе меркаптанов и тиофенов, БТЭКС-соединений, водяного пара, солей, металлов и т.п., такой поток можно удовлетворительно обработать для удаления и/или снижения содержания всех содержащихся в нем загрязняющих веществ до безопасных, приемлемых уровней с использованием двух пузырьковых колонных реакторов – одного для промывки щелочным водным промывочным раствором и другого для обработки композицией для обработки на основе углеводородной жидкости. Каждый из реакторов может иметь диаметр, равный четырем (4) футам ($\sim 1,2$ м), и высоту, равную двадцати (20) футам ($\sim 6,1$ м); один из них содержит примерно 1410 галлонов (~ 5337 литров) щелочного водного промывочного раствора, а другой содержит примерно 1410 галлонов (~ 5337 литров) композиции для обработки на основе спирта, которые заполняют нижние пятнадцать (15) футов ($\sim 4,6$ м) каждого реактора, оставляя сверху пять (5) футов ($\sim 1,5$ м) свободного пространства. Опять-таки щелочной водный промывочный раствор считается истощенным и подлежащим замене, если его рН снижается от начального уровня, равного примерно 11, до значения, лежащего в диапазоне от 9 до 8, что в характерном случае происходит один раз в час, а раствор для обработки на основе углеводородной жидкости считается истощенным и заменяется, если его рН снижается от начального уровня, равного 14, до значения, лежащего в диапазоне от 10 до 9, что может происходить через каждые восемь (8)-десять (10) часов обработки этого объема загрязненного газа.

В целом, комбинация композиций для обработки и способов обработки согласно второму и третьему открытиям авторов настоящего изобретения является

очень эффективной и продуктивной в отношении удаления и/или снижения содержания загрязняющих веществ в газах, даже – в очень сильно загрязненных газах, практичным, экономически эффективным способом. Очень важно, что даже природный газ из месторождений по всему миру, которые в настоящее время остаются невскрытыми или законсервированными, для которого ранее не было известного экономически эффективного способа обработки, можно успешно обработать с использованием этой комбинации второго и третьего открытий авторов настоящего изобретения. Кроме того, если первое открытие автора настоящего изобретения первоначально использовать для обработки смеси сырой нефти с природным газом, это обеспечит дополнительное преимущество и экономическую выгоду при обработке этих текучих сред. Также комбинацию композиций для обработки и способов обработки согласно второму и третьему открытиям авторов настоящего изобретения можно эффективно и экономично использовать для осуществления стратегии связывания углерода и минимизации его неблагоприятных воздействий на окружающую среду. Например, если загрязненный газ содержит 80000 частей/млн или более CO_2/CO , например – поток природного газа или газообразные продукты сгорания ископаемого топлива из теплостанций в объеме 13 миллионов куб. футов ($\sim 368119 \text{ м}^3$) в день, то комбинация способов обработки согласно второму и третьему открытиям может обеспечить удаление 57058 кг или 63 тонн в день CO_2 , который в противном случае мог быть выброшен в атмосферу. Опять-таки, промывка щелочной водной промывочной жидкостью сама по себе может удалить большую часть CO_2 , и, соответственно, ее можно использовать для осуществления стратегии связывания углерода и минимизации его неблагоприятных воздействий на окружающую среду.

Хотя приведенное ниже описание, предоставленное для широкого распространения, является подробным для обеспечения его адекватности и помощи в понимании изобретения, оно не предназначено для ограничения цели патента, которая должна охватывать все новые идеи изобретения, описанные в данной публикации, независимо от того, как они затем могут быть изменены посредством вариаций формы или добавления дальнейших усовершенствований. Формула изобретения, приведенная в конце публикации, является основным средством для достижения этой цели, поскольку она соответствует требованию указывать усовершенствования, комбинации и способы, в которых обнаруживаются идеи настоящего изобретения.

Перечень фигур

Фиг. 1 является блок-схемой смесительной камеры, которая может быть использована в иллюстративном варианте осуществления настоящего изобретения для объединения композиции для обработки по настоящему изобретению со
5 смесью загрязненных текучих сред, чтобы композиция для обработки по настоящему изобретению могла снижать содержание загрязняющих веществ во всех текучих средах согласно иллюстративному варианту осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 2 является блок-схемой реакционной камеры для водной промывки,
10 которую можно использовать в другом иллюстративном варианте осуществления настоящего изобретения для удаления большей части загрязняющих веществ из загрязненного газа согласно второму варианту осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 3 является блок-схемой реакционной камеры адсорбции при
15 переменном давлении (PSA; от англ.: pressure swing adsorption), которую можно использовать в другом иллюстративном варианте осуществления настоящего изобретения для удаления большей части или всех загрязняющих веществ из загрязненного газа согласно третьему варианту осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 4 является блок-схемой, поясняющей, как различные варианты
20 осуществления настоящего изобретения можно использовать совместно для эффективного удаления загрязняющих веществ из потока смешанных текучих сред, например – потока сырой нефти и природного газа из скважины.

Сведения, подтверждающие возможность осуществления изобретения

Ниже будут описаны иллюстративные варианты осуществления настоящего изобретения. Основные аспекты настоящего изобретения включают в себя использование новых композиций для обработки в способах обработки для очистки
30 смесей загрязненных текучих сред, содержащих жидкости и газы, таких как смесь сырой нефти и природного газа из скважины, и для удаления и снижения содержания загрязняющих веществ в загрязненных газах согласно иллюстративным вариантам осуществления настоящего изобретения. Фиг. 1 является блок-схемой смесительной камеры для обработки, которая может быть использована в иллюстративном варианте осуществления настоящего изобретения для
35 объединения композиции для обработки по настоящему изобретению со смесью загрязненных текучих сред, чтобы композиция для обработки по настоящему

изобретению могла снижать содержание загрязняющих веществ во всех текучих средах; Фиг. 2 является блок-схемой реакционной камеры для водной промывки, которую можно использовать для удаления большей части загрязняющих веществ из загрязненного газа с использованием щелочного водного промывочного раствора

5 согласно другому иллюстративному варианту осуществления настоящего изобретения; Фиг. 3 является блок-схемой реакционной камеры типа пузырьковой колонны, которую можно использовать для удаления большей части или всех загрязняющих веществ из загрязненного газа с использованием композиции для

10 обработки на основе спирта согласно другому иллюстративному варианту осуществления настоящего изобретения; Фиг. 4 является блок-схемой, поясняющей, как различные варианты осуществления настоящего изобретения можно использовать совместно для эффективного удаления загрязняющих веществ из потока смешанных текучих сред, в том числе из потока сырой нефти и природного газа из скважины.

15 Системы для обработки и способы обработки загрязненной текучей смеси жидкостей и газов

Первый аспект и иллюстративный вариант осуществления настоящего изобретения относится к открытию авторов настоящего изобретения, состоящему в добавлении соответствующего количества композиции для обработки, например –

20 одной из композиций, раскрытых в публикации PCT/US2018/064015 и в Патенте США 10,913,911, и их вариантов, к смеси загрязненных текучих сред, в том числе к смеси загрязненной жидкости (или жидкостей) и загрязненного газа (или газов). Например, смесь загрязненных текучих сред может включать в себя поток загрязненных текучих сред, который течет или будет течь по трубопроводу, при

25 этом, пока смесь текучих сред будет течь по трубопроводу, например – в характерном случае на протяжении многих миль и в течение периода времени, равного часу или более, композиция для обработки будет реагировать с H_2S и другими загрязняющими веществами и снижать их содержание как в жидком, так и в газообразном компонентах этой смеси текучих сред, так что содержание H_2S и

30 других загрязняющих веществ значительно снизится и из обработанных текучих сред в трубопроводе по существу не выпадут осадки. Объединение композиции для обработки со смесью загрязненных текучих сред можно осуществить различными способами, включающими в себя прямую инъекцию дозы композиции для обработки в поток смешанных текучих сред или в объем одной из текучих сред, независимо от

35 того, течет она или нет, или использование смесительной камеры. Например, если обратиться к Фиг. 1, то там изображена система 100 для объединения смеси

загрязненных текучих сред с композицией для обработки для снижения содержания загрязняющих веществ в смеси согласно иллюстративному варианту осуществления настоящего изобретения. Система 100 принципиально может включать в себя горизонтальную смесительную камеру 102, которая принимает смесь загрязненных текучих сред из источника 104, выпускное сопло 106, которое выпускает смешанную текучую среду в смесительную камеру, разгрузочное устройство 108, через которое смесь текучих сред выгружается из смесительной камеры после добавления к ней композиции для обработки, устройство 110 подачи композиции для обработки, рециркуляционный насос 112, который извлекает часть смешанной текучей среды из смесительной камеры 102 через разгрузочное устройство 114 в дне смесительной камеры, добавляет к ней некоторое количество композиции для обработки из устройства 100 подачи и затем добавляет смесь текучих сред и композиции для обработки к потоку необработанной смеси текучих сред из источника 104, который течет в реактор. Для управления операциями системы 100 может быть предусмотрен контроллер 116, например – программируемый электронный блок обработки данных (ECU; от англ.: electronic control unit).

Смесительная камера 102 может быть изготовлена из подходящего материала, например – из углеродистой стали, который устойчив к реакциям со смешанной текучей средой и загрязняющими веществами, содержащимися в смешанной текучей среде, в том числе – с H_2S , и может иметь подходящий размер, основанный на объеме обрабатываемой смешанной текучей среды. Например, если объем обрабатываемой смешанной текучей среды лежит в диапазоне от 5000 баррелей до 10000 баррелей сырой нефти и от 10 миллионов до 20 миллионов кубических футов (от ~283168 до ~566337 м³) природного газа в сутки (24 часа), то подходящими размерами реактора 102 могут быть диаметр, лежащий в диапазоне от 4 до 10 футов (от ~1,2 до ~3 м), и длина, лежащая в диапазоне от 12 до 25 футов (от ~3,7 до ~7,6 м). Выпускное сопло 106 может включать в себя одну или более труб, идущих продольно вдоль нижней части смесительной камеры и имеющих многочисленные мелкие отверстия, сформированные в трубе (или трубах), через которые смесь текучих сред будет проникать в смесительную камеру в форме мелких потоков текучей среды, содержащих пузырьки газа в смеси. Давление потока смешанных текучих сред и пузырьков газа приведет к тому, что потоки текучих сред, выброшенные из мелких отверстий, потекут вверх через большой объем смешанной текучей среды и композиции для обработки уже в смесительной камере и гомогенно перемешаются с ним. К моменту, когда смешанная текучая среда и композиция для обработки достигнут верхней части реактора, где часть смеси будет выгружена

через разгрузочное отверстие 108, смешанная текучая среда и композиция для обработки объединены в по существу однородную смесь.

Рециркуляционный насос 112 может быть насосом любого подходящего типа, но авторы настоящего изобретения обнаружили, что пневматический диафрагменный насос работает надлежащим образом и обеспечивает не только рециркуляцию и смешивание смешанной текучей среды с композицией для обработки из подачи 110, но и поддерживает соответствующую, желаемую концентрацию композиции для обработки в смесительной камере и в смешанной текучей среде, выгружаемой из реактора через разгрузочное устройство 108. Часть смешанной текучей среды, находящейся в смесительной камере, можно непрерывно извлекать из нижней части смесительной камеры, смешивать с дополнительным количеством композиции для обработки и затем снова направлять в смесительную камеру совместно с дополнительной смешанной текучей средой из источника 104. При непрерывном добавлении композиции для обработки в смесительную камеру концентрацию композиции для обработки в смешанной текучей среде, извлекаемой из смесительной камеры, можно постоянно контролировать и определять с помощью датчика (не показан). Если скорость, с которой добавляется композиция для обработки, необходимо отрегулировать на основании показаний датчика, то скорость, с которой добавляется композиция для обработки через рециркуляционный насос 112, можно соответствующим образом отрегулировать с помощью контроллера 116.

Автор настоящего изобретения открыл, что если ранее предложенные композиции для обработки, такие как раскрытые в публикациях PCT/US2018/064015 и USSN 16/857,884 и их варианты, используют для обработки непрерывно текущего большого объема смеси текучих сред, сильно загрязненных H_2S и другими загрязняющими веществами, с использованием системы для обработки и способа обработки, показанных на Фиг. 1, то такую смесь текучих сред можно производительно и эффективно обрабатывать для снижения содержания H_2S и других загрязняющих веществ. После объединения с композицией для обработки в смесительной камере 102 и выгрузки из разгрузочного устройства 108 смесь текучих сред может продолжить течь в трубопроводе по направлению к другому трубопроводу, который направит смесь текучих сред к нефтеперерабатывающему заводу, например – в характерном случае на расстояние, равное многим милям, и на период времени, равный многим часам, при этом композиция для обработки будет реагировать и снижать содержание H_2S и других загрязняющих веществ в жидком и газообразном компонентах этой смеси текучих сред, так что содержание

этих загрязняющих веществ будет снижено до подходящих уровней к тому моменту, когда смесь текучих сред достигнет трубопровода, ведущего к нефтеперерабатывающему заводу, и очень важно, что из обработанной текучей среды по существу не выпадет осадков в основном вследствие присутствия органических кислот, таких как фульвовая кислота и гуминовая кислота, в композиции для обработки. Выпадение любого количества осадка (или осадков) из обработанной текучей среды является очень нежелательным, так как осадки могут частично или полностью закупорить трубопровод, и может потребоваться отключение трубопровода для выполнения корректирующих действий. Авторы настоящего изобретения определили, что даже если загрязненная смесь текучих сред изначально имеет относительно высокое содержание H_2S , например – 40000 частей/млн или выше, то содержание H_2S в жидкой части смеси, например – в сырой нефти, может быть снижено до значений, лежащих ниже 5 частей/млн, а содержание H_2S в газообразной части смеси, например – в природном газе, может быть снижено до значений, лежащих ниже 20000 частей/млн, при использовании этого способа обработки.

Композиции для обработки, такие как раскрытые в публикации PCT/US2018/064015 и в Патенте США 10,913,911 и их варианты, пригодны для обработки загрязненной смеси текучих сред. В публикации PCT/US2018/064015 раскрыт концентрированный водный гидроксидный раствор, содержащий в качестве основного компонента от 35 до 55 масс. % одного или более гидроксидных соединений, например – по меньшей мере 80 масс. % и предпочтительно – по меньшей мере 90 масс. % новой композиции для обработки, совместно с малым количеством, например – от 0,1 до 2 масс. %, органической кислоты, такой как фульвовая кислота или гуминовая кислота, и возможно – с небольшим количеством МЭА, например – от 0,1 до 3 масс. %, и вероятно – с антибактериальным соединением, таким как силикат калия. Концентрированное гидроксидное соединение (или соединения) реагирует с H_2S , снижая его содержание, тогда как органические кислоты, такие как фульвовая кислота и гуминовая кислота, выполняют функцию предотвращения образования и выпадения осадков из обработанной текучей среды, а МЭА функционирует как противонакипное соединение. С другой стороны, композиция для обработки, раскрытая в Патенте США 10,913,911, также может быть водным раствором, прежде всего содержащим высокую концентрацию гидроксидного соединения (или соединений), например – от 35 до 55 масс. % одного или более гидроксидных соединений в качестве основного компонента, например – по меньшей мере 80 масс. % и предпочтительно – по

меньшей мере 90 масс. % композиции для обработки, совместно с малым количеством, например – от 0,5 до 4 масс. %, этилендиаминтетрауксусной кислоты или EDTA ($C_{10}H_{16}N_2O_8$), которая является хелатирующим агентом такого типа, который, среди прочего, способствует повышению молярной химической активности гидроксидного соединения (или соединений) и способствует предотвращению образования осадков, и возможно - с еще меньшими количествами, например – от 0,01 об. % до 0,1 об. %, поверхностно-активного вещества, такого как лаурилсульфат натрия, и буферного агента, такого как карбонат калия, и т.п. pH таких композиций для обработки по настоящему изобретению равен примерно 14.

Автор настоящего изобретения определил, что композиции для обработки также могут содержать небольшое количество, например – от 0,1 до менее чем 5 масс. % и предпочтительно – менее 2 масс. %, полимера, который может помочь предотвратить выпадение в осадок из обработанных текучих сред солей, содержащихся в обрабатываемых текучих средах, и/или содержать от 0,1 до 8,0 масс. % сульфида натрия (HNa_2S) или его гидрата $Na_2S \cdot 9H_2O$, которые оба являются бесцветными твердыми веществами, способствующими снижению общего содержания серы в загрязненных текучих средах. Примером такого полимера является коммерчески доступный анионный полимер, идентифицированный кодом продукта 3640. Автор настоящего изобретения полагает, что этот полимер и другие сходные полимеры могут инкапсулировать соли внутри обрабатываемых текучих сред, и это предотвращает или способствует предотвращению выпадения в осадок солей и других загрязняющих веществ из обработанных текучих сред. Хотя может показаться парадоксальным добавление сульфида натрия с целью снижения содержания серы в загрязненных текучих средах, но автор настоящего изобретения открыл, что добавление сульфида натрия или его гидрата к композициям для обработки может способствовать снижению общего содержания серы в различных загрязненных текучих средах, в том числе в жидкостях и газах, обрабатываемых композициями для обработки. В частности, автор настоящего изобретения открыл, что в композициях для обработки сульфид натрия способствует таким реакциям с серой и серосодержащими соединениями, в которых сера в значительном количестве преобразуется в диоксид серы (SO_2), который обычно высвобождается из обработанных текучих сред в газообразной форме при стандартных температуре и давлении (STP), хотя включение сульфида натрия в композиции для обработки может также вызвать образование и выпадение сравнительно меньших количеств серосодержащего осадка, который автор настоящего изобретения идентифицировал с использованием газового хроматографа как $C_{18}H_8N_4O_5S_2$. SO_2

является раздражающим веществом для людей, и его необходимо улавливать и/или дополнительно обрабатывать, тогда как осадок можно при необходимости удалить из трубопровода или другой структуры, в которой содержатся или текут обработанные текучие среды. Сульфид натрия и его гидрат легко растворяются в воде, например – в концентрациях, лежащих в диапазоне от 15 до 25 масс. %, а также в жидкостях на основе углеводородов, используемых в композициях для обработки по настоящему изобретению.

Соответствующее количество композиций для обработки будет, конечно же, зависеть от количества обрабатываемой смешанной текучей среды. Авторы настоящего изобретения обнаружили, что в случае типичной нефтяной скважины, имеющей производительность, лежащую в диапазоне от 5000 баррелей до 10000 баррелей сырой нефти и от 10 миллионов до 20 миллионов куб. футов (от ~283168 до ~566337 м³) природного газа в сутки (24 часа), причем содержание H₂S в смешанной текучей среде равно 40000 частей/млн или выше, подходящее количество композиции для обработки может лежать в диапазоне от 5 до 20 галлонов (от ~18,9 до ~75,7 литров) композиции для обработки, добавляемых в час, или от 120 до 480 галлонов (от ~454,2 до ~1817 литров) в день. В этих условиях обработанная сырая нефть в смешанной текучей среде будет содержать менее 5 частей/млн H₂S, и часто – 0 частей/млн H₂S, тогда как обработанный природный газ в смешанной текучей среде будет содержать менее 20000 частей/млн H₂S, что делает газ пригодным для продажи и приемлемым для доставки на нефтеперерабатывающий завод по трубопроводу. Кроме того, следует отметить, что трубопроводы, по которым текут смешанные сырая нефть и природный газ, часто содержат внутри бактериальные разрастания, например – прикрепленные к стенкам трубопровода, и такой бактериальный рост может быть проблемой, поскольку бактерии могут способствовать сохранению H₂S и других серосодержащих соединений в смешанной текучей среде или их восстановлению. Соответственно, количество композиции для обработки, добавляемое к смеси сырой нефти и природного газа по настоящему изобретению, вначале может быть больше указанного диапазона от 5 до 20 галлонов (от ~18,9 до ~75,7 литров) композиции для обработки в час, чтобы композиция для обработки могла убить бактерии, а по истечении периода времени, достаточного для уничтожения бактерий, доза может быть снижена до более низкого значения, лежащего в указанном диапазоне. В случае статичного, не текущего объема смеси текучих сред композицию для обработки можно добавлять в дозе, пропорциональной объему обрабатываемых текучих сред, в отличие от 5-20 галлонов (~18,9-75,7 литров)

композиции для обработки, добавляемых в час в случае текущей смеси сырой нефти и природного газа, то есть количеств, указанных выше, хотя дозы могут быть увеличены по различным причинам, в том числе, если смеси текучих сред являются сильно загрязненными, если желательны более короткие сроки снижения содержания, и т.д.

Хотя пример, приведенный выше, относится к текущей смеси сырой нефти и природного газа, настоящее изобретение не ограничено этим и может быть использовано для очистки любой загрязненной смеси текучих сред в непрерывном или периодическом режиме. При обработке в периодическом режиме композицию для обработки можно добавить к смеси текучих сред и затем предоставить комбинации смеси текучих сред и композиции для обработки возможность реагировать в течение подходящего периода времени, например – от 15 минут до 120 минут, и обрабатываемую смесь можно взбалтывать и/или нагревать, чтобы способствовать увеличению контакта между композицией для обработки и смесью текучих сред.

Важным открытием автора настоящего изобретения, относящимся к способам обработки по настоящему изобретению, является то, что если композицию (или композиции) для обработки на основе воды добавляют к потоку загрязненной смеси текучих сред, то очень важно регулировать и контролировать рН потока обрабатываемых смешанных текучих сред для предотвращения образования и/или выпадения из них осадков. Характерная смесь текучих сред, извлекаемая из нефтяной/газовой скважины, может иметь начальное значение рН, лежащее в диапазоне от 5 до 6, но вследствие высокощелочной природы композиции (или композиций) для обработки на основе воды рН потока смешанных текучих сред будет возрастать при добавлении к нему композиции (или композиций) для обработки, в частности – в малых локальных зонах потока текучих сред, где в поток добавляют композицию (или композиции) для обработки на основе углеводородной жидкости. В характерном случае конечное значение рН потока текучих сред, обработанного по настоящему изобретению, может лежать в диапазоне примерно от 7,0 до 7,3, но поскольку композиции для обработки добавляют в локальные зоны потока текучих сред, то рН смеси текучих сред в этих локальных зонах временно будет подниматься до значительно более высоких значений рН, что может привести к образованию и выпадению осадков в этих локальных зонах. Автор настоящего изобретения открыл, что при использовании для обработки потока смешанных текучих сред композиции (или композиций) для обработки на основе воды необходимо регулировать рН потока обработанных

смешанных текучих сред, в том числе в локальных зонах потока текучих сред, чтобы удерживать значение pH ниже примерно 10 во избежание возникновения проблемы с образованием и/или выпадением осадков из потока смешанных текучих сред. Как обсуждалось в публикации PCT/US2021/058610, автор настоящего изобретения ранее обнаружил, что pH обработанного потока текучих сред не должен повышаться до значения, превышающего примерно 10, даже в малых локальных зонах потока текучих сред, где к потоку добавляют композицию (или композиции) для обработки на основе воды, для предотвращения образования и/или выпадения осадка (или осадков) из потока смешанных текучих сред.

10 Для адекватного регулирования pH потока смешанных текучих сред в способе обработки по настоящему изобретению также предпочтительно добавлять или инжектировать композицию для обработки к потоку смешанных текучих сред в виде многочисленных более мелких доз, и/или в многочисленных локациях, и/или в различные моменты времени, чтобы ни в одной части обработанных текучих сред не происходило даже временное повышение pH выше 10,5, поскольку это может привести к выпадению осадков. Другими словами, желательно, чтобы вся доза композиции для обработки на основе воды не была инжектирована в одном месте и/или в один момент времени, так как это может с высокой вероятностью привести к временному повышению pH потока смешанных текучих сред или pH в локальной

15 зоне потока смешанных текучих сред выше 10,5. Даже временное повышение pH выше 10,5 может вызвать нежелательное образование и/или выпадение осадков из потока обработанных текучих сред. Конкретные дозы можно определить на основании pH потока смешанных текучих сред, который также можно контролировать в многочисленных локациях по пути течения потока смешанных

20 текучих сред. pH потока обработанных смешанных текучих сред обычно соответствует остаточному, не вступившему в реакцию количеству композиции для обработки, оставшемуся в потоке смешанных текучих сред, и соответственно такой мониторинг pH обеспечивает возможность добавления, при необходимости, следующей соответствующей дозы (или доз) композиции для обработки к потоку

25 смешанных текучих сред, пока он продолжает течь к нефтеперерабатывающему заводу или другому месту назначения. Добавление более мелких доз композиции для обработки в многочисленных точках потока смешанных текучих сред и/или в различные моменты времени обеспечивает желательную возможность добавления большего количества композиции для обработки к потоку смешанных текучих сред,

30 не беспокоясь о том, что это вызовет образование и/или выпадение осадков.

35

Способ обработки для удаления большей части загрязняющих веществ из загрязненных газов с использованием модифицированной водной промывки

Второй аспект и вариант осуществления настоящего изобретения относится к новому способу обработки для эффективного и экономичного удаления большей части по существу всех загрязняющих веществ, которые часто присутствуют в загрязненных газах, включающих в себя природный газ из скважины, который может содержать значительные количества солей, CO_2 , H_2S , других серосодержащих загрязняющих веществ, в том числе меркаптанов и тиофенов, и металлов, природный газ, который был частично обработан согласно первому аспекту и варианту осуществления настоящего изобретения, описанному в данной публикации, дымовые газы, образующиеся при сжигании ископаемого топлива, которые обычно содержат высокие концентрации CO_2 и SO_2 , NH_3 , потоки газов, включающие в себя водяной пар с содержащимися в нем солями и металлами, и т.п., независимо от того, какие количества загрязняющих веществ содержатся в газах. Этот способ обработки основан на открытии автора настоящего изобретения, состоящем в том, что если водную промывочную жидкость модифицировать так, чтобы она стала щелочной с повышенным pH, превышающим 8, и предпочтительно – лежащим в диапазоне от выше 8 до примерно 11, посредством добавления одного или более щелочных веществ, включающих в себя гидроксидные соединения, то такая щелочная водная промывочная жидкость неожиданно является исключительно эффективной композицией для обработки для удаления большей части по существу всех загрязняющих веществ из загрязненных газов, если газы барботируют или другим образом пропускают через щелочную водную промывочную жидкость с временем контакта, лежащим в диапазоне от 0,5 до 10 секунд, предпочтительно – равным по меньшей мере 1,5 секундам. На основании надежных экспериментов автор настоящего изобретения определил способ обработки с использованием щелочной водной промывочной жидкости согласно второму варианту осуществления настоящего изобретения и обнаружил, что он неожиданно является исключительно эффективным в отношении удаления большинства солей, CO_2 , H_2S , других серосодержащих загрязняющих веществ, в том числе меркаптанов и тиофенов, NH_3 и металлов из загрязненных газов, и если щелочную водную промывочную жидкость регулярно заменять или восстанавливать ее концентрацию для поддержания ее активности/эффективности, то ее можно эффективно использовать для удаления большей части загрязняющих веществ из различных потоков загрязненных газов, в том числе из высокозагрязненных газовых потоков, практичным, экономически эффективным способом.

Различные щелочные вещества можно добавлять к водной промывочной жидкости для повышения ее pH до желаемого значения, равного примерно 11. Они включают в себя одно или более гидроксидных соединений, например – гидроксид калия (KOH), гидроксид аммония (NH₄OH), гидроксид лития (LiOH), гидроксид магния (Mg(OH)₂) и гидроксид марганца (Mn(OH)₂, Mn(OH)₄) и т.д., причем все они легко растворимы в воде. Так, например, если KOH добавляют к водной промывочной жидкости для повышения pH воды от примерно 7 до примерно 11, то автор настоящего изобретения обнаружил, что этого можно достичь посредством объединения количества концентрированного (45 масс. %) водного раствора KOH с количеством воды в соотношении от примерно 1:7 до 1:8 или посредством добавления эквивалентных количеств порошкообразного KOH или хлопьев гидрата KOH к воде. NaOH также можно использовать в качестве одного из гидроксидных соединений в водной промывочной жидкости, но он не является предпочтительным, поскольку соли являются основным типом загрязняющих веществ, которые пытаются удалить при щелочной водной промывке, тогда как Na также является основным компонентом соли NaCl. NH₄OH является подходящим соединением для повышения pH водной промывочной жидкости, но он не должен быть единственным соединением, используемым для этой цели, поскольку он может выделить аммиак (NH₃) в обрабатываемый газ, тогда как существуют правительственные ограничения количеств NH₃, содержащихся в газах, например – природный газ должен содержать не более 14 частей/млн NH₃. Соответственно, например, большее количество KOH или LiOH можно использовать совместно с меньшим количеством NH₄OH для повышения pH водной промывочной жидкости. NH₄OH не только эффективно функционирует в щелочном водном промывочном растворе, если газ барботируют через раствор, но и благоприятно повышает давление пара щелочной водной промывочной жидкости, так что загрязняющие вещества, оставшиеся в обработанном газе после того как он прошел через водную промывочную жидкость, могут быть затем удалены парами NH₄OH в свободном пространстве над водной промывочной жидкостью в реакторе. Другие вещества, которые могут быть необязательно добавлены к водной промывочной жидкости для повышения ее эффективности и/или стабильности при удалении загрязняющих веществ из газов, включают в себя меньшие количества, например – менее 1 об. %, поверхностно-активного вещества, такого как лаурилсульфат натрия, или коммерчески доступных анионных полимеров, буферного агента, такого как фосфорная кислота (H₃PO₄), и т.п.

Вода обычно эффективна в отношении удаления солей из загрязненных газов, поскольку соли очень хорошо растворимы в воде и легко переходят из газов в воду, когда газы контактируют с водой в водной промывочной жидкости. Тем не менее, автор настоящего изобретения открыл, что если воду в водной промывочной жидкости сделать щелочной с рН, превышающим 8, посредством добавления щелочных веществ, таких как гидроксидные соединения, то водная промывочная жидкость неожиданно становится значительно более эффективной в отношении удаления по существу всех солей из газов, а также становится очень эффективной в отношении удаления значительных количеств H_2S и других серосодержащих загрязняющих веществ, CO_2 и металлов из газов. Например, автор настоящего изобретения открыл, что если рН водной промывочной жидкости повышен до уровня около 11 посредством добавления щелочных веществ, таких как гидроксидное соединение (или соединения), и газ, сильно загрязненный H_2S , CO_2 , SO_2 , солями и т.п., пропускают через щелочной водный промывочный раствор с соответствующим временем контакта, лежащим в диапазоне от 0,5 до 10 секунд, и предпочтительно – равным по меньшей мере 1,5 секундам, то: 1) по существу все соли переходят из газа в водную промывочную жидкость и/или выпадают в осадок из водной промывочной жидкости; 2) содержание большей части серосодержащих загрязняющих веществ, содержащихся в газе, в том числе H_2S , SO_2 , меркаптанов и тиофенов, снижается за счет реакции с щелочными веществами, такими как гидроксидные соединения, добавленные к водной промывочной жидкости, и затем они выпадают в осадок из газа и/или водной промывочной жидкости в форме элементарной серы и/или соединений серы, образующихся в этих очищающих реакциях; 3) большая часть углеродсодержащих загрязняющих соединений, содержащихся в газе, в том числе CO_2 и CO , удаляются за счет реакции с щелочными веществами, такими как гидроксидные соединения, добавленные к водной промывочной жидкости, и затем выпадают в осадок из газа/щелочной водной промывочной жидкости, например – в форме кристаллов карбонатов; и 4) большая часть металлических загрязняющих соединений, содержащихся в газе, также реагируют с щелочными соединениями, такими как гидроксидные соединения, добавленные к водной промывочной жидкости, и затем выпадают в осадок из газа/щелочной водной промывочной жидкости, например – в форме сульфидов металлов. Если содержание каждого из H_2S , SO_2 и CO_2 в газе равно 30000 частям/млн или более до водной промывки, то после прохождения через щелочную водную промывочную жидкость содержание каждого из них может быть снижено до примерно 5000 частей/млн или менее. Отметим, что загрязняющие вещества, в том

числе H_2S , SO_2 и CO_2 , могут присутствовать в загрязненных газах в концентрациях, равных 60000 частям/млн, 100000 частям/млн и нескольким сотням частей/млн.

Соли удаляются из газов, когда газы проходят через щелочную водную промывочную жидкость, поскольку соли очень хорошо растворимы в щелочной водной промывочной жидкости, и когда водная промывочная жидкость насыщена солями, они выпадают в осадок из водной промывочной жидкости в форме кристаллов солей. Кроме удаления солей, происходят несколько реакций между гидроксидным соединением (или соединениями) в щелочной водной промывочной жидкости и различными загрязняющими веществами, содержащимися в газах, которые приводят к снижению содержания и/или удалению других загрязняющих веществ при прохождении газов через водную промывочную жидкость, в том числе реакции с H_2S , CO_2 , металлами, включающими в себя Fe, Al, Cr, V, и т.д. В низких окислительно-восстановительных условиях, в которых образуется природный газ, и при pH щелочной водной промывочной жидкости, лежащем в диапазоне от 8 до 11, преимущественно образуются гидроксиды металлов и сульфиды металлов, и они будут выпадать в осадок до тех пор, пока из CO_2 не абсорбируется значительное количество карбоната, после чего в осадок могут выпасть карбонаты металлов. Если для повышения pH водной промывочной жидкости используют KOH, то KOH будет реагировать с H_2S и снижать его содержание за счет образования сульфида калия (K_2S) согласно следующему уравнению:



В отличие от сульфидов металлов, K_2S хорошо растворим. Если в загрязненных газах присутствуют металлы, например – Fe, Al, V и т.д., то сульфиды металлов, включающие в себя эти металлы, также будут выпадать в осадок из щелочной водной промывочной жидкости. Состав и растворимость сульфидов металлов являются функцией pH, окислительно-восстановительного потенциала, содержания карбонатов и концентрации металлов и солей. CO_2 можно удалить из загрязненных газов при контакте с щелочной водной промывочной жидкостью согласно следующим реакциям, в которых образуются кристаллы бикарбонатов, а также за счет других реакций:



В пробных испытаниях способа обработки согласно второму варианту осуществления настоящего изобретения, по мере того как соль накапливалась в водной промывочной жидкости, и соленая вода абсорбировала CO_2 , из раствора кристаллизовался бикарбонат калия (KHCO_3). Сходные реакции происходят и в тех

случаях, когда в щелочной водной промывочной жидкости используют другие гидроксидные соединения, кроме КОН.

Хотя верхняя граница диапазона рН щелочной водной промывочной жидкости согласно второму варианту осуществления настоящего изобретения равна
5 примерно 11, на самом деле рН водной промывочной жидкости можно повысить и выше 11 посредством добавления большего количества щелочных веществ, таких как гидроксидные соединения, и такой щелочной водный промывочный раствор также будет очень эффективным в отношении удаления большинства загрязняющих веществ из загрязненных газов. Однако на практике с учетом расходов, следует
10 иметь в виду, что для повышения рН водной промывочной жидкости выше 11 расходуется пропорционально больше щелочных веществ, чем при повышении рН воды от примерно 7 до 11, так что верхний предел, равный примерно 11, является наилучшим с точки зрения экономической эффективности. С другой стороны, щелочной водный промывочный раствор становится все менее и менее
15 эффективным в отношении снижения содержания и удаления загрязняющих веществ из газов, чем дольше его используют, что отражается в снижении рН водной промывочной жидкости, поэтому может потребоваться регулярная замена щелочной водной промывочной жидкости для поддержания ее эффективности в отношении снижения содержания и удаления загрязняющих веществ из газов.
20 Например, автор настоящего изобретения в надежных испытаниях определил, что щелочной водный промывочный раствор становится все менее и менее эффективным в отношении снижения содержания загрязняющих веществ в газах и/или в отношении выпадения осадков из газа/водной промывочной жидкости для их удаления, если рН водной промывочной жидкости снижается ниже 10, например –
25 если рН щелочной водной промывочной жидкости снизится до примерно 9,5, часть H_2S и CO_2 останется в обработанных газах; если рН упадет ниже 9, то способность щелочной водной промывочной жидкости к снижению содержания и удалению загрязняющих веществ из газов значительно снизится относительно ее исходной способности при рН, равном 10 или выше, а при рН, равном примерно 8,
30 способность щелочной водной промывочной жидкости к снижению содержания и удалению загрязняющих веществ из газов по существу истощается, даже если различные осадки, выделившиеся из обработанного газа и водной промывочной жидкости, удаляют на непрерывной или почти непрерывной основе из водной промывочной жидкости. Соответственно, щелочной водный промывочный раствор
35 может быть наиболее эффективным в отношении удаления загрязняющих веществ из загрязненных газов, возможно – с эффективностью, близкой к 100%, если

раствор заменяют, когда его pH снижается до значения, лежащего ниже 10, но это может быть не самым практичным и экономически эффективным способом использования водного промывочного раствора для удаления загрязняющих веществ. Автор настоящего изобретения обнаружил, что самый практичный и экономически эффективный способ использования водного промывочного раствора состоит в начальном повышении pH до примерно 11 посредством добавления щелочных веществ, таких как гидроксидные соединения, в последующем использовании такого раствора для удаления загрязняющих веществ из потока загрязненного газа до тех пор, пока pH раствора не снизится до значений, лежащих между 9 и 8, и в последующей замене раствора на свежий раствор, имеющий pH, примерно равный 11, с последующим повторением этих стадий с необходимой частотой.

Если обратиться к Фиг. 2, то на ней изображена блок-схема реакционной камеры для водной промывки, которую можно использовать в способе обработки согласно второму варианту осуществления настоящего изобретения для удаления большей части загрязняющих веществ из загрязненного газа. Как показано на Фиг. 2, можно использовать реакционную камеру, такую как пузырьковая колонна 200, содержащую некоторое количество щелочного водного промывочного раствора 202, имеющего pH, примерно равный 11, который заполняет большую часть реакционной камеры, тогда как верхняя часть камеры ограничивает свободное пространство 204 над раствором 202. Размер реакционной камеры 200 может зависеть от количества обрабатываемых загрязненных газов и/или от количества загрязняющих веществ, содержащихся в газах, содержание которых необходимо снизить или которые необходимо удалить с использованием щелочного водного промывочного раствора. Например, если в реакционной камере необходимо обработать большой непрерывно поступающий объем загрязненного газа, такой как выход природного газа из скважины, лежащий в диапазоне от трех (3) до пятнадцати (15) миллионов куб. футов (от ~84951 до ~424753 м³) в день, то реакционная камера может иметь диаметр, равный четырем (4) футам (~1,2 м), и высоту, равную двадцати (20) футам (~6,1 м), с объемом, равным 1880 галлонам США (~7117 литров), причем раствор 202 может заполнять $\frac{3}{4}$ объема или 1410 галлонов (~5337 литров). Загрязненный газ 205 можно отрегулировать так, чтобы он тек в нижнюю часть реакционной камеры на основании закона Стокса с образованием пузырьков, а пузырьки поднимались с желаемым временем контакта с жидкостью, например – лежащим в диапазоне от 0,5 до 10 секунд, и предпочтительно равным по меньшей мере 1,5 секундам. Для этого можно использовать выпускное сопло 206, содержащее

проделанные в нем многочисленные мелкие выпускные отверстия, или можно использовать средства для прерывания потока газа через реакционную камеру, чтобы газ не мог течь непрерывно через водный промывочный раствор в виде потока или больших пузырей и за счет этого имел значительно большую площадь поверхности для реакции с композицией для обработки. Такие средства прерывания могут включать в себя набивку реакционной камеры или ее части мелкой, химически не активной средой, например – ватой из нержавеющей стали, мелким горохообразным гравием, перфорированными пластинами и т.п., через которые будет проходить природный газ при его протекании через водный промывочный раствор.

При прохождении газа через щелочной водный промывочный раствор большая часть загрязняющих веществ, содержащихся в нем, будет удалена, как описано выше, и затем обработанный газ может пройти через отбойную перегородку 28 или сходное устройство, которое может быть предусмотрено в свободном пространстве 204, чтобы помочь удалить часть щелочного водного промывочного раствора, оставшегося в газе, и в заключение обработанный газ выпускают из реакционной камеры в верхней ее части 210. Вода и химикаты для обработки, такие как гидроксидные соединения, могут быть поданы в реакционную камеру через впускные устройства 212, 214 для получения щелочного водного промывочного раствора, датчик 215 уровня может быть использован для установки и регулирования уровня раствора 202 в реакционной камере, а датчик 216 может быть использован для текущего контроля pH раствора 202. Когда поток загрязненного газа проходит через щелочной водный промывочный раствор в реакционной камере, щелочные химикаты, такие как гидроксидное соединение (или соединения), содержащиеся в растворе, реагируют с загрязняющими веществами, содержащимися в газе, pH раствора прогрессивно снижается, раствор становится насыщенным загрязняющими веществами, такими как соли, и в конечном итоге осадки, включающие в себя кристаллы солей, сульфиды металлов, кристаллы карбоната, выделяются из раствора и могут быть собраны в нижней части реакционной камеры. После того как pH раствора снижается до значений, лежащих в диапазоне от 9 до 8, раствор считается отработанным согласно способу обработки, и отработанный раствор и осадки, выделившиеся из раствора, могут быть удалены, например – через выпускное устройство 218 для отходов в днище реакционной камеры. Затем в реакционную камеру можно загрузить другой объем щелочного водного промывочного раствора, и процесс обработки может продолжаться с повторением этих стадий в течение желаемого времени. Способ

обработки может быть автоматизирован с использованием контроллера 220, такого как программируемый ECU, который получает входные сигналы от датчиков 215, 216 и регулирует поток раствора и газа в реакционную камеру 200 и из нее посредством открывания и закрывания различных клапанов с электромагнитным управлением, связанных с соответствующими различными впускными и выпускными устройствами реакционной камеры 200. Отработанный водный промывочный раствор и осадки можно утилизировать соответствующим способом или, в зависимости от экономической ситуации, некоторые осадки можно выделить, очистить и продать.

10 Следует иметь в виду, что способ обработки с использованием щелочного водного промывочного раствора согласно варианту осуществления настоящего изобретения можно эффективно и экономично использовать для удаления загрязнений из разнообразных загрязненных газов. Газовая промышленность является основным примером, и снова отметим, что до настоящего изобретения не
15 было известных стандартных способов, которые могли бы обеспечить эффективную обработку высокозагрязненного природного газа из существующих скважин и известных подземных месторождений практичным, экономически эффективным способом, так что в мире существует много заглушенных скважин и неразрабатываемых месторождений. Другим типом загрязненного газа, который
20 можно эффективно и экономично обрабатывать с использованием щелочного водного промывочного раствора согласно варианту осуществления настоящего изобретения являются дымовые газы, образующиеся при сжигании ископаемого топлива, такого как уголь, и жидкости и газы на основе нефти, которые обычно содержат большие количества CO_2 , SO_2 и т.п., и используются в различных
25 отраслях промышленности, в том числе на электростанциях. Соответственно, например, этот способ обработки можно экономически эффективно использовать для реализации стратегии связывания углерода и минимизации неблагоприятных воздействий углерода на окружающую среду; отметим, что если электростанция, сжигающая ископаемое топливо, непрерывно производит дымовые газы,
30 содержащие 80000 частей/млн CO_2 , в объеме, равном тринадцати (13) миллионам куб. футов ($\sim 368119 \text{ м}^3$) в день, обрабатываемые с использованием способа по настоящему изобретению, то при этом из газов будет удалено 57058 кг или 63 тонны CO_2 в день. В настоящее время правительства различных стран предоставляют отраслям промышленности «углеродные» кредиты для снижения выбросов CO_2 , и
35 такие кредиты могут составлять значительные суммы. Та же аргументация

применима к SO_2 и другим загрязняющим веществам, обычно содержащимся в газах.

Новые композиции для обработки на основе углеводородных жидкостей и способ обработки загрязненных газов с использованием новых композиций для обработки на основе углеводородных жидкостей

5

Третий вариант осуществления настоящего изобретения также относится к обработке загрязненных газов, в том числе природного газа из скважин, природного газа, который был частично обработан согласно первому и/или второму вариантам осуществления настоящего изобретения, описанным в данной публикации, дымовых газов, которые образуются при сжигании ископаемого топлива, которые
10 обычно имеют высокие концентрации CO_2 и SO_2 , потоков газов, включающих в себя водяной пар, содержащий соли и металлы, и т.п., и он является особенно эффективным и экономичным в отношении полного удаления и/или снижения содержания всех загрязняющих веществ, в том числе H_2S , CO_2 и металлов и т.п., в
15 газах при использовании в комбинации со способом обработки, включающим в себя щелочную водную промывку согласно второму варианту осуществления настоящего изобретения, описанному в данной публикации.

Новые композиции для обработки на основе углеводородных жидкостей согласно иллюстративным вариантам осуществления настоящего изобретения
20 содержат одну или более жидкостей на основе углеводородов и относительно высокую суммарную концентрацию одного или более гидроксидных соединений, растворенных или диспергированных в жидкости (или жидкостях) на основе углеводородов, например – от 30 до 45 масс. %, и необязательно один или более других компонентов, указанных в данной публикации. Жидкости на основе
25 углеводородов, используемые в новой композиции (или композициях) для обработки, сообщают композиции для обработки повышенное давление паров по сравнению с ранее предложенными автором настоящего изобретения композициями для обработки на основе воды. Автор настоящего изобретения определил, что такие композиции для обработки в некоторых ситуациях могут быть
30 более эффективными и экономически выгодными в отношении снижения содержания H_2S и других загрязняющих веществ в различных загрязненных текучих средах, как жидких, так и газообразных, и в смесях загрязненных текучих сред по сравнению с ранее предложенными автором настоящего изобретения композициями для обработки на основе воды, включающими в себя композиции,
35 указанные в данной публикации, и новые композиции для обработки на основе углеводородных жидкостей могут быть более эффективными в отношении

предотвращения образования и выпадения осадков из обработанных текучих сред по сравнению с ранее предложенными автором настоящего изобретения композициями для обработки на основе воды, что может быть очень важным. Новые композиции для обработки эффективно снижают содержание загрязняющих веществ в обработанных текучих средах в широком диапазоне температур, например – от -30°C до 300°C , и в широком диапазоне давлений, например – от давлений, лежащих ниже атмосферного давления, до нескольких атмосфер, в том числе – при STP. Также новые композиции для обработки

Новые композиции для обработки, включающие в себя жидкости на основе углеводов, существенно отличаются от ранее предложенных автором настоящего изобретения композиций для обработки, которые являются жидкими композициями на основе воды, не включающими в себя каких-либо жидкостей на основе углеводов. Однако другие компоненты композиций для обработки могут быть такими же или сходными с компонентами, включенными в ранее предложенные автором настоящего изобретения композиции для обработки на основе воды.

Например, новая композиция для обработки может также содержать различные количества воды - от небольших количеств или полного отсутствия до 50 масс. % воды, и вода может быть полезной для облегчения растворения или диспергирования гидроксидного соединения (или соединений) и других необязательных компонентов в жидкостях на основе углеводов. Автор настоящего изобретения обнаружил, что если новые композиции для обработки на основе углеводородных жидкостей также содержат некоторое количество воды и даже значительное количество воды, то при очистке некоторых загрязненных текучих сред или смесей текучих сред новые композиции все еще могут быть более эффективными и экономичными в отношении снижения содержания H_2S , CO_2 и некоторых других загрязняющих веществ и в отношении предотвращения образования и выпадения осадков из различных загрязненных текучих средах и смесей загрязненных текучих сред по сравнению с ранее предложенными автором настоящего изобретения композициями для обработки на основе воды. Кроме того, если производится обработка загрязненной сырой нефти и загрязненного природного газа из скважин, то в характерном случае они содержат некоторое количество воды, так что целесообразным может быть включение дополнительной воды в композиции для обработки. Такие композиции для обработки, содержащие как углеводородную жидкость (или жидкости), так и воду, все еще могут иметь значительно более высокое давление пара, чем ранее предложенные автором

настоящего изобретения композиции для обработки, которые не содержат жидкости (или жидкостей) на основе углеводов. Присутствие воды в композициях для обработки в некоторых ситуациях может повысить возможность выпадения осадков из обрабатываемых текучих сред. Гидроксиды обычно сильнее связываются с водой, чем углеводородные жидкости, и если новые композиции для обработки добавляются к загрязненным текучим средам, содержащим воду совместно с солями и/или другими загрязняющими веществами, растворенными или диспергированными в воде, то гидроксиды, связанные с водой, могут вызывать выпадение в осадок солей и других загрязняющих веществ из обработанных текучих сред.

Будут ли композиции для обработки содержать другие химические соединения, может зависеть от конкретных характеристик обрабатываемых загрязненных текучих сред и желаемых результатов, в том числе – от того, желательна ли образование и выпадение осадков из обработанных текучих сред или его следует предотвратить. Другие возможные компоненты композиций для обработки включают в себя: одну или более органических кислот, таких как фульвовая кислота и гуминовая кислота; полимеры, такие как анионный полимер с кодом продукта 3640; хелатирующие агенты, такие как EDTA; и сульфид натрия (HNa_2S). Например, новые композиции для обработки могут содержать в общей сложности от 0,01 до 6 масс. % одной или более органических кислот, таких как фульвовая кислота и гуминовая кислота, которые, как обнаружил автор настоящего изобретения, очень эффективно предотвращают выпадение в осадок из обработанных текучих сред веществ, которые образуются из удаляемого H_2S и других загрязняющих веществ. Использование этих органических кислот также обсуждается в публикации PCT/US2018/064015 и в Патенте США № 10,913,911 в связи с ранее предложенными автором настоящего изобретения композициями для обработки на основе воды, но обсуждение также применимо к новым композициям для обработки.

Композиции для обработки могут содержать от 0,01 до 6 масс. % хелатирующего агента, такого как этилендиаминтетрауксусная кислота (EDTA). Среди прочего, EDTA повышает эффективность гидроксидных соединений в отношении снижения содержания H_2S и помогает превращать снижение содержания H_2S с использованием новой обработки в необратимое. Однако, если обрабатываемые текучие среды содержат значительное количество соли (или солей), то количества EDTA, лежащие на верхней границе указанного диапазона, могут прореагировать с солью (или солями) с образованием геля, который выпадет

в осадок из обработанных текучих сред, что обычно является нежелательным, поскольку гель может вызвать закупорку трубопроводов, по которым текут текучие среды, и его придется удалять. Кроме того, если гель останется в трубопроводе или другом устройстве, через которое текут или транспортируются текучие среды, на
5 длительный период времени, то гель может затвердеть, что затруднит удаление геля.

Композиции для обработки могут также содержать малое количество, например – от 0,1 до менее чем 5 масс. %, и предпочтительно – менее 2 масс. %, полимера, который может предотвратить выпадение солей, содержащихся в
10 обрабатываемых текучих средах, в осадок из обработанных текучих сред. Примером такого полимера является коммерчески доступный анионный полимер, идентифицированный кодом продукта 3640. Автор настоящего изобретения полагает, что этот полимер и другие сходные полимеры могут инкапсулировать соли внутри обрабатываемых текучих сред, и это предотвращает или способствует
15 предотвращению выпадения в осадок солей и других загрязняющих веществ из обработанных текучих сред.

Композиции для обработки могут также содержать от 0,1 до 8 масс. % сульфида натрия (HNa_2S) или его гидрата $\text{Na}_2\text{S}\cdot 9\text{H}_2\text{O}$, которые оба являются бесцветными твердыми веществами. Хотя может показаться парадоксальным
20 добавление сульфида натрия с целью снижения содержания серы в загрязненных текучих средах, однако автор настоящего изобретения открыл, что добавление сульфида натрия или его гидрата к композициям для обработки может способствовать снижению общего содержания серы в различных загрязненных текучих средах, в том числе в жидкостях и газах, обрабатываемых композициями
25 для обработки. В частности, автор настоящего изобретения открыл, что в композициях для обработки сульфид натрия способствует реакциям с серой и серосодержащими соединениями, в которых сера в значительном количестве преобразуется в диоксид серы (SO_2), который обычно высвобождается из обработанных текучих сред в газообразной форме при стандартных температуре и
30 давлении (STP), хотя включение сульфида натрия в композиции для обработки может также вызвать образование и выпадение сравнительно малых количеств серосодержащего осадка, который автор настоящего изобретения идентифицировал с использованием газового хроматографа как $\text{C}_{18}\text{H}_8\text{N}_4\text{O}_5\text{S}_2$. SO_2 является раздражающим веществом для людей, и его необходимо улавливать и/или
35 дополнительно обрабатывать, тогда как осадок можно при необходимости удалить из трубопровода или другой структуры, в которой содержатся или текут

обработанные текучие среды. Сульфид натрия и его гидрат легко растворяются в воде, например – в концентрациях, лежащих в диапазоне от 15 до 25 масс. %, а также в жидкостях на основе углеводородов, используемых в композициях для обработки по настоящему изобретению.

5 Поверхностно-активное вещество, такое как лаурилсульфат натрия, и буферный агент, такой как карбонат калия, также могут быть включены в небольших количествах, например – менее 1 масс. %, в новые композиции для обработки.

При использовании жидкости на основе углеводородов в качестве базового растворителя для новых композиций для обработки давление пара композиций для
10 обработки при STP будет больше, чем давление пара ранее предложенных автором настоящего изобретения композиций для обработки на основе воды при STP. Соответственно, большее количество композиции для обработки будет находиться в паровой фазе и, соответственно, сможет иметь больший контакт с загрязняющими веществами, в том числе с H_2S и CO_2 , которые обычно находятся в паровой фазе
15 при STP, даже если H_2S и CO_2 находятся в смеси текучих сред, содержащей жидкие и газообразные текучие среды. Поэтому новые композиции могут более эффективно и экономично удалять загрязняющие вещества, которые обычно находятся в газовой или паровой фазе при STP, в том числе H_2S и CO_2 . Когда загрязненные текучие среды, такие как сырая нефть, попутная вода и природный газ, извлекают
20 из подземных пластов через скважину, текучие среды могут находиться при температуре, лежащей в диапазоне от $90^{\circ}F$ до $120^{\circ}F$ в то время, когда текучие среды достигают поверхности Земли, но по мере того, как текучие среды текут по трубопроводу к сепаратору, нефтеперерабатывающему заводу или другому месту назначения, они охлаждаются до температуры окружающей среды вокруг
25 трубопровода, так что важно, чтобы композиция для обработки могла быть эффективной в отношении удаления загрязняющих веществ, в том числе H_2S и CO_2 , при STP. Новые композиции для обработки являются эффективными в отношении снижения содержания H_2S , CO_2 и других загрязняющих веществ в загрязненных текучих средах при STP, но реакция (или реакции) очистки в способах обработки,
30 включающих в себя композиции для обработки, могут протекать быстрее при повышенных температурах.

В новых композициях для обработки можно использовать широкое многообразие жидкостей на основе углеводородов, в том числе относительно легкие жидкости, включающие в себя спирты, толуол, гексан, ксилол и другие
35 жидкости на основе углеводородов, имеющие давления пара больше, чем у воды, а также смеси этих жидкостей, при условии, что гидроксидное соединение (или

соединения) и другие возможные компоненты композиций для обработки могут в них растворяться или диспергироваться. Спирты пригодны для использования в качестве углеводородных жидкостей, поскольку они являются полярными, так что другие компоненты композиции для обработки обычно легко могут растворяться в них и/или смешиваться с ними. Более легкие спирты, включающие в себя метанол (CH_3OH), этанол ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) и n-пропиловый спирт ($\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$), могут быть более подходящими из-за их более низкой цены и/или более высокого давления паров. Тoluол, гексан, ксилол и другие такого рода жидкости, которые часто используют в качестве растворителей, также можно использовать в качестве углеводородных жидкостей, поскольку они имеют относительно высокие давления паров, которые желательны, так как большинство химически активных гидроксидных соединений могут содержаться в парах, где они могут лучше реагировать с газообразными загрязняющими веществами, в том числе с H_2S и CO_2 . Гидроксидные соединения и другие возможные компоненты композиций для обработки также могут растворяться или диспергироваться в этих жидкостях. Важно, что компоненты композиции, отличающиеся от углеводородной жидкости (или жидкостей), должны быть растворимыми, диспергируемыми и/или смешиваемыми с жидкостью (или жидкостями) на основе углеводородов, используемой в композиции для обработки, поскольку не должно быть осадков или сходных примесей в самой композиции для обработки при использовании ее в способах обработки по настоящему изобретению.

В целом, можно использовать любые гидроксидные соединения, при условии, что они могут растворяться или диспергироваться в углеводородной жидкости (или жидкостях) всей композиции. Однако некоторые гидроксидные соединения имеют более низкую цену, например – NaOH и KOH , и при использовании они могут делать композицию и способы обработки с использованием композиции более экономически выгодными. Если композицию для обработки необходимо использовать для обработки таких текучих сред, как сырая нефть и/или природный газ, которые содержат значительные количества солей, в том числе NaCl , который в характерном случае растворен в воде, содержащейся в текучих средах, то может быть желательным использовать малое количество или вообще не использовать NaOH для предотвращения выпадения соли в осадок из обработанных текучих сред. Композиция для обработки может в сумме содержать от 30 до 50 масс. % одного или более гидроксидных соединений.

Включение воды вместе с жидкостями на основе углеводородов в композиции для обработки по настоящему изобретению может способствовать

растворению или диспергированию гидроксидных соединений и других возможных компонентов в новых композициях. Однако, если желательно, чтобы композиции для обработки содержали мало воды или вообще не содержали воды, то гидроксидное соединение (или соединения) и другие возможные компоненты могут
5 быть растворены и/или диспергированы непосредственно в спирте (или спиртах) или в другой жидкости (или жидкостях) на основе углеводов, используемых в качестве растворителя/основы композиции для обработки. Например, гидроксидное соединение (или соединения) может иметь форму гидратов, таких как гидрат КОН и гидрат NaOH, которые являются твердыми материалами, тогда как органические
10 кислоты, такие как фульвовая кислота и гуминовая кислота, хелатирующие агенты, такие как EDTA, и сульфид натрия или его гидрат могут также находиться в формах твердых веществ или порошков, которые все легко растворяются в спиртах и других указанных жидкостях на основе углеводов, которые могут быть использованы в новых композициях для обработки. Полимеры, такие как полимер 3640, легко
15 диспергируются в спиртах. Растворение и/или диспергирование гидроксидного соединения (или соединений) и других компонентов непосредственно в спирте (или спиртах) и/или другой углеводородной жидкости (или жидкостях), используемых в качестве основы для композиции для обработки, может позволить снизить количество воды в композиции для обработки до минимальных уровней, таких как 5
20 масс. % или менее. Чем меньше количество воды в композициях для обработки, тем более эффективными и/или экономичными могут быть композиции для обработки в отношении очистки некоторых загрязненных текучих сред.

Однако автор настоящего изобретения открыл, что даже в том случае, если новые композиции для обработки содержат значительные количества воды,
25 например – до примерно 50 масс. %, совместно с жидкостями на основе углеводов, композиции для обработки все еще могут быть очень эффективными в отношении снижения содержания H_2S , CO_2 и других загрязняющих веществ в различных загрязненных текучих средах и смесях загрязненных текучих сред. Например, если гидроксидное соединение (или соединения) и другие
30 возможные компоненты, включающие в себя органические кислоты, такие как фульвовая кислота и гуминовая кислота, хелатирующие агенты, такие как EDTA, сульфид натрия и другие, вначале растворить или диспергировать в воде, то затем водный раствор (или растворы), содержащий эти материалы, можно смешать со спиртом (или спиртами) и/или другой углеводородной жидкостью (или жидкостями),
35 используемыми в качестве основы композиций для обработки, и полученные композиции для обработки все еще могут быть очень эффективными и

экономичными в отношении снижения содержания H_2S , CO_2 и других загрязняющих веществ в различных загрязненных текучих средах и смесях загрязненных текучих сред, а также в отношении предотвращения образования и выпадения осадков из обработанных текучих сред. Если композиция для обработки содержит воду, например – для ускорения растворения или диспергирования гидроксидных соединений и других компонентов в композициях для обработки, то содержание воды можно снизить или минимизировать за счет растворения или диспергирования гидроксидного соединения (или соединений) в воде в относительно высоких концентрациях. Гидроксидные соединения, такие как NaOH и KOH, могут быть растворены в воде в высоких концентрациях, лежащих в диапазоне от 35 до 55 масс. %, тогда как органические кислоты, такие как фульвовая кислота и гуминовая кислота, и хелатирующие агенты, такие как EDTA, также можно растворить в воде в концентрациях, превышающих 40 масс. %.

Способ обработки согласно третьему открытию автора настоящего изобретения может включать в себя щелочную композицию для обработки на основе углеводородной жидкости, имеющую pH, равный примерно 14, через которую пропускают загрязненные газы с временем контакта, лежащим в диапазоне от 0,5 до 10 секунд, и предпочтительно – равным по меньшей мере 1,5 секундам. Композицию для обработки на основе углеводородной жидкости можно считать истощенной, и ее следует заменить или восстановить, если ее pH снизился от начального значения, равного 14, до значения, лежащего в диапазоне от 9 до 10.

Очень важным аспектом композиции для обработки согласно третьему варианту осуществления настоящего изобретения является то, что она основана на углеводородной жидкости, а не на воде, как ранее предложенные авторами настоящего изобретения композиции для обработки, раскрытые в публикации PCT/US2018/064015 и в «Патенте '911». Спирты, такие как метанол, этанол и изопропиловый спирт, имеют значительно более высокое давление паров, чем вода, вследствие чего эта новая композиция для обработки также будет иметь значительно более высокое давление паров, чем ранее предложенные композиции для обработки, и вследствие этого она может более эффективно снижать содержание газообразных загрязняющих веществ в обрабатываемых газах. Например, вследствие значительно более высокого давления паров в реакционной камере, частично заполненной жидкой композицией для обработки, значительное количество паров композиции для обработки будет скапливаться в свободном пространстве внутри реакционной камеры над жидкой композицией, в частности, если композиция для обработки находится при стандартной температуре и

давлении, равных 25°C и одной атмосфере. Эти пары композиции будут содержать некоторое количество щелочных веществ, таких как гидроксидное соединение (или соединения), и они будут продолжать реагировать и снижать содержание газообразных загрязняющих веществ, оставшихся в газе после того, как он прошел

5 через жидкую композицию для обработки, за счет чего может быть достигнута полная очистка от загрязняющих газов, таких как H₂S и CO₂. Также пары и газы очень хорошо смешиваются, гораздо лучше, чем газы и жидкости, так что в свободном пространстве реакционной камеры обеспечивается больший контакт между газообразными загрязняющими веществами и парами композиции для

10 обработки, что приводит к более эффективному удалению загрязняющих веществ и увеличению срока полезного использования композиции для обработки на основе спирта для снижения содержания загрязняющих веществ в газах. Такой контакт между загрязняющими веществами, содержащимися в газах, и парами композиции для обработки отличается от контакта между загрязняющими веществами,

15 содержащимися в газах, и жидкостями, которые распыляют или инжектируют в газы в форме атомизированных мелких капель. Контакт между загрязняющими веществами, содержащимися в газах, и парами композиции для обработки значительно больше, чем контакт между загрязняющими веществами, содержащимися в газах, и мелкими атомизированными каплями жидкости,

20 поскольку молекулы пара гораздо меньше, чем мелкие капли жидкости, и это приводит к более эффективному и экономичному снижению содержания загрязняющих веществ. Предпочтительно композиция для обработки на основе спирта содержит менее 1 об. % воды.

Что касается минимизации количества воды, содержащегося в композиции

25 для обработки на основе углеводородной жидкости, то автор настоящего изобретения определил, что подходящим типом гидроксидного соединения (или соединений), которые могут быть добавлены к спиртовой основе композиции, являются гидратированные гидроксидные соединения, например – гидрат KOH, гидрат LiOH и т.д. Такие гидратированные гидроксидные соединения в характерном

30 случае имеют твердую форму, такую как хлопья, легко растворяются в жидкостях на основе углеводородов, в том числе в спиртах, таких как метанол, этанол и изопропиловый спирт, и относительно большие количества этих соединений могут растворяться в этих спиртах без образования осадков соединений в композициях на основе спиртов, что способствует увеличению срока полезного использования

35 композиции для обработки. Например, автор настоящего изобретения определил, что если для приготовления композиции для обработки с pH, равным 14,

необходимо использовать моногидрат гидроксида калия (H_3KO_2) и метанол, это можно осуществить посредством добавления по меньшей мере 333 г H_3KO_2 на литр метанола, но можно добавить и значительно большее количество H_3KO_2 без выпадения его в осадок из композиции, например – по меньшей мере до 800 г H_3KO_2 на литр метанола. Это соответствует молярной концентрации H_3KO_2 , лежащей в диапазоне от 4,5 до 11,25, в композиции для обработки.

Новая композиция для обработки может содержать КОН и метанол, и КОН можно растворить или диспергировать в метаноле с получением метоксидного иона (CH_3O^-), который является сильным основанием, которое даже сильнее, чем OH^- , который является химически активным ионом в композициях для обработки на основе воды, которые обсуждались в публикации PCT/US2018/064015 и в «Патенте '911». Метоксид калия может реагировать с H_2S согласно следующему уравнению:



Опять-таки, сульфид калия (K_2S) может остаться в композиции для обработки, и он не образует осадков из-за присутствия органических кислот, таких как фульвовая кислота и гуминовая кислота. Кроме того, гидроксиды в композиции для обработки на основе метанола могут реагировать с CO_2 согласно уравнениям (2) и (3), указанным в данной публикации, с образованием карбоната калия, но это соединение также остается в композиции для обработки из-за присутствия органических кислот, таких как фульвовая кислота и гуминовая кислота, и не образует кристаллических осадков карбоната, при условии, что композиция для обработки не становится чрезмерно насыщенной карбонатным соединением, что обеспечивается за счет того, что композицию для обработки считают истощенной, если ее pH падает до значений, лежащих в диапазоне от 10 до 9, и ее заменяют свежей композицией для обработки с pH, равным 14. В случае альтернативной рецептуры новой композиции для обработки, содержащей метанол, КОН и воду, композицию можно приготовить посредством первоначального растворения соответствующего количества (или количеств) гидроксидного соединения (или соединений) в воде с получением водного раствора гидроксида и последующего объединения соответствующих объемов этого раствора с метанолом. Например, от 15 об. % до 50 об. % метанола можно объединить с 50 об. % - 85 об. % водного раствора, содержащего от 35 до 55 масс. % КОН. Эта иллюстративная композиция для обработки также имеет pH, равный примерно 14.

Существует стандартный способ, известный как способ Rectisol™, в котором используют метанол для абсорбции H_2S . В способе Rectisol™ используют замороженный метанол, который заморожен при температуре, лежащей по

меньшей мере ниже температуры замерзания воды, и обычно при гораздо более низких температурах, для абсорбции и, соответственно, удаления H_2S за счет того, что растворимость H_2S больше, чем растворимость других газов, таких как CO_2 . Этот способ очень отличается от способа обработки автора настоящего изобретения согласно третьему варианту осуществления настоящего изобретения, который может быть осуществлен при стандартных температуре и давлении, и в котором композиция для обработки на основе метанола не просто адсорбирует или солюбилизует H_2S , а вместо этого снижает содержание H_2S за счет реакций с метоксидными ионами.

10 $NaOH$ и гидрат $NaOH$ также можно использовать в качестве одного из гидроксидных соединений в композиции для обработки на основе спирта, однако это не является предпочтительным, поскольку образование и выпадение осадков и накипи из обработанного природного газа и/или из раствора для обработки на основе спирта может быть нежелательным, так как осадки и накипь могут
15 образовываться быстро и закупоривать части системы для обработки и трубопроводы, которые принимают обработанные газы. Na является компонентом соли $NaCl$, и соли являются распространенными загрязняющими веществами, которые обычно выпадают в осадок из обработанных газов. NH_4OH является подходящим гидроксидным соединением для включения в композицию для
20 обработки на основе спирта, но он не должен быть единственным используемым гидроксидным соединением, поскольку он может выделять аммиак (NH_3) в обрабатываемый газ, тогда как существуют утвержденные правительствами пределы содержания NH_3 в газах, например, природный газ должен содержать не более 14 частей/млн NH_3 . Так, например, большее количество KOH или $LiOH$ можно
25 использовать совместно с меньшим количеством NH_4OH в композиции для обработки. NH_4OH не только эффективно выполняет функцию снижения содержания загрязняющих веществ в композиции для обработки при пропускании пузырьков газа через композицию, но также выгодно повышает давление паров композиции для обработки, так что загрязняющие вещества, оставшиеся в
30 обработанном газе после его прохождения через композицию для обработки, могут быть дополнительно удалены парами NH_4OH , содержащимися в свободном пространстве над композицией для обработки в реакторе. Конечно же, NH_3 также может быть одним из основных загрязняющих веществ в газе, которое должно быть удалено или содержание которого должно быть снижено, и для таких загрязненных
35 газов использование NH_4OH , по-видимому, не является подходящим.

Способ обработки, включающий в себя использование новой композиции для обработки, может включать в себя обеспечение контакта загрязненных газов с раствором для обработки на основе углеводородной жидкости, например – определенное количество композиции для обработки можно поместить в

5 пузырьковую колонну или другую реакционную камеру при температуре и давлении окружающей среды, и газ можно барботировать или другим образом пропускать через композицию с соответствующим временем контакта между газом и жидкой композицией, например – лежащим в диапазоне от 0,5 секунды до 10 секунд и предпочтительно равным по меньшей мере 1,5 секундам, причем над композицией

10 для обработки в пузырьковой камере или другой реакционной камере имеется свободное пространство, в котором пары композиции для обработки и обрабатываемые газы контактируют друг с другом и в большинстве случаев полностью удаляются все загрязняющие вещества, которые могли остаться в газах, например – H_2S и CO_2 , прежде чем обработанные газы выгружаются из реакционной

15 камеры. И в этом случае композицию для обработки на основе углеводородной жидкости считают истощенной, и ее следует заменить или восстановить, когда ее рН снижается от начального значения, равного 14, до значения, лежащего в диапазоне от 9 до 10. Реакционную камеру, такую как реакционная камера 200, изображенная на Фиг. 2, можно использовать как реакционную камеру типа

20 пузырьковой камеры для помещения в нее композиции для обработки на основе спирта согласно третьему варианту осуществления настоящего изобретения, причем объем композиции для обработки, а не щелочного водного промывочного раствора, будет занимать примерно от $\frac{1}{2}$ до $\frac{3}{4}$ пространства внутри реакционной камеры, а загрязненный газ будет барботироваться через композицию для

25 обработки с соответствующим временем контакта, лежащим в диапазоне от 0,5 секунды до 10 секунд. Однако в способе обработки с использованием композиции для обработки на основе углеводородной жидкости может образовываться или выпадать очень малое количество осадков, или осадки вообще не выпадают.

Размер используемой реакционной камеры может зависеть от количества

30 обрабатываемых загрязненных газов и/или от количества загрязняющих веществ, содержащихся в газах, содержание которых необходимо снизить или которые необходимо удалить с использованием щелочного водного промывочного раствора. Например, если большой непрерывно текущий объем загрязненного газа необходимо обработать в реакционной камере, такой как выход природного газа из

35 скважины, лежащий в диапазоне от трех (3) до пятнадцати (15) миллионов куб. футов (от ~ 84951 до ~ 424753 м³) в день, то реакционная камера может иметь

диаметр, равный четырем (4) футам (~1,2 м), и высоту, равную двадцати (20) футам (~6,1 м), с объемом, равным 1880 галлонам США (~7117 литров), причем композиция для обработки может заполнять $\frac{3}{4}$ объема или 1410 галлонов (~5337 литров). Загрязненный газ можно отрегулировать так, чтобы он тек в нижнюю часть реакционной камеры на основании закона Стокса с образованием пузырьков, а пузырьки поднимались с желаемым временем контакта с жидкостью, например – лежащим в диапазоне от 0,5 до 10 секунд, и предпочтительно равным по меньшей мере 1,5 секундам. Для этого можно использовать выпускное сопло, содержащее многочисленные мелкие выпускные отверстия, сделанные в нем, как в случае сопла 206, или можно также использовать средства для прерывания потока газа через реакционную камеру, чтобы газ не мог течь непрерывно через водный промывочный раствор в виде потока или больших пузырей и за счет этого имел бы значительно большую площадь поверхности для реакции с композицией для обработки. Такие средства прерывания могут включать в себя набивку реакционной камеры или ее частей мелкой, химически не активной средой, например – ватой из нержавеющей стали, мелким горохообразным гравием, перфорированными пластинами и т.п., через которые будет проходить природный газ при его протекании через водный промывочный раствор.

Другой тип способа обработки по настоящему изобретению для обработки загрязненных газов с использованием композиции для обработки на основе спирта согласно третьему варианту осуществления настоящего изобретения известен как способ адсорбции при переменном давлении (PSA; от англ.: pressure swing adsorption). Согласно иллюстративному способу PSA реакционную камеру, которая может быть расположена горизонтально, частично заполняют композицией для обработки на основе спирта так, чтобы над композицией для обработки в реакционной камере осталось значительное свободное пространство, объем загрязненного газа загружают в реакционную камеру при повышенном давлении, например – от примерно 100 до 120 фунтов/кв. дюйм (от ~689 до ~827 кПа), реакционную камеру закрывают на короткий период, например – от примерно 15 до 120 секунд, так что пары композиции для обработки реагируют с загрязняющими веществами в газах, затем обработанные газы выпускают из реакционной камеры. Эти стадии можно повторять с дополнительными объемами загрязненного газа, и когда рН композиции для обработки снижается до значений, лежащих в диапазоне от 9 до 10, ее признают отработанной, и ее следует заменить. Такой PSA способ обычно является более эффективным в отношении полного удаления всех загрязняющих веществ из газов по сравнению со способом обработки с

использованием непрерывно работающей реакционной камеры типа пузырьковой колонны, описанной в данной публикации, но он требует больше средств управления и может быть не настолько экономически эффективным, как способ обработки с использованием непрерывно работающей реакционной камеры типа 5 пузырьковой колонны.

Блок-схема иллюстративной PSA реакционной камеры 300, которую можно использовать согласно третьему варианту осуществления настоящего изобретения, представлена на Фиг. 3. Как показано на Фиг. 3, реакционная камера может быть частично заполнена некоторым количеством композиции 302 для обработки, 10 имеющей рН, равный примерно 14, которая заполняет нижнюю половину реакционной камеры, тогда как верхняя половина камеры ограничивает свободное пространство 304 над композицией 302 для обработки. Опять-таки, размер реакционной камеры 300 может зависеть от количества обрабатываемых 15 загрязненных газов и/или от количества загрязняющих веществ, содержащихся в газах, содержание которых необходимо снизить, и которые необходимо удалить с использованием щелочного водного промывочного раствора. Например, если в реакционной камере необходимо обрабатывать большой непрерывно поступающий 20 объем загрязненного газа, такой как выход природного газа из скважины, составляющий от трех (3) до пятнадцати (15) миллионов куб. футов (от ~84951 до ~424753 м³) в день, то реакционная камера может иметь диаметр, равный четырем (4) футам (~1,2 м), и длину, равную двадцати (20) футам (~6,1 м), с объемом, равным 1880 галлонам США (~7117 литров), причем раствор 302 может занимать от 1/2 до 3/4 объема или от 940 до 1410 галлонов (от ~3558 до 5337 литров). В этом способе обработки большая часть удаления загрязняющих веществ происходит в 25 свободном пространстве 304, где пары композиции для обработки смешиваются с обрабатываемым газом 305, так что подходящим является наличие свободного пространства, составляющего 1/2 объема реакционной камеры или более. Загрязненный газ 305 можно отрегулировать так, чтобы он тек в нижнюю часть реакционной камеры на основании закона Стокса с образованием пузырьков, а 30 пузырьки поднимались с желаемым временем контакта с жидкостью, например – лежащим в диапазоне от 0,5 до 10 секунд, и предпочтительно равным по меньшей мере 1,5 секундам. Для этого можно использовать выпускное сопло 306, содержащее многочисленные мелкие выпускные отверстия, сделанные в нем, или можно использовать средства для прерывания потока газа через композицию 35 для обработки в реакционной камере, такие как средства прерывания, описанные выше. Альтернативно, газ 305 можно непосредственно подавать в свободное

пространство 304 без пропускания в форме пузырьков через композицию для обработки.

Когда газ проходит через композицию для обработки, часть содержащихся в нем загрязняющих веществ, удаляется, как указано выше, а затем загрязняющие вещества дополнительно удаляются парами композиции для обработки в свободном пространстве 304, прежде чем обработанный газ выгружается из реакционной камеры в ее верхней части 310. Композицию для обработки на основе углеводородной жидкости можно подавать в реакционную камеру через впускное устройство 312; датчик уровня 315 можно использовать для установки и регулирования уровня композиции 302 для обработки в реакционной камере, а датчик 316 можно использовать для текущего контроля pH композиции 302. Когда поток загрязненного газа проходит очистку в реакционной камере, щелочные химикаты, такие как гидроксидное соединение (или соединения), содержащиеся в растворе, реагируют с загрязняющими веществами, содержащимися в газе, и pH раствора прогрессивно снижается. Хотя в композиции для обработки образуется или выпадает мало осадков, или они вообще не выпадают из-за присутствия органических кислот, таких как фульвовая кислота и гуминовая кислота, в композиции, но как только pH раствора снижается до значений, лежащих в диапазоне от 10 до 9, композицию для обработки признают отработанной согласно способу обработки, и отработанную композицию можно удалить, например – через выпускное устройство 318 для отходов в дне реакционной камеры. Затем в реакционную камеру можно загрузить другой объем композиции для обработки, и процесс обработки можно продолжить с повторением этих стадий в течение желаемого времени. Способ обработки может быть автоматизирован с использованием контроллера 320, такого как программируемый ECU, который получает входные сигналы от датчиков 315, 316 и регулирует поток раствора и газа в реакционную камеру 300 и из нее посредством открывания и закрывания различных клапанов с электромагнитным управлением, связанных с соответствующими различными впускными и выпускными устройствами реакционной камеры 300. Спирт, содержащийся в отработанной композиции для обработки, можно выделить посредством дистилляции или другим подходящим способом и повторно использовать. Альтернативно, поскольку в отработанной композиции для обработки всегда содержится некоторое количество непрореагировавшего гидроксидного соединения (или соединений) и/или органической кислоты (или кислот), то отработанную композицию можно добавить к попутной воде, извлеченной из подземного пласта совместно с сырой нефтью и

природным газом, с целью снижения содержания H_2S и других загрязняющих веществ в попутной воде, прежде чем она будет инжектирована обратно в подземный пласт. Может иметься промышленная ценность снижения количеств H_2S и других загрязняющих веществ в попутной воде перед ее инжекцией обратно в подземный пласт.

Показано, что композиция для обработки и способ обработки согласно третьему иллюстративному варианту осуществления настоящего изобретения являются эффективными и экономически выгодными для полного удаления загрязняющих веществ, таких как H_2S , CO_2 , металлы и т.п., из газов, в том числе из природного газа, дымовых газов, образующихся при сжигании ископаемого топлива, которые в характерном случае имеют высокие концентрации CO_2 и SO_2 , и т.п. Газы, обработанные с использованием спиртовой композиции для обработки и способа обработки, в том числе природный газ, являются настолько чистыми, что они могут быть непосредственно и безопасно использованы потребителями без дальнейшей обработки. Так, например, если способ обработки осуществляют в скважине или вблизи от скважины, из которой извлекают газ, то газ можно сжать с получением сжиженного нефтяного газа (LPG) прямо на месте с использованием подходящего оборудования, и в качестве дополнительного преимущества способа обработки могут быть значительно снижены расходы на транспортировку и хранение обработанного природного газа, если он сжат с получением LPG.

Кроме того, автор настоящего изобретения определил, что композиция для обработки и способ обработки согласно третьему открытию авторов настоящего изобретения являются особенно эффективными и экономически выгодными в отношении полного удаления загрязняющих веществ, таких как H_2S , CO_2 , металлы и т.п., из газов при использовании их в комбинации с щелочной водной промывкой согласно второму иллюстративному варианту осуществления настоящего изобретения, описанному в данной публикации. Показано, что при совместном последовательном использовании композиции/растворы для обработки и способы обработки согласно второму и третьему иллюстративным вариантам осуществления настоящего изобретения являются очень подходящими и экономически целесообразными для обработки загрязненных газов, в том числе природного газа, непрерывно с большой объемной скоростью и независимо от количеств H_2S , CO_2 и других загрязняющих веществ в загрязненных газах. Щелочной водный промывочный раствор согласно второму варианту осуществления настоящего изобретения является очень эффективным в отношении удаления всех солей и большей части других загрязняющих веществ из газов при относительно низких

затратах. Даже несмотря на то, что при этом может потребоваться периодическая или регулярная замена щелочного водного промывочного раствора, когда он истощается, или восстановление концентрации щелочного водного промывочного раствора в непрерывном режиме, все же щелочной водный промывочный раствор преимущественно содержит воду и щелочные вещества, такие как гидроксидные соединения, которые являются относительно недорогими. С другой стороны, хотя композиция для обработки на основе углеводородной жидкости, используемая в способе обработки согласно третьему варианту осуществления настоящего изобретения, может иметь значительно более высокую стоимость единицы объема, чем щелочной водный промывочный раствор, количество загрязняющих веществ, удаляемых с использованием этой композиции для обработки на основе спирта и способа, является относительно малым по сравнению с количествами загрязняющих веществ, которые первоначально удаляются посредством щелочной водной промывки, если два способа используют совместно последовательно. Если способы обработки согласно второму и третьему вариантам осуществления настоящего изобретения осуществляют последовательно, то композицию для обработки на основе углеводородной жидкости можно использовать для удаления всех или большей части оставшихся загрязняющих веществ из значительно большего объема загрязненного газа, прежде чем композиция для обработки на основе углеводородной жидкости истощится, и ее необходимо будет заменить или восстановить, по сравнению с щелочным водным промывочным раствором, что помогает поддерживать практичность и экономическую эффективность способов обработки.

В качестве примера, автор настоящего изобретения определил, что в случае потока природного газа, непрерывно текущего в количестве, лежащем в диапазоне от пяти до десяти миллионов куб. футов (от ~141584 до ~283168 м³) в день, и содержащего примерно по 30000 частей/млн каждого из H₂S и CO₂, а также значительные количества других серосодержащих соединений, включающих в себя меркаптаны и тиофены, БТЭКС соединения, водяной пар, соли и металлы и т.п., такой поток можно удовлетворительно обработать для удаления и/или снижения содержания всех загрязняющих веществ до безопасных, приемлемых уровней с использованием двух реакторов типа пузырьковых колонн - одного для щелочного водного промывочного раствора, и второго для композиции для обработки на основе спирта. Каждый из этих реакторов может иметь диаметр, равный четырем (4) футам (~1,2 м), и высоту, равную двадцати (20) футам (~6,1 м), один из них содержит примерно 1410 галлонов (~5337 литров) щелочного водного промывочного

раствора, а второй содержит примерно 1410 галлонов (~5337 литров) композиции для обработки на основе спирта, которые заполняют нижние пятнадцать (15) футов (~4,6 м) каждого реактора, оставляя пять (5) футов (~1,5 м) свободного пространства. И в этом случае щелочной водный промывочный раствор признают отработанным, и его следует заменить, если pH снижается от начального уровня, равного примерно 11, до значения, лежащего в диапазоне от 9 до 8, что в характерном случае происходит каждый час, а раствор для обработки на основе углеводородной жидкости признают отработанным и заменяют, когда его pH снижается от начального значения, равного 14, до значения, лежащего в диапазоне от 10 до 9, что в обсуждаемых условиях может иметь место примерно через каждые восемь (8) – десять (10) часов.

В целом, комбинация композиций для обработки и способов обработки согласно второму и третьему вариантам осуществления настоящего изобретения является очень эффективной и экономичной при удалении загрязняющих веществ из газов и/или снижении их содержания даже в высоко загрязненных газах практичным, экономически эффективным способом. Очень важно, что даже природный газ из месторождений по всему миру, которые в настоящее время остаются невоскритыми или законсервированными, и для которого ранее не было известного экономически эффективного способа обработки, можно успешно обрабатывать с использованием этой комбинации второго и третьего открытий авторов настоящего изобретения. Кроме того, если первое открытие автора настоящего изобретения первоначально использовали для обработки смеси сырой нефти и природного газа, то это добавит дополнительное преимущество и экономическую эффективность обработке этих текучих сред. Также комбинация композиций для обработки и способов обработки согласно второму и третьему открытиям автора настоящего изобретения можно эффективно и экономично использовать для реализации стратегии связывания углерода и минимизации его неблагоприятных воздействий на окружающую среду. Например, если загрязненный газ содержит 80000 частей/млн или более CO_2/CO , например – поток природного газа или газообразные продукты сгорания ископаемого топлива из тепловых электростанций в объеме 13 миллионов куб. футов (~368119 м³) в день, то комбинация способов обработки согласно второму и третьему открытиям может обеспечить удаление 57058 кг или 63 тонн в день CO_2 , который в противном случае мог быть выброшен в атмосферу. Опять-таки, промывка щелочной водной промывочной жидкостью сама по себе может удалить большую часть CO_2 , и, соответственно, ее можно использовать для осуществления стратегии связывания

углерода и минимизации его неблагоприятных воздействий на окружающую среду и для получения выгодных «углеродных» кредитов.

Пример загрязненного природного газа, обработанного с использованием комбинации композиций для обработки и способов обработки согласно второму и третьему вариантам осуществления настоящего изобретения

Автор настоящего изобретения обработал высоко загрязненный природный газ из скважины с использованием растворов/композиций для обработки и способов обработки согласно второму и третьему иллюстративным вариантам осуществления настоящего изобретения, описанным в данной публикации. Природный газ изначально содержал 60000 частей/млн H_2S и примерно 160000 частей/млн CO_2 , а также некоторые другие загрязняющие вещества, включавшие в себя воду, соли, другие серосодержащие соединения, такие как меркаптаны и тиофены, БТЭК химикаты и металлы, а после обработки согласно второму и третьему иллюстративным вариантам осуществления настоящего изобретения, описанным в данной публикации, обработанный природный газ по существу не содержал загрязняющих веществ и был готовым для продажи и безопасного использования потребителями, что было подтверждено посредством анализа обработанного газа с использованием газового хроматографа (GC; от англ.: gas chromatograph). Как отражено в результатах GC, необработанный газ дал 58 пиков, отражающих желательное содержание природного газа и различные загрязнения. После обработки с использованием щелочного водного промывочного раствора согласно второму варианту осуществления настоящего изобретения, который снизил содержание и/или удалил большую часть загрязняющих веществ, обработанный газ дал 61 пик, что является увеличением по сравнению с 58 пиками необработанного газа и свидетельствует о том, что некоторые компоненты и/или загрязняющие вещества в необработанном газе были замаскированы другими компонентами необработанного газа и были выявлены за счет обработки щелочным водным промывочным раствором. В конечном итоге, после дополнительной обработки с использованием композиции для обработки на основе спирта и способа обработки согласно третьему варианту осуществления настоящего изобретения, обработанный газ дал всего 17 пиков, которые по существу все относились к желаемым компонентам природного газа и показали, что обработанный газ был исключительно чистым и безопасным для использования. Опять-таки, такой чистый газ можно продавать для прямого, безопасного использования потребителями, и его можно сжимать с получением LPG для дополнительной экономии расходов, связанных с хранением и транспортировкой чистого газа.

Общая стратегия экономически выгодной обработки сырой нефти и природного газа из скважины

Хотя комбинация растворов/композиций для обработки и способа обработки согласно второму и третьему иллюстративным вариантам осуществления настоящего изобретения, описанным в данной публикации, является очень эффективной для экономичной обработки загрязненных газов, таких как природный газ, как описано выше, однако, если первое открытие автора настоящего изобретения первоначально использовать для обработки смеси сырой нефти и природного газа, это добавит дополнительное преимущество и экономическую выгоду при обработке этих текучих сред. Если обратиться к Фиг. 4, то она является блок-схемой, объясняющей, как различные варианты осуществления настоящего изобретения можно использовать совместно для экономически эффективного снижения содержания загрязнений в потоке смешанных текучих сред, например – в потоке сырой нефти и природного газа из скважины. Как показано, сырой природный газ, сырую нефть и попутную воду (SWD) получают из скважины 1, и они текут в 3-ходовой сепаратор 2, который разделяет их на три различных выходящих потока. Потоки природного газа и сырой нефти можно повторно объединить, чтобы они совместно текли в одном трубопроводе 4 в форме смеси, тогда как попутную воду SWD можно утилизировать посредством инъекции обратно в подземный пласт. Затем соответствующую дозу первой композиции для обработки, например – одну из композиций согласно ранее сформулированным предложениям авторов настоящего изобретения, описанным в публикации PCT/US2018/064014 и в «Патенте '911», можно инжектировать в смешанный поток нефти и газа в трубопроводе 4 из источника 6 композиции с использованием насоса 5. После того как смешанный поток нефти и газа и композиции для обработки протечет по трубопроводу 4 некоторое расстояние или в течение некоторого времени, например – одну или более миль или от 15 минут до 120 минут, сырую нефть отделяют от природного газа с получением двух разных потоков, причем сырую нефть направляют в резервуарный парк 9 для обработанной нефти или в другое место, а природный газ продолжает течь по трубопроводу для дальнейшего снижения содержания и удаления загрязняющих веществ. К этому моменту загрязняющие вещества из сырой нефти, в том числе H_2S и CO_2 , уже в достаточной мере или полностью удалены с использованием первой композиции для обработки, инжектированной в трубопровод 4, хотя загрязняющие вещества, содержание которых снижено, остаются в сырой нефти и не выпадают в осадок из нее из-за органических кислот, таких как фульвовая кислота и гуминовая кислота,

содержащихся в первой композиции для обработки, однако такая очищенная сырая нефть легко принимается нефтеперерабатывающими заводами и трубопроводами, ведущими к нефтеперерабатывающим заводам.

Поток природного газа также содержит некоторые загрязняющие вещества, которые частично удалены, и/или содержание которых снижено за счет первой композиции для обработки, инжектированной в трубопровод 4, но он все еще может содержать значительное количество загрязняющих веществ, включающих в себя соли, H_2S и CO_2 и т.п. Затем природный газ обрабатывают в щелочном водном промывочном растворе, содержащемся в первой реакционной камере 7, например – в пузырьковой колонне № 1, согласно второму иллюстративному варианту осуществления настоящего изобретения, при этом содержание большей части загрязняющих веществ в природном газе снижается и/или они удаляются щелочным водным промывочным раствором. В заключение, природный газ обрабатывают с использованием второй композиции для обработки на основе спирта во второй реакционной камере 8, например – в пузырьковой колонне № 2, согласно третьему иллюстративному варианту осуществления настоящего изобретения, при этом содержание всех или по существу всех загрязняющих веществ, оставшихся в природном газе, в том числе H_2S и CO_2 , снижается до безопасных, принятых на государственном уровне концентраций, хотя загрязняющие вещества, содержание которых снижено, остаются в природном газе и не выпадают в осадок из него из-за органических кислот, таких как фульвовая кислота и гуминовая кислота, содержащихся в композиции для обработки на основе спирта. К этому моменту обработанный природный газ, выгружаемый из второй реакционной камеры, является вполне безопасным для прямого использования потребителями и/или для сжатия с получением LPG.

Предыдущее описание приведено исключительно для ясности понимания, и из него не следует извлекать необязательные ограничения, поскольку специалистам в данной области техники могут быть очевидными модификации в пределах объема настоящего изобретения, и они охвачены прилагаемой формулой изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ обработки для снижения содержания загрязняющих веществ в смеси загрязненных текучих сред, включающей в себя по меньшей мере одну жидкую текучую среду и по меньшей мере одну газообразную текучую среду, причем способ включает в себя следующие стадии: приготовление жидкой композиции для обработки, содержащей по меньшей мере 80 об. % водного раствора, содержащего по меньшей мере одно гидроксидное соединение в суммарной концентрации, лежащей в диапазоне от 35 до 55 масс. %, и по меньшей мере одну органическую кислоту, выбранную из группы, состоящей из фульвовой кислоты и гуминовой кислоты, в суммарной концентрации, лежащей в диапазоне от 0,1 до 5 масс. % композиции для обработки; добавление дозы композиции для обработки к смеси загрязненных текучих сред, включающей в себя жидкую часть и газообразную часть; и обеспечение возможности реакции композиции для обработки со смесью загрязненных текучих сред в течение по меньшей мере 10 минут, причем рН композиции для обработки равен по меньшей мере 13,0, и водный раствор содержит по меньшей мере одно из гидроксида натрия и гидроксида калия.

2. Способ обработки по п. 1, в котором смесь загрязненных текучих сред находится в форме текущего потока смеси текучих сред, причем стадия добавления включает в себя добавление по меньшей мере одной дозы композиции для обработки к потоку смеси текучих сред для доведения рН смеси текучих сред, содержащей добавленную к ней композицию для обработки, до примерно 10, но не более 10,5 в локальной зоне, в которой композицию для обработки добавляют к потоку смеси текучих сред, и направление потока смеси текучих сред, содержащей добавленную к ней композицию для обработки, по трубопроводу для обеспечения возможности для композиции для обработки снизить содержание загрязняющих веществ в смеси текучих сред.

3. Способ обработки по п. 2, в котором текущий поток содержит жидкий водный компонент, жидкий углеводородный компонент и компонент природного газа, причем способ обработки включает в себя дополнительные стадии:

отделение жидкого компонента на основе воды от жидкого компонента на основе углеводородов и компонента природного газа обработанного потока смешанных текучих сред после стадии направления потока смеси текучих сред, объединение жидкого компонента на основе углеводородов и компонента

природного газа с получением нового потока смеси текучих сред, добавление по меньшей мере одной дополнительной дозы композиции для обработки к новому потоку смеси текучих сред и обеспечение возможности дальнейшего снижения композицией для обработки содержания загрязняющих веществ в новом потоке смешанных текучих сред.

4. Способ обработки по п. 2, в котором в общей сложности по меньшей мере одна доза композиции для обработки, добавленная к потоку смеси текучих сред и новому потоку смеси текучих сред, лежит в диапазоне от 2 до 10 галлонов (от ~7,6 до ~37,9 литров) композиции для обработки, добавляемых в час, исходя из объема потока смешанных текучих сред, составляющего от 200 до 1000 галлонов (от ~757,1 до ~3785,4 литров) в час жидкости и от 416667 до 2083333 куб. футов (от ~11799 до ~58993 м³) в час газа.

5. Способ обработки по п. 2, в котором поток смеси текучих сред изначально содержит более 1000 частей/млн каждого из H₂S и CO₂.

6. Способ обработки по п. 2, в котором композицию для обработки добавляют к потоку смешанных текучих сред во множестве мест.

7. Способ обработки по п. 1, в котором смесь загрязненных текучих сред включает в себя сырую нефть и природный газ.

8. Способ обработки по п. 1, в котором вода и по меньшей мере одно гидроксидное соединение составляют по меньшей мере 90 масс. % композиции для обработки.

9. Способ обработки для удаления и/или снижения содержания загрязняющих веществ в загрязненном газе, включающий в себя следующие стадии: приготовление щелочного водного промывочного раствора, имеющего рН, равный примерно 11, посредством добавления по меньшей мере одного гидроксидного соединения к воде; помещение объема щелочного водного промывочного раствора в реакционную камеру; пропускание потока загрязненного газа через водный промывочный раствор в реакционной камере для обеспечения снижения содержания загрязняющих веществ в загрязненном газе и/или выпадения их в осадок в щелочном водном промывочном растворе до тех пор, пока рН щелочного

водного промывочного раствора не снизится до значений, лежащих в диапазоне от 9 до 8; замена щелочного водного промывочного раствора в реакционной камере дополнительным количеством щелочного водного промывочного раствора, имеющего рН, равный примерно 11.

5

10. Способ обработки по п. 9, в котором загрязненный газ регулируют так, чтобы он имел время контакта, лежащее в диапазоне от 0,5 до 10 секунд, когда его барботируют или иным образом пропускают через щелочной водный промывочный раствор.

10

11. Композиция для обработки для снижения содержания H_2S , CO_2 и других загрязняющих веществ в загрязненном газе, содержащая: жидкость на основе углеводородов и по меньшей мере одно гидроксидное соединение, диспергированное или растворенное в жидкости на основе углеводородов, причем по меньшей мере одно гидроксидное соединение, диспергированное или растворенное в жидкости на основе углеводородов, составляет от 30 до 50 масс. % композиции для обработки, при этом по меньшей мере одно гидроксидное соединение включает в себя по меньшей мере одно из гидроксида калия и гидроксида натрия, и рН композиции для обработки лежит в диапазоне от 13 до 14,0.

20

12. Композиция для обработки по п. 11, дополнительно содержащая по меньшей мере одну органическую кислоту, выбранную из группы, состоящей из фульвово́й кислоты и гуминовой кислоты, причем по меньшей мере одна органическая кислота составляет от 0,1 до 6,0 масс. % композиции для обработки.

25

13. Композиция для обработки по п. 11, дополнительно содержащая хелатирующий агент, причем хелатирующий агент составляет от 0,1 масс. % и 5 масс. % композиции для обработки.

30

14. Композиция для обработки по п. 11, дополнительно содержащая от 0,1 до 8 масс. % сульфида натрия (HNa_2S).

15. Композиция для обработки по п. 11, в которой жидкость на основе углеводородов включает в себя спирт, толуол, гексан, ксилол и смеси этих жидкостей.

35

16. Композиция для обработки по п. 11, дополнительно содержащая полимер, причем полимер составляет от 0,1 до менее чем 5 масс. % композиции для обработки.

5

17. Композиция для обработки по п. 11, дополнительно содержащая воду, причем вода составляет от 1 об. % до 50 об. % композиции для обработки.

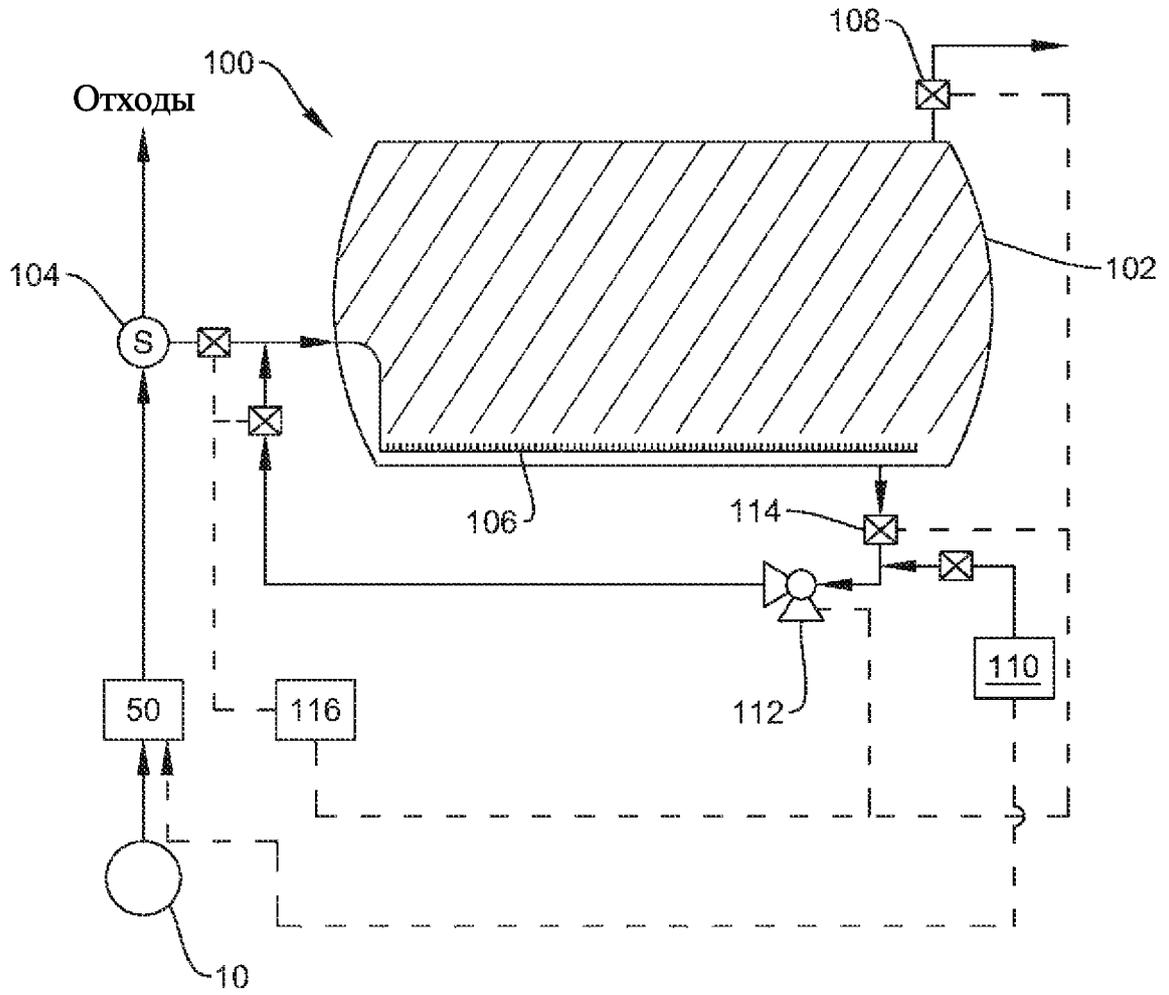
18. Способ обработки для удаления и/или снижения содержания загрязняющих веществ в загрязненном газе, включающий в себя следующие стадии: обеспечение объема композиции для обработки на основе спирта по п. 11 в реакционной камере так, чтобы в реакционной камере имелось свободное пространство над композицией для обработки на основе спирта; барботирование или иное пропускание потока загрязненного газа через композицию для обработки на основе спирта в реакционной камере и через свободное пространство, чтобы вызвать снижение содержания загрязняющих веществ в загрязненном газе, до тех пор, пока рН композиции для обработки на основе спирта не снизится до значений, лежащих в диапазоне от 10 до 9; выгрузка композиции для обработки на основе спирта из реакционной камеры; и повторение этих стадий.

15
20

19. Способ обработки по п. 18, в котором загрязненный газ регулируют так, чтобы он имел суммарное время контакта, лежащее в диапазоне от 0,5 до 10 секунд, когда его барботируют или иным образом пропускают через композицию для обработки на основе спирта и через свободное пространство.

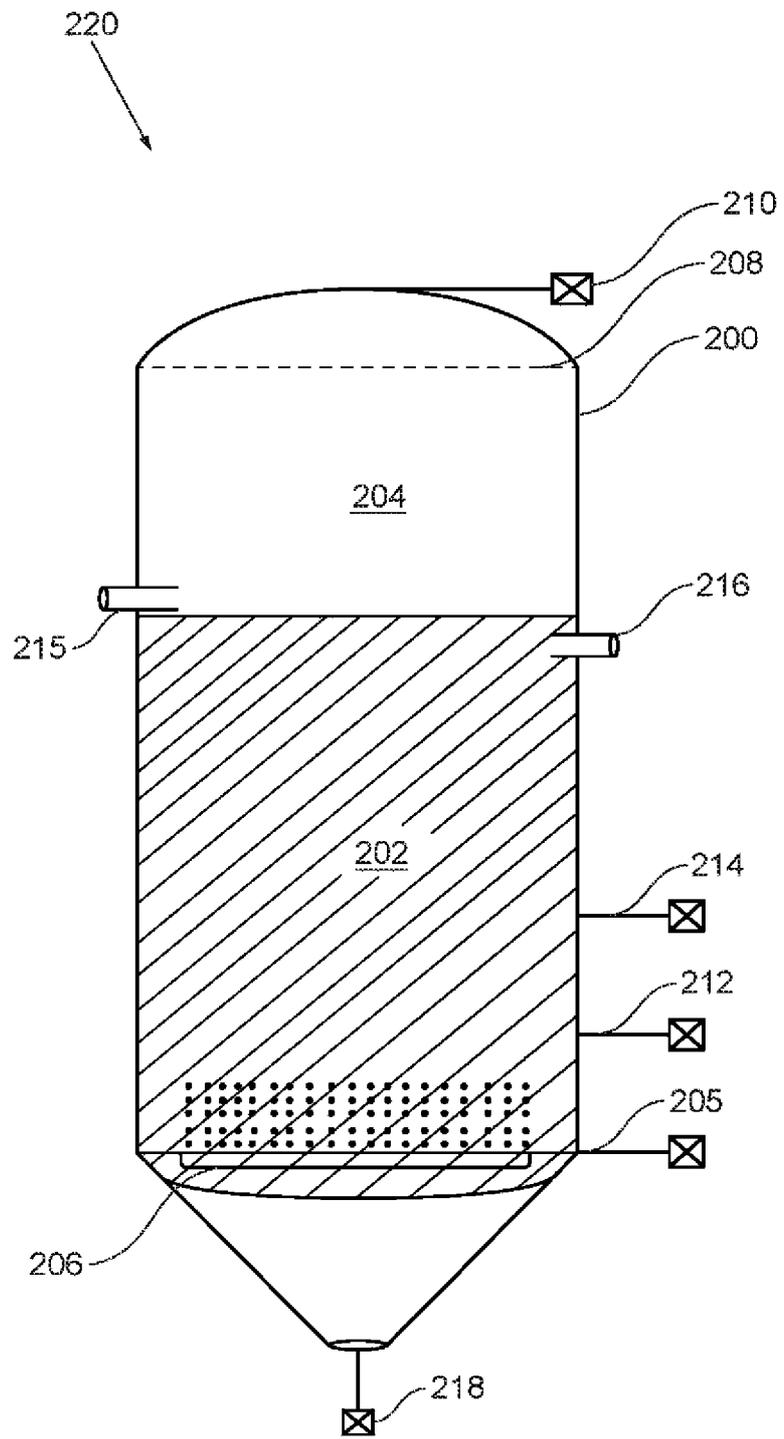
25

20. Способ обработки по п. 18, в котором стадии повторяют до тех пор, пока рН композиции для обработки на основе спирта не снизится до значений, лежащих в диапазоне от 10 до 9.

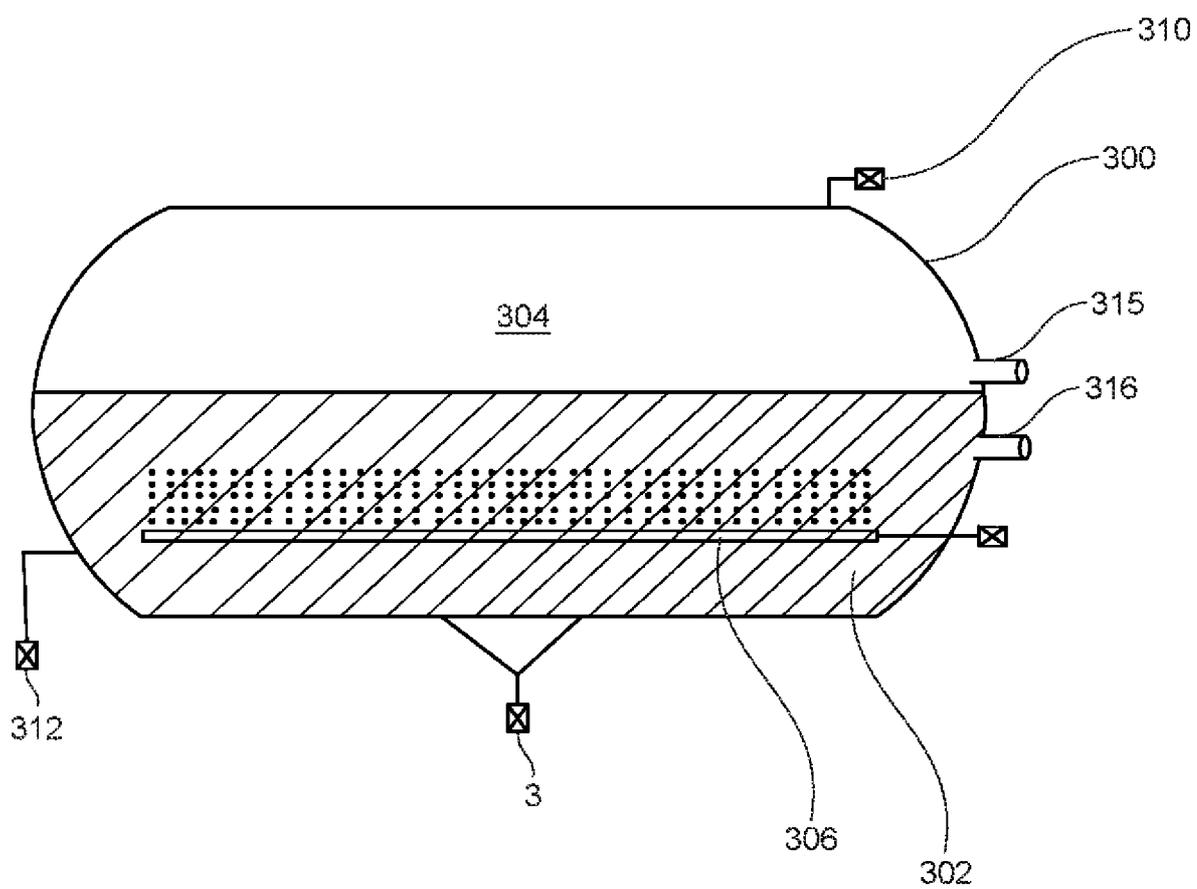


ФИГ. 1

2

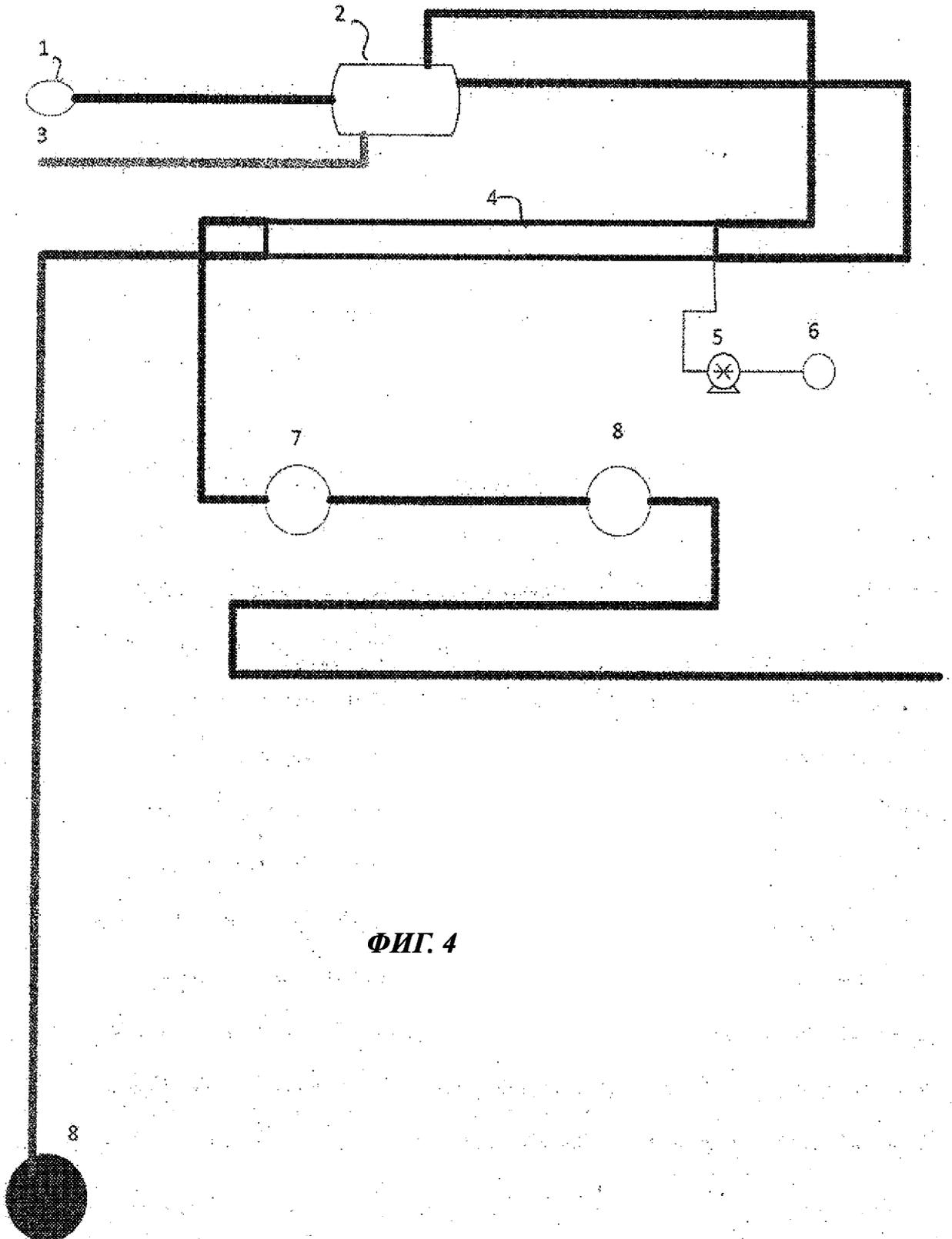


ФИГ. 2



ФИГ. 3

4



ФИГ. 4