

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 202293144 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2023.01.31

(51) Int. Cl. C01B 17/05 (2006.01)
B01D 53/96 (2006.01)
C01B 17/04 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2017.10.12

(54) ОБРАБОТКА СЕРОВОДОРОДА В АЭРОБНЫХ УСЛОВИЯХ

(31) 62/408,253

(32) 2016.10.14

(33) US

(62) 201990898; 2017.10.12

(71) Заявитель:
БИОСИСТЕМЗ КОНСАЛТИНГ,
ИНК. ДБА ЭДВЭНСТ ОКСИДЕЙШН
ТЕКНОЛОДЖИ (US)

(72) Изобретатель:
Кокс Генри Вилмор, мл. (US)

(74) Представитель:
Поликарпов А.В., Соколова М.В.,
Путинцев А.И., Черкас Д.А., Игнатьев
А.В., Билык А.В., Дмитриев А.В.,
Бучака С.М., Бельтюкова М.В. (RU)

(57) В конкретных типичных воплощениях можно обеспечить систему, механизм, устройство, производство и/или композицию вещества, адаптированную для операций и/или получающуюся в результате операций, и/или способ для операций, которые могут включать и/или относиться к приведению в контакт аэробного потока загрязненного газа с раствором, содержащим практически МГДА трехвалентного железа, аэробный поток загрязненного газа, содержащий сероводород.

A1

202293144

202293144

A1

Обработка сероводорода в аэробных условиях

Перекрестные ссылки на родственные заявки

Настоящая заявка испрашивает приоритет и включает в данную заявку посредством ссылки во всей полноте поданную 14 октября 2016 года предварительную патентную заявку США № 62/408,253 (Attorney Docket 1026-044).

Краткое описание чертежей

Широкое разнообразие возможных, выполнимых и/или полезных воплощений будет легче понять с помощью представленного в данной заявке неограничивающего, неисключающего описания конкретных типичных воплощений со ссылкой на типовые чертежи, на которых:

На Фиг. 1 представлен график загрязнения сероводородом во времени в типичном экспериментальном воплощении;

На Фиг. 2 представлен график сероводорода в потоке аэробного загрязненного газа в типичном экспериментальном воплощении;

На Фиг. 3 представлен график сероводорода в потоке аэробного чистого газа в типичном экспериментальном воплощении;

На Фиг. 4 представлен график выброса сероводорода при различных значениях pH в типичном экспериментальном воплощении;

На Фиг. 5 представлен график выброса сероводорода при различных значениях pH в типичном экспериментальном воплощении;

На Фиг. 6 представлен график выброса сероводорода во времени в типичном экспериментальном воплощении;

На Фиг. 7 представлена диаграмма типичного воплощения способа;

На Фиг. 8 представлена блок-схема типичного воплощения системы;

На Фиг. 9 представлена блок-схема типичного воплощения системы;

На Фиг. 10 представлен график выброса сероводорода во времени в типичном экспериментальном воплощении; и

На Фиг. 11 представлен график выброса сероводорода во времени в типичном экспериментальном воплощении.

Описание

Сульфированные органические соединения и сероводород (H_2S) являются основной проблемой для производств, являющихся источником неприятного запаха, по всему миру. Огромное число серосодержащих органических соединений, помимо сероводорода, преимущественно производятся, когда органическое вещество подвергают разложению с помощью микроорганизмов в анаэробных условиях.

Источники сероводорода в области очистки воды

Вещества, продуцирующие неприятный запах, обнаруженные в бытовых и промышленных сточных водах и осадке, являются небольшими и относительно летучими молекулами, имеющими молекулярные массы от 30 до 150 г/моль. Большинство из этих вещества получают при анаэробном разложении органической материи, содержащей серу и азот. Неорганические газы, получаемые при разложении бытовых и промышленных сточных вод, обычно включают сероводород, аммиак, диоксид углерода и метан. Из этих специально перечисленных газов, только сероводород и аммиак обладают неприятным запахом. Часто вещества, продуцирующие неприятный запах, включают пары органических веществ, таких как индолы, скатолы, меркаптаны и азотсодержащие органические вещества.

Сероводород является наиболее широко известным и наиболее дурно пахнущим газом, связанным с системами сбора и обработки бытовых вод. Его характерной особенностью является запах протухших яиц, он чрезвычайно токсичен и разрушителен в отношении металлов, таких как железо, цинк, медь, свинец и кадмий. Сероводород также является прекурсором в образовании серной кислоты, которая разрушает краски на основе свинца, цемент, металлы и другие материалы. Сероводород наносит вред инфраструктуре по всему миру вследствие своей высоко коррозионной природы.

Условия, приводящие к образованию H_2S , как правило, способствуют производству других органических соединений неприятным запахом. Таким образом, решение проблем с запахом H_2S , зачастую сможет также решить другие проблемы неприятного запаха. Многие неприятные запахи, детектируемые в системах сбора и обработки сточной воды, происходят из-за присутствия серосодержащих соединений, таких как аллилмеркаптан, амилмеркаптан, бензилмеркаптан, кротилмеркаптан и/или диметилсульфид.

Источники сероводорода в области получения энергии

Потребление природного газа значительно возросло благодаря технологическим усовершенствованиям в гидроразрыве пласта, расширению областей конечного применения и обширным мировым запасам. Мировое потребление топлива возросло за последние 40 лет в четыре раза, увеличившись с 23 триллионов кубических футов (TCF) в 1965 до 113 TCF в 2011.

Среди видов природного газа существует большое разнообразие. Один из таких видов природного газа называют кислым газом (который представляет собой тип “неочищенного газа” или “загрязненного газа”, упоминающегося в данной заявке). Кислый газ относится к природному газу, который содержит значительные количества кислотных газов с низким pH, таких как сероводород и диоксид углерода (CO₂).

Природный газ, который считают кислым, содержит больше чем приблизительно 5,7 миллиграммов H₂S на кубический метр (ppm), что примерно соответствует 4 частям на миллион по объему при стандартных температуре и давлении. Напротив, другой такой вид природного газа называют сладким газом. Сладкий газ является предпочтительнее кислого газа, потому что он не содержит такой степени загрязнителей, как обнаружена в кислом газе. По данным Международного энергетического агентства, за исключением Северной Америки, кислый газ составляет примерно 43% общемировых запасов природного газа, а остальное составляет сладкий газ.

Существует множество причин, почему кислый газ является проблемой для отрасли природного газа. К ним относятся проблемы здоровья и безопасности людей, коррозия бурового и добывающего оборудования, а также коррозия газопроводов, используемых для транспортировки. Согласно данным Управления по безопасности и гигиене труда (OSHA), обнаружили, что сероводород заметно пахнет при 0,01 - 1,5 ppm, и может вызывать тошноту и головокружение в диапазоне 2 – 20 ppm. При 100 ppm, H₂S вызывает кашель, раздражение глаз и обонятельную усталость (потеря обоняния). При 500 ppm смерть может наступить через 30 - 60 минут воздействия, а при 1000 - 2000 ppm смерть может наступить практически мгновенно. По этим причинам OSHA установила общеотраслевое верхнее предельное значение в 20 ppm. В период с 1993 по 1999, в Соединенных Штатах из-за сероводорода произошло 52 смертельных случая. Общие отрасли промышленности, подверженные воздействию сероводорода, вызвавшего смертельные случаи, включали отрасли по утилизации отходов и отрасли связанные с нефтью и природным газом.

Коррозия оборудования, связанного с добычей и транспортировкой, также является серьезной проблемой, которая, безусловно, приводит к огромным затратам для

промышленности. Хотя всестороннее исследование совокупных затрат вызванной сероводородом коррозии в отрасли природного газа в Соединенных Штатах выявлено не было, Национальная ассоциация инженеров по коррозии (NACE) оценила, что общие затраты на коррозию при дистрибуции газа и разведке и добыче нефти и газа составляют примерно \$6,5 миллиардов в год. Кроме того, несколько исследований выявили, что газообразный сероводород является основным источником коррозии в нефтяной и газовой промышленности и может быть причиной того, что называют сульфидным растрескиванием под действием напряжения (SSC) (известное также как сероводородное растрескивание, сульфидное коррозионное растрескивание и/или сульфидное коррозионное растрескивание под действием напряжения). Что касается газопроводов для природного газа, SSC может происходить как внутри газопровода из-за присутствия сероводорода внутри трубопровода для газа, так и снаружи, где сероводород присутствует в почве и воде вокруг трубы. Было установлено, что внутреннее SSC встречается гораздо чаще, чем внешнее, которое встречается редко. Как правило, коррозия, вызванная сероводородом, может происходить по двум основным механизмам: 1) материалы подвергаются воздействию кислоты, образующейся при контакте сероводорода с влагой, и 2) прямая реакция с металлами, включая медь, железо и серебро. С учетом обширности запасов кислого газа, становится очевидно, что существует значимая потребность в технологиях, которые могут по существу сократить и/или по существу исключить сероводород экономически эффективным и экологически ответственным образом.

Физические и химические свойства сероводорода

Сероводород - бесцветный газ, который обладает неприятным запахом (запахом тухлых яиц) и немного тяжелее воздуха. Воздействие на человека небольшого количества сероводорода в воздухе может вызвать головную боль, тошноту и раздражение глаз. Более высокие концентрации могут вызвать паралич дыхательной системы, что приводит к обмороку и возможной смерти.

Присутствие H_2S обусловлено не столько разрушением органического вещества, сколько бактериальным восстановлением сульфата. Под этим подразумевается, что некоторые бактерии способны отщеплять кислород от сульфат-иона, $SO_4^{=}$, широко распространенного компонента природных вод, и использовать его для окисления органического вещества. После этого сера остается в форме сульфид-иона, $S^{=}$, который сразу обменивается по реакции с водой с получением смеси H_2S , HS^- (читается HS-ион

или гидросульфид) и S^{2-} . Общепринято, что количество каждого присутствующего вида полностью зависит от pH воды.

H_2S – это газ, который немного тяжелее воздуха. Он конденсируется в жидкость только при низкой температуре $-62^\circ C$. Он хорошо растворим в воде. При $20^\circ C$ он может растворяться в чистой воде до уровня 3850 миллиграммов на литр (мг/л), или 2,7 литра газа H_2S на литр воды. Растворимость уменьшается на примерно 2,5 % на каждый градус повышения температуры. Заявленная растворимость представляет собой количество, которое будет растворяться при контакте чистого газа с чистой водой. Общепринято, что из H_2S , разбавленного воздухом, сероводород будет растворяться только пропорционально его концентрации в газовой смеси. Так, например, воздух, в котором концентрация H_2S составляет 0,1 % (1000 частей на миллион, ppm) по объему H_2S , при приведении в равновесие с чистой водой при $20^\circ C$ приведет к получению раствора, содержащего 3,85 мг/л. Иными словами, вода, содержащая 3,85 мг/л H_2S , может давать концентрацию 0,1 % или 1000 ppm в воздухе, приведенном с нею в контакт. Один мг/л в растворе может давать концентрацию примерно 260 ppm по объему в воздухе, если температура составляет $20^\circ C$, или 330 ppm по объему, если температура составляет $30^\circ C$.

Таблица 1. Доли H_2S и HS^- в растворенном сульфиде

pH	Доля неионизированного H_2S	Доля HS^-
5,0	0,99	0,01
6,0	0,91	0,09
6,2	0,86	0,14
6,4	0,80	0,20
6,6	0,72	0,28
6,8	0,61	0,39
7,0	0,50	0,50
7,2	0,39	0,61
7,4	0,28	0,72
7,6	0,20	0,80
7,8	0,14	0,86
8,0	0,09	0,91
8,2	0,059	0,941

8,4	0,039	0,961
8,6	0,025	0,975
8,8	0,016	0,986
9,0	0,010	0,99

При растворении в воде сероводород частично ионизируется, так что он существует в виде смеси H_2S и HS^- . Доли, главным образом, зависят от pH раствора. В обычной природной воде при температуре 20°C и pH 7,0, только 50 % находится в виде ионов; то есть половина его присутствует в виде HS^- и половина присутствует в виде неионизованного H_2S . В Таблице 1 показаны доли ионизованного вещества при других уровнях pH. Температура и минеральный состав воды влияет на степень ионизации, но лишь в незначительной степени. Сульфид-ион, S^{2-} , также существует в воде, но не в значимых количествах, за исключением растворов, в которых pH выше 12. Данные по растворимости, приведенные в предыдущем абзаце, относятся только к равновесию между газом и слабокислым (с низким pH) раствором, полученным при его растворении в чистой воде, или между газом и неионизированным H_2S в такой воде, где pH не является низким.

Вопросы регулирования в отношении сероводорода

В соответствии с недавними правилами Агентства по охране окружающей среды США (US EPA) сероводород включили в список Закона по контролю за токсичными веществами (TSCA). Кроме того, Управление по безопасности и гигиене труда (OSHA) рассматривает дальнейшее снижение пределов воздействия для газообразного сероводорода с 10 ppm до 1 ppm для рабочих. Газообразный сероводород является основной проблемой на ряде промышленных и муниципальных очистных сооружений в США и в мире. Это основная проблема на водоочистных станциях, мусорных полигонах, и, в частности, в нефтяной отрасли промышленности от бурения до добычи, транспортировке по трубопроводу, хранении и, наконец, на предприятиях по переработке.

Обработка сероводорода

МГДА трехвалентного железа в сочетании с пероксидом водорода и/или другими окислителями может генерировать гидроксильные и/или свободные радикалы в достаточном количестве для заметного улучшения окислительного потенциала раствора до степени, которая обеспечивает окисление трудно окисляемых органических веществ и/или галогенированных органических соединений, которые в противном случае не

окисляются окислителями, такими как действующий отдельно пероксид водорода. Этот способ также может быть полезен для улучшения разложения сероводорода и/или других дурно пахнущих сульфированных органических соединений, таких как меркаптаны и/или тиолы, в применениях отработанной воды и/или “загрязненного” поток газа. Хотя гидроксильные и/или свободные радикалы могут быть фактором при окислении сульфида, стало очевидно, что другой механизм может помочь в обработке сероводорода, кроме прямого окисления пероксидом водорода и/или свободными радикалами.

Путем экспериментов, автор изобретения обнаружил способ применения МГДА трехвалентного железа для удаления сероводорода из аэробных атмосферных сред, который можно обрабатывать в неподвижном состоянии и/или при движении в виде потоков газа (то есть “газовых потоков”). До этих экспериментов не предполагалось, что сероводород в аэробной атмосферной среде можно извлечь путем контакта с жидким раствором МГДА трехвалентного железа с образованием соединения МГДА двухвалентного железа. Кроме того, не было очевидно, что соединение МГДА сульфида двухвалентного железа затем будет вступать в реакцию с доступным атмосферным кислородом в аэробной среде с разрушением (то есть окислением) связи железа с сульфидом с образованием элементной серы. Другим результатом этого процесса является, по-видимому, повторная активация МГДА двухвалентного железа до МГДА трехвалентного железа, так как доступный кислород окисляет двухвалентное железо в трехвалентное железо, что приводит к возврату МГДА трехвалентного железа в свой статус в качестве активного извлекающего агента для дополнительного сульфида. Оказалось, что этот цикл продолжается, не ослабевая, в течение многочисленных повторов рециклинга. Возможно также, что МГДА двухвалентного железа может играть роль в извлечении сульфида, когда кислород окисляет связанный сульфид до элементной серы путем извлечения дополнительного сульфида без возврата в сульфид трехвалентного железа. Возможно, что реализуются оба пути: и через трехвалентное железо, и через МГДА двухвалентного железа.

Лабораторные исследования

Лабораторные исследования, включающие барботирование “ потока неочищенного газа” (называемого также “ поток загрязненного газа”), содержащего содержащий сероводород тестовый газ через стеклянную колонку с приблизительно 0,5 %-ным раствором МГДА трехвалентного железа, показали, что сульфид извлекали из потока неочищенного газа с помощью МГДА трехвалентного железа в виде пузырька тестового

газа, который продвигался через жидкость. 0,5 %-ный раствор МГДА трехвалентного железа обеспечивал содержание железа в МГДА трехвалентного железа 225 мг/л. Испытания приблизительно 100 ppm содержащего сероводород тестового газа, барботируемого через столб жидкости, приводили к тому, что приблизительно 100 % газа H_2S удалялось в виде пузырьков газа, которые продвигались через высокий стеклянный сосуд высотой приблизительно один метр. Исходный светло-коричневый цвет наблюдался, пока раствор сохранял некоторое количество растворенного кислорода вследствие воздействия атмосферы. Поскольку содержащий сероводород тестовый газ содержал газ азот в качестве носителя для сероводорода и не содержал кислорода, кислород в жидкости был либо удален из раствора с помощью анаэробного тестового газа или был израсходован в реакции с сероводородом в растворе с образованием сульфита и/или сульфата. Как показано на Фиг. 1, как только кислород был полностью израсходован за приблизительно 20 минут, уровень жидкости стал постепенно снижаться, а цвет раствора стал черным перед тем, как начал происходить выброс сероводорода. Реакция железа и сульфида в таких условиях имеет классический черный цвет.

Исследования по обработке сероводорода в стеклянной колонне с помощью только МГДА трехвалентного железа выявили две вещи. Во-первых, сульфид быстро извлекали с помощью МГДА трехвалентного железа в виде пузырьков газа, которые передвигались вверх через жидкость, и, во-вторых, поскольку в условиях испытания гарантировали, что МГДА трехвалентного железа первоначально был аэробным, сероводород в тестовом газе извлекали в аэробной среде. Содержание кислорода контролировал с начала исследования и проверяли каждые 10 минут во время первоначальных оценочных испытаний с помощью измерителя кислорода YSI. Кислород медленно понижался от начала исследования и был полностью израсходован в растворе с помощью содержащего сероводород тестового газа в пределах 20 минут. Начальные уровни кислорода приблизительно составляли 6,3 мг/л в начале испытания, приблизительно 2,9 мг/л через 10 минут и 0,0 мг/л через 20 минут. Обработка сероводорода была завершена в течение первых 20 минут.

Важно отметить, что в последующем повторном исследовании, после почти полного выброса сероводорода в стеклянной испытательной установке, приблизительно 20 мг пероксида водорода добавляли в потерявший работоспособность испытательный сосуд, что приводило к повторной активации МГДА трехвалентного железа, чтобы, еще раз, полностью обработать содержащий сероводород тестовый газ при прохождении через испытательный цилиндр. Предполагается, что добавленный пероксид окислил связь

между сульфидом и МГДА трехвалентного железа, что привело к выделению сульфида в виде элементарной серы. После повторной активации испытательный раствор мог еще раз обработать содержащий сероводород тестовый газ без видимой потери эффективности. Раствор менял цвет от коричневого до желтоватого при окислении пероксидом, а также при значительном увеличении ОВП (окислительно-восстановительного потенциала) и содержании кислорода. ОВП возрастал от приблизительно -400 мВ, когда происходил выброс сероводорода, до приблизительно +10 мВ, а концентрация кислорода возрастала от 0,0 мг/л до приблизительно 6,8 мг/л при добавлении пероксида водорода. Последующие исследования приводили к повторной активации процесса при использовании только атмосферного кислорода. Оказалось, что осуществление извлечения сероводорода может проходить в аэробных условиях.

Хотя повторная активация насыщенного сульфидом МГДА трехвалентного железа может проходить в ситуации, когда насыщенный раствор МГДА трехвалентного железа начинает работать в условиях с очень низким ОВП (приблизительно -400 мВ) и нулевого уровня растворенного кислорода с добавлением кислорода или пероксида водорода, считают, что повторная активация может проходить непрерывно в полностью окисленной среде, такой как может существовать внутри системы скруббера в типичной установке по обработке сточных вод. Такое явление повторной активации может оказаться полезным для разработки экономичного процесса для этой технологии по удалению токсичного и коррозионного газа сероводорода из атмосферы и/или из потока неочищенного газа с образованием потока чистого газа.

Исследования в реальных условиях

Первоначальные исследования в реальных условиях относились к обработке аэробного сероводородсодержащего потока газа (который представляет собой тип “неочищенного потока газа”) в аэробной атмосфере. Завод по переработке сточных вод в Пейнтсвилле, Кентукки, повторно ввел в эксплуатацию старую скрубберную систему с набивной колонной для тестирования применения МГДА трехвалентного железа для вымывания сероводорода из аэробной атмосферы водозаборных сооружений завода для их сточных вод. Концентрация сероводорода в потоке газа регулярно превышала приблизительно 150 ppm. Сероводород в этой концентрации может представлять опасность для здоровья и/или существенную проблему коррозии для бетонных, металлических и/или электрических компонентов, с которыми он контактирует. После значительного ремонта этого старого оборудования, в отстойник скруббера загружали

приблизительно 160 галлонов МГДА трехвалентного железа с содержанием железа приблизительно 22,5 грамма/литр. Эта концентрация МГДА трехвалентного железа образует 50 %-ный раствор из МГДА трехвалентного железа и воды. Этот водный раствор непрерывно рециркулировали из отстойника с помощью насоса, который высасывал раствор из сосуда отстойника в верхнюю часть сосуда скруббера, где жидкость распылялась на полимерную набивку колонны с высокой площадью поверхности и затем стекала по каплям и/или протекала вниз через набивку. Поток неочищенного газа, содержащий загрязненный сероводородом воздух из водозаборных сооружений завода по очистке сточных вод, продували вверх через набивку колонны со дна скрубберной установки. Поток неочищенного газа протекал вверх через колонну, пока МГДА трехвалентного железа с водой в качестве носителя, накачанный из отстойника, проходил вниз через набивку колонны обратно в отстойник. Вода с МГДА трехвалентного железа непрерывно рециркулировала из отстойника в верхнюю часть колонны и вниз через колонну на протяжении всего исследования. Этот эксперимент длился с полудня 15 сентября 2016 до полудня 20 сентября 2016 и был остановлен из-за поломки внутри воздуходувки, которая препятствовала току потока газа через скруббер. На графике, приведенном на Фиг. 2, показана концентрация сероводорода в потоке аэробного неочищенного газа, поступающем в скруббер, а на графике, приведенном на Фиг. 3, показан сероводород в потоке аэробного чистого газа, выбрасываемого из установки. Сероводород в потоке газа систематически контролировали на входе в воздуходувку перед обработкой и в входной трубе после обработки с помощью Odalogs, продаваемого Detection Instruments из Феникса, Аризона. Из этих графиков совершенно ясно, что сероводород был успешно вымыт из потока газа с высокой эффективностью. В момент, когда были собраны эти данные, было реализовано приблизительно 40,8 % от рассчитанной мощности извлечения сульфида с помощью МГДА трехвалентного железа. Окрашенный светло-коричневый материал (элементную серу) собирали на стекле со стороны сосуда. Таким образом, оказывается, что извлечение и повторная активация происходили в полностью аэробных условиях в скрубберном сосуде. Повторную активацию водного раствора МГДА трехвалентного железа в аэробных условиях подтверждали, так как масса сероводорода, поступающего в скрубберную систему, по существу превышала мощность извлечения с помощью МГДА трехвалентного железа при сохранении приблизительно нулевой концентрации сероводорода, выпускаемого из скрубберной колонны в поток чистого газа.

Влияние pH раствора на эффективность VTX катализатора

Цель

Как объяснялось в данной заявке, МГДА трехвалентного железа (то есть диацетат метилглицина трехвалентного железа, который коммерчески доступен в виде катализатора бренда VTX) может быть очень эффективным при удалении сероводорода из водных и/или газообразных растворов. Для разработки систем обработки, которые могут предсказуемо удалять сероводород с помощью VTX, может быть полезно получить представление об ограничениях процесса обработки и/или удаления.

Этот эксперимент был разработан для определения влияния pH раствора VTX на его способность выделять серу в газе сероводороде. Концентрацию VTX раствора выбирали на низком уровне эффективности, чтобы продемонстрировать отсутствие извлечения в течение разумного периода времени.

Газообразный сероводород существует обычно в виде H_2S в газообразном состоянии, однако, поскольку концентрация гидроксид-ионов увеличивается в растворе на основе воды, молекула начинает превращаться из H_2S в комбинацию H_2S и гидросульфид-иона (то есть HS^-), которая превращается в гидросульфид и сульфид-ион (то есть S^{2-}) и наконец в 100 % сульфид-ион при повышении уровня pH с кислого до основного. Эти «виды» сероводорода более реакционноспособные, возможно улучшают способность к извлечению серы VTX катализатора. Считали возможным, что извлечение серы в VTX растворах при более высоких pH может протекать более эффективно, чем в растворах с более низким pH.

Для проверки этой гипотезы VTX растворы модифицировали с помощью разбавленных растворов каустической соды (NaOH) и соляной кислоты (HCl) для проверки диапазона уровней pH от ~ 5 до ~ 9 . Два неизменных VTX раствора служили в качестве контрольных образцов при pH ~ 7 . Эксперимент был разделен на две части для более хорошей оценки эффективности каждого отдельного раствора. В первой части эксперимента использовали возрастающие скорости потока газообразного сероводорода для анализа способности каждого раствора предотвращать выброс (то есть выброс газа при контакте с частицами VTX катализатора). Во второй части использовали постоянную скорость потока для анализа предотвращения выброса, количества обработанного газообразного сероводорода (в миллиграммах), и того, приводит или нет увеличение pH к увеличению времени до насыщения раствора. Из-за выбранного типа доставки сероводорода (то есть стандартный баллон на 200 ppm газообразного сероводорода в

носителе азоте), все эксперименты быстро прошли анаэробно при инициировании барботирования сероводорода через растворы VTX.

Способы

Двести (200) ppm газообразного сероводорода в газе азоте (который служит в качестве носителя) пропускали из сосуда под давлением через индикатор потока газа от Key Instruments (Модель номер MR3A04BVBVN) в хроматографическую колонку Ace Glass Incorporated на 1 литр (Модель номер 5889-40), содержащую различные растворы VTX катализатора. Сосуд под давлением был заказан в Custom Gas Solutions и содержал 1000 литров, 2000 фунтов на кв. дюйм (13,79 МПа) смеси с содержанием газа H_2S 200 ppm и остальное газа азота. Хроматографическая колонка содержала диск из спеченного стекла с пористостью 70-100 мкм и кран для контроля потока газа. Колонка имела внутренний диаметр 50 мм и высоту 610 мм от верхней части диска из спеченного стекла до верхней части колонки. Прозрачная пластиковая трубка соединяла сосуд с индикатором потока и хроматографической колонкой. H_2S газомер от Detection Instruments OdaLog Type L2 (Модель номер SL-H2S-1000, серийный номер 08406489) помещали в верхней части колонки для регистрации мгновенных уровней газа в млн долях (ppm).

Во время первого этапа эксперимента газообразный сероводород проходил через хроматографическую колонку со скоростями потока в диапазоне от 2 стандартных кубических футов в час (SCFH) (56,63 л/ч) до 22 стандартных кубических футов в час (623 л/ч). Скорости потока постоянно увеличивались с шагом 2 SCFH (56,63 л/ч) каждые 3 минуты, а показания по газу H_2S собирали каждые 30 секунд. Испытуемые растворы во время опытов содержали 2 мл VTX и 498 мл дистиллированной воды. Однопроцентный раствор каустической соды (то есть NaOH) использовали для изменения уровня pH каждого раствора до 7, 8 или 9, и неизменный раствор использовали для сравнения. Для неизменного VTX раствора зарегистрировали pH 6,1. Каждое испытание останавливали после того, как выброс сероводорода превышал 10 ppm.

Во время второго этапа эксперимента газообразный сероводород проходил через хроматографическую колонку со скоростями потока 1 или 2 стандартных кубических футов в час (28, 32 и 56,63 л/ч). Растворы, содержащие смесь 2 мл VTX и 748 мл дистиллированной воды и pH модифицировали путем добавления по каплям либо 1-процентного раствора каустической соды, NaOH, либо 1-процентного раствора соляной кислоты. Растворы с pH 5, 5,9 (неизменным), 7, 8 и 9, соответственно, испытывали с помощью постоянной скорости потока газа 1 стандартных кубических футов в час (SCFH)

(28,32 л/ч), и растворы с pH 7, 8 и 9 испытывали при скорости потока газа 2 SCFH (56,63 л/ч). Показания по газу сероводороду отбирали каждые 30 секунд и эксперименты заканчивали, когда выброс достигал 20 ppm. Во время pH модификации pH каждого раствора контролировали с помощью портативного ионометра 6+ Oakton (Модель номер WD-35613-82).

Каждый VTX раствор получали из коммерчески доступного VTX, который содержит 33,055 граммов (0,6 моль) железа, которое реагировало с 3,56 моль диацетата метилглицина на литр следующим образом:

Раствор	VTX на суммарное железо
2 мл VTX в 750 мл раствора (0,27 %)	88,15 мг/л (1,6 ммоль в виде Fe)
2 мл VTX в 500 мл раствора (0,40%)	132,22 мг/л (2,4 ммоль в виде Fe)

Данные

Следующие Таблицы 2 – 5 демонстрируют некоторые данные, собранные в ходе этого исследования, в отношении влияния изменений pH и скоростей потока газа на процесс.

Таблица 2: 2,0 мл VTX Раствора/Объем= 500 мл / pH=6,1						
Скорость потока (SCFH)/(л/ч)	30 секунд Показание по газу (ppm)	60 секунд Показание по газу (ppm)	90 секунд Показание по газу (ppm)	120 секунд Показание по газу (ppm)	150 секунд Показание по газу (ppm)	180 секунд Показание по газу (ppm)
2/56,63	1	2	4	4	4	3
4/113,26	4	6	6	6	6	6
6/169,89	6	8	8	8	9	9
8/226,52	11	-	-	-	-	-

Таблица 3: 2,0 мл VTX Раствора/ Объем= 500 мл / pH=7						
Скорость потока (SCFH)/(л/ч)	30 секунд Показание по газу (ppm)	60 секунд Показание по газу (ppm)	90 секунд Показание по газу (ppm)	120 секунд Показание по газу (ppm)	150 секунд Показание по газу (ppm)	180 секунд Показание по газу (ppm)
2/56,63	0	0	0	0	0	0
4/113,26	0	0	0	0	0	0
6/169,89	0	0	0	0	0	0

8/226,52	0	0	0	0	0	0
10/283,15	0	0	0	0	0	0
12/339,78	0	1	1	1	1	1
14/396,41	2	3	4	6	6	7
16/453,1	9	11	-	-	-	-

Таблица 4: 2,0 мл VTX Раствора/ Объем= 500 мл / pH=8

Скорость потока (SCFH)/(л/ч)	30 секунд Показание по газу (ppm)	60 секунд Показание по газу (ppm)	90 секунд Показание по газу (ppm)	120 секунд Показание по газу (ppm)	150 секунд Показание по газу (ppm)	180 секунд Показание по газу (ppm)
2/56,63	0	0	0	0	0	0
4/113,26	0	0	0	0	0	0
6/169,89	0	0	0	0	0	0
8/226,52	0	0	0	0	0	0
10/283,15	0	0	0	0	0	0
12/339,78	0	0	0	0	0	0
14/396,41	0	0	0	0	0	0
16/453,1	2	3	6	7	10	-

Таблица 5: 2,0 мл VTX Раствора/ Объем= 500 мл / pH=9

Скорость потока (SCFH)/(л/ч)	30 секунд Показание по газу (ppm)	60 секунд Показание по газу (ppm)	90 секунд Показание по газу (ppm)	120 секунд Показание по газу (ppm)	150 секунд Показание по газу (ppm)	180 секунд Показание по газу (ppm)
2/56,63	0	0	0	0	0	0
4/113,26	0	0	0	0	0	0
6/169,89	0	0	0	0	0	0
8/226,52	0	0	0	0	0	0
10/283,15	0	0	0	0	0	0
12/339,78	0	0	0	0	0	0

14/396,41	0	0	0	0	0	0
16/453,1	переливание	-	-	-	-	-

На Фиг. 4 приведено сравнение различных растворов VTX, содержащих 2 мл VTX и 748 мл дистиллированной воды. Скорость потока остается постоянной при 1 стандартном кубическом футе в час (28,32 л/ч) и показания брали каждые 30 секунд. На Фиг. 5 приведено сравнение различных растворов VTX, содержащих 2 мл VTX и 748 мл дистиллированной воды. Скорость потока сохраняли постоянной на уровне 2 стандартных кубических футов в час (56,63 л/ч) и показания брали каждые 30 секунд.

В следующих Таблицах 6 и 7 приведены дополнительные данные, собранные в ходе этого исследования, относительно влияния изменений pH и увеличения скорости потока на процесс.

Таблица 6: Скорость потока 1 SCFH (28,32 л/ч) / Объем 750 мл (ссылка на Фиг. 1)			
Раствор (с метками уровня pH)	Время до начала выброса (ч:мин:с)	Время до выброса 20 ppm (ч:мин:с)	Количество обработанного сероводорода (мг)
pH 5	0:02:00	1:47:00	13,21
pH 5,9	0:22:30	3:01:00	23,15
pH 7	2:07:00	3:20:00	26,07
pH 8	3:08:00	3:43:00	29,19
pH 9	5:04:00	7:22:30	57,54

Таблица 7: Скорость потока 2 SCFH (56,63 л/ч) / Объем 750 мл (ссылка на Фиг. 2)			
Раствор (с метками уровня pH)	Время до начала выброса (ч:мин:с)	Время до выброса 20 ppm (ч:мин:с)	Количество обработанного сероводорода (мг)
pH 7	1:31:30	1:49:30	28,50
pH 8	1:52:30	2:40:00	41,38
pH 9	2:03:30	3:37:00	56,15

Результаты и обсуждение

Во время первой части эксперимента VTX растворы с более высокими pH уровнями работали существенно лучше, чем неизмененный VTX раствор. Выброс незамедлительно происходил при использовании раствора с pH 6,1, но растворы с pH 7 и pH 8 не допускали выброса, пока скорости потока не достигали 12 и 16 SCFH (339,78 и 453,1 л/ч), соответственно. Выделение пузырьков становилось проблематичным для pH 9 испытуемого раствора и испытание прекращали после того, как раствор выделял в виде пузырьков в верхней части колонны в течение первой минуты поток газа со скоростью 16 SCFH (453,1 л/ч). Во время этой части эксперимента растворы с повышенными pH (pH 7 и 8) были способны предотвратить выброс при скоростях потока газа в 6 - 8 раз выше, чем неизмененный раствор с pH 6,1.

Повышение pH имело положительное влияние на предотвращение выброса также и во время второй части эксперимента. Раствор с pH 5 позволил получить выброс 20 ppm через час и 47 минут потока газа в один стандартный кубический фут в час (28,32 л/ч), что делает его наименее эффективным раствором и непригодным для использования в реальных условиях. Для растворов с pH 5,9, 7 и 8, соответственно, регистрировали неожиданно одинаковые времена окончания, с разницей почти 20 минут между каждым испытанием. Для растворов с pH 5,9, 7 и 8 регистрировали времена выброса 20 ppm 3 часа и 1 минуту, 3 часа и 20 минут и 3 часа и 43 минут, соответственно. Раствор с pH 9 значительно превосходил любой другой раствор, давая время окончания 7 часов и 22 минут. Время начала выброса сильно различалось для каждого раствора, демонстрируя тенденцию к увеличению на 1-2 часа между каждым раствором.

Когда скорость потока увеличивалась до 2 SCFH (56,63 л/ч), было предсказано, что время выброса 20 ppm будет почти вдвое меньше времени испытаний, чем при скорости потока 1 SCFH (28,32 л/ч) и что количество в миллиграммах обработанного сероводорода останется аналогичным. При 1 SCFH (28,32 л/ч) VTX раствор с pH уровнем 7 предотвращал выброс 20 ppm в течение 3 часов и 20 минут, а такой же раствор, обрабатывающий сероводород со скоростью потока 2 SCFH (56,63 л/ч) предотвращал выброс 20 ppm в течение 1 часа и 49 минут. В этом случае предсказание было практически корректным, демонстрируя линейную зависимость скорости потока и времени до выброса. Сравнение растворов с pH 8 при обеих скоростях потока показывает часовую разницу между временами выброса. Время до выброса 20 ppm не только *возрастает*, но практически *удваивается*, с 3 часов и 37 минут до 7 часов и 22 минут, когда скорость потока удваивалась во время испытаний раствора с pH 9. С точки зрения pH, во время

испытаний при скорости потока 2 SCFH (56,63 л/ч) времена выброса 20 ppm возрастают почти на 1 час при увеличении pH на 1 единицу.

Во время 1 SCFH (28,32 л/ч) эксперимента растворы с pH 5,9, 7 и 8 обрабатывали 23,15, 26,07 и 29,19 мг сероводорода, соответственно. Раствор с pH 9 обрабатывал 57,54 мг сероводорода, что практически вдвое больше, чем раствор с pH 8. Отношение сульфида и железа, доступное в миллимоль, было следующим:

Таблица 8: Эффективность удаления сульфида при разных pH, в виде ммоль сульфида

ммоль железа

pH	ммоль сульфида	удаленного ммоль железа	доступного ммоль	соотношение S:Fe , в
5,0	0,41	1,80		0,23
5,9	0,72	1,80		0,40
7,0	0,81	1,80		0,45
8,0	0,91	1,80		0,51
9,0	1,79	1,80		0,99

Количества были похожими во время испытаний 2 SCFH (56,63 л/ч). Раствор с pH 7 обрабатывал 28,5 мг сероводорода и раствор с pH 8 обрабатывал 41,38 мг. Раствор с pH 9 мог обработать 56,15 мг сероводорода.

Полагая, что наибольшую испытываемую скорость потока 200 ppm газообразного сероводорода при 16 SCFH (453,1 л/ч) можно использовать для оценки площади поверхности более крупной пилотной системы в реальных условиях, были вычислены следующие параметры:

площадь поверхности колонки для лабораторных опытов (диаметр колонки 5,0 см)
 $= 19,64 \text{ см}^2$

испытываемая скорость потока = 16 стандартных кубических футов в час, что равно 7,55 литров в минуту или 0,383 литров/минут/квадратных сантиметров площади поверхности.

Предположим, что диаметр сосуда пилотного масштаба 4,0 фута.

Площадь в квадратных сантиметрах сосуда диаметром 4,0 фута (122 см) = 11,677,4 см^2 площади поверхности, что приводит к потенциальному потоку содержащего сероводород воздуха 158 кубических футов в минуту (4,474 $\text{м}^3/\text{мин}$) через столб пропорциональной площади поверхности.

Выводы

VTX растворы с самым высоким уровнем pH превзошли растворы без изменения pH. Результаты первой части эксперимента показывают, что растворы с pH 7 и с pH 8 могли предотвращать выброс со скоростями потока в 6 - 8 раз выше, чем в случае неизменного раствора (pH 6,1). Предполагалось, что раствор с pH 9 мог бы превзойти все другие растворы, однако, переливание происходило до того, как можно было провести сравнение. Растворы с повышенными pH могли лучше предотвращать выброс и обрабатывали большие массы сероводорода, хотя поток газа сохраняли постоянным. Раствор с pH 9 был бесспорно самым эффективным, почти вдвое увеличивая времена окончания выброса pH 5,9, 7 и 8 растворов, соответственно, во время опыта при скорости потока 1 SCFH (28,32 л/ч). Было очевидно, что повышение pH выше 8 значительно увеличивает количество высокоактивного сероводорода (HS^-) и сульфид-ионов (S^{2-}). Путем повышения pH, VTX растворы могут создавать более желательную среду для извлечения сероводорода.

Из Таблиц 6 и 7 ясно, что повышение pH привело к значительному улучшению эффективности VTX для удаления газообразного сероводорода из потока неочищенного газа. Сравнение миллимоль удаленного сульфида и доступного содержания железа для каждого pH испытуемого раствора показало, что улучшение способа имело основной всплеск между близким к нейтральным pH от 6 до 8 и более высоким pH 9,0. Результаты при pH 9,0 были по существу вдвое выше, чем результаты в близком к нейтральному диапазоне (например, pH от 6 до 8). Кроме того, перед тем, как колонка потеряла работоспособность из-за выброса, извлечение сульфида почти точно зеркально отразило доступные молекулы доступного железа. Это говорит о том, что pH 9,0 может быть практически или точно точкой оптимума для достижения эффективности способа.

Важно отметить, что этот эксперимент проводили в анаэробных условиях. Таким образом, критические точки для каждого условия представляли собой насыщение извлечения серы для выбранных pH для каждой выбранной концентрации добавленного VTX катализатора. Дополнительные эксперименты в аэробных условиях могут выявить, происходит ли повторная активация VTX катализатора, когда VTX извлекает сульфид, поступающий в колонну. Предполагается, что введение и/или применение атмосферного кислорода приведет к непрерывной повторной активации хелата(ов), чтобы они могли извлекать дополнительный сульфид. Это значительно улучшить экономику этого способа.

Влияние окисления раствора на эффективность VTX катализатора

Цель

Этот эксперимент был разработан для определения, приведет ли газообразный сероводород, диффундировавший в толщу VTX катализатора вместе с атмосферным кислородом, к продолжению эффективного захвата сероводорода с помощью VTX, как показано в *анаэробных* условиях. Наконец, если эффективный захват сероводорода происходил в *аэробной* среде, этот эксперимент мог бы помочь определить, приведет ли присутствие кислорода к окислению захваченного сульфида до элементной серы и последующему высвобождению этой серы и повторной активации VTX для захвата дополнительного сероводорода. Предполагают из более ранних испытаний, что окисление VTX молекул, которые извлекли сульфид, при использовании атмосферного воздуха и/или по существу чистого кислорода, приводит к разрыву связи между железом в VTX и серой из газообразного сероводорода. Оказалось также, что после разрыва связи путем окисления, сера превращается в нерастворимую элементную серу, которую можно удалить путем фильтрации. При подходящем окислении и в правильных условиях (то есть скорости потока, температуре, pH и т.д.), VTX катализатор теоретически может оказаться способным обрабатывать бесконечное количество газообразного сероводорода в пределах ограничений, обусловленных контактом VTX катализатора и сероводорода в сосуде, например, с помощью обычно доступной колонны с барботажными тарелками или башенного скруббера.

В этом контексте, колонны с барботажными тарелками могут функционировать путем простого рассеивания через тонкие барботажные диффузоры загрязненного сероводородом газа вверх через колонну с обрабатывающими химическими реагентами. Башенные скрубберы могут функционировать путем рециркуляции химических реагентов для обработки из отстойника в верхнюю часть колонны, наполненную средой с высокой площадью поверхности. Затем химические реагенты для обработки можно распылять вниз над средой периодически и/или непрерывно для улучшения контакта между химическими реагентами для обработки и загрязненным газом, который подают из нижней части скруббера вверх через эту среду. Вопросы разработки способа обработки с помощью VTX включали демонстрацию адекватного времени контакта и скоростей потока загрязненного газа через колонну для обеспечения захвата и последующего окисления извлеченного сульфида.

Способы

Двести (200) ppm (278,94 мг/м³) газа сероводорода в смеси с газом азотом в качестве носителя пропускали из сосуда под давлением через индикатор потока газа от Key Instruments (Модель номер MR3A04BVBN) в хроматографическую колонку Ace Glass Incorporated на 1 литр (Модель номер 5889-40), содержащую различные растворы VTX катализатора. Различные объемы VTX раствора использовали для более хорошего понимания влияния высоты столбика раствора на время контакта VTX катализатора с сероводородом. Сосуд под давлением был заказан в Custom Gas Solutions и содержал 1000 литров, 2000 фунтов на кв. дюйм (13,79 МПа) смеси 200 ppm газа H₂S и остальное газа азота. Хроматографическая колонка содержала диск из спеченного стекла с пористостью 70-100 мкм и кран для контроля потока газа. Колонна имела внутренний диаметр 50 мм и высоту 610 мм от верхней части диска из спеченного стекла до верхней части колонки. Прозрачная пластиковая трубка соединяла сосуд с индикатором потока и хроматографической колонкой.

Газообразный сероводород мог проходить через хроматографическую колонку при постоянной скорости потока два стандартных кубических футов в час (SCFH) (56,63 л/ч) в течение 24 часов. Цилиндрический диффузор с мелкими пузырьками, соединенный с насосом с атмосферным кислородом, помещали в нижней части колонны в течение первых 8 часов и 16 минут эксперимента. Через 8 часов и 16 минут барботажный диффузор помещали в средней части колонны, на расстоянии 305 мм от верха диска из спеченного стекла. Положение диффузора меняли для определения корректного положения для барботажного диффузора. Скорость потока кислорода поддерживали постоянной, однако не указывали измерения для используемого измерителя потока газа. Барботирование кислорода поддерживали на минимуме для предотвращения нарушения контакта между VTX и сероводородом.

Испытуемый раствор содержал 2 мл VTX катализатора и 748 мл дистиллированной воды. Однопроцентный раствор каустической соды использовали для модификации pH растворов до 8, так как показали, что этот уровень pH более эффективен, чем неизмененный VTX раствор, который обычно имеет pH около 6. Переносной ионметр 6+ Oakton (Модель номер WD-35613-82) использовали для контроля pH раствора при его изменении.

Приборы обнаружения OdaLog типа L2 H₂S газометр (Модель номер SL-H2S-1000, Серийный номер 08406489) помещали в верхнюю часть колонны для регистрации мгновенных уровней газа в млн долях. Показания отбирали каждые 30 секунд и завершали испытание через 24 часа.

Данные

На Фиг. 6 приведены измерения выброса сероводорода (ppm) в течение периода 24 часа. Используемый VTX раствор содержал 2 мл VTX и 748 мл воды (1,6 ммоль VTX в пересчете на Fe). pH раствора изначально составлял 8. Подаваемый газообразный сероводород (200 ppm) подавали при 2 SCFH (56,63 л/ч). В Таблице 9 ниже представлено общее количество необработанного сероводорода (по массе), обработанного сероводорода и общее количество сероводорода, пропущенного через хроматографическую колонку на протяжении всего эксперимента.

Обработанный сероводород (мг)	Сероводород, не подвергшийся обработке (мг)	Общий поток сероводорода (мг)
373,4 (11,7 ммоль)	5,5	378,9

Результаты и обсуждение

В течение всех 24 часов испытания VTX раствор обеспечивал пиковый выброс на уровне лишь 9 ppm. Выброс на уровне 10 ppm считался неудачей, однако, пик на уровне 9 показал, что в способ можно внести улучшения. Примерно на отметке 4 с половиной часа раствор начал демонстрировать начальный выброс, быстро увеличиваясь до выброса на уровне 9 ppm в течение периода времени примерно 4 часа. Этот выброс незамедлительно снизился после того, как диффузор с мелкими пузырьками размещали в средней точке колонны. Выброс снижался до 1 ppm в течение полутора часов, а затем снова возрастал до утечки на уровне 6 ppm. Момент выброса на уровне 0 ppm произошел после девятнадцатого часа испытания, что подтверждает идею о том, что окисление пузырьков предотвращало насыщение раствора. Если раствор был насыщен, выброс в ppm возрос бы заметно более 10.

На протяжении всего испытания 378,9 мг сероводорода было пропущено через хроматографическую колонку. Из этих 378,9 мг, раствор обработал 373,4 мг (98,5%) сероводорода. Только 5,5 мг прошли необработанными. 373,4 мг сульфида составляют 11,7 ммоль серы. Тот факт, что только 1,6 ммоль VTX в пересчете на железо содержалось в колонне, было явным признаком того, что сульфид, вероятно, захватывался и затем выделялся в виде элементной серы в присутствии кислорода. 11,7 ммоль обработанного сульфида получали с 1,6 ммоль VTX в пересчете на железо или в 7,3 раз больше теоретической емкости насыщения железа на молекулу VTX для извлечения сульфида. Кроме того, было довольно ясно, что повторная активация VTX происходила, когда

сульфид превращался в элементарную серу. Кроме того, цвет жидкости обрабатывающей колонны постепенно менялся от прозрачного светло-коричневого цвета (VTX обычно придает этот цвет) до молочного светло-желтого, который со временем придавал жидкости много мутности, что являлось дополнительным указанием на образование элементарной серы.

Вывод

Окисление с использованием системы барботирования атмосферного кислорода можно использовать в качестве альтернативной формы окисления в реальных VTX растворах. Испытание выявило, что размещение барботера в средней точке раствора может предотвратить нарушение контакта VTX и H_2S , однако, правильное размещение может меняться в разных системах сосудов. Может быть важным, чтобы была найдена правильная скорость потока кислорода, так что барботирование не создает областей, где газообразный сероводород может выпускаться, минуя контакт с химическими реагентами для обработки.

Данные убедительно свидетельствуют о том, что VTX катализатор эффективно извлекал сероводород, когда его барботировали через испытательную колонну. Данные также убедительно свидетельствуют о том, что атмосферный кислород реагировал с сульфидом, извлеченным с помощью железа в VTX катализаторе с образованием элементарной серы в аэробных условиях.

Данные явно свидетельствуют в пользу того, что VTX катализатор возвращал свою способность извлекать сероводород для дальнейшего извлечения в виде элементарной серы в аэробной среде за 7,3 теоретических циклов насыщения для железа, доступного для извлечения.

При работе в тестовом сосуде, содержащем 1,6 ммоль VTX катализатора в пересчете на железо, способ удалял 98,5% тестового газа, содержащего 200 ppm сероводорода, при подаче через испытательную колонну диаметром 50 мм с 750 миллилитрами обрабатывающего раствора (глубина ~450 мм) при постоянной скорости потока 2 SCFH (56,63 л/ч) в течение 24 часов. Извлечение сульфида все еще продолжалось, когда эксперимент остановили, предполагая, что VTX катализатор может пройти через дальнейшие циклы.

Эксперимент по установлению влияния объемной скорости на выброс газа сероводорода

Цель

Этот эксперимент был разработан для определения скорость потока выброса, при которой смесь сероводорода и газа азота пропускают через диффузор с мелкими пузырьками в колонну жидкого VTX катализатора, что приводило к значительному захвату необработанного газа сероводорода (то есть VTX подход стал давать сбой). Контакт между молекулами VTX и газообразного сероводорода может быть необходим для обеспечения железа в VTX молекуле для связывания с серой в сероводороде. Пузырьки, создаваемые потоком газа при определенных скоростях потока и объемах растворов, потенциально могут создавать области, через которые газ сероводород может протекать, не вступая в контакт с катализатором. В результате, через некоторое время раствор VTX может становиться все более насыщенным, что приводит к меньшим точкам контакта и таким образом позволяет H_2S просочиться необработанным.

Способы

Двести (200) ppm газа сероводорода ($278,94 \text{ мг/м}^3$) в смеси с газом азотом в качестве носителя пропускали из сосуда под давлением через индикатор потока газа от Key Instruments (Модель номер MR3A04BVBN) в хроматографическую колонку Ace Glass Incorporated на 1 литр (Модель номер 5889-40), содержащую различные объемы VTX раствора. Различные объемы использовали для более хорошего понимания влияния высоты раствора на время контакта между VTX катализатором и сероводородом. Сосуд под давлением был заказан в Custom Gas Solutions и содержал 1000 литров, 2000 фунтов на кв. дюйм ($13,79 \text{ МПа}$) смеси 200 ppm газа H_2S и остальное газа азота. Хроматографическая колонка содержала диск из спеченного стекла с пористостью 70-100 мкм и кран для контроля потока газа. Колонна имела внутренний диаметр 50 мм и высоту 610 мм от верхней части диска из спеченного стекла до верхней части колонки. Прозрачная пластиковая трубка соединяла сосуд с индикатором потока и хроматографической колонкой.

Газ сероводород проходит через хроматографическую колонку со скоростями потока в диапазоне от 2 стандартных кубических футов в час ($56,63 \text{ л/ч}$) до 22 стандартных кубических футов в час (623 л/ч). Во время экспериментов по выбросу скорости потока непрерывно возрастали с шагом 2 scfh ($56,63 \text{ л/ч}$) каждые 3 минуты и показания по H_2S газу отбирали каждую минуту. Приборы обнаружения OdaLog типа L2 газомера H_2S (Модель номер SL-H2S-1000, Серийный номер 08406489) помещали в верхней части колонны для записи мгновенных уровней газа в млн долях.

Испытания по выбросам были проведены с разведениями 100 процентов, 22 процента, 10 процентов и 1 процент VTX наиболее концентрированного раствора. Используемые проценты отражают процент активного железа для партии МГДА трехвалентного железа, составленного для этого эксперимента. Концентрация активного железа может меняться на приблизительно 30% в зависимости от состава основных ингредиентов, используемых для производства МГДА трехвалентного железа. Изменчивость активной концентрации активного железа может зависеть от переменных концентраций исходных ингредиентов (хлорид трехвалентного железа и МГДА натрия), полученных от производителей этих химических реагентов. Как указано в Таблице ниже, Environmental Compliance Lab в Эшланде, Виргиния, было подтверждено, что 100% раствор активного Fe МГДА для этого испытания содержит 33,055,06 мг/л активного железа. Испытания со 100-процентным VTX раствором проводили с объемами 10 мл, 25 мл и 50 мл. Испытания со 22-процентным VTX раствором проводили с объемами 10 мл, 25 мл, 50 мл и 100 мл. Испытания с 10-процентным VTX раствором проводили с объемами 10 мл, 50 мл, 100 мл и 250 мл. Испытания с 1-процентным VTX раствором проводили с объемами 100 мл, 250 мл и 500 мл.

Определили, что концентрация железа в VTX раствор для каждого испытания была следующей:

Концентрация активного железа	
Процентная концентрация VTX	Концентрация активного железа в каждом тестовом растворе
1%	330,55 мг/л
10%	3,305,50 мг/л
22%	7272,11 мг/л
100%	33,055,06 мг/л

Данные

1-процентные VTX растворы

Таблица 10: Испытание по выбросу с 100 мл 1-процентного VTX раствора. Регистрировали высоту столбика раствора 61 мм.

100 мл 1% VTX раствор / Столбик =61 мм			
SCFH/ л/ч	Минута 1	Минута 2	Минута 3
2/56,63	6	10	12
4/113,3	21	27	30

Таблица 11: Испытание по выбросу с 250 мл 1-процентного VTX раствора.
Регистрировали высоту столбика раствора 131 мм.

250 мл 1% VTX Раствор / Столбик =131 мм			
SCFH/ л/ч	Минута 1	Минута 2	Минута 3
2/56,63	3	3	4
4/113,3	5	9	10
6/169,9	14	17	19

Таблица 12: Испытание по выбросу с 500 мл 1-процентного VTX раствора.
Регистрировали высоту столбика раствора 265 мм.

500 мл 1% VTX Раствор / Столбик =265 мм			
SCFH/ л/ч	Минута 1	Минута 2	Минута 3
2/56,63	0	0	0
4/113,3	1	1	2
6/169,9	3	3	4
8/226,5	5	5	6

10-процентные VTX Растворы

Таблица 13: Испытание по выбросу с 10 мл 10-процентного VTX раствора.
Регистрировали высоту столбика раствора 9 мм.

10 мл 10% VTX Раствор / Столбик =9 мм			
SCFH/ л/ч	Минута 1	Минута 2	Минута 3
2/56,63	4	5	9
4/113,3	25	33	36

Таблица 14: Испытание по выбросу с 50 мл 10-процентного VTX раствора.
Регистрировали высоту столбика раствора 30 мм.

50 мл 10% VTX Раствор / Столбик =30 мм			
SCFH/ л/ч	Минута 1	Минута 2	Минута 3
2/56,63	0	0	0
4/113,3	0	0	0
6/169,9	1	2	6
8/226,5	14	16	17

Таблица 15: Испытание по выбросу с 100 мл 10-процентного VTX раствора.
Регистрировали высоту столбика раствора 61 мм.

100 мл 10% VTX Раствор / Столбик =61 мм			
SCFH/ л/ч	Минута 1	Минута 2	Минута 3
2/56,63	0	0	0
4/113,3	0	0	0
6/169,9	0	0	0
8/226,5	0	0	3
10/283,2	6	7	7
12/339,8	9	10	10

Таблица 16: Испытание по выбросу с 250 мл 10-процентного VTX раствора.
Регистрировали высоту столбика раствора 131 мм.

250 мл 10% VTX Раствор / Столбик =131 мм			
SCFH/ л/ч	Минута 1	Минута 2	Минута 3
2/56,63	0	0	0
4/113,3	0	0	0
6/169,9	0	0	0

8/226,5	0	0	0
10/283,2	0	0	0
12/339,8	переливание	-	-

22-процентные VTX Растворы

Таблица 17: Испытание по выбросу с 10 мл 22-процентного VTX раствора.
Регистрировали высоту столбика раствора 9 мм.

10 мл 22% VTX Раствор / Столбик =9 мм			
SCFH/ л/ч	Минута 1 Показание по газу (ppm)	Минута 2 Показание по газу (ppm)	Минута 3 Показание по газу (ppm)
2/56,63	2	3	2
4/113,3	3	6	17
6/169,9	28	33	37

Таблица 18: Испытание по выбросу с 25 мл 22-процентного VTX раствора.
Регистрировали высоту столбика раствора 16 мм.

25 мл 22% VTX Раствор / Столбик =16 мм			
SCFH/ л/ч	Минута 1 Показание по газу (ppm)	Минута 2 Показание по газу (ppm)	Минута 3 Показание по газу (ppm)
2/56,63	2	1	1
4/113,3	0	0	0
6/169,9	1	5	9
8/226,5	15	17	18
10/283,2	23	25	26

Таблица 19: Испытание по выбросу с 50 мл 22-процентного VTX раствора.
Регистрировали высоту столбика раствора 30 мм.

50 мл 22% VTX Раствор / Столбик =30 мм			
SCFH/ л/ч	Минута 1 Показание по газу (ppm)	Минута 2 Показание по газу (ppm)	Минута 3 Показание по газу (ppm)
2/56,63	1	3	2

4/113,3	0	0	0
6/169,9	0	0	0
8/226,5	0	0	0
10/283,2	0	1	2
12/339,8	7	9	12
14/396,4	15	16	16

Таблица 20: Испытание по выбросу с 100 мл 22-процентного VTX раствора. Регистрировали высоту столбика раствора 57 мм.

100 мл 22% VTX Раствор / H=57 мм			
SCFH/ л/ч	Минута 1 Показание по газу (ppm)	Минута 2 Показание по газу (ppm)	Минута 3 Показание по газу (ppm)
2/56,63	0	0	0
4/113,3	0	0	0
6/169,9	0	0	0
8/226,5	0	0	0
10/283,2	0	0	0
12/339,8	переливание	-	-

100-процентные VTX Растворы

Таблица 21: Испытание по выбросу с 10 мл 100-процентного VTX раствора. Регистрировали высоту столбика раствора 9 мм.

10 мл 100% VTX Раствор / Столбик =9 мм			
SCFH/ л/ч	Минута 1 Показание по газу (ppm)	Минута 2 Показание по газу (ppm)	Минута 3 Показание по газу (ppm)
2/56,63	0	0	0
4/113,3	0	1	0
6/169,9	4	4	4
8/226,5	11	11	13
10/283,2	25	34	39

Таблица 22: Испытание по выбросу с 25 мл 100-процентного VTX раствора. Регистрировали высоту столбика раствора 17 мм.

25 мл 100% VTX Раствор / Столбик =17 мм			
SCFH/ л/ч	Минута 1 Показание по газу (ppm)	Минута 2 Показание по газу (ppm)	Минута 3 Показание по газу (ppm)
2/56,63	0	0	0
4/113,3	0	0	0
6/169,9	3	4	4
8/226,5	7	8	8

Таблица 23: Испытание по выбросу с 50 мл 100-процентного VTX раствора. Регистрировали высоту столбика раствора 31 мм.

50 мл 100% VTX Раствор / Столбик =31 мм			
SCFH/ л/ч	Минута 1 Показание по газу (ppm)	Минута 2 Показание по газу (ppm)	Минута 3 Показание по газу (ppm)
2/56,63	0	0	0
4/113,3	0	0	0
6/169,9	0	0	0
8/226,5	переливание	-	-

Результаты и обсуждение

Как и ожидалось, растворы, содержащие более высокие концентрации VTX и, следовательно, активного железа, были наиболее эффективными в предотвращении выброса. Разбавление соединения снижало реакционную способность и вспенивание, а низкие объемы растворов снижали время контакта сероводорода и VTX катализатора. Вспенивание становилось проблемой при более высоких концентрациях VTX, делая невозможным осуществление исследования в таких условиях.

Начальный выброс наблюдали в 10 мл раствора со 100 процентами VTX при скорости потока 4 scfh (113,3 л/ч). Приблизительно 1 ppm H₂S газа вышел из колонны без обработки в течение второй минуты потока при 4 scfh (113,3 л/ч), и это количество возросло до выброса 4 ppm при повышении скорости потока до 6 scfh (169,9 л/ч). Граница

высоты раствора 9 мм не обеспечивала адекватного времени контакта газообразного сероводорода и VTX. 22-процентные и 10-процентные 10 мл растворы не отработали со скоростями потока 2 scfh (56,63 л/ч). Показания по газу OdaLog быстро достигали почти 40 ppm во время потока 4 scfh (113,3 л/ч) для 10-процентного раствора и потока 6 scfh (169,9 л/ч) для 22-процентного раствора. Сочетание низких концентраций VTX и короткой высоты раствора обеспечивали большое пространство для прохождения газа сероводорода через колонку без контакта с катализатором на молекулярном уровне. Увеличение скорости потока выше 10 scfh (283,2 л/ч) для любого из 10 мл растворов, вероятно, приводило бы в основном к утечке необработанного сероводорода.

Были испытаны два раствора объемом 25 мл, один из которых содержал 100 процентов VTX, а другой содержал 22 процента VTX. Эти два раствора функционировали очень похоже, но с одной существенной разницей. 22-Процентный 25 мл раствор обеспечивал выброс 1-2 ppm в течение первых трех минут при скорости потока 2 scfh (56,63 л/ч), однако при возрастании скорости потока до 4 scfh (113,3 л/ч) выброс прекращался в течение 3 минут. Увеличение потока до 6 scfh (169,9 л/ч) приводило к выбросу 1 ppm, который непрерывно возрастал с течением времени. Начальный выброс происходил из-за низкой высоты раствора. Возрастание потока до 4 scfh (113,3 л/ч) увеличивало высоту раствора до 75 мм из-за выделения пузырьков, вызванного реакцией. Это выделение пузырьков увеличивало площадь поверхности контакта пузырьков газа сероводорода и VTX раствора. Более мелкие пузырьки были более эффективными. При 6 scfh (169,9 л/ч) выделение пузырьков достигало высоты колонны 115 мм, но выброс еще происходил из-за большого размера пузырьков по сравнению с более мелкими пузырьками при меньшем потоке. Выделение пузырьков, обусловленное протеканием реакции между катализатором и газом сероводородом очевидно способствует обеспечению контакта только в том случае, если пузырьки имеют определенный размер. Диффузия мелких пузырьков может быть предпочтительной для скруббера типа барботажной колонны.

Три отдельных испытуемых раствора объемом 50 мл были приготовлены с концентрациями VTX 100 процентов, 22 процента и 10-процентов. Испытание со 100 процентным раствором объемом 50 мл было остановлено во избежание переливания в течение первой минуты со скоростью потока 8 scfh (226,5 л/ч). Высокая реакционная способность 50 мл чистого катализатора и газа сероводорода создавала колонну пены и пузырьков, которая достигала верхней части колонны. 22-процентный раствор объемом 50 мл явно функционировал лучше, чем 10-процентный раствор объемом 50 мл, обеспечивая

выброс в течение второй минуты при скорости потока газа 10 scfh (283,2 л/ч). Для сравнения: 10-процентный раствор обеспечивал выброс в течение первой минуты при 6 scfh (169,9 л/ч). Между двумя растворами объемом 50 мл была разница только в 6 мл VTX. Увеличение VTX на 6 мл позволило 22 процентному раствору предотвращать выброс при скорости потока на 4 scfh (113,3 л/ч) выше, чем 10-процентному раствору объемом 50 мл.

Три раствора объемом 100 мл испытывали с концентрациями VTX 22 процента, 10 процентов и 1 процент. 22 мл в 22-процентных растворах оказались слишком реакционноспособными для колонки, чтобы справиться с этим, и испытание было остановлено почти сразу после первой минуты при скорости потока газа 12 scfh (339,8 л/ч). Выброс не происходил до момента переливания. Выброс 3 ppm регистрировали в течение 3 минут при скорости потока газа 8 scfh (226,5 л/ч). 22-Процентный раствор объемом 50 мл и 10-процентный раствор объемом 100 мл функционировали похоже, причем 22-процентный раствор объемом 50 мл обеспечивал выброс при скорости потока только на 2 scfh (56,63 л/ч) выше. 1-Процентный раствор объемом 100 мл обеспечивал выброс незамедлительно в начале испытания, достигая утечки 30 ppm после третьей минуты при скорости потока газа 4 scfh (113,3 л/ч). Раствор объемом 100 мл содержал недостаточно катализатора для эффективного взаимодействия со всем газообразным сероводородом.

Были испытаны 10-процентный и 1-процентные растворы объемом 250 мл. Прохождение газа сероводорода через 10-процентный раствор приводило к переливанию после первой минуты при скорости потока 12 scfh (339,8 л/ч). До этого момента выброса не происходило. 1-Процентный раствор не срабатывал практически сразу, обеспечивая 3 ppm выброс после первой минуты испытания. В целом, 1-процентные растворы не были эффективными для предотвращения выброса. Даже 1-процентный раствор объемом 500 мл обеспечивал выброс после первой минуты при скорости потока газа 4 scfh (113,3 л/ч).

Наблюдение эффективности при различных концентрациях VTX и глубине колонны показало, что максимум 10 SCFH (4,7 литр/минута) загрязненного потока газа может быть пропущено через колонку со 100 миллилитрами 22%-ного VTX катализатора и размерах колонки примерно 50 мм в диаметре и 57 мм глубины. 22%-ный VTX раствор приблизительно равнялся молярной концентрации VTX, в пересчете на железо, 0,132 моль или 7,3 грамма железа на литр VTX в качестве начальной точки. Таким образом, можно сказать, что на основе этих данных можно создать руководство для разработки с большим запасом прочности.

Выводы

Было предсказано, что растворы, содержащие более высокие процентные концентрации VTX будут более эффективными при обработке газа сероводорода, таким образом предотвращая момент выброса необработанного газа. Результаты этого эксперимента подтвердили данное предсказание, доказав, что 100-процентный и 22-процентный растворы функционируют лучше, чем 10-процентный и 1-процентный растворы. Увеличенные концентрации VTX растворов обеспечивали большее время контакта между газом сероводородом и катализатором. Однако возросшее вспенивание становилось проблемой с ростом концентрации VTX. Увеличение вспенивания не только увеличивало высоту раствора в колонне, но также повышало смешивание.

Помимо концентрации, предсказали также, что глубина раствора играет роль в эффективности обработки сероводорода. Результаты показали, что более высокий объем растворов, содержащий тот же процент катализатора, предотвращал выброс при более высоких скоростях потока. Однако это вряд ли было справедливым для 1-процентных растворов (то есть содержащим 10 ммоль или менее VTX в пересчете на железо). Обнаружили, что ни концентрация, ни объем не являются более важным фактором. Вместо этого, и концентрация VTX, и глубина раствора в контейнере играли роль в создании большего времени контакта газа сероводорода и активного железа в катализаторе.

Было очевидно, что концентрация VTX от 10 процентов до 22 процентов активного VTX была наиболее желательной для управления способом и эффективностью. в условиях этих испытаний. Управление способом при 100-процентной концентрации VTX было в условиях испытаний непрактичным из-за интенсивного вспенивания.

Хотя меньшие концентрации VTX можно считать эффективными, эти результаты испытаний предполагают, что концентрация для полноразмерных образцов обычно должна составлять приблизительно 22% VTX как более разбавленная по сравнению с концентрированным VTX. Эти данные предполагают, что концентрации менее 22% для достижения успеха просто потребуют большего объема и глубины обработки химикатами. Пенообразование может быть проблемой для более концентрированного VTX выше приблизительно 22% при скоростях потока газа, превышающих 4,7 литра/минута/100 миллилитров 22% VTX.

Испытание на пилотной установке

Цель

Водяная скважина выпускала в атмосферу сероводород, вызывая проблемы, связанные с неприятным запахом в прилегающих окрестностях. Было высказано предположение, что лабораторные воплощения способа обработки с помощью VTX могут быть адаптированы для эффективной обработки вызывающего раздражение сероводорода.

Система и способ

4-х дюймовую ПВХ вентиляционную трубу устанавливали в водяную скважину в качестве точки отбора воздуха внутри водяной скважины. Водяная скважина уже была снабжена 6-ти дюймовым вентиляционным отверстием для обмена воздуха, которое отвечало за выпуск воздуха, насыщенного H_2S , в атмосферу вокруг водяной скважины. 4-х дюймовую вентиляционную трубу подключали к регенеративному нагнетательному вентилятору RB3-101-3 производства All-Star Products, Inc., из 2095 Exeter Lane, Мемфис, TN. Этот нагнетательный вентилятор был разработан для перемещения воздуха со скоростью 105 кубических футов в минуту (49,55 л/с), однако, в соответствии с измерениями, реальное удаление воздуха составляло 95 кубических футов в минуту (44,84 л/с), когда нагнетательный вентилятор вытягивал воздух из водяной скважины и выпускал его прямо в атмосферу. После подключения к диффузионной системы в систему для обработки на основе VTX катализатора, поток регистрировали при 74 стандартных кубических футов в минуту (34,92 л/с). Поточный измеритель прямоточной модели 6200 (производства CDI из 3R Green Street, Woburn, MA) применяли для контроля потока воздуха. Загрязненный сероводородом воздух, выходящий из нагнетательного вентилятора, был подключен для подачи воздуха в бак для обработки типа «барботажная колонна», содержащий 500 галлонов VTX. 1-1/2-дюймовая линия, проходящая со стороны выхода нагнетательного вентилятора, была подключена к распределительному коллектору из ПВХ, расположенному в нижней части бака для обработки. Эта система была разработана для равномерного распределения загрязненного воздуха из регенеративного нагнетательного вентилятора через триста семь 5/32-дюймовых отверстий, равномерно просверленных в распределительном коллекторе из ПВХ, из которого мелкие пузырьки продвигались вверх через VTX катализатор. Перед добавлением VTX, бак для обработки заполняли обычно доступными 4-дюймовыми полимерными средами (то есть набивкой колонны) для замедления подъема пузырьков к верхней поверхности VTX катализатора. Затем двести пятьдесят галлонов 22%-ного VTX катализатора нагнетали в бак для обработки. pH VTX регулировали до приблизительно 8,0 для воссоздания условий в лабораторных исследованиях, показавших более высокую эффективность при

повышенных pH. Оценивали, что время контакта, рассчитанное для потока загрязненного сероводородом воздуха, через VTX катализатор и среды составляет приблизительно 3,7 секунд, из-за увеличения объема бака из-за вытеснения объема, вызванного увеличением пузырьков, поступающих при 74 стандартных кубических футов в минуту (34,92 л/с).

Результаты

Данные, собранные для воздуха внутри водяной скважины (предварительная обработка входящего воздуха) и в верхней части выпускного отверстия для обработки с помощью Odalog (производства Detection Instruments), представлены на Фиг. 10 и 11. Как можно видеть на Фиг. 10, водяная скважина, ответственная за впуск загрязненного сероводородом воздуха обеспечивала воздух, содержащий широкий диапазон загрязнения сероводородом, со значениями, постоянно превышающими от 10 до 20 ppm и максимально до 37 ppm сероводорода. На Фиг. 11 приведены последовательные показания 0 ppm for сероводорода для этапа пост-обработки воздуха, выходящего через вытяжную трубу в верхней части блок для обработки. pH VTX в баке для обработки оставался приблизительно 8,0 +/- 0,2 на протяжении испытания, по данным pH-метра Oakton Ion 6+.

Выводы

Обработку с помощью VTX катализатора проводили с высокой степенью эффективности удаления сероводорода в условиях двухнедельных пилотных испытаний. Было доказано, что время контакта приблизительно 3,7 секунд является эффективным для удаления сероводорода из мелкой диффузионной системы (то есть с помощью пузырьков, генерируемых через 5/32-дюймовые диффузионные отверстия), в которой газообразный сероводород принудительно выходил в виде пузырьков вверх через VTX катализатор. Количество 5/32-дюймовых диффузионных отверстий в диффузионной системе приблизительно соответствовало площади поперечного сечения трубопровода диаметром 1-1/2- дюйма, обеспечивающих доставку загрязненного воздуха из нагнетательного вентилятора, плюс 20%. pH системы приблизительно составлял 8,0 +/- 0,2 на протяжении исследования. Эффективное отношение объема 22%-ной VTX обрабатывающей жидкости в сосуде для обработки (выраженное в кубических футах VTX жидкости) к объему потока загрязненного воздуха (в стандартных кубических футах в минуту) составляло 0,45 кубических футов (12,74 л) VTX:1,0 стандартных кубических футов в минуту (28,32 л/мин) потока загрязненного воздуха в условиях данного исследования.

Воплощения способа

Как описано выше, в конкретные типичные воплощения основаны, по меньшей мере частично, на неожиданном открытии, что специфический новый активный хелат трехвалентного железа, МГДА трехвалентного железа, и выбранные окислители неожиданно демонстрируют значительную активность при обработке загрязняющих веществ, относящихся к среде (например, сероводорода в сточных водах и/или неочищенном потоке газа), которая превышает активность, которую могли бы ожидать в присутствии только выбранного окислителя. Таким образом, типичные воплощения могут включать композиции, способы и/или системы, которые можно применять для регулирования и/или обработки сульфида в атмосфере и/или выделяющегося в атмосферу из промышленных и/или муниципальных сточных вод и/или неочищенных потоков газа.

Некоторые типичные способы могут быть основаны на выбранных хелатах трехвалентного железа/двухвалентного железа (иногда в данной заявке называемых “хелаты трехвалентного железа” или “хелаты железа”, такие как аминокарбоксилаты железа), которые включают МГДА железа, ЭДТА железа, HEIDA железа, NTA железа, глюконат железа и/или другие хелаты железа. Реакция с участием хелатов железа может окислять хелаты в состоянии двухвалентного железа в хелаты трехвалентного железа. В настоящее время считают, что хелат железа может реагировать с сульфидом для быстрого окисления сульфида, который может генерировать элементную серу, например, при pH, близком к нейтральному или выше. В этом процессе хелат трехвалентного железа может восстанавливаться в хелат двухвалентного железа. После этого кислород и/или воздух, который может представлять собой кислородсодержащий воздух в потоке газа, может окислять полученный хелат двухвалентного железа обратно в хелат трехвалентного железа для дополнительной реакции с сульфидом. Этот цикл может продолжаться до полного использования кислорода и/или по существу полного окисления сероводорода.

В более широком смысле, конкретные типичные воплощения включают способ снижения концентрации загрязняющего вещества, относящегося к среде, включающий обработку хелатом железа и окислителем в количествах, эффективных для окисления, взаимодействия, превращения, извлечения, осаждения, отделения и/или захвата по меньшей мере части загрязняющего вещества.

Средой может быть, например, любая жидкость, такая как вода, подземные воды, промывная вода, колодезная вода, сточные воды, вода из канализации, фекальные воды, возвращаемые в оборот сточные воды, бытовые сточные воды, балластовая вода, вода для компенсации потерь при охлаждении, технологическая вода, промышленные воды, вода для орошения, воды, пригодные для спорта и отдыха, прудовая вода, озерная вода,

ручьевая вода, речная вода, дождевая вода, талая вода, вода бассейнов, охлаждающая вода, некипяченая вода, кипяченая вода, питьевая вода, практически чистая вода и/или отработанная ультрачистая вода и т.д..

Аналогично, среда может быть любой текучей средой, такой как воздух, пар, жидкость, выпускные газы, технологический газ и/или сбрасываемый газ и т.д.. Кроме того, текучая среда может занимать пространство, ограниченное по меньшей мере частично сосудом, таким как например, туннель, шахта, скважина, ров, каньон, карстовая полость, пещера, нора, угол, ниша, бункер, здание, помещение, комната, чистая комната, огражденное место, контейнер, бак, труба, подкрышечное пространство, оборудование, корабль, самолет, сухопутное средство передвижения, автомобиль и/или поезд и т.д..

Среда может быть анаэробной или аэробной. Если среда аэробная, она сама по себе может обеспечивать окислитель и/или может дополняться одним или более окислителями.

На Фиг. 7 показана диаграмма типичного воплощения способа 7000, который может начинаться с операции 7100 измерения параметров обработки. В такое определение могут быть включены такие операции, как отбор образцов среды для определения присутствия загрязняющего вещества (например, сероводорода), анализ пробы или среды для определения концентрации загрязняющего вещества, определение количества обрабатываемой среды, определение, где обрабатывать среду (например, расстояние до места внутри потока, местоположение внутри сосуда и т.д.) и/или определение желательных и/или действительных температур, давления, масс, объемов и/или скоростей потока среды, хелата трехвалентного железа/двухвалентного железа, окислителя и/или продуктов реакции и/или побочных продуктов.

С помощью операции 7200 можно получить эффективные количества хелата трехвалентного железа. Один способ получения хелата трехвалентного железа/двухвалентного железа состоит в том, чтобы напрямую смешать с хелатирующим агентом источник иона трехвалентного железа, такого как водный раствор соли трехвалентного железа, такой как перхлорат трехвалентного железа, нитрат трехвалентного железа, цитрат трехвалентного железа, малат трехвалентного железа, лактат трехвалентного железа и/или оксалат трехвалентного железа и т.д.. Доступны многочисленные хелатирующие агенты, которые могут функционировать при различных степенях эффективности, такие как глюконат натрия (GLC), нитрилоацетат натрия (NTA), метилглициндиацетат натрия (МГДА) и/или этилдиаминтриацетат натрия (ЭДТА). Другой способ состоит в смешивании жидкого раствора хлорида трехвалентного железа с хелатирующим агентом, таким как GLC, МГДА или ЭДТА. Хлорид трехвалентного

железа можно приобрести в виде ~13% раствора трехвалентного железа с pH от примерно 1,0 до примерно 1,5 производства Univar, 825 Fisher Street, Мартинсвилль, Виргиния, в бочках или баках по 55 галлонов загруженного количества.

Один хелатирующий агент, МГДА, который иногда обозначают в данной заявке как метилглициндиацетат и/или как метилглициндиацетат тринатрия, можно приобрести от BASF Corp, 3000 Continental Drive – North, Маунт Олив, Нью Джерси, 07828-1234, под его торговым наименованием Trilon M. Его можно приобрести в виде приблизительно 39 %-ной концентрированной жидкости в бочках или баках по 55 галлонов загруженного количества. Trilon M имеет плотность от приблизительно 1,29 до приблизительно 1,33 г/см³, pH от приблизительно 10,0 до приблизительно 12,0, и молекулярную массу МГДА-Na₃: 271. 42%-ный хлорид трехвалентного железа в питьевой воде можно коммерчески приобрести от ряда обычных поставщиков химических реагентов, включая Hydrite Chemical Company 300 North Patrick Blvd., Брукфилд, Висконсин, 53045.

Состав одного литра одного хелата трехвалентного железа, МГДА трехвалентного железа, можно приготовить путем добавления от 52,3 миллилитров (~27 граммов МГДА – Na₃ в зависимости от плотности) жидкости Trilon M до приблизительно 800 миллилитров воды. Этот раствор затем можно непрерывно смешивать с помощью магнитной мешалки в виде палочки или с помощью другой техники перемешивания. Жидкий раствор хлорида трехвалентного железа можно добавлять в раствор, пока контролируют pH смеси. pH смеси Trilon M/вода может первоначально составлять от 10 до 12. Хлорид трехвалентного железа можно добавлять до тех пор, пока pH раствора не опустится до pH примерно 5,0. Воду можно добавлять для достижения конечного объема 1000 миллилитров. В этот момент МГДА трехвалентного железа может быть готов для использования. Большие объемы можно получить путем масштабирования этого состава. В различных альтернативных воплощениях жидкий раствор хлорида трехвалентного железа можно добавлять в неразбавленный МГДА.

Аналогично, состав из 100 фунтов жидкости/раствора МГДА трехвалентного железа можно приготовить путем добавления приблизительно 74,18 фунтов МГДА – Na₃ в зависимости от плотности жидкости Trilon M в приблизительно 25,82 фунтов 42%-ного раствора хлорида трехвалентного железа в питьевой воде. Содержание трехвалентного железа в этом варианте состава МГДА трехвалентного железа приблизительно составляет 45 граммов/литр. Этот раствор можно потом непрерывно смешивать с помощью смесителя из нержавеющей стали и/или с помощью другой техники механического смешивания. Воду можно добавлять для достижения конечного объема приблизительно

9,25 галлонов. В этот момент МГДА трехвалентного железа может быть готов для применения. Отличающиеся объемы можно получить путем масштабирования этого состава по желанию в большую или меньшую сторону. В различных альтернативных воплощениях жидкий раствор хлорида трехвалентного железа можно добавлять в неразбавленный МГДА. Растворы с большей и/или меньшей молярной концентрацией тоже можно получить. В конкретных типичных воплощениях МГДА трехвалентного железа можно обеспечить и/или использовать в виде суспензии, дисперсии или пены.

Как объяснялось выше, МГДА трехвалентного железа может захватывать серу из потока неочищенного газа и связывать ее с одним, несколькими или всеми атомами железа в МГДА трехвалентного железа, превращая при этом МГДА трехвалентного железа в МГДА двухвалентного железа. Конкретные типичные воплощения можно использовать в качестве окислителя для способствованию разрыву таких связей, высвобождая при этом и осаждая элементную серу из МГДА двухвалентного железа, превращая при этом МГДА двухвалентного железа в МГДА трехвалентного железа. Можно использовать любой один или более многочисленных окислителей, включая, например, пероксид, озон, нитрат, хлорит, диоксид хлора, перманганат и/или галоген и т.д. и/или любой непосредственный источник кислорода, такой как воздух.

Таким образом, одним потенциальным окислителем является нитрат, из которого можно получить кислород. Состав раствора нитрата можно приготовить путем добавления нитрата натрия, нитрата кальция, азотной кислоты и/или любой другой соли нитрата к раствору хелата железа для достижения конечной концентрации нитрата в диапазоне от приблизительно 3,5 М до приблизительно 4,5 М с конечной концентрацией хелата железа в диапазоне от приблизительно 0,05 М до приблизительно 1,0 М. Типичный состав может содержать смеси из 4,2 М нитрата и 0,1 М хелата железа.

Другим потенциальным окислителем является сам кислород, который можно ввести в процесс обработки практически в любой форме, такой как по существу чистый коммерчески доступный кислород, по существу чистый кислород, который получают на месте обработки, кислородсодержащий (например, азот) и/или обогащенный кислородом газ и/или атмосферный воздух, который содержит кислород (протекает ли он с помощью сжатого/принудительного потока и/или индуцированного потока). Кислород можно вводить, например, при минимальной концентрации 1,5 кратного количества доступного для обработки сульфида в потоке газа и/или потоке сточных вод. Дозы кислорода могут превосходить концентрации сульфида от приблизительно 3 до приблизительно 4 раз по

массе. Более высокие дозы кислорода могут еще больше ускорить реакцию и/или улучшить ее эффективность.

МГДА трехвалентного железа и/или другие хелаты железа можно применять для загрязненной среды перед, во время, в сочетании с и/или после контакта с окислителем (например, кислородом и/или воздухом), в количествах и/или концентрациях, эффективных для разложения и/или по существу снизить концентрацию целевого загрязняющего вещества (например, сульфида). Количества МГДА трехвалентного железа и/или других хелатов железа и необходимого и/или применяемого окислителя могут зависеть от, например, концентрации разлагаемого загрязняющего вещества, доступного времени реакции, температуры реагентов (например, МГДА трехвалентного железа и/или других хелатов железа, окислителя и/или загрязненной среды (например, неочищенного потока газа, объема сточных вод и/или скорости потока сточных вод)), и/или содержания органического вещества в среде.

В конкретных типичных воплощениях, можно смешивать МГДА трехвалентного железа и/или другие хелаты железа и один или более окислителей, и даже транспортировать перед применением в загрязненной среде. В конкретных типичных воплощениях, МГДА трехвалентного железа и/или другие хелаты железа и один или более окислителей можно смешивать при контакте с загрязненной средой.

С помощью операции 7300 МГДА трехвалентного железа и/или другие хелаты железа и один или более окислителей можно применять с загрязняющим веществом, средой и/или загрязненной средой (например, потоком неочищенного газа). Любой из МГДА трехвалентного железа и/или других хелатов железа и окислитель можно применять в виде жидкости и/или пара. Например, хелат(ы) трехвалентного железа и/или окислитель(и) могут вступать в контакт с загрязненной средой в присутствии воды, такой как поток сточных вод. Аналогично, окислитель(и) могут вступать в контакт с загрязненной средой и/или хелатом(ами) железа в виде жидкости и/или пара.

С помощью операции 7400 хелат(ы) железа (например, МГДА трехвалентного железа) могут вступать в контакт и реагировать с загрязненной средой (например, потоком неочищенного газа) и при этом извлекать загрязняющее вещество(а) (которое включает составляющий компонент, такой как сульфид) из загрязненной среды, потенциально путем связывания загрязняющего вещества с железом из хелата(ов) железа, потенциально так, что все ионы железа в хелате(ах) являются насыщенными загрязняющим веществом. Контакт может происходить в сосуде и/или может приводить к “неочищенному” раствору хелата железа и/или насыщенному раствору хелата железа.

С помощью операции 7500 хелат железа (например, МГДА двухвалентного железа) может вступать в контакт и/или реагировать с окислителем(ями), так что хелат(ы) железа по меньшей мере частично окисляется. Во время такого окисления, связи между железом в хелате железа и загрязняющим веществом могут рваться, что в случае сульфида может вызывать осаждение элементарной серы из соответствующего неочищенного раствора хелата железа. Разрыв связей может также превращать и возвращать предварительно насыщенный и/или неочищенный хелат железа из “неочищенного” хелата двухвалентного железа (например, МГДА двухвалентного железа) в “чистый” хелат трехвалентного железа (например, МГДА трехвалентного железа). Окислитель может содержаться в самой загрязненной среде (например, воздух в потоке неочищенного газа) и/или может быть добавлен в раствор хелата железа и/или загрязненную среду (например, в виде пероксида, нитрата, по существу чистого кислорода и/или дополнительного воздуха и т.д.), например, перед, во время и/или после того, как происходит контакт между хелатом трехвалентного железа и загрязненной средой и/или загрязняющим веществом.

Во время реакции(й) по меньшей мере часть загрязняющего вещества может быть окислена, превращена, осаждена, отделена, очищена от загрязняющего вещества и/или обеззаражена. В случае биологического вещества, реакция может убивать жизнеспособные формы, делать неэффективными аминокислоты и/или денатурировать белок. В результате реакции, концентрация загрязняющего вещества может снижаться на коэффициент, например, по меньшей мере 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1000, 2000, 5000, 10000, 20000 и/или 50000 и т.д., и/или коэффициент, расположенный между любым из указанных значений.

В конкретных типичных воплощениях хелат трехвалентного железа и/или окислитель можно добавлять в среду при температуре окружающей среды. В конкретных типичных воплощениях ультрафиолет и/или другие формы света, радиация и/или энергия и т.д., могут быть использованы для ускорения любого аспекта способа, включая, например, извлечение, окисление и/или осаждение и т.д..

С помощью операции 7600 реакция(и) между МГДА трехвалентного железа и/или другими хелатами железа, окислителем и загрязняющим веществом можно контролировать, настраивать и/или регулировать. Например, включенными в такую операцию могут быть операции, такие как отбор образца среды для определения присутствия загрязняющего вещества, анализ образца или среды для идентификации того, какое загрязняющее вещество(а) осталось и/или определения оставшихся концентраций загрязняющего вещества, и/или контроль, настройка и/или регулирование температуры,

давления, количеств, объемов и/или скоростей потока загрязненной среды, МГДА трехвалентного железа и/или других хелатов железа, окислителя, реакционного продукта(ов) и/или очищенной от загрязняющего вещества среды.

Для увеличения температуры, давления и/или скорости реакции(й), ускоритель можно добавить, например, в загрязненную среду, хелат трехвалентного железа (например, Fe-МГДА), окислитель и/или реакционную смесь. Такой ускоритель может представлять собой, например, органическое соединение и/или биологическое вещество, которое может быстро реагировать с хелатом трехвалентного железа и окислителем. Например, нетоксичный органический ускоритель можно добавить в сточные воды для образования значительного количества пузырьков, образующихся во время реакции(й), при этом поднимая хелат(ы) и/или окислитель(и) вверх, где может локализоваться часть целевых загрязняющих веществ.

Тепло, образующееся в реакции(ях), можно захватывать, передавать и/или использовать. Например, реакция(и) могут протекать внутри реакционного сосуда, который окружен охлаждающим змеевиком. Тепло, абсорбируемое теплопередающей текучей средой, циркулирующей в улитке, можно использовать для цели нагревания, например, для сушки по существу очищенной от загрязняющего вещества среды, для сушки любого полученного концентрированного объема загрязняющего вещества и/или для нагревания другого процесса, текучей среды и/или среды.

Кроме того, реакция(и) может протекать с такой интенсивностью, что образуются регулируемый и/или нерегулируемый выброс. Регулируемый выброс можно использовать, например, для генерации продвижения и/или создания эффекта механической очистки. В качестве еще одного примера, давление, температура и/или очистка от загрязняющих примесей, вызванные достаточно быстрой реакцией в забое скважины в нефтяной и/или газовой скважине, могут вызывать “фрэкинг” (гидравлический разрыв) скважины, при этом удаляя и/или вытесняя вещества, забивающие скважины, и улучшая скорость потока в скважине.

Реакция(и) может быть запущена, может быть замедлена и/или может быть прервана, например, перед тем как произойдет полное окисление загрязняющего вещества. Добавление дополнительного окисляемого вещества в среду, нацеливание при этом некоторых из реагентов и/или окислителей на дополнительное вещество и/или расходование окисляющей способности окислителей, может вызывать такое замедление и/или прерывание. Кроме того, такое прерывание реакции(й) или по меньшей мере уменьшение скорости реакции может также происходить при снижении и/или

ограничении потока реагентов (например, любого Fe-МГДА, окислителя, загрязненной среды и/или дополнительного окисляемого вещества), изменения концентрации любого из реагентов, понижении температуры любого из реагентов и/или отвода тепла, генерируемого в реакции(ях).

С помощью операции 7700 во время и/или после реакции(й), хелат железа и/или среду можно обрабатывать для изменения концентрации вещества (например, железа, элементной серы и т.д.), связанного с хелатом железа и/или средой. Например, дополнительный хелат трехвалентного железа можно добавлять в присутствующий хелат трехвалентного железа.

В качестве другого примера, по меньшей мере часть некоторой формы загрязняющего вещества, такой как осажденный и/или нерастворимый побочный продукт элементной серы в случае разложившегося сероводорода, можно удалять из хелата железа, так что хелат железа можно повторно использовать для разложения загрязняющего вещества (например, превращения сероводорода в потоке неочищенного газа в водород и сульфид/серу). Удаленный продукт можно очистить и/или упаковать, использовать любым выбранным способом и/или утилизировать при желании.

Аналогично, с помощью операции 7800 можно утилизировать по существу чистую и/или очищенную от загрязняющего вещества среду. Однако до утилизации можно взять образец среды для определения количества и/или концентрации любого загрязняющего вещества (например, сульфида), которое может еще присутствовать в среде. Таким образом, может быть проведено определение относительно того, насколько хорошо прошло снижение целевого загрязняющего вещества, и следует ли повторно использовать или повторно обрабатывать среду для дальнейшего удаления загрязняющего вещества.

При необходимости, по существу очищенная от загрязняющего вещества среда (например, чистый поток газа) и/или любые побочные продукты (например, элементная сера) могут быть утилизированы на месте обработки и/или на удаленной площадке. Местом захоронения может быть, например, атмосфера, почва, грунтовые воды, поверхностный водоем, инъекционная скважина и/или мусорная свалка и т.д..

Параметры и детали способа

В конкретных типичных воплощениях может потребоваться, чтобы рН находился в диапазоне от приблизительно 6,0 до приблизительно 8,5, включая все значения и поддиапазоны между ними. Данные исследований предполагают, что более высокие уровни рН являются более эффективными, чем уровни ниже рН 6,0. В конкретных

типичных воплощениях можно подавать поток сточных вод, неочищенный поток газа, кислород и/или сжатый воздух, который может находиться в контакте с водным хелатом трехвалентного железа/двухвалентного железа (например, МГДА трехвалентного железа) (например, путем добавления по каплям, продувания, барботирования, диффундирования, захвата и/или разбрызгивания и т.д.) в точке, находящейся значительно выше по потоку (например, в пределах и/или выше по потоку от сосуда) для обеспечения достаточного времени контакта (например, от 1 секунды до 10 минут, включая все значения и поддиапазоны между ними, такие как приблизительно 2,5 секунды, 12,7 секунд, 30 секунд, 1 минуту, 3 минуты и т.д.) сточных вод, потока неочищенного газа, водного хелата и/или окислителя перед точкой, в которой сточные воды и/или газ покидают сосуд (которая может представлять собой, например, трубу, контейнер, комнату и т.д.) в водоем, инъекционную скважину, бак для хранения, атмосферу и т.д.. Хелат трехвалентного железа/двухвалентного железа может вводиться и/или иным образом подаваться так, чтобы по существу полностью контактировать и/или смешиваться со сточными водами, потоком неочищенного газа, кислородом и/или сжатым воздухом. В одном из типичных воплощений, данные предполагают, что регулирование сульфида можно ожидать в течение до 24 часов.

Хелаты железа можно добавлять со скоростью от приблизительно 90 миллиграммов/литр до приблизительно 60 граммов/литр хелата железа (в пересчете на железо) внутрь скрубберной колонны, предназначенной для удаления и окисления сульфида до элементной серы в аэробных условиях. Более высокие дозы можно использовать для достижения более быстрого ответа для выбранной ситуации.

Конкретные типичные воплощения могут включать композиции, способы и/или системы, которые можно использовать для обработки присутствующего общего сульфида в потоке неочищенного газа, аэробной атмосферной среде и/или анаэробном объеме и/или потоке сточных вод и/или чтобы препятствовать дальнейшему образованию сульфида после удаления путем окисления, в процессе которого хелаты трехвалентного железа используют совместно с окислителями. В некоторых типичных способах можно использовать выбранные хелаты трехвалентного железа (такие как аминокарбоксилаты железа), потенциально включающие МГДА трехвалентного железа/двухвалентного железа, ЭДТА трехвалентного железа/двухвалентного железа, НЕИДА трехвалентного железа/двухвалентного железа, НТА трехвалентного железа/двухвалентного железа, глюконат трехвалентного железа/двухвалентного железа и/или другие хелаты трехвалентного железа в сочетании с окислителем, таким как кислород, атмосферный

воздух, пероксид водорода, пероксид кальция, пероксид магния, озон, персульфат, хлорит, гипохлорит, хлор, бром, перманганат и/или диоксид хлора, для получения высоко реакционноспособных свободных и/или гидроксильных радикалов для окисления присутствующего общего сульфида в элементную серу.

Второй тур обработки может быть достигнут путем добавления нитрата и/или нитрита из нитрата/нитрита кальция, натрия, калия и/или аммония. Предполагают, что нитрат/нитрит может реагировать с хелатами трехвалентного железа/двухвалентного железа, сдвигая выбранный хелат двухвалентного железа в хелат трехвалентного железа, который затем реагирует с сульфидом, окисляя его до элементной серы. Оставшийся нитрат может функционировать для прекращения дополнительного образования сульфида в анаэробных условиях в течение длительных периодов времени, в зависимости от количества нитрата. Сочетание различных стадий способа может приводить к системе, которая может эффективно обрабатывать присутствующий общий сульфид и/или предотвращать образование дополнительного сульфида в условиях длительных анаэробных условий, которые способствуют биологическому образованию сульфида.

Необязательно определенно устанавливать в данной заявке, как конкретные воплощения могут вызывать снижение концентрации общего сульфида загрязняющего вещества в аэробной атмосфере. Тем не менее, потенциальная теория для описания механизма реакции описана выше.

Стадии способа с потоком газа

В конкретных типичных воплощениях можно обеспечивать периодический или непрерывный процесс удаления сероводорода из аэробного газа, пара и/или атмосферных источников (в данной заявке совместно - потока газа), посредством чего поток газа может, например, подниматься в виде пузырьков вверх через колонну водного раствора аланина, N,N-бис(карбоксиметил)-, металла железа для удаления сероводорода из газа. Аланин, N,N- бис(карбоксиметил)-, металла железа может реагировать с сульфидом и удерживать его слабой связью, которая затем может окисляться при относительно низких концентрациях выбранного окислителя, такого как атмосферный воздух, кислород и т.д.. Нерастворимая элементная сера может образовываться при точном регулировании pH и/или окислительно-восстановительном потенциале (ОВР), и затем может отфильтровываться из водного раствора с использованием обычных доступных способов. Аланин, N,N- бис(карбоксиметил)-, железа в водном растворе может быть готов к захвату дополнительного сероводорода после того как окислитель прореагирует с извлеченным

сульфидом. В конкретных типичных воплощениях можно обеспечить способ обработки сероводорода в потоке газа (“потоке неочищенного газа”). Способ может включать введение потока неочищенного газа в сосуд при атмосферном и/или повышенном давлении (например, влажный скруббер, абсорбер, барботажную колонну, скруббер Вентури, эжекторный скруббер Вентури, дефлекторный скруббер, распылительную башню, распылительную сушилку, фильтрующую колонну, фильтрующий слой, псевдоожиженный слой, реактор под давлением, неподвижный смеситель и т.д.) и приведение в контакт потока неочищенного газа с водным раствором аланина, N,N-бис(карбоксиметил)-, железа (МГДА трехвалентного железа), в котором система может представлять собой либо систему для периодической обработки, либо систему с непрерывным потоком.

Поток неочищенного газа можно вводить в водный раствор через диффузор, с помощью которого можно получить пузырьки газа небольшого диаметра, особенно в сосуде, спроектированном в виде барботажной колонны.

Для эффективной обработки водный раствор в сосуде, в который поступает поток неочищенного газа, может поддерживаться в пределах pH от приблизительно 5,9 до приблизительно 10, включая все значения и поддиапазоны между ними, такие как от приблизительно 7 до приблизительно 8 или от приблизительно 8 до приблизительно 9, и/или окислительно-восстановительный потенциал (ОВР) потока неочищенного газа может поддерживаться в пределах диапазона от приблизительно -131 мВ до приблизительно -425 мВ, таком как от приблизительно -150 мВ до приблизительно -325 мВ.

Регулирование pH можно осуществлять с помощью обычных кислот и/или оснований. pH также можно однозначно регулировать с помощью небольших количеств окислителей, таких как перкарбонат натрия, пероксид кальция, пероксид магния, пероксид водорода, персульфат натрия и/или хлорит натрия и т.д., которые могут одновременно осуществлять регулирование pH и окисление. Воздействие окислителей на МГДА трехвалентного железа, который извлек сульфид, может превратить сульфид в элементную серу, в то же время повторно запуская МГДА трехвалентного железа в реакцию с дополнительным сульфидом. Другие окислители включают кислород (возможно в виде воздуха), который уже присутствует в потоке неочищенного газа, или добавляют в поток неочищенного газа, в сосуд и/или выше по потоку от сосуда.

Непрерывное или полунепрерывное добавление одного или более выбранных окислителей для поддержания ОВП в пределах желательного диапазона может

обеспечивать максимальную доступность МГДА трехвалентного железа для извлечения сульфида и/или максимальную эффективность превращения сульфида в элементарную серу в пределах диапазона pH от приблизительно 7 до приблизительно 10, включая все значения и поддиапазоны между ними, такие как от приблизительно 7 до приблизительно 9, от приблизительно 7,1 до приблизительно 8,0 и т.д..

Непрерывную и/или периодическую обработку потока неочищенного газа, содержащего сероводород, можно осуществить путем диффузии потока неочищенного газа через колонну жидкости МГДА трехвалентного железа при скорости контакта от приблизительно одной секунды до приблизительно пяти секунд при использовании диффузора с мелкими каплями. Диффундирование потока газа через жидкость МГДА трехвалентного железа может помочь максимизировать воздействие сероводорода на жидкость МГДА трехвалентного железа. Конфигурация фильтрующего слоя может обеспечивать более хороший контакт, чем конструкция открытого канала.

Концентрация МГДА трехвалентного железа, используемого в сосудах для удаления сероводорода из потока газа, может находиться в диапазоне от приблизительно 0,01 М до приблизительно 2,3 М, и/или доступное активное железо может находиться в диапазоне от приблизительно 225 мг/л до 45 граммов/литр Fe-МГДА.

Повторную инициацию МГДА трехвалентного железа с извлеченным сульфидом можно осуществлять непрерывно путем рециркуляции находящихся в колонке жидкостей, содержащих МГДА трехвалентного железа и извлеченный сульфид, через тот же самый или второй сосуд для получения доз окислителя при скорости, достаточной для поддержания ОВП в пределах желательного диапазона и/или для получения регулирующих pH химикатов для получения подходящего pH. Рабочие условия можно выбрать таким образом, чтобы поддерживать дозировку окислителя при соотношении, приблизительно равном 1:1 моль окислителя и извлеченного сульфида для получения максимального эффекта от использования химических веществ. Отфильтровывание элементарной серы из водного раствора МГДА железа можно осуществлять внутри этого сосуда и/или внутри второго сосуда, и можно проводить непрерывно, полунепрерывно и/или периодически.

Для удаления любого водного раствора, который вовлекается в поток чистого газа, можно использовать ловушку.

Для периодической обработки ток потока неочищенного газа может быть отключен в то время, как происходит повторная инициация МГДА трехвалентного железа и/или элементарную серу удаляют путем фильтрации окисленного реагента МГДА трехвалентного

железа. Ток потока неочищенного газа можно снова включить после того, как осуществят повторную инициацию и/или соответствующие настройки ОВП и/или pH.

На Фиг. 8 показано типичное воплощение системы 8000 для обработки потока неочищенного газа через сосуд 8100, который, по меньшей мере частично, может быть наполнен фильтрующим слоем 8200, через который раствор хелата железа может протекать вниз из распылительных форсунок 8300 в химический сосуд 8400, где он может по существу содержаться. Поток неочищенного газа может нагнетаться в фильтрующий слой 8200 через нагнетательный вентилятор 8500 и/или может втекать через фильтрующий слой 8200 и/или вытекать из выпускного отверстия 8600 для чистого газа. Насос 8700 для рециркуляции может отводить раствор хелата железа из химического сосуда 8400 и/или может заставлять его течь через систему 8800 твердого фильтра для удаления элементной серы и/или может привести к тому, что по существу свободный от серы раствор хелата железа протекает в распылительные форсунки 8300. Хелат железа может рециркулировать при скорости по меньшей мере 0,055 галлонов МГДА железа на кубический фут загрязненного потока газа. При необходимости, дополнительный раствор хелата трехвалентного железа можно добавлять через впускное отверстие 8900 и/или отводить через сливное отверстие 8950.

На Фиг. 9 показано типичное воплощение системы 9000 для обработки неочищенного потока газа через сосуд 9100, который, по меньшей мере частично, может быть наполнен фильтрующим слоем 9200, через который раствор хелата железа может протекать вниз из распылительных форсунок 9300 в химический сосуд 9400, где он может по существу содержаться. Неочищенный поток газа может нагнетаться через барботажные диффузоры 9450 и в сосуд 9400 через нагнетательный вентилятор 9500 и/или может протекать через фильтрующий слой 9200 и/или вытекать из выпускного отверстия 9600 для чистого газа. Обратный клапан 9550 может препятствовать протеканию и/или предотвращать протекание раствора хелата трехвалентного железа в направлении нагнетательного вентилятора 9500. Насос 9700 для рециркуляции может отводить раствор хелата железа из химического сосуда 9400 и/или может заставлять его течь через систему 9800 твердофазного фильтра для удаления элементной серы и/или может приводить к тому, что по существу свободный от серы раствор хелата железа протекает в распылительные форсунки 9300. Хелат железа может рециркулировать при скорости по меньшей мере 0,055 галлонов МГДА железа на кубический фут загрязненного потока газа. При необходимости, дополнительный раствор хелата трехвалентного железа можно добавлять через впускное отверстие 9900 и/или отводить через сливное отверстие 9950.

Таким образом, в конкретных типичных воплощениях можно обрабатывать аэробный загрязненный поток газа, который может встречаться в аэробном содержимом и/или получаться из аэробного содержимого в свободном пространстве сосуда, причем аэробный загрязненный поток газа и/или аэробное содержимое содержит воздух с концентрацией сероводорода приблизительно 150 ppm или выше. Обработка может включать, потенциально неоднократно, непрерывно, периодически и/или партиями:

прохождение аэробного потока загрязненного газа и/или аэробного содержимого через сосуд, содержащий водный раствор, содержащий приблизительно от 0,5% МГДА трехвалентного железа до приблизительно 100% МГДА трехвалентного железа, включая любое и каждое значение и поддиапазоны между ними, например, от любого до любого из приблизительно 1 %, 3,33 %, 6,5 %, 14,77 %, 20 %, 25 %, 41,29 %, 50 %, 66,6 %, 75 %, 83,5 %, 92,51 %, 95 %, 97 % и/или 99,3 % и т.д.;

образование связей между сероводородом и МГДА трехвалентного железа, приводящее к насыщению МГДА трехвалентного железа;

смешивание раствора с пероксидом водорода, кислородом и/или одним или более других окислителей;

разрыв связей между сероводородом и МГДА трехвалентного железа с образованием повторно активированного раствора, содержащего элементную серу и повторно активированный МГДА трехвалентного железа;

удаление элементной серы из повторно активированного раствора с образованием раствора, по существу свободного от сероводорода, и/или

рециклирование раствора, по существу свободного от сероводорода, в сосуд.

В конкретных типичных воплощениях можно обеспечить способ обработки аэробного потока загрязненного газа, содержащего:

осуществление первого множества операций, включающего:

приведение аэробного потока загрязненного газа в контакт с чистым водным раствором, содержащим приблизительно от 0,5% МГДА трехвалентного железа до приблизительно 100% МГДА трехвалентного железа, причем аэробный поток загрязненного газа содержит воздух и содержит сероводород с концентрацией в воздухе приблизительно 150 ppm или выше;

образование связей между сероводородом и железом в МГДА трехвалентного железа с образованием неочищенного водного раствора, содержащего насыщенный сероводородом МГДА трехвалентного железа и аэробный поток чистого газа, имеющий концентрацию сероводорода 3,5 ppm или менее;

смешивание неочищенного водного раствора с окислителем; и/или
 путем реакции с окислителем, разрыв связей между сероводородом и МГДА
 трехвалентного железа с образованием элементарной серы в смеси с повторно
 активированным раствором, содержащим повторно активированный МГДА
 трехвалентного железа;

отделение элементарной серы от повторно активированного раствора с образованием
 раствора, по существу свободного от сероводорода; и/или

рециклирование раствора, по существу свободного от сероводорода для
 использования в качестве чистого водного раствора,

в котором:

каждая из первого множества операций проходит в общем сосуде;

повторение первого множества операций;

повторение первого множества операций без введения дополнительного МГДА
 трехвалентного железа в чистый водный раствор;

нагнетание потока аэробного потока загрязненного газа в этот сосуд;

причем указанное приведение в контакт включает барботирование аэробного
 потока загрязненного газа через чистый водный раствор;

указанное приведение в контакт включает нагнетание аэробного потока
 загрязненного газа в чистый водный раствор;

указанное приведение в контакт включает распыление чистого водного раствора в
 аэробный поток загрязненного газа;

указанное приведение в контакт включает добавление чистого водного раствора по
 каплям в аэробный поток загрязненного газа;

при этом чистый водный раствор имеет pH 5,9 или выше;

чистый водный раствор имеет pH 8 или выше;

окислитель представляет собой пероксид;

окислитель представляет собой поток чистого газа;

окислитель представляет собой кислород; и/или

окислитель представляет собой атмосферный кислород.

В конкретных типичных воплощениях можно обеспечить способ, включающий:

по существу в зоне аэробной обработки сосуда, взаимодействие реагентов,
 содержащих МГДА трехвалентного железа и аэробный поток загрязненного газа, причем
 аэробный поток загрязненного газа содержит воздух в смеси с сероводородом, при этом
 сероводород присутствует в концентрации по меньшей мере 150 ppm, в котором:

продукты реакции реагирующих веществ включают:

отработанный МГДА двухвалентного железа, насыщенный сульфидом; и/или
аэробный поток чистого газа, имеющий концентрацию сероводорода не более 3,5 ppm;

содержимое зоны аэробной обработки активно поддерживается при pH от приблизительно 7 до приблизительно 10;

аэробный поток загрязненного газа остается в контакте с МГДА железа в течение по меньшей мере 2,5 секунд; и/или

МГДА железа рециркулирует со скоростью по меньшей мере 0,055 галлонов МГДА железа на кубический фут аэробного потока загрязненного газа.

Определения

Когда следующие фразы используются в контексте данной заявке, применяют следующие определения. Эти фразы и определения представлены без предубеждения и в соответствии с заявкой, но право менять смысл этих фраз путем внесения поправок во время рассмотрения этой заявки или любой заявки, претендующей на приоритет, сохраняется. Для цели толкования притязаний любого патента, который заявляет приоритет, каждое определение в данной заявке действует как ясное и недвусмысленное отречение от объекта изобретения, выходящего за рамки этого определения.

Кислота – соединение, способное нейтрализовать щелочи и окрашивать в красный цвет синюю лакмусовую бумагу, содержащее водород, который может быть заменен на металл или на электроположительную группу с образованием соли, или содержащее атом, который может принять пару электронов от основания. Кислоты являются донорами протонов, которые выделяют ионы водорода в водном растворе, или акцепторами электронных пар, которые соединяются с донорами электронных пар или основаниями.

Активный хелат трехвалентного железа – хелат трехвалентного железа, который проявляет существенную активность в отношении окисления разлагаемого загрязняющего вещества, то есть способный генерировать свободные радикалы или другие реакционноспособные окисляющие вещества из окислителя в присутствии среды, связанной с обрабатываемым загрязняющим веществом.

Активно – через преобразование и/или усиление напряжений и/или токов, например, через диод и/или транзистор.

Активность – действие, операция, стадия, и/или процесс или его часть.

Адаптировать – разрабатывать, создавать, настраивать, располагать, придавать форму, конфигурировать и/или делать подходящим и/или соответствующим специфической цели, функции, применению и/или ситуации.

Адаптированный – выполненный, предназначенный и/или сконфигурированный для выполнения заданной функции.

Адаптер – устройство, используемое для обеспечения оперативной совместимости между различными частями одного или нескольких компонентов устройства или системы.

Дополнительный – что-то добавленное и/или добавленное в большем количестве.

Подстроить – изменить, модифицировать, адаптировать, и/или видоизменить.

Аэробный – условие, когда в газе по существу присутствует молекулярный кислород, например, в концентрации больше чем любое значение в диапазоне от приблизительно 1000 до приблизительно 50000 ppm кислорода в газе, например, больше чем любой из приблизительно 2000, 4237, 5000, 6123, 10000, 13350, 14899, 17520, 20000, 22400, 25001, 27968, 30000, 35000, 40000, 43880 и т.д. ppm, включая любые значения между любым из этих значений.

Аэробный поток загрязненного газа – поток газа, который содержит кислород и загрязняющее вещество (такое как сероводород), и кислород присутствует в газе в аэробной концентрации.

Воздух – земной атмосферный газ.

Аминокислот – молекула, содержащая карбоксильные функциональные группы, связанные с аминогруппой.

Анаэробный – условие, когда молекулярный кислород по существу отсутствует в газе, например, находится в концентрации меньше любого значения в диапазоне от приблизительно 1000 до приблизительно 50000 ppm кислорода в газе, например, менее любого из приблизительно 2000, 4237, 5000, 6123, 10000, 13350, 14899, 17520, 20000, 22400, 25001, 27968, 30000, 35000, 40000, 43880, и т.д. ppm, включая любые значения между любым из этих значений.

И – в сочетании с.

И/или – в сочетании с или в качестве альтернативы.

Любой – один, несколько, каждый, и/или все без указания.

Устройство – приспособление и/или прибор для определенной цели.

Приблизительно – около и/или примерно так же.

Водный – относящийся к, произведенный с помощью, похожий на, содержащий воду и/или растворенный в воде.

Водный окисляющий раствор – любой раствор, содержащий окислитель и воду.

Связывать – объединять, соединять, дополнять и/или относиться к.

Связанный с – относящийся к и/или сопутствующий.

При – в, на и/или около.

По меньшей мере – не менее чем и возможно более чем.

Атмосфера – воздух или климат в определенном месте.

Атмосферный – компонент атмосферы, относящийся к или существующий в атмосфере.

Доступный – получаемый, несвязанный, иным образом не использованный, обеспечиваемый, присутствующий, подходящий, и/или готовый к использованию и/или предназначенный для.

Основанный на – указание одного или более факторов, которые влияют на решение, но необязательно исключение дополнительных факторов, которые могут повлиять на это решение.

Между – в разделяющем интервале и/или в промежуточном звене.

Биосолиды – стабилизированные и/или нестабилизированные твердые вещества, полутвердые вещества, и/или суспендированные остатки, образующиеся в результате биологической обработки сточных вод, отходов нефтепереработки и/или сточных вод промышленного химического производства.

Нагнетать – приложить давление к, вызывать перемещение и/или вытолкнуть поток из.

Связь – любая из нескольких сил, особенно ионная связь, ковалентная связь и металлическая связь, с помощью которых атомы или ионы связаны в молекуле или кристалле.

Разрушать – преодолевать или прекращать, особенно с помощью силы или сильного противодействия и/или разделять на компоненты и/или части.

Пузырек – тонкая, обычно сферическая или полусферическая пленка жидкости, заполненная воздухом или газом, и/или а шаровидное тело из воздуха или газа, образовавшегося внутри жидкости;

Барботировать - протекать через и/или образовывать, производить, и/или выделять пузырьки.

Барботажная колонна – резервуар, внутри которого загрязненный газ диффундируют (барботируют) вверх через жидкость для обработки для удаления загрязняющих веществ из газа.

Мочь – быть способным на что-то по меньшей мере в некоторых воплощениях.

Вызывать – быть причиной, способствовать, ускорять, производить, выявлять, являться причиной чего-то, приводить к и/или влиять.

Хелат – химическое соединение в форме гетероциклического кольца, содержащего ион металла, связанный координационными связями по меньшей мере с двумя неметаллическими ионами.

Хелатирующий агент (называемый также “хелат”) – гетероциклическое соединение, имеющее центральный ион металла, связанный координационными и/или ковалентными связями с двумя или более неметаллическими атомами в той же молекуле.

Хлорат – соль хлорноватой кислоты, и содержащая радикал и/или моновалентный ион ClO_3^- .

Чистый – (n) по существу не содержащий одного или более загрязняющих веществ;

Очищать - (гл.) по существу, избавлять от одного или более загрязняющего вещества, примесей, и/или нежелательных веществ.

Общий – тот же, разделенный и/или единственный.

Композиция – состав вещества и/или агрегата, смеси, продукта реакции и/или результат объединения двух или более веществ.

Композиция вещества – сочетание, продукт реакции, соединение, смесь, препарат, материал и/или композит, созданный человеком и/или автоматическим устройством из двух или более веществ и/или элементов.

Соединение – чистое, макроскопически гомогенное вещество, состоящее из атомов или ионов двух или более разных элементов в определенных соотношениях, которые нельзя разделить физическими методами. Соединение обычно имеет свойства, отличные от свойств составляющих его элементов.

Сжимать – уменьшать объем воздуха и/или другого газа путем приложения давления.

Содержит – включает, не ограничиваясь указанным.

Содержащий – включающий без ограничений.

Концентрация – мера того, сколько заданного вещества смешано, растворено, содержится и/или иным образом присутствует в другом веществе и/или с другим веществом, и/или мера количества растворенного вещества, содержащегося в единице объема, и/или количество специфического вещества в единице количества другого вещества, при этом обе меры определяют структуру композиции, которая содержит оба вещества.

Конфигурировать – разрабатывать, упорядочивать, устанавливать, придавать форму и/или делать пригодным и/или приспособливать для определенной цели, функции, применения и/или ситуации.

Предназначенный для – разработанный, упорядоченный, установленный, сформованный и/или сделанный пригодным и/или приспособленным для определенной цели, функции, применения и/или ситуации, и/или имеющий структуру, которая во время работы будет осуществлять указанную активность(и).

Соединять – связывать или скреплять вместе.

Контактировать – касаться и/или собираться вместе.

Контейнер – внутреннее пространство, приспособленное для ограничения потока текущей среды.

Загрязняющее вещество – любое вещество, которое может быть окислено, такое как, например, химическое соединение, химическая смесь, органическое соединение, неорганическое соединение, сероводород и / или биологическое вещество и т. д. В качестве дополнительного примера загрязняющее вещество может представлять собой органическое соединение органическое соединение, имеющее по меньшей мере одну ароматическую функциональную группу, и/или органическое соединение, имеющее по меньшей мере одну алифатическую функциональную группу и т.д..

Загрязненный – содержащий загрязняющее вещество.

Содержимое – то что заполняет и/или по существу содержится в.

Превращать – трансформировать, адаптировать и / или изменять.

Соответствующий – относящийся к, связанный с, сопутствующий, аналогичный по назначению и/или положению, подобный во всех отношениях и/или эквивалентный и/или согласующийся по числу, количеству, величине, качеству и/или степени.

Связываемый – способный быть объединенным, соединенным и/или связанным.

Связывание – образование связи каким-либо образом.

Создавать – делать, придавать форму, производить, генерировать, воплощать и/или приводить к появлению.

Кубический – сформированный в манере, напоминающей куб.

Цикл - совокупность заранее заданных действий.

Определять – устанавливать значение, отношение, контур, форму и/или структуру чего-то; и/или точно и/или определенно описать и/или уточнить.

Происходить – подавать, получать и/или производить из источника и/или оригинала.

Определять – находить, получать, вычислять, принимать решение, выводить, устанавливать и/или приходить к решению, обычно путем исследования, рассуждения и/или вычисления.

Устройство – механизм, оборудованием и/или их объединение.

Разный – измененный, отличающийся и/или другой.

Диффундировать – широко распространяться и/или рассеиваться.

Неочищенный – загрязненный.

Поток неочищенного газа – аэробный, содержащий сероводород поток газа.

Подавать по каплям – литься и/или падать каплями.

В течение – в какой-то момент в интервале времени.

Каждый – все без исключения из группы, рассмотренные по отдельности.

ЭДТА – этилендиаминтетрауксусная кислота.

Эффективный - достаточный, чтобы вызвать, спровоцировать, выявить и/или являться причиной.

Элементный – состоящий из химического элемента, относящийся к химическому элементу или обозначающий химический элемент.

Воплощение – реализация, проявление и / или конкретное представление, такое как концепция.

Входить – приходить и/или втекать в.

Среда – все внешние условия, которые оказывают влияние на организм или другую рассматриваемую систему во время ее жизни.

Оценка - расчетное значение, приближенное к фактическому значению;

Оценивать – вычислять и/или определять приблизительно и/или ориентировочно.

Типичный – служащий в качестве примера, модели, частного случая и/или иллюстрации.

Трехвалентное железо – состоящий из, относящийся к и/или содержащий железа, особенно с валентностью 3 и/или в состоянии окисления плюс 3, Fe(III) (иногда обозначаемый Fe^{3+}) и/или валентностью выше, чем в соответствующем соединении двухвалентного железа.

Хелат трехвалентного железа – любой органический и неорганический полидентатный лиганд, комплексованный ионом трехвалентного железа, Fe(III), и/или ионом двухвалентного железа, Fe(II), включая аминокарбоксилаты железа (такие как МГДА трехвалентного железа/двухвалентного железа, ЭДТА трехвалентного железа/двухвалентного железа, HEIDA трехвалентного железа/двухвалентного железа

и/или NTA трехвалентное железо/двухвалентного железа, трехвалентного железа/двухвалентного железа и т.д.), глюконат трехвалентного железа/двухвалентного железа и т.д.

Трехвалентное железо/двухвалентное железо – трехвалентное железо и/или двухвалентное железо.

Железо – содержащий железо, и/или трехвалентное железо, и/или двухвалентное железо.

Двухвалентное железо – состоящий из железа или содержащий железо, особенно с валентностью 2 и/или в состоянии окисления плюс два, Fe(II) (иногда обозначаемый Fe^{2+}) и/или валентностью ниже, чем в соответствующем соединении трехвалентного железа.

Первый – метка для ссылочного элемента в одном или более пунктов формулы, но эта метка не обязательно подразумевает какой-либо порядок того, как этот элемент (или любой другой элемент этого типа) реализован в воплощениях заявленного объекта изобретения.

Поток – поток и/или ток;

Течь – перемещаться и/или беспрепятственно бежать с непрерываемой непрерывностью, как это характерно для текучей среды.

Поток – течь и/или непрерывно передавать.

Для – с какой-то целью.

Образовывать – делать, производить, генерировать, воплощать и/или приводить к появлению.

Свободный – по существу не имеющий.

Из – используют для указания источника, происхождения и/или локализации предмета.

Дополнительный – добавленный.

Газ – вещество в газообразном состоянии, то есть в состоянии вещества, отличающемся от твердого и жидкого состояний относительно низкой плотностью и вязкостью, относительно большим расширением и сокращением при изменениях давления и температуры, способностью легко диффундировать и непроизвольной склонностью равномерно распределяться по всему контейнеру; и/или вещество в газообразном состоянии.

Генерировать – создавать, производить, воспроизводить, способствовать возникновению и/или приводить к появлению.

Глюконат – любая соль или сложный эфир глюконовой кислоты

Больше – крупнее и/или более чем.

Имеющий – обладающий, характеризующийся, содержащий и/или включающий без ограничений.

HEIDA – гидроксипилиминодиуксусная кислота

Выше – далее по порядку.

Водород – элемент, каждый атом которого содержит один протон и один электрон.

Сероводород – бесцветный ядовитый газ с запахом протухших яиц, получаемый при действии кислот на сульфиды.

Включающий – имеющий, не ограничиваясь указанным.

Инициализировать - подготовить что-то для использования и/или какое-то будущее событие.

Вводить – помещать на орбиту, траекторию и/или в поток.

Устанавливать – соединять или вставлять в положение и подготавливать для применения.

В – относительно условий, состояния или формы чего-либо и/или относительно, в направлении чего-либо и/или внутри чего-либо.

Вводить – течь внутрь, над и/или через, и/или смешивать с, и/или вставлять, водить и/или внутрь и/или в.

Ион – электрически заряженный атом или группа атомов, образующаяся при потере или присоединении одного или более электронов, например, катион (положительно заряженный ион), который образуется путем потери электрона и притягивается к катоду в процессе электролиза, или анион (отрицательно заряженный ион), который образуется путем присоединения электрона и притягивается к аноду. Валентность иона равна числу потерянных или приобретенных электронов и обозначается знаком плюс для катионов и знаком минус для анионов, то есть: Na^+ , Cl^- , Ca^{++} , S

Железо – серебристо-белый, блестящий, ковкий, пластичный, магнитный или намагничиваемый, элемент-металл, в изобилии встречающийся в комбинированных формах, в частности, в виде гематита, лимонита, магнетита и таконита, и применяемый в виде сплава в широком спектре важных конструкционных материалов. Атомное число 26; атомная масса 55,845; температура плавления 1,535°C; температура кипения 2,750°C; удельная плотность 7,874 (при 20°C); валентность 2, 3, 4, 6.

Менее – имеющий значительно меньшую величину и/или степень по сравнению с чем-то другим.

Лиганд – ион, молекула или молекулярная группа, которая связывается с другим химическим фрагментом с образованием более крупного комплекса

Продольный – от длины и/или относящийся к длине; помещенный и/или идущий продольно.

Продольная ось – прямая линия, образуемая параллельно длине объекта и проходящая через пространственный центр объекта.

Поддерживать – удерживать, сохранять, выдерживать, держать в существующем состоянии и/или продолжать получать.

Имеющий неприятный запах – имеющий плохой и/или гнилостный запах.

Рукотворный – материальный физический объект, который является синтетическим и/или сделан людьми, а не встречается в природе.

Отношение масс – масса первого вещества, выраженная по отношению к массе второго вещества.

Можно – позволено и/или разрешено в соответствии с по меньшей мере некоторыми воплощениями.

Среда – любое вещество или материал, такие как одно или более твердых веществ, жидкостей, паров, текучих сред, воды и/или воздуха и т.д.

Измеритель – устройство, предназначенное для обнаружения и/или записи измеренного значения.

Способ – одно или более действий, которые выполняют в отношении предмета, который превращают в другое состояние или вещь, и/или соответствующие определенному устройству, причем указанное одно или более действий не являются принципиально фундаментальными и не препятствуют применять все из фундаментально принципиальных.

МГДА – диацетат метилглицина, метилглициндиацетат и/или тринатрия метилглициндиацетат.

Миллиграмм – одна тысячная грамма.

Смешивать – объединять, добавлять и/или вмешивать одно вещество в другое с образованием однородной массы, потока и/или смеси.

Молекула – самая маленькая частица вещества, которая сохраняет химические и физические свойства вещества и состоит из двух или более атомов; и/или группа подобных или разных атомов, связанных химическими связями.

Более – количественный показатель, означающий больший по размеру, количеству, уровню и/или степени.

мВ – милливольты.

Природный газ – горючий газ, в основном состоящий из метана и других углеводородов, встречающийся в природе в подземных пластах (часто в сочетании с нефтью) и используемый в качестве топлива.

Нитрат – одновалентный радикал NO_3 или соединение, содержащее его, в виде соли или сложного эфира азотной кислоты.

Нитрат/нитрит – азотная кислота, азотистая кислота и/или любая соль, сложный эфир, спирт и/или окисленный ион азотной кислоты или азотистой кислоты, имеющий молекулярную формулу NO_3^- или NO_2^- , например, нитрат кальция, нитрат натрия, нитрат аммония, нитрат калия, нитрит натрия, нитрит калия, нитрит аммония и/или нитрит кальция и т.д.

Нитрит – одновалентный радикал NO_2 или соединение, содержащее его, например, соль или сложный эфир азотистой кислоты.

Закись азота – бесцветный, негорючий, плохо растворимый газ со сладким запахом, который используют в качестве анестезирующего средства в стоматологии хирургии, и имеет формулу N_2O .

Нет – отсутствие и/или потеря чего-нибудь.

Неразрушающий – выполнять по существу без разрушения.

НТА – нитрилотриуксусная кислота

Происходить – случаться, иметь место и/или наступать.

Один – представляющий и/или составляющий одну единицу, отдельную и/или целую вещь, штуку и/или предмет.

Работоспособный - практически осуществимый и/или пригодный, готовый и/или предназначенный для использования по назначению и/или в службе.

Рабочий – при использовании по прямому назначению для применения и/или обслуживания.

Или – союз, используемый для обозначения альтернатив, обычно проявляющееся только перед последней группой альтернативных элементов.

Органический – соединение, содержащее углерод, который дополнительно характеризуется присутствием в молекуле двух атомов углерода, связанных вместе; или одного атома углерода, связанного с по меньшей мере одним атомом водорода или галогена; или одного атома углерода, связанного с по меньшей мере одним атомом азота одинарной или двойной связью.

Окислитель (называемый также “окисляющий агент”) – вещество, такое как кислород, пероксид водорода, пероксид кальция, пероксид магния, озон, персульфат, хлорит, гипохлорит, хлор, бром, перманганат, надуксусная кислота и/или диоксид хлора, которое окисляет другое вещество, обычно путем приема электронов.

Окисление – химическая реакция, в которой атом или ион теряет электроны, таким образом претерпевая увеличение валентности, например, удаление электронов из атома железа, имеющего валентность +2, меняет валентность на +3.

Окисление-восстановление – обратимый химический процесс, обычно включающий перенос электронов, в котором одной реакцией является окисление и обратной реакцией является восстановление.

Окислительно-восстановительный потенциал – в водных растворах, мера склонности раствора принимать или отдавать электроны, когда его подвергают превращению путем введения новых веществ.

Оксид – любое соединение кислорода с другим элементом.

Окислять – претерпевать химическую реакцию и/или являться причиной химической реакции и/или сочетания с кислородом; превращать (элемент) в оксид; образовывать слой оксида металла и/или являться причиной образования слоя оксида металла, как при обжиге; добавлять кислород и/или любой неметалл; терять атомы водорода и/или являться причиной потери атомов водорода; и/или претерпевать и/или являться причиной уменьшения числа электронов, увеличивая при этом валентность.

Окисляющий агент (“окислитель”) – вещество, такое как кислород, пероксид водорода, пероксид кальция, пероксид магния, озон, персульфат, хлорит, гипохлорит, хлор, бром, перманганат, надуксусная кислота и/или диоксид хлора, которое окисляет другое вещество, обычно путем приема электронов.

Кислород – неметаллический элемент, составляющий приблизительно 21 процент земной атмосферы по объему, который встречается в виде двухатомного газа, O_2 , и которому присвоен атомное число 8, и который имеет атомную массу 15,9994.

Озон – аллотроп кислорода, O_3 . Озон является относительно реакционноспособным окислителем, который можно использовать для очистки воды.

Фильтрующий слой – по существу полая трубка, труба, бак или другой сосуд, который содержит существенное количество набивки.

Набивка – спектр специально разработанных устройств, предназначенных для применения в сосудах, таких как насадочные колонны, абсорбционные и дистилляционные колонны и химические реакторы, и т.д., при этом устройства обычно

содержат тонкий гофрированный пластик и/или металлические пластины и/или проволочную сетку, расположенные так, что заставляют текучие среды проходить сложными путями через сосуд, создавая при этом большую площадь поверхности для контакта между разными фазами.

Параллельный – обозначающие линии, кривые, плоскости и/или поверхности, везде равноудаленные, и/или относящиеся к ним или состоящие из них

На – для каждого и/или посредством.

Перборат – любая из определенных солей, полученная или явно происходящая из надборной кислоты и содержащая радикал и/или ион BO_3 .

Перхлорат – любая соль или сложный эфир хлорной кислоты и/или содержащих радикал и/или ион ClO_4^- .

Осуществлять – начинать, предпринимать действие, делать, удовлетворять, выполнять, проводить и/или завершать, например, в соответствии с одним или более воплощений.

Перманганат – любая из солей марганцевой кислоты, все из которых являются сильными окислителями.

Пероксид – соединение, содержащее в молекуле двухвалентную группу $-\text{OO}-$.

Перпендикулярный - пересекающийся под прямыми углами или образующий по существу прямые углы.

Персульфат – сульфат пероксида любого основания.

pH – мера, представляющая собой логарифм по основанию 10, обратная концентрации ионов водорода в грамм-атомах на литр, используемый для выражения кислотности или основности раствора по шкале от 0 до 14, где 7 соответствует кислотности, 7 нейтральности и более 7 основности.

Множество – состояние множественного числа и/или более одного.

Доля – часть, компонент, секция, процент, отношение и/или количество, которое меньше, чем целое.

ppm – млн доли.

Пре- – префикс, который предшествует действию, которое выполнили заранее и/или авансом.

Задать заранее – определить, решить и/или установить заранее.

Присутствовать – вводить, обеспечивать, показывать, проявлять и/или предлагать для рассмотрения.

Предотвращать – препятствовать, предупреждать, и/или не допускать.

Предшествующий – до и/или перед по времени или порядку.

Вероятность – количественное представление возможности возникновения.

Продукт – что-то, произведенное человеком и/или механическим усилием.

Предполагать – вычислять, оценивать или предсказывать.

Обеспечивать – поставлять, снабжать, предоставлять, передавать, направлять и/или делать доступным.

Чистый – имеющий по существу гомогенный и/или однородный состав, несмешанный и/или по существу свободный от посторонних веществ.

Диапазон – мера степени набора значений и/или количества и/или степени изменения.

Отношение – взаимосвязь между двумя величинами, выраженное как доля одного, деленная на другое.

Повторно активировать – делать активным снова и/или восстанавливать способность функционировать и/или быть эффективным.

Реагировать – быть причиной реакции (вещества или веществ).

Реагенты – вещества, которые реагируют в химической реакции.

Реакция – изменение и/или превращение, в котором вещество разлагается, объединяется с другими веществами и/или обменивается составляющими с другими веществами.

Продукт реакции – что-то произведенное путем химической реакции.

Активировать повторно – делать активным снова.

Принимать – принимать в виде сигнала, брать, приобретать и/или получать.

Рекомендовать – предполагать, одобрять, поощрять и/или подтверждать.

Рециклировать – обрабатывать и/или перерабатывать (например, использованный и/или отработанный материалы), делая приемлемым для повторного использования.

Снижать – делать и/или становиться меньше и/или мельче.

Удалять – исключать, удалять и/или не использовать и/или перемещать из занимаемого места или положения.

Повторять – делать снова и/или осуществлять снова.

Множественно – снова и снова; повторно.

Запрашивать – выражать пожелание и/или просить.

Результат – исход и/или следствие специфического действия, операции и/или пути;

Получать в результате – быть причиной исхода и/или следствия специфического действия, операции и/или пути.

Указанный – используется в случае пункта формулы изобретения, относящегося к системе или устройству, статьи как указание на последующий термин пункта формулы изобретения, который ввели ранее.

Соль – химическое соединение, образующееся путем замещения всех или части ионов водорода в кислоте на ионы металлов и/или электроположительные радикалы.

Насыщать – вызывать объединение (вещества) с максимально возможным количеством другого вещества.

Насыщенный – полный и/или не способный удерживать и/или содержать больше.

Скруббер – сосуд для обработки, содержащий набивку, и выполненный так, что загрязненный воздух и/или газ диффундирует вверх из нижней части сосуда через удаляющую примеси жидкость и/или удаляющая примеси жидкость постоянно рециркулирует из куба в верхнюю часть сосуда и струя наносится на верхнюю часть набивки, чтобы течь в, падать каплями в и/или орошать отстойник для дренажных вод, пока загрязненный воздух и/или газ перемещается через набивку.

Второй – метка для элемента в одном или более пунктов формулы изобретения, причем этот элемент отличается от “первого” ссылочного элемента аналогичного типа, но при этом указанная метка не обязательно предполагает любой тип порядка того, как “второй” элемент или “первый” элемент реализованы в воплощении заявленного объекта изобретения.

Выбирать – делать выбор и/или проводить отбор альтернативных возможностей.

Отдельный – отличный;

Разделять - отличать, пространственное отделять, устанавливать или держать отдельно и/или размещать в промежутке.

Служить – использовать чем-то.

Совокупность – родственное множество заранее заданный элементов; и/или один или более отличных элементов и/или фрагментов, имеющих специфическое общее свойство или свойства.

Хлорит натрия – взрывоопасный, белый слабо гигроскопичный, водорастворимый порошок, имеющий формулу NaClO_2 , который разлагается при 175°C и используется в качестве химического реагента и окислителя.

Перкарбонат натрия – бесцветный, кристаллический, гигроскопичный и водорастворимый твердый аддукт карбоната натрия и пероксида водорода (пергидрат), с формулой $2\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}_2$.

Раствор – по существу гомогенная молекулярная смесь и/или сочетание двух или более веществ.

Кислый газ – природный газ, который содержит больше чем приблизительно 5,7 миллиграммов сероводорода на кубический метр (ppm), что примерно эквивалентно 4 млн долей по объему при стандартной температуре и давлении.

Источник –содержащееся соединение и/или соединение, способное генерировать.

Виды – класс индивидов и/или объектов, сгруппированный по признакам их общих атрибутов и присвоенного общего наименования; подразделение, подчиненное роду.

Отработанный – использованный, израсходованный, выпускаемый и/или истощенный в смысле эффективности; введенный в использование и таким образом недоступный для применения.

Струя –вода или другая жидкость, перемещаемая массой рассеянных капель;

Распылять – распределять (жидкость, например) массой или струей из капель, частиц или мелких кусочков.

Состояние – качественное и/или количественное описание условия.

Хранить – помещать, удерживать и/или сохранять данные, обычно в памяти.

Поток – поток и/или ток текучей среды.

По существу – в значительной, большой и/или важной, но не обязательно полной и/или целой, величине и/или степени.

Сульфид – любой из сероводорода (H_2S), гидросульфида (HS^-) и сульфид-ионов (S^{2-}), которые могут образовываться путем растворения газообразного сероводорода (H_2S) в воде, причем доля каждого зависит от pH полученного водного раствора.

Сульфонат – сложный эфир или соль сульфоновой кислоты.

Сера – бледно-желтый неметаллический элемент, широко распространенный в природе в виде нескольких свободных и объединенных аллотропных форм, который используют в черном порошке, вулканизации резины, производстве инсектицидов и фармацевтических веществ, а также при получении соединений серы, таких как сероводород и серная кислота, и который имеет: атомное число 16; атомную массу 32,066; температуру плавления (ромбическая модификация) 112,8°C, (моноклинная модификация) 119,0°C; температуру кипения 444,6°C; удельную плотность (ромбическая) 2,07, (моноклинная) 1,957; и валентность 2, 4, 6.

Поддерживать – нести вес, особенно снизу.

Система – совокупность механизмов, устройств, машин, изделий производства, процессов, данных и/или инструкций, которая предназначена для осуществления одной или более специфических функций.

Тот – используется в качестве предмета или объекта относительного предложения.

Через – сквозь, среди, между и/или в одну сторону и из противоположной и/или другой стороны.

К – предлог, предназначенный для выражения цели.

Превращать – менять измеряемое: форму, внешний вид, природу и/или характер.

Передавать – направлять в виде сигнала, обеспечивать, снабжать и/или подавать.

Обрабатывать – подвергать переработке, обработке, действию и/или изменению.

Обработка – действие, путь или способ обращения и/или действия с кем-то и/или чем-то.

Применять – вводить в эксплуатацию.

Сосуд – контейнер.

Через – путем, с помощью и/или используя.

Сточные воды – жидкие и/или водные отходы, образующиеся в результате бытовых, коммерческих и/или промышленных industrial операций, и потенциально включают сточные воды, экскременты, растворенные твердые вещества, взвешенные твердые вещества, поверхностные воды, ливневую воду и/или грунтовые воды.

Вес – сила, с которой тело притягивается к Земле или другому небесному телу, равная произведению массы объекта на ускорение свободного падения; и/или коэффициент и/или значение, присваиваемое числу при вычислении, например, при определении среднего значения, чтобы влияние числа на вычисление отражало его важность, значимость, предпочтение, вклад и т.д.

Когда – во время и/или в момент времени, в который.

В котором – относительно чего-то; и; и/или в дополнение.

С – вместе с.

В – внутри пределов.

Без – с потерей.

Зона – область и/или объем, обладающий по меньшей мере одной заранее заданной границей.

Замечания

В данной заявке описаны различные по существу и конкретные практические и полезные типичные воплощения заявленного предмета изобретения, в текстовом и/или графическом виде, включая наилучшее воплощение, если такое существует, известное автору(ам) изобретения, для реализации заявленного предмета специалистами в данной области техники. Ссылки в данной заявке типа «в одном воплощении», «в одном из воплощений» и т. п. необязательно относятся к одному и тому же варианту осуществления.

Любой из многочисленных возможных вариантов (например, модификаций, дополнений, усовершенствований, уточнений и/или улучшений и т. д.), элементов (например, соединений, характеристик, нюансов и/или разработок и т. д.) и/или эквивалентов (например, замещений, замен, перестановок и/или альтернатив и т. д.) одного или нескольких воплощений, описанных в данном документе, могут стать очевидными после прочтения этого документа для специалиста в данной области техники, полагаясь на его/ее опыт и/или знание совокупности данной области техники и без проведения ненужных экспериментов. Автор(ы) изобретения ожидает, что любой специалист, обладающий обычными навыками в данной области, после получения разрешения от автора(авторов) изобретения будет осуществлять такие вариации, элементы и/или эквиваленты, в зависимости от ситуации, и поэтому автор(ы) изобретения предназначает заявленный предмет для практического применения, отличающегося от описанного здесь. Следовательно, в установленных законом пределах, заявленный объект включает и охватывает все вариации, элементы и эквиваленты этого заявленного объекта. Кроме того, в установленных законом пределах, каждая комбинация описанных здесь характеристик, функций, видов деятельности, веществ и/или структурных элементов и всех возможных их вариаций, элементов и эквивалентов охватывается заявленным объектом изобретения, если иное не указано явно в настоящем документе, явно и конкретно отклонено, или по иным причинам явно непригодно, неработоспособно или опровергается контекстом.

Использование любых и всех примеров или типичных фраз (например, «такой как»), представленных в данной заявке, предназначено просто для лучшего освещения одного или нескольких воплощений и не налагает ограничений на объем любого заявленного предмета, если не указано иное. Никакая фраза в данной заявке не должна толковаться как указывающая на то, что любой не заявленный предмет также существенен для практики как заявленный здесь предмет.

Таким образом, независимо от содержания какой-либо части (например, названия, области техники, уровня техники, сущности изобретения, описания, реферата, чертежей и т.д.) этого документа, если ясно не указано иное, например, с помощью точного определения, утверждения или аргумента, или явно не противоречит контексту, в отношении любого пункта формулы изобретения, этого ли документа и/или любого пункта другого документа, претендующего на приоритет, и независимо от того, был ли он представлен изначально или иным образом:

не требуется включения какой-либо конкретной описанной характеристики, функции, действия, вещества или структурного элемента, для какой-либо конкретной последовательности действий, для любой конкретной комбинации веществ или для какой-либо конкретной взаимосвязи элементов;

никакая описанная характеристика, функция, деятельность, вещество или структурный элемент не являются «существенными»; а также

в пределах, среди и между любыми описанными воплощениями:

любых два или более описанных веществ можно смешивать, объединять, вводить в реакцию, разделять и/или отделять;

любая описанная характеристика, функция, деятельность, вещество, компонент и / или структурный элемент или любая их комбинация могут быть специально включены, продублированы, исключены, объединены, переупорядочены, переконфигурированы, интегрированы и/или разделены;

любая описанная взаимосвязь, последовательность и/или зависимость между любыми описанными характеристиками, функциями, действиями, веществами, компонентами и/или структурными элементами может быть опущена, изменена, модифицирована и/или переупорядочена;

любое описанное действие может быть выполнено вручную, полуавтоматически и/или автоматически;

любое описанное действие может быть повторено, выполнено несколькими субъектами и/или выполнено в нескольких юрисдикциях.

Применение терминов «этот», «данный», «указанный» и/или аналогичных терминов в контексте описания различных воплощений изобретения (особенно в контексте нижеследующей формулы изобретения) следует толковать как охватывающие как единственное, так и множественное число, если в данной заявке не указано иное или это явно противоречит контексту.

Термины “содержащий,” “имеющий”, “включающий” и “содержать” следует толковать как открытые термины (то есть в значении «включая, но не ограничиваясь»), если не указано иное.

Когда в данной заявке описано число или диапазон, если явно не указано иное, это число или диапазон являются приблизительными. Перечисление диапазонов значений в данной заявке используется в виде краткого способа обозначения каждого отдельного значения, попадающего в пределы данного диапазона, если в данной заявке не указано иное, при этом каждое отдельное значение и каждый отдельный поддиапазон, ограниченный такими отдельными значениями, включен в данное описание, как, если бы он был специально указан в данной заявке. Например, если описан диапазон от 1 до 10, он включает все значения в указанном промежутке, такие как, например, 1,1, 2,5, 3,335, 5, 6,179, 8,9999, и т.д., и включает все под-диапазоны в указанном промежутке, такие как, например, от 1 до 3,65, от 2,8 до 8,14, от 1,93 до 9, и т.д., даже если эти специфические значения или специфические под-диапазоны не указаны буквально.

Когда любая фраза (то есть одно или более слов), встречающаяся в пункте формулы изобретения, сопровождается номером элемента на чертеже, этот номер элемента чертежа является типовым и не ограничивает объем притязаний по данному пункту.

Любая информация из любого материала (например, патента США, патентной заявки, поданной в Патентное ведомство США, книги, статьи, веб-страницы и т.д.), которая была включена в данную заявку посредством ссылки, включена в данную заявку во всей полноте в той степени, в которой это разрешено законом, но только в той мере, пока не существует конфликта между этой информацией и другими определениями, утверждениями и/или чертежами, изложенными в данной заявке. В случае такого конфликта, в том числе конфликта, который делает недействительным любой пункт в данной заявке или порочит его приоритет, любая такая противоречивая информация в таком материале специфически не включается посредством ссылки в данную заявку. Любая специфическая информация в любой част специфического материала, которая включена посредством ссылки в данную заявку, которая идентифицирует, оценивает или сравнивает относительно любого уровня техники, не включается посредством ссылки в данную заявку.

Заявитель полагает, что каждый пункт, представленный в данной заявке, и в любой момент рассмотрения данной заявки, и в любой заявке, которая претендует на приоритет этой заявки, относится к отдельному патентоспособному изобретению и что объем этого

изобретения должен меняться соразмерно, если и как объем этого пункта меняется во время рассмотрения заявки. Таким образом, в рамках данного документа и во время рассмотрения любой родственной заявки, любая ссылка на любой заявленный объект изобретения предназначена только для ссылки на точную формулировку тогда заявленного объекта изобретения в тот конкретный момент времени.

Соответственно, каждая часть этого документа (например, заголовок, область техники, уровень техники, сущность изобретения, описание, реферат, чертежи и т.д.), отличающиеся от пунктов формулы изобретения, и любые представленные определения фраз, используемых в данной заявке, следует воспринимать как иллюстрацию, а не как ограничение. Объем предмета изобретения, защищенного любым пунктом любого патента, который выдан на основе данного документа, определяется и ограничивается только формулировкой этого пункта (и всему его юридически значимыми эквивалентами) и любым представленным определением, используемым в данном пункте, как указано в контексте данного документа, при разумной интерпретации среднего специалиста в соответствующей области техники.

Формула изобретения

1. Способ обработки аэробного потока загрязненного газа, включающий:
осуществление первого множества операций, которое включает:

приведение аэробного потока загрязненного газа в контакт с чистым водным раствором, содержащим МГДА трехвалентного железа в молярной концентрации от 0,02 М до 2,3 М, где МГДА представляет собой диацетат метилглицин, метилглициндиацетат и/или тринатрия метилглициндиацетат, чистый водный раствор имеет окислительно-восстановительный потенциал от -131 мВ до -425 мВ, аэробный поток загрязненного газа содержит воздух, и аэробный поток загрязненного газа содержит сероводород в концентрации в воздухе 5 ppm или выше;

образование связей между сульфидом, образованным из сероводорода, и железом в МГДА трехвалентного железа с образованием: аэробного потока чистого газа, имеющего концентрацию сероводорода 3,5 ppm или меньше, и неочищенного водного раствора, содержащего насыщенный сульфидом МГДА железа;

смешивание неочищенного водного раствора с окислителем; и

посредством реакции с окислителем, разрыв связей между сульфидом и МГДА трехвалентного железа с образованием элементной серы в смеси с повторно активированным раствором, содержащим повторно активированный МГДА трехвалентного железа;

выделение элементной серы из повторно активированного раствора с образованием по существу свободного от сероводорода раствора; и

возврат рециклом по существу свободного от сероводорода раствора для использования в качестве чистого водного раствора.

2. Способ по п. 1, в котором:

каждая из первого множества операций происходит в общем сосуде.

3. Способ по п. 1, который дополнительно включает:

повторение первого множества операций.

4. Способ по п. 1, который дополнительно включает:

повторение первого множества операций без ввода дополнительного МГДА трехвалентного железа в чистый водный раствор.

5. Способ по п. 1, в котором первое множество операций дополнительно включает:

направление потока аэробного потока загрязненного газа в сосуд.

6. Способ по п. 1, в котором:

указанное приведение в контакт включает барботирование аэробного потока загрязненного газа через чистый водный раствор.

7. Способ по п. 1, в котором:

указанное приведение в контакт включает продувание аэробного потока загрязненного газа в чистый водный раствор.

8. Способ по п. 1, в котором:

указанное приведение в контакт включает распыление чистого водного раствора в аэробный поток загрязненного газа.

9. Способ по п. 1, в котором:

указанное приведение в контакт включает стекание чистого водного раствора по каплям в аэробный поток загрязненного газа.

10. Способ по п. 1, в котором:

чистый водный раствор имеет pH 5,9 или выше.

11. Способ по п. 1, в котором:

чистый водный раствор имеет pH 8 или выше.

12. Способ по п. 1, в котором:

окислитель представляет собой пероксид.

13. Способ по п. 1, в котором:

окислитель представляет собой кислород в аэробном потоке загрязненного газа.

14. Способ по п. 1, в котором:
окислитель представляет собой кислород.

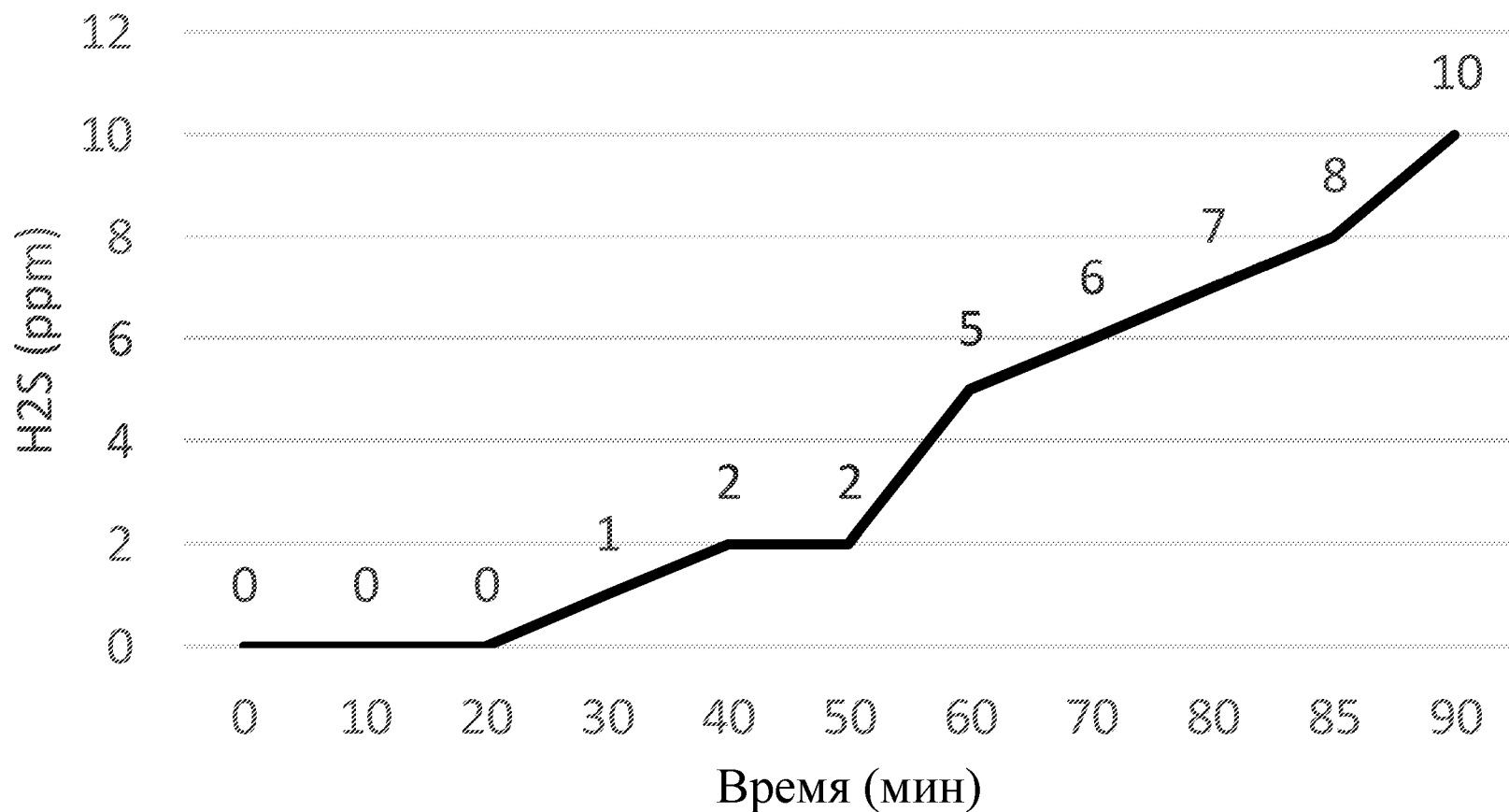
15. Способ по п. 1, в котором:
окислитель представляет собой атмосферный кислород.

16. Способ обработки аэробного потока загрязненного газа, включающий:
в зоне по существу аэробной обработки сосуда взаимодействие реагентов, включающих аэробный поток загрязненного газа и МГДА железа, где МГДА представляет собой диацетат метилглицин, метилглициндиацетат и/или тринатрия метилглициндиацетат, аэробный поток загрязненного газа имеет окислительно-восстановительный потенциал от -131 мВ до -425 мВ, аэробный поток загрязненного газа содержит воздух в смеси с сероводородом, причем сероводород присутствует в концентрации по меньшей мере 5 ppm, и
продукты реакции указанного взаимодействия включают:
отработанный МГДА железа, который содержит железо, насыщенное сульфидом; и
поток чистого газа, имеющий концентрацию сероводорода не более 3,5 ppm;
причем содержимое зоны обработки поддерживают при активном контроле при pH от 5,9 до 10.

17. Способ по п. 16, в котором:
аэробный поток загрязненного газа остается в контакте с МГДА железа в течение по меньшей мере 2,5 секунд.

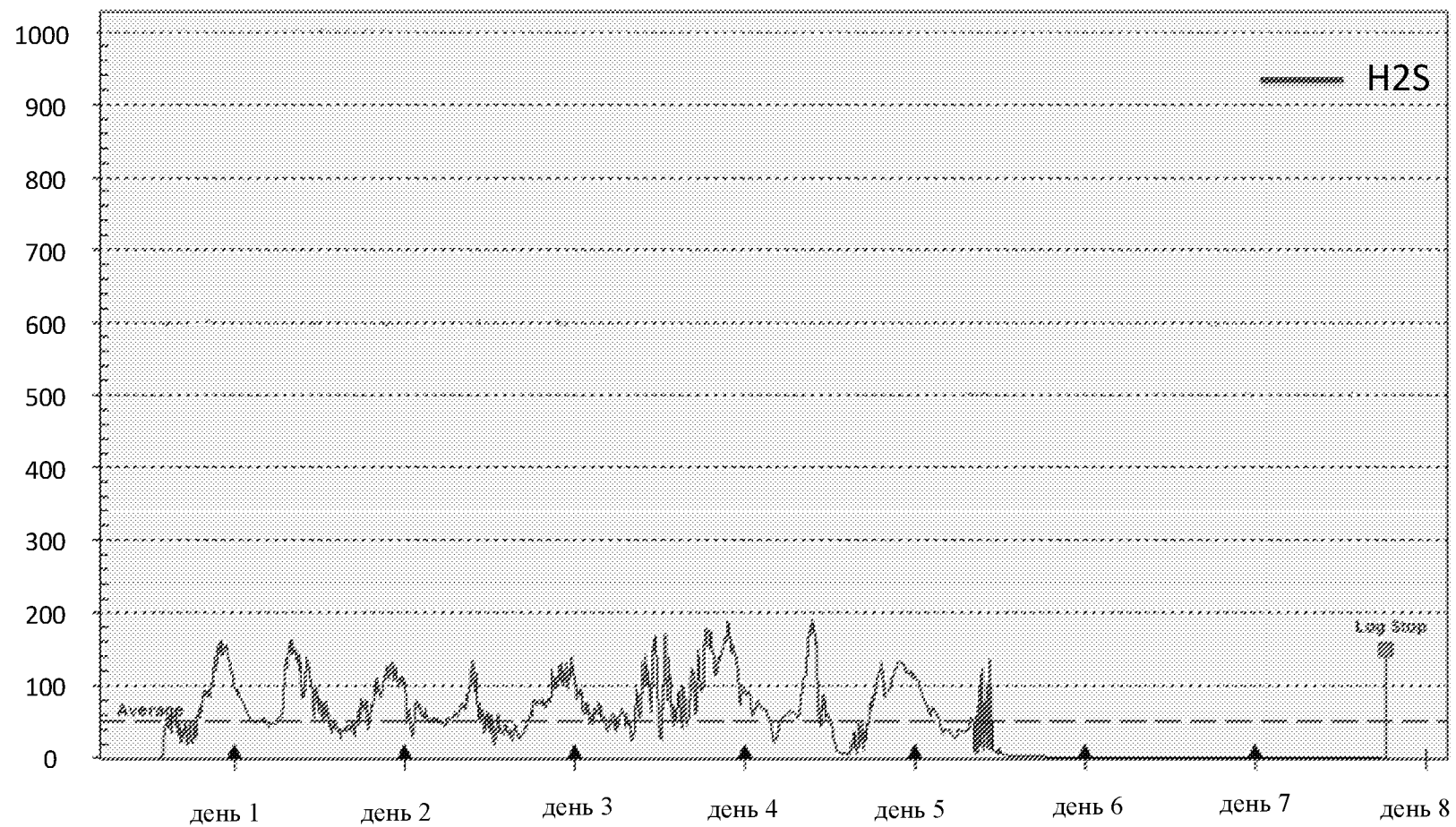
18. Способ по п. 16, в котором:
МГДА железа рециркулируют со скоростью по меньшей мере 0,055 галлонов ($2,423 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$) МГДА железа на кубический фут ($2,832 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$) аэробного потока загрязненного газа.

Выработка ресурса катализатора вследствие насыщения H₂S

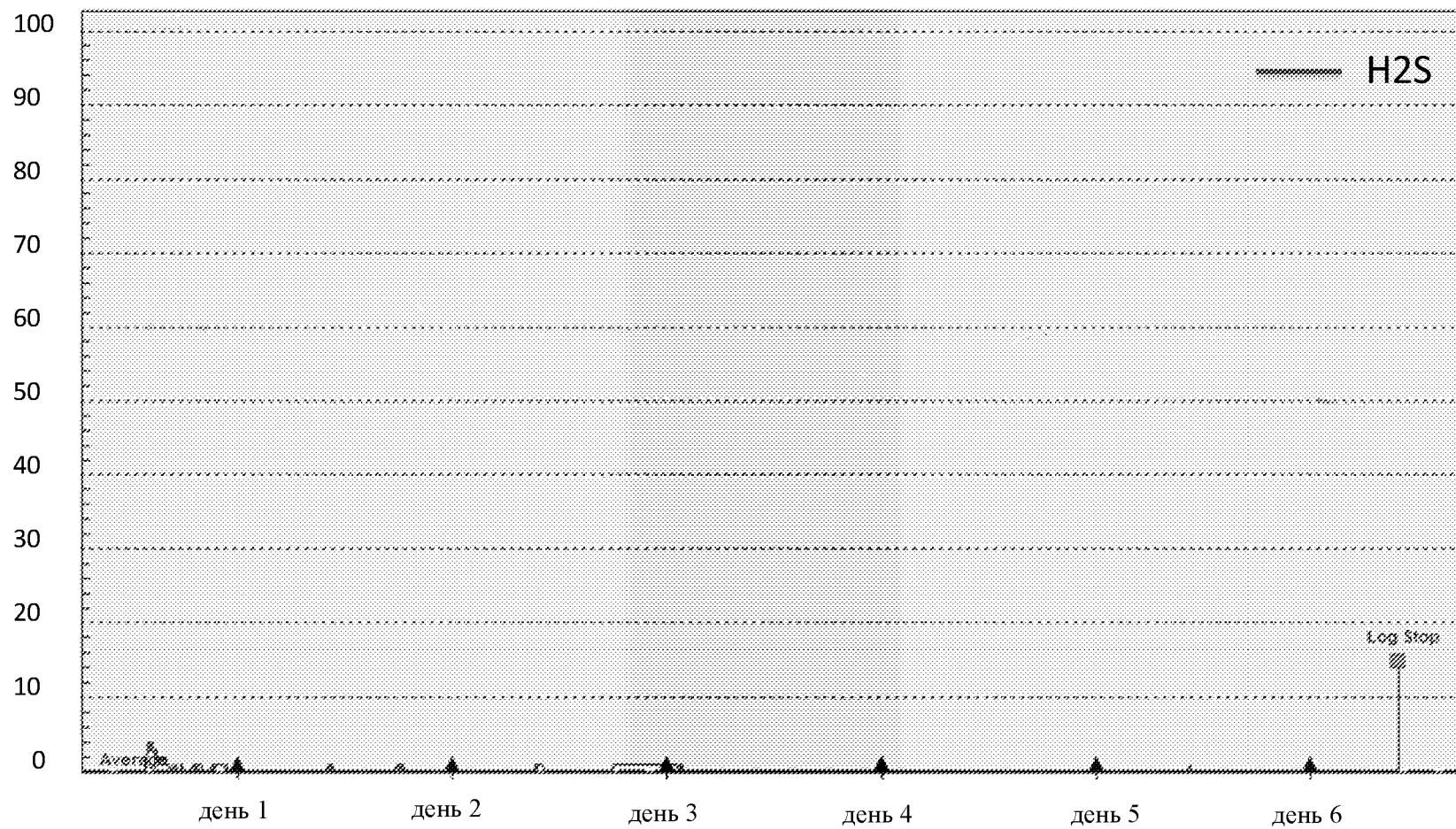


Условия: 0,5% раствор катализатора, pH 7,5, H₂S 100 ppm, скорость потока 10 стандартных кубических футов в час

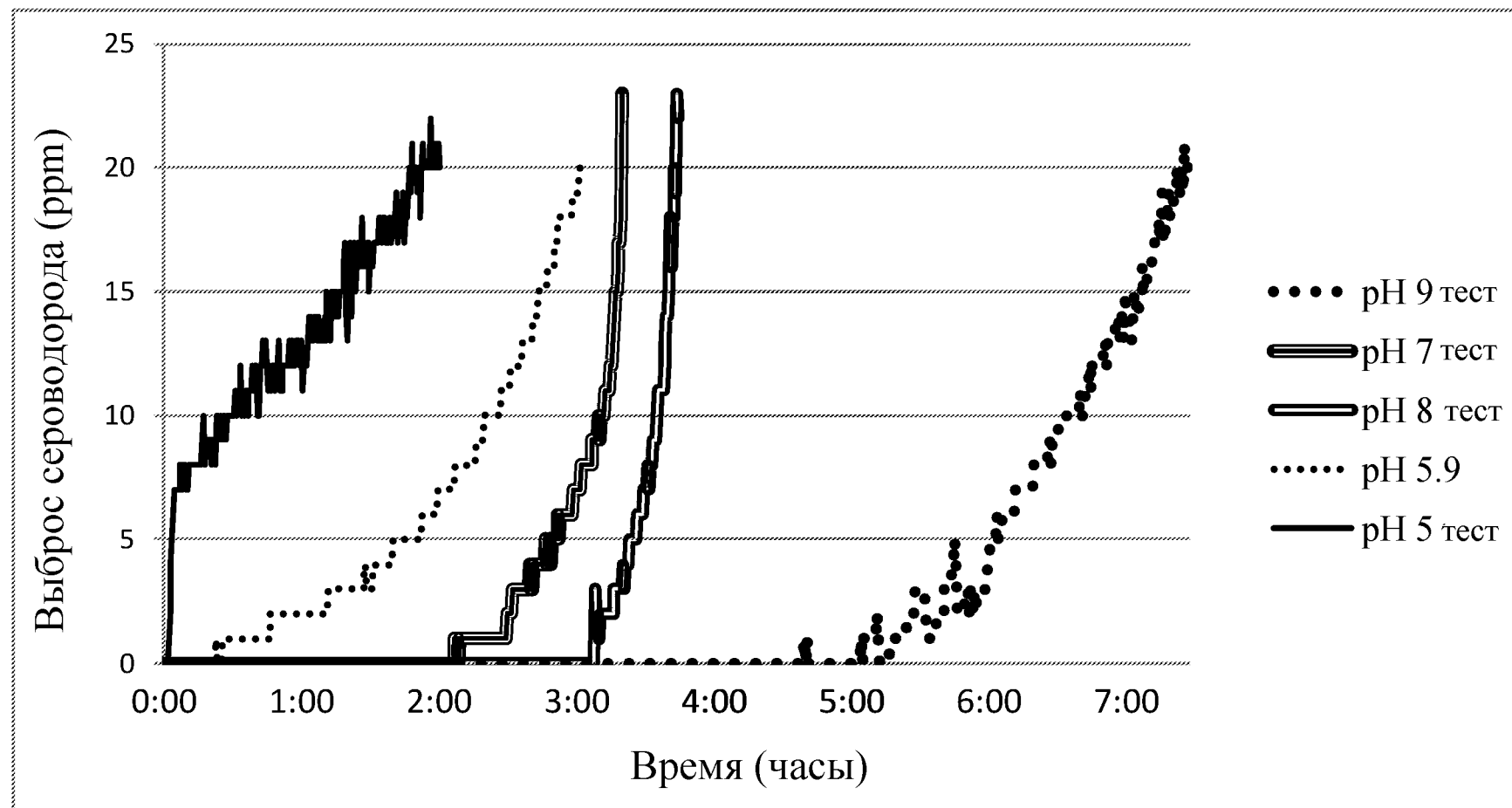
Фиг. 1



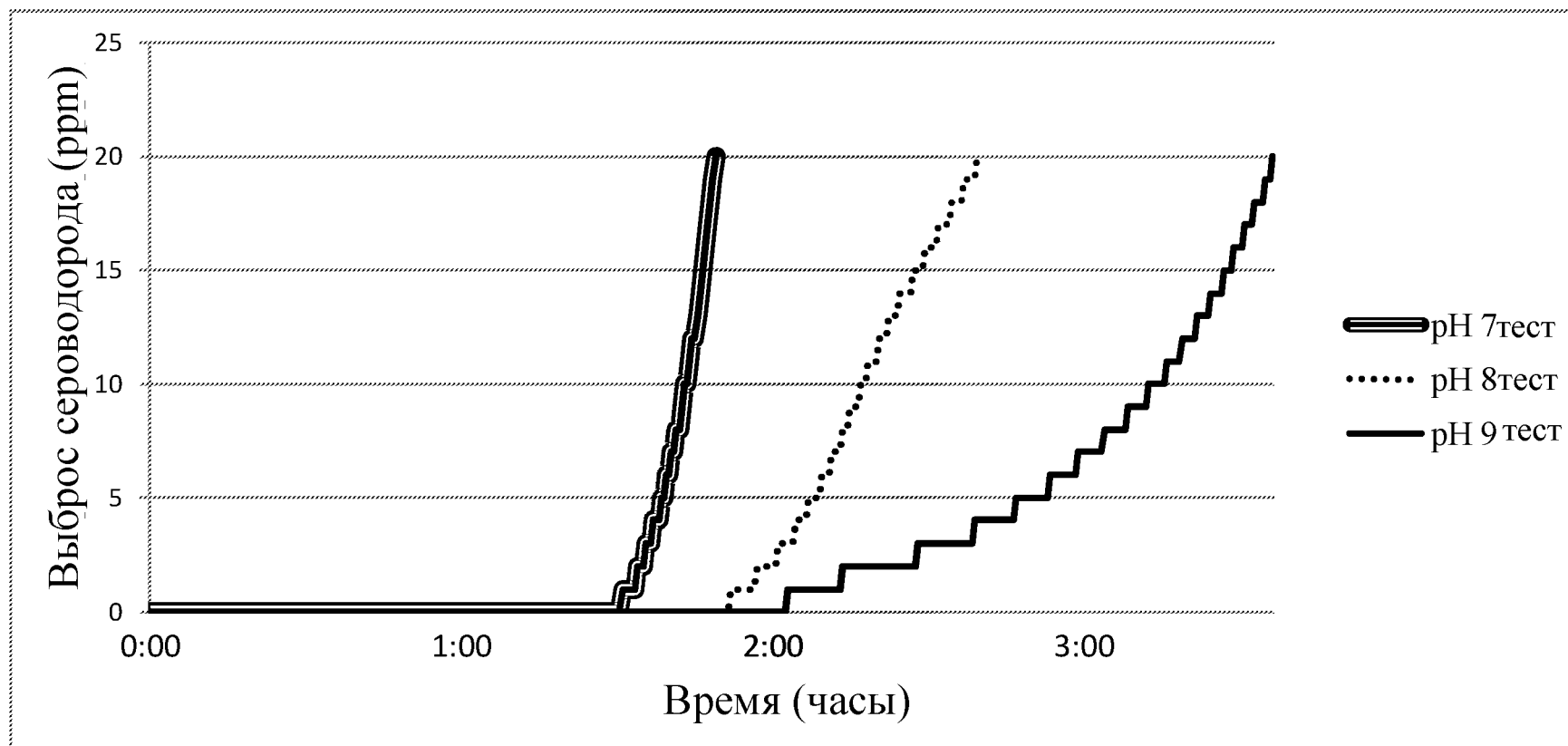
Фиг. 2



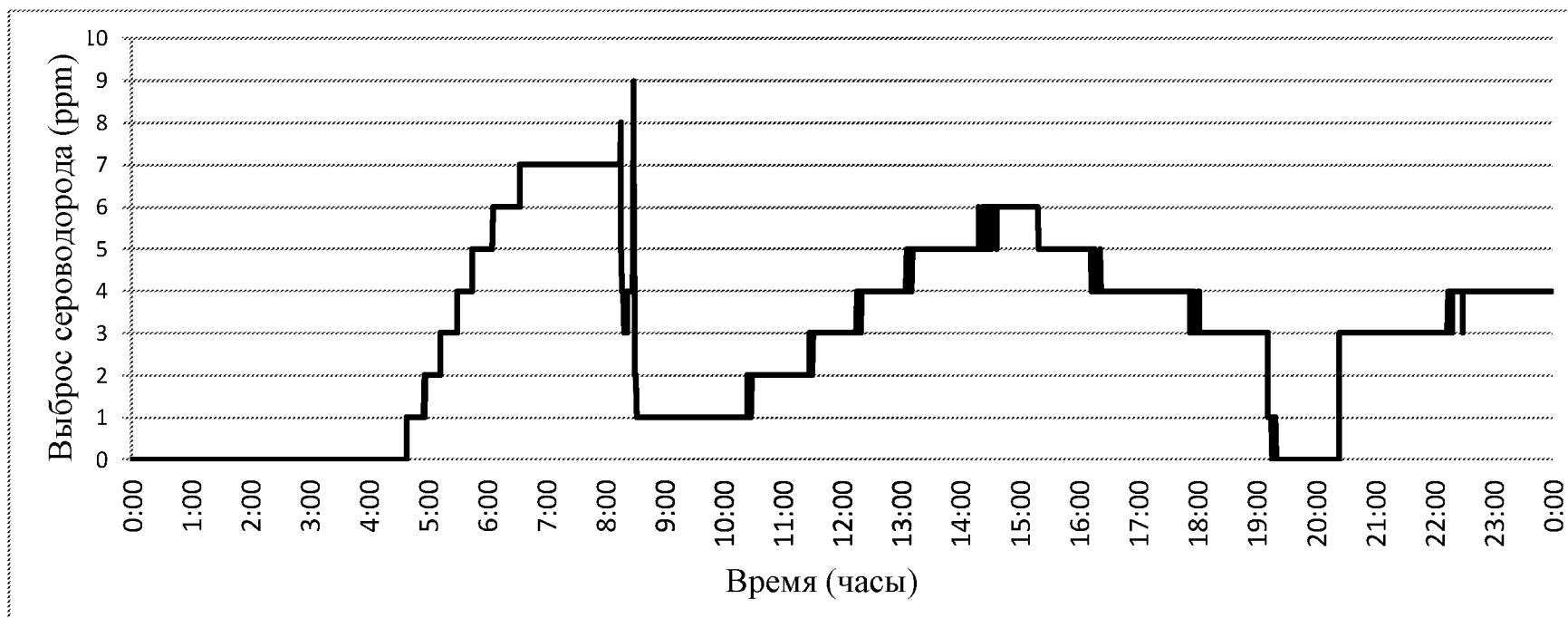
Фиг. 3



Фиг. 4

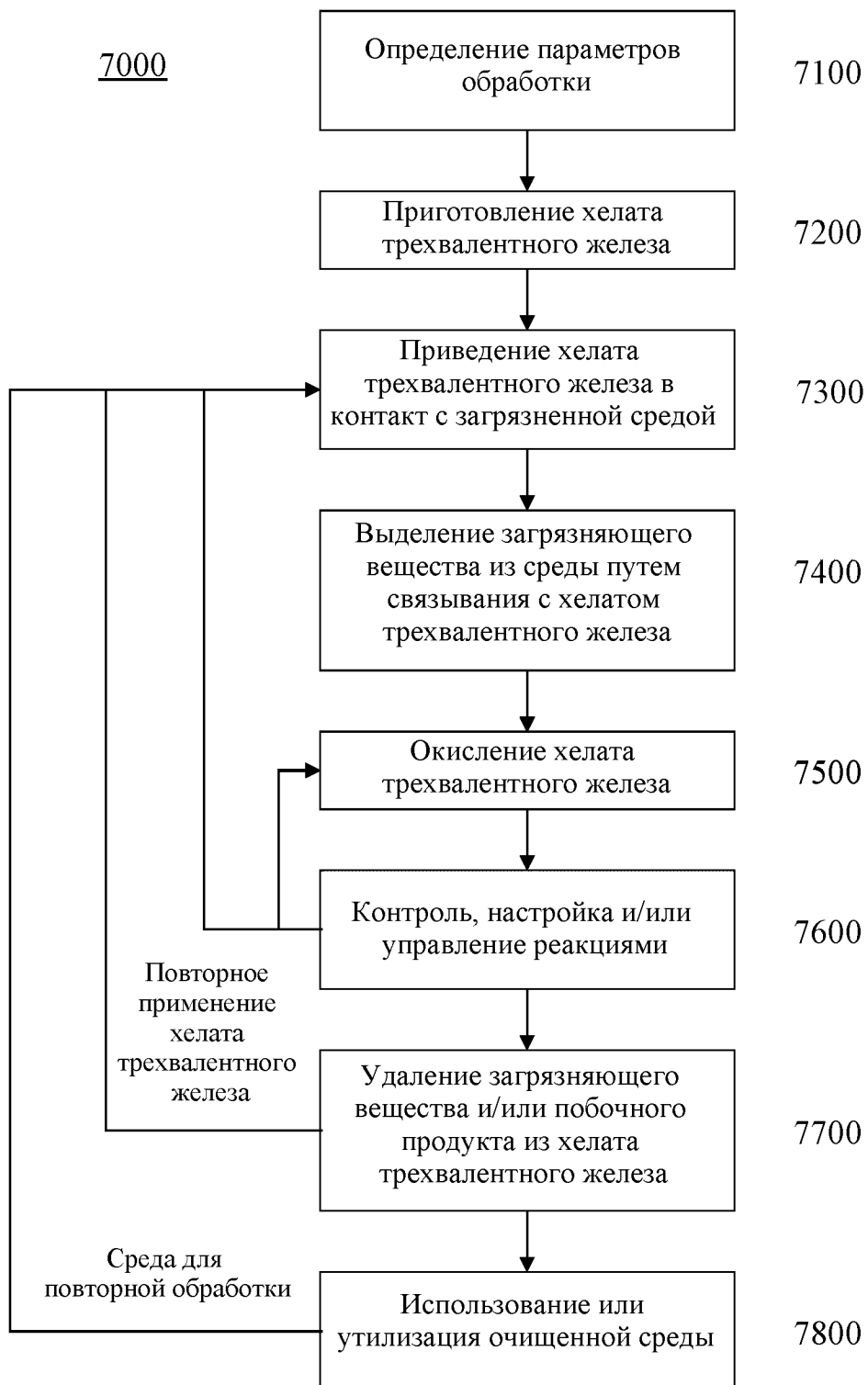


Фиг. 5



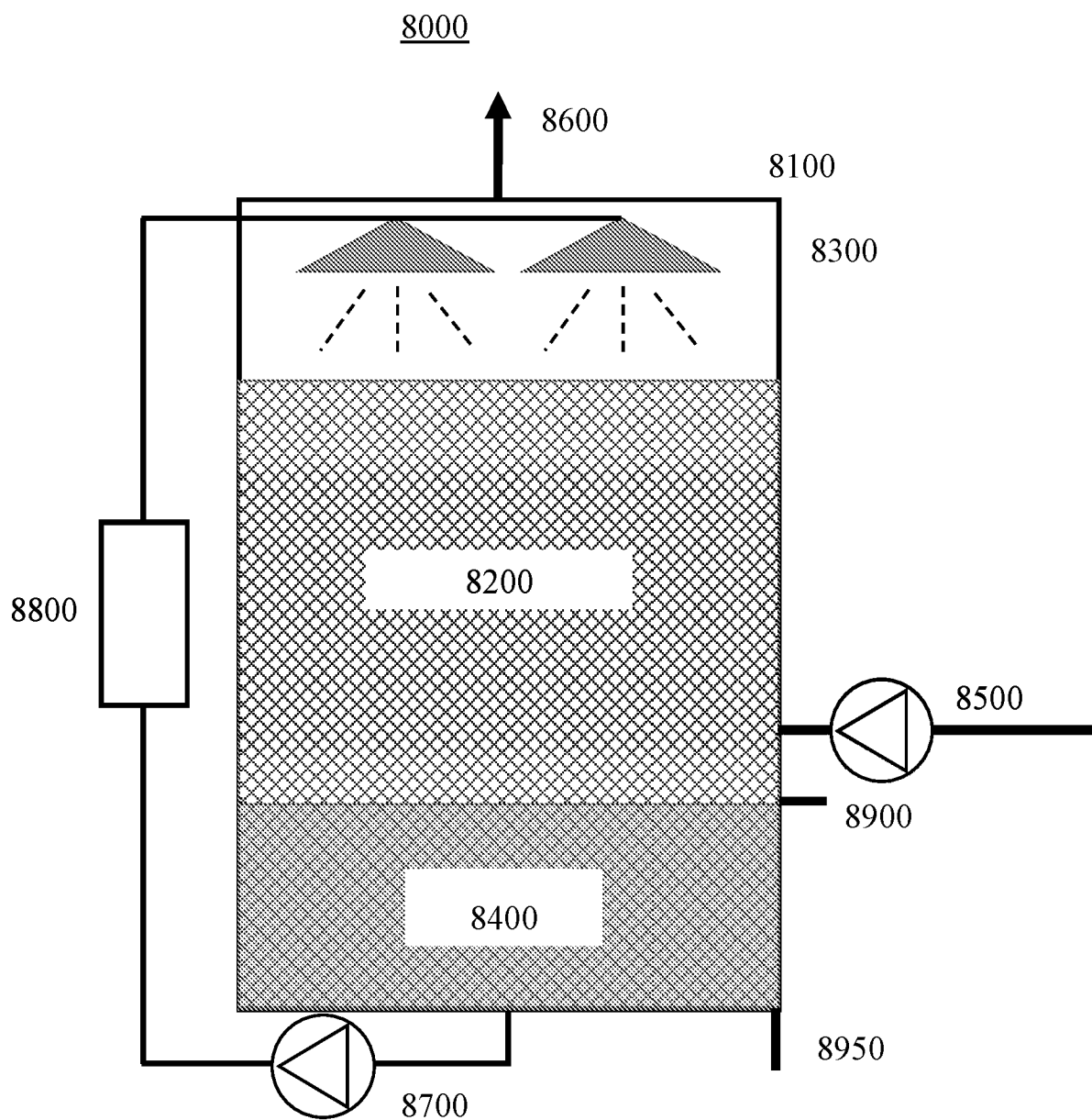
Фиг. 6

7/11



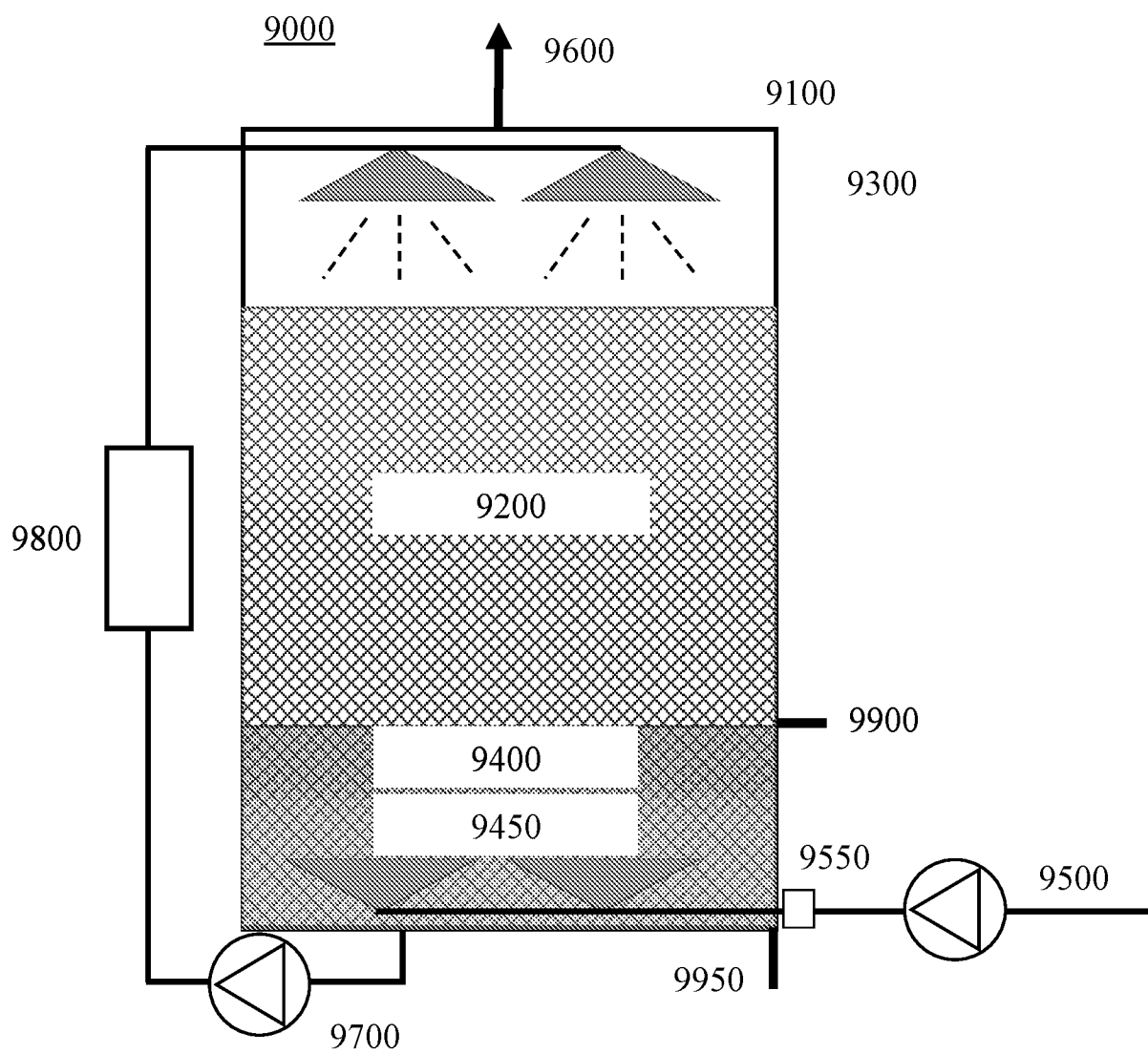
Фиг. 7

8/11



Фиг. 8

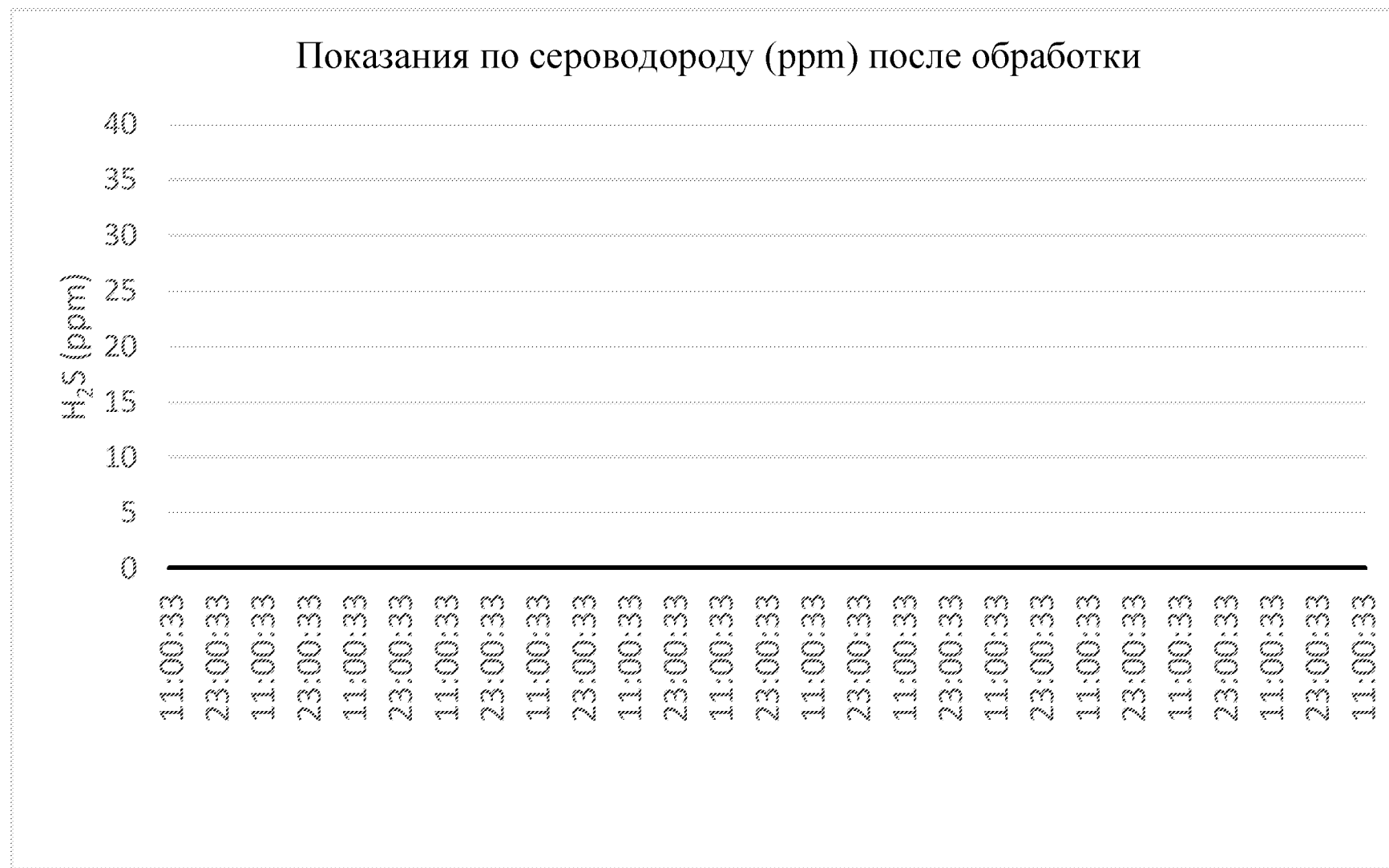
9/11



Фиг. 9



Фиг. 10



Фиг. 11

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

(PCT Article 18 and Rules 43 and 44)

Applicant's or agent's file reference 1026-048	FOR FURTHER ACTION see Form PCT/ISA/220 as well as, where applicable, item 5 below.	
International application No. PCT/US 17/56243	International filing date (<i>day/month/year</i>) 12 October 2017 (12.10.2017)	(Earliest) Priority Date (<i>day/month/year</i>) 14 October 2016 (14.10.2016)
Applicant BIOSYSTEMS CONSULTING, INC.		

This international search report has been prepared by this International Searching Authority and is transmitted to the applicant according to Article 18. A copy is being transmitted to the International Bureau.

This international search report consists of a total of 2 sheets.

☐ It is also accompanied by a copy of each prior art document cited in this report.

1. Basis of the report

a. With regard to the **language**, the international search was carried out on the basis of:

- ☒ the international application in the language in which it was filed.
☐ a translation of the international application into _____ which is the language of a translation furnished for the purposes of international search (Rules 12.3(a) and 23.1(b)).

b. ☐ This international search report has been established taking into account the **rectification of an obvious mistake** authorized by or notified to this Authority under Rule 91 (Rule 43.6bis(a)).

c. ☐ With regard to any **nucleotide and/or amino acid sequence** disclosed in the international application, see Box No. I.

2. ☐ **Certain claims were found unsearchable** (see Box No. II).

3. ☐ **Unity of invention is lacking** (see Box No. III).

4. With regard to the **title**,

- ☒ the text is approved as submitted by the applicant.
☐ the text has been established by this Authority to read as follows:

5. With regard to the **abstract**,

- ☒ the text is approved as submitted by the applicant.
☐ the text has been established, according to Rule 38.2, by this Authority as it appears in Box No. IV. The applicant may, within one month from the date of mailing of this international search report, submit comments to this Authority.

6. With regard to the **drawings**,

- a. the **figure of the drawings** to be published with the abstract is Figure No. _____
☐ as suggested by the applicant.
☐ as selected by this Authority, because the applicant failed to suggest a figure.
☐ as selected by this Authority, because this figure better characterizes the invention.

b. ☒ none of the figures is to be published with the abstract.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US 17/56243

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC(8) - C01B 17/05, B01D 53/96, C01B 17/04 (2017.01)
 CPC - B01D 2251/104, B01D 53/52, B01D 2251/10, B01D 2251/108

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

See Search History Document

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

See Search History Document

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

See Search History Document

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 7,344,682 B1 (NAGL et al.) 18 March 2008 (18.03.2008); Fig. 3; col 1 ln 52-56; col 2 ln 53-54, 59-64; col 3 ln 8-11, 15-16, 35-37; col 4 ln 41-44, 51-52; col 6 ln 33-34, 36-37; col 7 ln 3-4, 7-12, 16-20, 27-33	1-18
A	US 6,960,330 B1 (COX JR.) 01 November 2005 (01.11.2005); entire document	1-18
A	US 5,126,118 A (HARDISON) 30 June 1992 (30.06.1992); entire document	1-18
A	US 5,648,054 A (DEBERRY) 15 July 1997 (15.07.1997); entire document	1-18
A	US 5,738,834 A (DEBERRY) 14 April 1998 (14.04.1998); entire document	1-18
A	US 6,589,498 B1 (BARRERE-TRICCA et al.) 08 July 2003 (08.07.2003); entire document	1-18
A	US 7,279,148 B1 (NAGL et al.) 09 October 2007 (09.10.2007); entire document	1-18
A	US 2011/0042307 A1 (VANORNUM et al.) 24 February 2011 (24.02.2011); entire document	1-18
A	US 2012/0107205 A1 (NAGL) 03 May 2012 (03.05.2012); entire document	1-18

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

06 December 2017

Date of mailing of the international search report

05 JAN 2018

Name and mailing address of the ISA/US

Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents
 P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450

Facsimile No. 571-273-8300

Authorized officer:

Lee W. Young

PCT Helpdesk: 571-272-4300
 PCT OSP: 571-272-7774