

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **025708**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2017.01.30

(51) Int. Cl. **B01D 9/04** (2006.01)

(21) Номер заявки
201290749

(22) Дата подачи заявки
2011.01.05

(54) СПОСОБ ОТДЕЛЕНИЯ СПОСОБНЫХ ЗАТВЕРДЕВАТЬ ГАЗОВЫХ КОМПОНЕНТОВ ОТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ГАЗОВЫХ ПОТОКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ХОЛОДНОЙ ЖИДКОСТИ

(31) 61/300,952; 61/425,558

(56) US-A-3400512

(32) 2010.02.03; 2010.12.21

US-B2-7073348

(33) US

US-A-2863527

(43) 2013.03.29

US-A1-20070014634

(86) PCT/US2011/020247

(87) WO 2011/097043 2011.08.11

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ЭКСОНМОБИЛ АПСТРИМ РИСЕРЧ
КОМПАНИ (US)**

(72) Изобретатель:
**Камински Роберт Д., Минта Моузес
(US)**

(74) Представитель:
Медведев В.Н. (RU)

(57) В изобретении представлены системы и способы для отделения затвердевающего газа от технологического газового потока путем непосредственного контакта с холодной жидкостью. Технологический газовый поток включает, по меньшей мере, газ, который замораживают холодной жидкостью, в то время как один или более из других газов технологического газового потока остаются в газообразном состоянии. Технологический газовый поток может включать воду и отличается по составу от холодной жидкости. Контакт холодной жидкости с технологическим газовым потоком можно осуществлять при абсолютном давлении, которое составляет менее чем 200 фунтов на кв. дюйм (1,38 МПа) и необязательно менее чем 100 фунтов на кв.дюйм (0,69 МПа), 50 фунтов на кв.дюйм (0,345 МПа) или даже 30 фунтов на кв.дюйм (0,207 МПа), и затвердевший газ можно извлекать из контактного блока в виде суспензии с холодной жидкостью.

B1**025708****025708****B1**

Настоящая заявка испрашивает приоритет временной патентной заявки США № 61/300952, поданной 03 февраля 2010 г. и озаглавленной "Системы и способы применения холодной жидкости для отделения затвердевающих газовых компонентов от технологических газовых потоков", и временной патентной заявки США № 61/425558, поданной 21 декабря 2010 г. и озаглавленной "Системы и способы использования холодной жидкости для отделения затвердевающих газовых компонентов от технологических газовых потоков", которые во всей своей полноте включены в настоящий документ посредством ссылки.

Область техники, к которой относится изобретение

Предложены системы и способы обработки газовых потоков для отделения от них выбранных газовых компонентов путем замораживания выбранных компонентов и, более конкретно, системы и способы отделения затвердевающих газов, таких как парниковые газы, путем непосредственного контакта газового потока с холодной жидкостью.

Уровень техники, к которой относится изобретение

Промышленные процессы, в том числе промышленные процессы сгорания, создают разнообразные газовые потоки, многие из которых в конце концов выпускают в окружающую среду. Эти газовые потоки могут включать парниковые газы или другие газообразные компоненты, которые может оказаться желательным отделить от технологического газового потока, например, перед выпуском данных потоков в окружающую среду. Иллюстративный пример (который не носит исключающего характера) такого парникового газа представляет собой диоксид углерода, и иллюстративный пример (который не носит исключающего характера) такого газового потока представляет собой топочный газовый поток от горелки или другого блока сгорания. Топочные и другие газовые потоки, содержащие диоксид углерода, можно получать в разнообразных промышленных процессах, таких как производство электроэнергии и производство тепла и пара. Многие такие процессы осуществляют при давлении, равном или близком к атмосферному давлению, и включают сгорание на воздухе, в результате чего образуются топочные газовые потоки, которые имеют давление, равное или близкое к атмосферному давлению, и которые в высокой степени разбавлены газообразным азотом из потока воздуха, который используют для поддержки сгорания.

Диоксид углерода можно традиционно отделять от топочных газовых потоков разнообразными способами, такими как способы, которые включают обработку топочного газового потока амином или аммиаком, адсорбцию диоксида углерода твердым адсорбентом и отделение диоксида углерода с использованием физических растворителей. Иллюстративные примеры таких традиционных способов описали в своей работе D. Aaron и C. Tsouris "Отделение CO₂ от топочного газа: обзор" в журнале Separation Science and Technology (Наука и технология разделения), 2005 г., т. 40, с. 321-48. Еще один пример способа отделения диоксида углерода от природного газа с использованием охлаждения газового потока при его расширении или эффекта Джоуля-Томпсона (Joule-Thompson) с помощью дистилляционной колонны. Этот способ может называться способом "регулируемой зоны замораживания", и он описан в патентах США №№ 4533372, 5062270, 5120338, 5956971 и 6053007, описания которых включены в настоящий документ посредством ссылки. Еще один способ, описанный в патенте США № 7073348, включает пропускание содержащих диоксид углерода газовых потоков над поверхностями, температуры которых циклически изменяются от температуры заморозки до температуры плавления, и это описание включено в настоящий документ посредством ссылки.

Для этих способов несмотря на их эффективность, как правило, требуется большое количество энергии или растворителей, а также для их эффективного осуществления могут потребоваться высокие давления. Например, в случае угольных электростанций отделение диоксида углерода от топочных газов с использованием способа аминной обработки, согласно оценкам, снижает производство энергии приблизительно на 30%. Для некоторых таких традиционных способов также требуется предварительная обработка топочного газового потока, чтобы он был сухим (т. е. не содержал воды) или практически сухим и не вызывал блокирование системы вследствие образования льда.

Сущность изобретения

Настоящее изобретение относится к системам и способам отделения одного или более затвердевающих газовых компонентов от технологического газового потока путем непосредственного контакта с холодной жидкостью. Технологический газовый поток включает по меньшей мере один газовый компонент, который замораживается или иным путем затвердевает в результате непосредственного контакта с холодной жидкостью, например, в контактном блоке, в то время как один или более из других газовых компонентов технологического газового потока остаются в газообразном состоянии. Технологический газовый поток может включать воду, и холодная жидкость отличается по составу от технологического газового потока. Контакт холодной жидкости с технологическим газовым потоком для получения по меньшей мере одного затвердевшего газового компонента можно осуществлять при абсолютном давлении, которое составляет менее чем 200 фунтов на кв. дюйм (1,38 МПа) и необязательно менее чем 100 фунтов на кв. дюйм (0,69 МПа), менее чем 50 фунтов на кв. дюйм (0,345 МПа) или даже менее чем 35 фунтов на кв. дюйм (0,241 МПа) или 30 фунтов на кв. дюйм (0,207 МПа), и затвердевший газовый компонент (компоненты) можно отделять из контактного блока в виде суспензии с холодной жидкостью. В

одном или нескольких из вариантов осуществления контакт газа и холодной жидкости можно осуществлять в противоточном режиме на двух или нескольких ступенях. По меньшей мере часть твердого вещества можно механически отделять от образующейся суспензии, причем отделение происходит по меньшей мере между одним множеством смежных ступеней. Суспензию жидкой и твердой фаз необязательно можно концентрировать, чтобы увеличивать концентрацию затвердевшего газового компонента в суспензии путем уменьшения количества холодной жидкости в суспензии. Давление суспензии необязательно можно увеличивать с помощью жидкостного насоса или другого механизма для повышения давления жидкости, и затвердевшие газовые компоненты можно селективно отделять от холодной жидкости. Еще один иллюстративный пример (который не носит исключительного характера) подходящего способа повышения давления суспензии представляет собой нагревание твердого вещества в герметичном контейнере. Когда суспензия содержит два или более затвердевших газовых компонентов, затвердевшие газовые компоненты можно раздельно и/или последовательно отделять от холодной жидкости, например, посредством нагревания суспензии. Твердое вещество можно плавить или испарять и отделять для получения исходящего потока. Как обсуждается в настоящем документе, исходящий пар можно использовать посредством разнообразных механизмов и/или разнообразных приложений, включая утилизацию исходящего потока в подземном пласте.

Краткое описание чертежей

Фиг. 1 представляет схематичный чертеж систем для отделения затвердевающих газовых компонентов от газового потока путем непосредственного контакта с холодной жидкостью согласно настоящему изобретению.

Фиг. 2 представляет еще один схематичный чертеж систем для отделения затвердевающих газовых компонентов от газового потока путем непосредственного контакта с холодной жидкостью согласно настоящему изобретению.

Фиг. 3 представляет еще один схематичный чертеж систем для отделения затвердевающих газовых компонентов от газового потока путем непосредственного контакта с холодной жидкостью согласно настоящему изобретению.

Фиг. 4 представляет еще один схематичный чертеж систем для отделения затвердевающих газовых компонентов от газового потока путем непосредственного контакта с холодной жидкостью согласно настоящему изобретению.

Фиг. 5 представляет еще один схематичный чертеж систем для отделения затвердевающих газовых компонентов от газового потока путем непосредственного контакта с холодной жидкостью согласно настоящему изобретению.

Фиг. 6 представляет технологическую схему, иллюстрирующую способы отделения затвердевающих газовых компонентов от газового потока путем непосредственного контакта с холодной жидкостью согласно настоящему изобретению.

Фиг. 7 представляет еще одну технологическую схему, иллюстрирующую способы отделения затвердевающих газовых компонентов от газового потока путем непосредственного контакта с холодной жидкостью согласно настоящему изобретению.

Для простоты и ясности иллюстраций элементы, представленные на чертежах, не обязательно изображены в действительном масштабе. Например, размеры некоторых элементов могут быть преувеличены относительно других элементов для ясности. Кроме того, если это считается целесообразным, некоторые условные номера повторяются на одном чертеже и на различных чертежах для обозначения соответствующих или аналогичных элементов, но не обязательно идентичных элементов.

Подробное описание и наилучшие варианты осуществления изобретения

Настоящее изобретение относится к системам и способам отделения затвердевающего газового компонента от газового потока путем замораживания затвердевающего газового компонента холодной жидкостью. Как обсуждается более подробно в настоящем документе, данные системы и способы могут осуществлять непосредственный контакт газового потока, содержащего затвердевающий газовый компонент, с холодной жидкостью, чтобы осуществлять замораживание или иное затвердевание затвердевающего газового компонента. Путем этого непосредственного контакта с холодной жидкостью затвердевающий газовый компонент замерзает или иным образом затвердевает, в результате чего отделяется замороженный (затвердевший) затвердевающий газовый компонент от газового потока. С другой стороны, замороженный (затвердевший) затвердевающий газовый компонент образует смесь или суспензию с холодной жидкостью. После этого системы и способы могут отделять замороженный (затвердевший) затвердевающий газовый компонент от холодной жидкости. Отделенные компоненты можно затем превращать в жидкость или пар, например путем нагревания, получая поток для утилизации или использования любым способом.

При использовании в настоящем документе термин "технологический газовый поток", как правило, означает любой газовый поток, присутствующий на промышленном или торговом предприятии, независимо от того, что данный технологический газовый поток представляет собой поток реагента, поток продукта, поток промежуточного продукта (или промежуточного реагента), поток отходов (газов) или поток отработавшего материала. Иллюстративные примеры (которые не носят исключительного характера) таких

промышленных и/или торговых предприятий, как нефтеперерабатывающие заводы, электростанции, установки для сжигания отходов, плавильные печи, химические заводы, установки по переработке природного газа и т. п. Иллюстративные примеры (которые не носят исключаяющего характера) технологических газовых потоков, от которых можно отделять один или более затвердевающих газовых компонентов, используя системы и/или способы согласно настоящему изобретению, включают, но не ограничиваются этим, топочные газовые потоки и отработавшие потоки продуктов сгорания. Дополнительный иллюстративный пример (который не носит исключаяющего характера) технологического газового потока представляет собой поток природного газа, такой как поток, который может содержать диоксид углерода и/или сероводород, которые можно отделять, используя системы и/или способы согласно настоящему изобретению. В качестве дополнения или альтернативы технологический газовый поток, от которого можно отделять один или более затвердевающих газовых компонентов, используя системы и/или способы согласно настоящему изобретению, включают, но не ограничиваются этим, потоки, в которых основная масса газового потока остается газофазным потоком при температуре и давлении, где один или более затвердевающих газовых компонентов отделяют от технологического газового потока путем непосредственного контакта с холодной жидкостью.

При использовании в настоящем документе в контексте технологического газового потока, от которого отделяют один или более затвердевающих газовых компонентов, используя системы и/или способы согласно настоящему изобретению, термин "компонент" означает определенное химическое соединение, которое присутствует в технологическом газовом потоке. Иллюстративные примеры (которые не носят исключаяющего характера) затвердевающих газовых компонентов, которые можно отделять от технологического газового потока, используя системы и/или способы согласно настоящему изобретению, включают диоксид углерода (CO_2), воду (H_2O), сероводород (H_2S), диоксид серы (SO_2), серооксид углерода (COS) и кислородные соединения азота NO_x , (например, NO и NO_2). Эти компоненты технологического газового потока можно в качестве дополнения или альтернативы рассматривать в настоящем документе как газофазные соединения, затвердевающие газофазные соединения и затвердевающие газовые компоненты технологического газового потока.

При использовании в настоящем документе термин "замораживание" предназначен для широкого обозначения процесса фазового перехода соединения, такого как соединение из технологического газового потока, из газовой фазы в твердую фазу. Соответственно термин "замораживание" может включать соединение, которое сначала переходит из газовой фазы в жидкую фазу и после этого переходит из жидкой фазы в твердую фазу. В качестве дополнения или альтернативы термин "замораживание" может включать соединение, которое путем сублимации, осаждения, затвердевания или иного изменения переходит из газовой фазы в твердую фазу. В качестве иллюстративного примера при давлениях, которые находятся точно или приблизительно на уровне атмосферного давления, вода, сероводород и серооксид углерода переходят из газовой фазы в жидкую фазу и затем в твердую фазу. С другой стороны, при давлениях ниже его давления в тройной точке, которое составляет 5,2 атм или 73,5 фунтов на кв. дюйм (0,52 МПа), диоксид углерода склонен к сублимации из газовой фазы в твердую фазу, когда давление ниже, чем давления тройной точки. Это изменение состояний или фазовый переход одного или более соединений технологического газа при использовании систем и/или способов согласно настоящему изобретению означает изменение состояния соединения без изменения химического состава соединения. Соответственно затвердевание одного или более затвердевающих газовых компонентов технологического газового потока не следует истолковывать как химическую реакцию компонента с образованием одного или более отличных от него соединений.

Схематичный чертеж иллюстративных примеров (которые не носят исключаяющего характера) систем для отделения затвердевающего газового компонента от газового потока, такого как технологический газовый поток, представлен на фиг. 1. На фиг. 1 системы обычно обозначены номером 10 и включают технологический газовый поток 20, такой как из источника технологического газового потока 22. Система 10 может в качестве дополнения или альтернативы быть описана как аппарат 10 и/или устройство 10 для отделения одного или более затвердевающих газовых компонентов от газового потока, такого как технологический газовый поток 20, путем непосредственного контакта с холодной жидкостью. Системы 10 дополнительно включают контактный блок 40, в котором технологический газовый поток вступает в непосредственный контакт с холодной жидкостью 36, чтобы осуществлять замораживание (или иное затвердевание) по меньшей мере одного затвердевающего газового компонента 24, который присутствует в технологическом газовом потоке. Хотя это не требуется для всех систем 10 и/или способов согласно настоящему изобретению, холодная жидкость может поступать в контактный блок, такой как блок для непосредственного контакта с технологическим газовым потоком, в виде потока холодной жидкости 30 из источника холодной жидкости 32. Источник холодной жидкости 32, когда он присутствует, может в качестве дополнения или альтернативы называться в настоящем документе как источник холодной жидкости 32. Кроме того, в пределах объема настоящего изобретения один или более из потока холодной жидкости и технологического газового потока могут присутствовать в контактном блоке, когда другой поток, в том числе поток холодной жидкости и технологический газовый поток, поступает в данный блок для непосредственного контакта.

Как обсуждалось выше, технологический газовый поток 20 включает по меньшей мере один затвердевающий газовый компонент 24, который имеет температуру замерзания, при которой замерзает затвердевающий газовый компонент, затвердевает или иным образом изменяет свое состояние, переходя из газовой фазы в твердую фазу, когда он вступает в контакт с холодной жидкостью 36 в контактном блоке 40 при технологических условиях в контактном блоке. При использовании в настоящем документе термин "технологические условия" означает, по меньшей мере, температуру и давление определенного потока, устройства, блока и т. д. В контексте температуры и давления, при которых затвердевающий газовый компонент замораживается или иным образом затвердевает путем непосредственного контакта с холодной жидкостью 36 в контактном блоке 40, температуру и давление можно соответственно называть температурой контакта и давлением контакта.

Технологический газовый поток 20 также включает один или более других газов или газофазных компонентов 26, которые остаются в газовой фазе в технологических условиях, при которых затвердевающие компоненты 24 замораживаются в контактном блоке путем непосредственного контакта с холодной жидкостью. По существу, эти другие газофазные компоненты 26 технологического газового потока 20 могут называться не затвердевающими газовыми компонентами и/или не затвердевающими газами 26, по меньшей мере, в контексте технологических условий, присутствующих в контактном блоке. Кроме того, данное название этих других газофазных компонентов как не затвердевающих газовых компонентов технологического газового потока не требует, чтобы эти другие компоненты не имели способности замерзать или иным образом затвердевать при других температурах и/или давлениях. Напротив, данное название относится к этим другим газофазным компонентам, имеющим температуру замерзания, которая ниже, чем температура контакта в контактном блоке.

Затвердевающие и не затвердевающие компоненты 24, 26 технологического газового потока в совокупности могут называться компонентами или газофазными компонентами 28 технологического газового потока. Хотя это не требуется для всех систем 10 и/или способов согласно настоящему изобретению, один или более затвердевающих газовых компонентов 24, как правило, каждый индивидуально и в некоторых вариантах осуществления коллективно образуют неосновной компонент всего состава технологического газового потока. В пределах объема настоящего изобретения технологический газовый поток 20 может включать два или более затвердевающих газовых компонентов, и эти два или более затвердевающих газовых компонентов могут иметь различные составы и различные температуры замерзания и/или кипения.

Во многих технологических газовых потоках 20, таких как многочисленные технологические газовые потоки, которые представляют собой или включают топочные газовые потоки, газообразный азот (N_2) представляет собой основной компонент технологического газового потока, и его можно описать как не затвердевающий газовый компонент 26 в технологических условиях контактного блока 40. При использовании в настоящем документе термины "основной" и "неосновной" относятся к процентному содержанию компонента или группы компонентов в потоке, таком как технологический газовый поток 20. Термин "основной" или "основной компонент" потока означает наибольшее процентное содержание компонента или группы компонентов, присутствующих в газовом потоке. Это наибольшее процентное содержание часто, но не обязательно, составляет или иным образом представляет собой по меньшей мере 50% соответствующего потока. Термин "неосновной" или "неосновной компонент" потока означает компонент или группу компонентов, которые присутствуют в количестве, которое составляет менее чем один или более других компонентов, включая основной компонент или группу компонентов. Соответственно неосновной компонент потока составляет или иным образом представляет собой менее чем 50% потока, и может составлять менее чем 25% потока. Если другие условия не определены в настоящий документ, данные процентные соотношения представляют собой молярные процентные соотношения или мол. %.

Как обсуждалось выше, иллюстративные примеры (которые не носят исключаяющего характера) затвердевающих газовых компонентов 24, которые могут присутствовать в технологическом газовом потоке 20 и которые можно отделять от него путем непосредственного контакта с холодной жидкостью 36 в контактном блоке, включают диоксид углерода (CO_2), воду (H_2O), сероводород (H_2S), диоксид серы (SO_2), меркаптаны (RSH) и серооксид углерода (COS). В пределах объема настоящего изобретения технологический газовый поток 20 может включать воду в качестве затвердевающего газового компонента 24, хотя обезвоженный или сухой технологический газовый поток 20, который не включает ощутимого количества воды (т.е. вода составляет менее чем приблизительно 200 массовых частей на миллион), также находится в пределах объема настоящего изобретения. Многие технологические газовые потоки 20 согласно настоящему изобретению включают диоксид углерода в качестве затвердевающего газового компонента 24, и в некоторых таких системах 10 и/или способах диоксид углерода представляет собой основной компонент из затвердевающих газовых компонентов, присутствующих в технологическом газовом потоке. Однако не обязательно, чтобы во всех системах 10 и/или способах согласно настоящему изобретению осуществлялось отделение диоксида углерода от технологического газового потока замораживанием диоксида углерода путем непосредственного контакта с холодной жидкостью 36 в контактном блоке 40.

В качестве иллюстрации, но не ограничения, температуры замерзания и кипения газовых компонентов 28 иллюстративного списка (который не носит исключаяющего характера), которые могут (но не обязательно) присутствовать в технологическом газовом потоке 20, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Наименование соединения	Формула соединения	Эталонное давление (атм., 0,1 МПа)	Температура замерзания (°C)	Температура кипения (°C)
Диоксид углерода	CO ₂	5,2 (тройная точка)	-56,6	-56,6
Диоксид углерода	CO ₂	1 (сублимация)	-78,5	-78,5
Сероводород	H ₂ S	1	-85,5	-60,7
Серооксид углерода	COS	1	-138,0	-50,0
Диоксид серы	SO ₂	1	-75,5	-10,0
Диоксид азота	NO ₂	1	-11,2	21,1
Азот	N ₂	1	-209,9	-195,8
Кислород	O ₂	1	-218,4	-183,0
Вода	H ₂ O	1	0	100

Без ограничения всех систем 10 и/или способов согласно настоящему изобретению в следующем обсуждении технологический газовый поток 20 может называться как топочный газовый поток, который содержит газообразный азот в качестве основного, не затвердевающего газового компонента 26 и затвердевающие газовые компоненты 24, которые включают диоксид углерода, в качестве наиболее преобладающего или основного затвердевающего газового компонента, а также и один или более компонентов, таких как вода, сероводород, диоксид серы и серооксид углерода, в качестве не основных затвердевающих газовых компонентов. Однако, в пределах объема настоящего изобретения системы и способы, описанные в настоящем документе, можно применять для других технологических газовых потоков, помимо топочных газовых потоков, и указанный затвердевающий газовый компонент может представлять собой компонент другого газового потока, помимо диоксида углерода, или дополнять его.

Холодная жидкость 36 должна находиться в жидком состоянии, т. е. в жидкой фазе при температуре и давлении контакта, а именно при температуре и давлении, при которых технологический газовый поток вступает в непосредственный контакт с холодной жидкостью, чтобы замораживать по меньшей мере один затвердевающий газовый компонент технологического газового потока. При выражении в иных терминах холодная жидкость 36 может содержать и в качестве дополнения или альтернативы ее могут составлять один или более компонентов, у которых температура замерзания является ниже, чем температура, при которой холодная жидкость вступает в контакт с технологическим газовым потоком, и/или ниже, чем температура, при которой соответствующий поток холодной жидкости 30 поступает в контактный блок 40. Таким образом, холодную жидкость 36 и (когда он присутствует) поток холодной жидкости 30 можно описать как содержащие или состоящие из одного или более жидких компонентов 34. Поток холодной жидкости 30 и холодная жидкость 36 отличаются по общему составу от технологического газового потока 20, и включают по меньшей мере один компонент, который не присутствует в технологическом газовом потоке. В пределах объема настоящего изобретения поток холодной жидкости 30 и холодная жидкость 36 могут не включать любые из компонентов (или соединений), которые присутствуют в технологическом газовом потоке, но это не требуется для всех систем 10 и/или способов согласно настоящему изобретению.

Холодная жидкость 36 и необязательно поток холодной жидкости 30 перед направлением в контактный блок 40 можно охлаждать до таких иллюстративных температур, которые составляют менее чем -80, менее чем -100, менее чем -120, менее чем -140°C, от -90 до -110°C, от -110 до -130°C и/или от -120 до -140°C, перед контактом с технологическим газовым потоком. Хотя это не требуется для всех систем 10 и/или способов согласно настоящему изобретению, можно выбирать холодную жидкость 36, которая имеет низкую растворимость затвердевающих газовых компонентов 24, присутствующих в технологическом газовом потоке 20, и можно выбирать, чтобы она находилась в жидком состоянии (т.е. в жидкой фазе) при условиях окружающей среды (т.е. при температуре 20°C и давлении 1 атм (14,7 фунтов на кв. дюйм или 0,1 МПа)). При выражении в слегка иных терминах холодную жидкость 36 можно выбирать таким образом, чтобы по меньшей мере один затвердевающий газовый компонент 24, который желателен отделять от технологического газового потока, имел низкую растворимость в холодной жидкости. В качестве иллюстративного примера (который не носит исключаяющего характера), "низкая растворимость" может означать растворимость, составляющую 10 мол.% или менее в холодной жидкости при технологических условиях контактного блока, 5 мол.% или менее в холодной жидкости при технологических условиях контактного блока или даже 1 мол.% или менее в холодной жидкости при технологи-

ских условиях контактного блока.

Иллюстративные примеры (которые не носят исключаяющего характера) подходящих жидких компонентов или составов 34 холодной жидкости 36 включают неокисленные углеводороды, такие как жидкие изоалканы, изоалкены, их смеси, спирты и смеси спиртов. В некоторых вариантах осуществления смеси могут иметь составы, приводящие к температурам замерзания, равным или близким температуре эвтектики. Иллюстративные примеры (которые не носят исключаяющего характера) подходящих изоалканов включают легкие жидкие изоалканы, такие как изопентаны, изогексаны и их смеси. В качестве конкретных иллюстративных примеров (которые не носят исключаяющего характера) 3-метилпентан имеет температуру замерзания -163°C , 1-гексен имеет температуру замерзания -140°C , и смесь 58 мас.% этанола и 42 мас.% метанола имеет температуру замерзания -140°C .

Как обсуждалось выше, в контактном блоке 40 технологический газовый поток 20 вступает в непосредственный контакт с холодной жидкостью 36, чтобы замораживать по меньшей мере один затвердевающий газовый компонент 24 технологического газового потока. Соответственно один или более затвердевающих газовых компонентов 24, когда они замерзают или иным образом затвердевают путем контакта с холодной жидкостью, могут называться как замороженный газ (газы) 24', затвердевший газ (газы) 24' и/или затвердевший газовый компонент (компоненты) 24'. Замороженные газы 24' можно в качестве дополнения или альтернативы называть как замороженные газовые компоненты 24' технологического газового потока и/или затвердевшие газовые компоненты 24' технологического газового потока. Ссылки в настоящем документе на эти замороженные газы 24' не следует истолковывать как требующие или исключаяющие присутствие двух или более различных замороженных затвердевающих газовых компонентов. Напротив, замороженные газы 24' могут означать, в целом, один или более затвердевающих газовых компонентов 24, которые замерзают путем непосредственного контакта с холодной жидкостью 36 в контактном блоке 40.

Контактный блок 40 содержит по меньшей мере один резервуар, камеру и/или другое подходящее контактное устройство 42, где в технологическом газовом потоке 20, который направляется в контактный блок и вступает в непосредственный контакт с холодной жидкостью 36, замерзают или иным образом затвердевают один или более затвердевающих газовых компонентов 24 технологического газового потока. Иллюстративные примеры (которые не носят исключаяющего характера) подходящего контактного устройства 42 включают один или более оросительных колонн, барботажных колонн, барботажных контакторов, резервуаров или других подходящих емкостей, в которых технологический газовый поток вступает в непосредственный контакт с холодной жидкостью. Этот непосредственный контакт технологического газового потока с холодной жидкостью может обеспечивать высокую скорость теплопередачи между холодной жидкостью и технологическим газовым потоком, а именно более высокую скорость теплопередачи, чем в том случае, где используют косвенные способы и/или устройства теплообмена для охлаждения технологического газового потока холодной жидкостью.

Этот контакт можно осуществлять в любом подходящем режиме и/или процессе, и он может включать прямой и/или параллельный контакт жидкости и технологического газового потока. В некоторых системах 10 и/или способах согласно настоящему изобретению технологический газовый поток можно описать как вступающий в контакт с капельками или отдельными каплями холодной жидкости. В таких вариантах осуществления контактный блок может иметь такую конфигурацию или иную структуру, чтобы образовывать эти капли холодной жидкости, например, при ее направлении в контактный блок в виде потока холодной жидкости 30. Непосредственный контакт технологического газового потока с каплями холодной жидкости при использовании в системах 10 и/или способах согласно настоящему изобретению может обеспечивать образование твердого вещества, а именно затвердевшего газа 24', вдали от стенок, впусков текучей среды и/или выпусков текучей среды контактного блока и/или контактного устройства. Например, это может уменьшать вероятность закупоривания или другого выхода системы из строя вследствие нежелательного образования и/или накопления твердого вещества.

Холодная жидкость 36, как правило, присутствует в контактном блоке 40 и/или поступает в него при подходящих значениях температуры и давления для затвердевания одного или более затвердевающих газовых компонентов 24 технологического газового потока 20, когда холодная жидкость вступает в непосредственный контакт с холодным газовым потоком. Как обсуждалось выше, эта температура приводит к замораживанию или другому затвердеванию одного или более затвердевающих газовых компонентов, в то время как один или более не затвердевающих газовых компонентов 26 технологического газового потока остаются в газовой фазе или в виде газообразных компонентов. Хотя это не требуется для всех систем 10 и/или способов согласно настоящему изобретению, технологический газовый поток 20 и холодная жидкость 36 могут находиться при относительно низких давлениях, когда они вступают в непосредственный контакт друг с другом, и технологический газовый поток 20 (и поток холодной жидкости 30, когда он присутствует) можно направлять в контактный блок также и при таком относительно низком давлении. Другими словами, в пределах объема настоящего изобретения замораживание затвердевающего газового компонента 24 технологического газового потока происходит без необходимости дросселирования, расширения Джоуля-Томпсона или аналогичных способов изменения давления в контактном блоке 40. В качестве иллюстративных примеров (которые не носят исключаяющего характера)

технологический газовый поток и холодная жидкость могут вступать в контакт друг с другом, и необязательно их можно направлять в контактный блок при абсолютных давлениях, составляющих менее чем 200 фунтов на кв. дюйм (1,38 МПа), менее чем 150 фунтов на кв. дюйм (1,04 МПа), менее чем 100 фунтов на кв. дюйм (0,69 МПа), менее чем 50 фунтов на кв. дюйм (0,345 МПа), менее чем 30 фунтов на кв. дюйм (0,207 МПа) или даже менее чем 20 фунтов на кв. дюйм (0,138 МПа). В некоторых вариантах осуществления газовый поток можно сжимать перед направлением в контактный блок; однако, как правило, предпочтительно (хотя и необязательно) сводить к минимуму необходимость такого сжатия для сокращения потребления энергии. В качестве дополнения или альтернативы в пределах объема настоящего изобретения технологический газовый поток, холодная жидкость и поток холодной жидкости (в случае присутствия) направляют в контактный блок, и вводят в контакт друг с другом точно или приблизительно при давлениях окружающей среды и/или точно или приблизительно при давлении внутри контактного блока. В контексте давлений выражение "точно или приблизительно" означает включение абсолютных давлений, которые отличаются не более чем на 20 фунтов на кв. дюйм (0,138 МПа), или 10 фунтов на кв. дюйм (0,69 МПа), или даже 5 фунтов на кв. дюйм (0,345 МПа) от соответствующего эталонного давления.

На фиг. 1 схематично проиллюстрирован контактный блок 40, где сплошные направляющие линии графически представляют, что в пределах объема настоящего изобретения контактный блок включает только одну ступень или контактное устройство. На фиг. 1 контактный блок 40 также проиллюстрирован со штриховыми направляющими линиями, которые графически представляют, что в пределах объема настоящего изобретения контактный блок включает множество ступеней или контактных устройств. Ступень или контактное устройство контактного блока означает отдельную структуру или зону контактного блока, в котором холодная жидкость и технологический газовый поток вступают в непосредственный контакт друг с другом, например, до, во время и/или после контакта холодной жидкости и технологического газового потока в другом состоянии или контактном устройстве контактного блока. Когда контактный блок включает множество ступеней или контактных устройств, данные ступени или контактные устройства могут работать в последовательной или параллельной конфигурации без выхода за пределы объема настоящего изобретения.

Технологический газовый поток, от которого по меньшей мере один затвердевающий компонент 24 отделен в контактном блоке 40, может называться как обработанный газовый поток 50, и он включает, по меньшей мере, основные, если не все, не затвердевающие газовые компоненты 26 технологического газового потока. Соответственно обработанный газовый поток 50 можно в качестве дополнения или альтернативы описать как имеющий уменьшенную или сниженную концентрацию затвердевающего газового компонента (компонентов) 24 по сравнению с технологическим газовым потоком. Хотя это не требуется, в пределах объема настоящего изобретения обработанный газовый поток 50 может совершенно или практически не содержать затвердевающего газового компонента (компонентов), которые замораживают путем непосредственного контакта с холодной жидкостью. Такой обработанный газовый поток 50 можно в качестве дополнения или альтернативы описывать как не включающий любой затвердевающий газовый компонент, который был отделен от технологического газового потока путем непосредственного контакта с холодной жидкостью. Как показано схематично на фиг. 1, обработанный газовый поток 50 можно выводить из контактного блока, например, для утилизации, выброса в атмосферу, хранения или использования. В некоторых системах 10 и/или способах согласно настоящему изобретению обработанный газовый поток можно выводить в окружающую среду, необязательно после предварительного использования данного потока, в качестве охлаждающего или теплообменного потока вследствие низкой температуры, при которой поток существует в контактном блоке 40 или выходит из него.

Замороженные газы 24', которые отделяют от технологического газового потока в контактном блоке 40, по меньшей мере, первоначально смешаны с холодной жидкостью 36 в контактном блоке. Эта смесь замороженных (затвердевших) газов и холодной жидкости 36 может называться в настоящем документе как суспензия 38, поскольку она представляет собой смесь жидких и твердых компонентов. Относительная концентрация твердого вещества (т.е. замороженных газов 24', которые смешаны с холодной жидкостью) может изменяться в пределах объема настоящего изобретения. Поскольку образующиеся твердые вещества, а именно замороженные газы 24', смешаны с холодной жидкостью, твердые вещества можно переносить внутри контактного блока и/или из контактного блока путем перекачивания или иной транспортировки суспензии, используя подходящие устройства и/или способы транспортировки жидкостей. В качестве дополнения или альтернативы пока они присутствуют в суспензии 38 замороженные газы можно переносить холодной жидкостью, и, таким образом, не требуются устройства и/или способы, которые предназначены, в первую очередь, для транспортировки твердых веществ.

Замороженные газы можно затем отделять от холодной жидкости, образуя отделенный поток 60, который можно после этого выпускать в окружающую среду, использовать, хранить и т. д. Иллюстративные примеры (которые не носят исключительного характера) применений отделенного газового потока включают связывание отделенного газового потока в приповерхностной или подземной области и использование в процессах добычи нефти, таких как добыча нефти из приповерхностной или подземной области. Это отделение замороженного газа (газов) 24' от холодной жидкости 36 можно осуществлять, используя разнообразные способы, в том числе способы физического отделения и способы отделения, в

которых замороженные газы нагревают до температуры, при которой они снова оказываются в газовой фазе (т. е. снова превращаются в затвердевающие газы 24 или затвердевающие газовые компоненты 24), как обсуждалось выше более подробно в настоящем документе. В качестве дополнения или альтернативы концентрацию замороженных газов в холодной жидкости можно увеличивать перед любым таким отделением замороженных газов от холодной жидкости 36 и/или перед выводом суспензии замороженных газов и по меньшей мере части холодной жидкости из контактного блока. В качестве иллюстративного примера (который не носит исключаяющего характера) некоторое количество холодной жидкости можно отделять от суспензии таким образом, чтобы увеличить относительную концентрацию замороженных газов в суспензии. Жидкость, отделенную от суспензии, можно рециркулировать, получая исходную холодную жидкость, используемую для контакта с газовым потоком. Жидкость, отделенную от суспензии, можно охлаждать путем теплообмена по меньшей мере с частью обработанного газового потока.

Замороженные газы 24' можно отделять от холодной жидкости в контактном блоке 40 и выводить из контактного блока в качестве отделенного потока 60, например, как показано схематично на фиг. 1. Как показано, отделенный газовый поток 60 можно получать из замороженных газов 24' и/или затвердевающих газов 24 в зависимости от температуры и/или давления компонентов отделенного потока 60 при его выходе из контактного блока. Когда отделенный поток 60 состоит полностью из газофазных компонентов, таких как затвердевающие газовые компоненты 24', отделенный поток 60 может называться как отделенный газовый поток 60. В качестве дополнения или альтернативы эти замороженные газы и по меньшей мере часть холодной жидкости 36, которые присутствуют в контактном блоке, можно выводить из контактного блока в качестве потока суспензии 70, который также можно называть как поток смешанных фаз 70. Замороженные газы можно после этого отделять от потока суспензии 70, например, получая отделенный поток 60, что также схематично проиллюстрировано на фиг. 1. Как обсуждалось выше более подробно в настоящем документе, отделенный поток может содержать затвердевающие газовые компоненты 24 в газовой, жидкой и/или твердой фазе. Независимо от фазы или фаз своих компонентов один или более отделенных потоков 60 содержат один или более затвердевающих газовых компонентов, которые были отделены от технологического газового потока 20.

Как показано на фиг. 1, давление потока суспензии 70 можно увеличивать с помощью жидкостного насоса 72, что может приводить к увеличению давления отделенного газового потока без необходимости использования компрессора для этой цели. Соответственно в пределах объема настоящего изобретения отделенный газовый поток 60 может иметь давление, которое превышает давление технологического газового потока 20, причем данное давление (или данное повышенное давление) отделенного газового потока 60 получено без использования компрессора для сжатия отделенного газового потока. Хотя это не требуется для всех систем 10 и/или способов согласно настоящему изобретению, можно использовать разделительный блок или разделительное устройство 76, чтобы осуществлять это отделение холодной жидкости от замороженных газов 24' и/или затвердевающего газового компонента (компонентов) 24 (в зависимости от их газообразного или жидкого состояния). Когда разделительный блок отделяет замороженные газы от холодной жидкости путем нагревания суспензии, чтобы возвратить замороженные (затвердевшие) газы в газовую фазу, разделительный блок можно называть как газовый сепаратор 76 и/или газоразделительный блок. Холодную жидкость, которая присутствует после отделения замороженных газов, как показано на фиг. 1, в качестве полученного или остаточного потока холодной жидкости 74, можно утилизировать, рециркулировать, повторно охлаждать (например, путем нагревания, вследствие контакта с технологическим газовым потоком) и возвращать, использовать для других целей и т. д. Если его возвращают в источник холодной жидкости 32, получаемый поток холодной жидкости можно называть как рециркуляционный поток 74 и/или как рециркуляционный поток холодной жидкости 74.

Следующие иллюстративные примеры (которые не носят исключаяющего характера) систем 10 для отделения одного или более затвердевающих газов или затвердевающих газовых компонентов 24 от технологического газового потока 20 схематично проиллюстрированы на фиг. 2. Системы 10 на фиг. 2 являются аналогичными системам, представленным на фиг. 1, за исключением того, что источник холодной жидкости 32 определенно проиллюстрирован в качестве компонента систем, а именно в качестве источника, из которого поток холодной жидкости 30 поступает в контактный блок 40. Поток холодной жидкости 30 содержит один или более жидких компонентов 34, которые в совокупности образуют холодную жидкость 36. Поток холодной жидкости 30 поступает в контактный блок при таких значениях температуры и давления, чтобы замораживать один или более затвердевающих компонентов 24, отделяемых от технологического газового потока, которые как обсуждалось выше, могут включать температуру ниже температуры замораживания (или сублимации) затвердевающего газового компонента (компонентов), и относительно низкое давление контакта, причем соответствующие иллюстративные примеры (которые не носят исключаяющего характера) обсуждаются в настоящем документе.

Иллюстративный пример (который не носит исключаяющего характера) источника холодной жидкости 32, представленный на фиг. 2, схематично проиллюстрирован как включающий резервуар для холодной жидкости 132, который содержит объем холодной жидкости 36. В пределах объема настоящего изобретения можно использовать другие источники холодной жидкости 32 с системами 10 на фиг. 2, и/или

можно использовать источник холодной жидкости 32, представленный на фиг. 2, с другими системами 10 и/или способами согласно настоящему изобретению. Как проиллюстрировано на фиг. 2, резервуар для холодной жидкости находится в гидравлическом соединении с контактным блоком 40, и источник холодной жидкости может направлять поток холодной жидкости 30 в контактный блок посредством использования подходящего питающего механизма 134, такого как жидкостный насос 136. В качестве дополнения или альтернативы в пределах объема настоящего изобретения резервуар для холодной жидкости 132 можно содержать при подходящем давлении, чтобы заставлять или принуждать холодную жидкость 36 двигаться в качестве потока холодной жидкости 30 из резервуара для холодной жидкости в контактный блок.

Также представлен источник холодной жидкости 32 на фиг. 2, охлаждающий блок 138, который содержит холодную жидкость 36 в резервуаре для холодной жидкости 132 при подходящей температуре, представляющей собой точно или приблизительно (т.е. точно или ниже по меньшей мере на 5, 10, 20°C) подходящую температуру контакта для замораживания одного или более затвердевающих газовых компонентов технологического газового потока. Охлаждающий блок 138 может включать холодильный механизм, или другой подходящий механизм, или устройство для обеспечения охлаждения холодной жидкости в резервуаре для холодной жидкости 132. Соответственно охлаждающий блок 138 можно в качестве дополнения или альтернативы называть как холодильный механизм или холодильный блок.

В охлаждающем блоке 138 можно использовать любой подходящий механизм или способ, который обеспечивает желательное охлаждение (или повторное охлаждение) холодной жидкости, такой как теплообмен с более холодным газовым потоком, а также расширение и/или фазовый переход газа или другого хладагента. В качестве иллюстративного примера (который не носит исключаяющего характера) хладагент можно подвергать расширению для охлаждения хладагента до подходящей температуры, чтобы охлаждать холодную жидкость до подходящей температуры, такой как температура, которая находится на уровне или ниже желательной температуры контакта. Иллюстративные примеры (которые не носят исключаяющего характера) подходящих хладагентов включают метан, этан, пропан и их смеси, хотя можно использовать и другие вещества.

Любое подходящее теплообменное устройство и/или механизм можно использовать для обеспечения этого охлаждения холодной жидкости. На фиг. 2 представлен охлаждающий трубопровод 140, представляющий собой жидкостный трубопровод или контур, между резервуаром для холодной жидкости и охлаждающим блоком, но это не является обязательным для всех источников холодной жидкости согласно настоящему изобретению. Если существует возможность образования твердого вещества на холодильных поверхностях, например, если растворенные газы в рециркулирующей холодной жидкости могут замораживаться (т.е. затвердевать) при повторном охлаждении холодной жидкости, теплообменник со скребком представляет собой иллюстративный пример (который не носит исключаяющего характера) подходящего теплообменного устройства. В качестве дополнительных необязательных примеров (которые не носят исключаяющего характера) в теплообменном устройстве можно использовать покрытия, поверхностную полировку, вибрационные механизмы и/или вихри холодной жидкости, чтобы уменьшать образование твердого вещества на холодильных поверхностях и/или чтобы разрушать любое такое образующееся твердое вещество. В пределах объема настоящего изобретения можно необязательно использовать обработанный газовый поток 50, чтобы охлаждать хладагент (перед расширением) и/или охлаждать рециркуляционный поток холодной жидкости (когда обработанный газовый поток является холоднее, чем рециркуляционный поток холодной жидкости). В качестве дополнения или альтернативы можно подавлять возможное образование твердого вещества на холодильных поверхностях перед дальнейшим охлаждением холодной жидкости. Пример (который не носит исключаяющего характера) представляет собой контакт части обработанного газа с холодным потоком, в результате чего от холодного потока отделяется часть затвердевающего газового компонента, которая могла бы в противном случае вызывать образование твердого вещества на холодильных поверхностях.

В проиллюстрированных на фиг. 2 системах 10 представлен технологический газовый поток 20, поступающий в контактный блок 40 из источника технологического газового потока 22 посредством газопередающего механизма 150. Хотя это не требуется для всех систем 10 согласно настоящему изобретению, как обсуждалось выше в настоящем документе, в пределах объема настоящего изобретения технологический газовый поток поступает в контактный блок при относительно низком давлении, таком как давление, которое точно или приблизительно равно давлению окружающей среды. В такой конфигурации газопередающий механизм 150 может включать или представлять собой вентилятор или устройство дутья 152 в отличие от компрессора или аналогичного устройства, которое может потребоваться, если технологический газовый поток направляют в контактный блок при повышенных давлениях.

Кроме того, на фиг. 2 представлен необязательный водоотделительный блок 160, который приспособлен, чтобы отделять воду от технологического газового потока 20 перед направлением потока в контактный блок 40. При использовании в настоящем документе термин "отделение" компонента потока включает уменьшение концентрации данного компонента, но не требует полного извлечения данного компонента из потока. Соответственно водоотделительный блок 160, когда он присутствует, приспособлен, чтобы уменьшать концентрацию воды в технологическом газовом потоке, и может (но не обязательно)

но) полностью отделять воду от технологического газового потока. Когда используют водоотделительный блок 160, технологический газовый поток 20 может называться как гидратированный или увлажненный технологический газовый поток перед отделением от него воды посредством водоотделительного блока. В качестве дополнения или альтернативы технологический газовый поток может называться как обезвоженный или осушенный технологический газовый поток после отделения от него воды посредством водоотделительного блока.

Разделительный блок 160 может включать любое подходящее устройство и/или использовать любой подходящий способ для отделения воды от технологического газового потока. В качестве иллюстративного примера (который не носит исключающего характера) водоотделительный блок 160 может включать слой осушителя или другого адсорбента или поглощающего материала 162, который отделяет воду от технологического газового потока. В качестве еще одного иллюстративного примера (который не носит исключающего характера) водоотделительный блок 160 может включать сепаратор жидкостей и газов или водосборник 164, который отделяет жидкую воду, присутствующую в технологическом газовом потоке. Водоотделительный блок 160 необязательно может включать или использовать в качестве сочетания конденсатор или другой предварительно охлаждающий блок 166, который уменьшает температуру технологического газового потока, например посредством теплообмена, перед направлением технологического газового потока в контактный блок 40. Это охлаждение технологического газового потока способно конденсировать жидкую воду, отделяемую от технологического газового потока. Воду, отделенную от технологического газового потока, можно выводить из водоотделительного блока в виде потока жидкой воды 168.

На фиг. 2 показано, что суспензия 38 (смесь жидкости и твердого вещества) холодной жидкости 36 и затвердевшего газа 24' из технологического газового потока 20 выводится из контактного блока 40 в виде потока суспензии 70. Поток суспензии 70 может содержать более высокую концентрацию затвердевшего газа 24', чем содержит холодная жидкость, оставшаяся в контактном блоке, например, после вывода потока суспензии из области контактного блока, которая содержит больше затвердевшего газа 24', чем другие области. Фиг. 2 также демонстрирует, что системы 10 согласно настоящему изобретению могут необязательно включать сепаратор жидкой и твердой фаз 180, который увеличивает концентрацию затвердевшего газа 24' в потоке суспензии путем отделения холодной жидкости 36 от потока суспензии. Как показано на чертеже, холодная жидкость, которая отделяется сепаратором жидкой и твердой фаз 180, образует полученный жидкий поток 74, который, как обсуждалось выше в настоящем документе, можно использовать в системе 10, рециркулировать, использовать для других целей, подвергать утилизации и т. д. Поток суспензии 70 может называться как поток концентрированной суспензии 70', от которой отделена холодная жидкость, и/или содержащий повышенную концентрацию затвердевших газов с помощью сепаратора жидкой и твердой фаз 180. Иллюстративные примеры (которые не носят исключающего характера) подходящих сепараторов жидкой и твердой фаз 180 включают один или более не механических или механических разделительных устройств, таких как центрифужный сепаратор, фильтр, статический центрифужный сепаратор или осадительный резервуар. В контексте использования статического центрифужного отделения, где изогексан представляет собой холодную жидкость, а вода и диоксид углерода представляют собой замороженные газы 24', холодный изогексан имеет плотность, которая достаточно отличается от плотности твердого диоксида углерода и воды (льда), чтобы обеспечить надлежащее отделение существенной части холодной жидкости от затвердевших газов. В качестве альтернативы использованию статического центрифужного отделения другие применимые способы разделения твердых и жидких фаз включают периодическую фильтрацию с удалением осадка на фильтре, непрерывную фильтрацию с удалением осадка на фильтре, периодическую центрифужную седиментацию и непрерывную центрифужную седиментацию. В случае его использования разделение твердых и жидких фаз с помощью фильтров можно осуществлять, используя или не используя прессы, например прессующие вальцы или нажимные винты. В некоторых вариантах осуществления фильтр может представлять собой спеченный металлический фильтр. Кроме того, сепаратор жидкой и твердой фаз системы может содержать механический подвижный скребок.

Системы 10 могут дополнительно включать насос 72 или другой подходящий механизм для повышения давления потока суспензии 70, которая, как обсуждалось выше, представляет собой жидкий поток, содержащий замороженные газы 24'. На фиг. 2 насос, когда он присутствует, можно устанавливать ниже по потоку относительно жидкостного сепаратора, если он присутствует. При использовании в настоящем документе выражения "выше по потоку" и "ниже по потоку" означают относительное расположение соответствующих компонентов или элементов по отношению к направлению движения соответствующего потока. Таким образом, в контексте потока суспензии 70 жидкостный сепаратор 180 на фиг. 2 расположен ниже по потоку относительно контактного блока, поскольку он принимает поток суспензии из контактного блока, и разделительный блок 76 расположен ниже по потоку относительно жидкостного сепаратора 180, поскольку поток суспензии движется из жидкостного сепаратора в разделительный блок.

На фиг. 2 представлен разделительный блок 76, принимающий поток суспензии 70 (или поток концентрированной суспензии 70' в соответствующем случае) и разделяющий поток на получаемый поток холодной жидкости 74 и по меньшей мере один отделенный поток 60. Как обсуждалось выше, отделен-

ный поток 60 может содержать затвердевающие газовые компоненты 24 в твердой, жидкой и/или газовой фазе. Соответственно и в зависимости от фаз затвердевающего газового компонента (компонентов), которые присутствуют в определенном отделенном потоке 60, который образуется в разделительном блоке 76, разделительный блок может называться как сепаратор газовой и жидкой фаз, сепаратор жидкой и жидкой фаз и/или сепаратор твердой и жидкой фаз. Согласно иллюстрации получаемый поток холодной жидкости 74 может представлять собой рециркуляционный поток, который возвращает или рециркулирует холодную жидкость 36 из газового сепаратора в соответствующий источник холодной жидкости 32, такой как резервуар для холодной жидкости 132. Можно использовать один или более жидкостных насосов или других подходящих нагнетательных механизмов, чтобы перемещать поток холодной жидкости 74 к источнику холодной жидкости.

Кроме того, как схематично проиллюстрировано на фиг. 2, система может включать два или более разделительных блоков 76, например, для получения двух или более отделенных потоков 60. В качестве дополнения или альтернативы разделительный блок (блоки) можно описать как приспособленные для селективного создания одного или более отделенных потоков 60, содержащих затвердевающие газовые компоненты 24, которые были введены в разделительный блок (блоки) в виде затвердевшего газа 24' в потоке суспензии 70. Отделение этих газов можно осуществлять, используя любой подходящий способ, причем его иллюстративный пример (который не носит исключаяющего характера) представляет собой нагревание суспензии до температуры, при которой затвердевший газ возвращается в газообразное состояние, которое также может называться в настоящем документе как газовая фаза. Это нагревание суспензии можно осуществлять, используя одну или более стадий или ступеней, таких, которые селективно заставляют два или более затвердевших газов последовательно возвращаться в газовую фазу, в результате чего обеспечивается разделение получаемых газовых потоков, которые соответственно содержат в основном, если не исключительно, один из затвердевающих газовых компонентов, который был отделен от технологического газового потока и после этого от суспензии. В качестве иллюстративного примера (который не носит исключаяющего характера), если суспензия содержит холодную жидкость 36, твердый диоксид углерода и твердую воду (т. е. лед), нагревание суспензии до температуры, при которой диоксид углерода возвращается в газовую фазу, в то время как вода остается в твердой фазе, обеспечивает селективное отделение диоксида углерода (в виде отделенного потока 60) от холодной жидкости и от воды, которая остается твердой и смешанной в суспензии. Иллюстративный пример (который не носит исключаяющего характера) такой температуры при абсолютном давлении, составляющем 14,7 фунтов на кв. дюйм (0,1 МПа или 1 атм), представляет собой температура, составляющую по меньшей мере -78,5°C и менее чем 100°C. Дальнейшее нагревание суспензии до температуры, при которой вода возвращается в газовую фазу (т.е. до температуры, составляющей по меньшей мере 100°C при давлении 1 атм или 0,1 МПа), обеспечивает отделение воды (в виде еще одного отделенного потока 60) от холодной жидкости.

В некоторых системах 10 и/или способах согласно настоящему изобретению один или более затвердевающих газовых компонентов можно нагревать и переводить из твердой фазы, присутствующей в суспензии 70, в жидкую фазу, которая может быть растворимой в холодной жидкости или нет. Дальнейшее нагревание суспензии может приводить к возвращению затвердевающего газового компонента в газовую фазу, в результате чего он отделяется от суспензии в холодной жидкости. В качестве дополнения или альтернативы разделительный блок 76 может включать сепаратор двух жидких фаз, чтобы отделять жидкофазный затвердевающий газовый компонент от холодной жидкости. Следует понимать из контекста предыдущего обсуждения, что температуру холодной жидкости 36 можно изменять в пределах объема настоящего изобретения, например, в зависимости от конфигурации определенной системы 10 и/или в зависимости от места измерения температуры холодной жидкости в системе.

Аналогично фиг. 1 контактный блок 40 схематично проиллюстрирован на фиг. 2, где сплошные и штриховые направляющие линии графически представляют, что в пределах объема настоящего изобретения контактный блок включает только одну ступень или контактное устройство, или что он может включать множество ступеней или контактных устройств. Аналогичным образом фиг. 2 также схематично иллюстрирует источник холодной жидкости 32 и разделительный блок 76, где сплошные и штриховые направляющие линии графически представляют, что в пределах объема настоящего изобретения система 10 включает только один источник холодной жидкости (и/или одну холодную жидкость и/или один резервуар для холодной жидкости) и/или один разделительный блок, или что система 10 необязательно может включать множество источников холодной жидкости (и/или множество холодных жидкостей и/или множество резервуаров для холодных жидкостей, охлаждающих блоков и т. д.) и/или множество разделительных блоков.

В качестве следующего иллюстративного примера (который не носит исключаяющего характера) в системе 10 и/или способе согласно настоящему изобретению можно использовать первую холодную жидкость для отделения одного или более затвердевающих газовых компонентов, которые могут включать воду, от технологического газового потока, и вторую холодную жидкость для отделения одного или более других затвердевающих газовых компонентов, которые могут включать диоксид углерода, от технологического газового потока. Такая конфигурация может допускать использование холодных жидкостей, которые содержатся при различных температурах контакта, и/или использование холодной жидко-

сти, в которой один или более исходных затвердевающих газовых компонентов технологического газового потока имеют более чем желательную или приемлемую растворимость (при том условии, что данный затвердевающий газовый компонент отделяют от технологического газового потока путем непосредственного контакта с другой холодной жидкостью перед контактом технологического газового потока с холодной жидкостью).

Фиг. 3-5 представляют дополнительные иллюстративные примеры (которые не носят исключительного характера) систем 10 для отделения одного или более затвердевающих газовых компонентов от технологического газового потока путем непосредственного контакта с холодной жидкостью согласно настоящему изобретению. Чертежи, в том числе обсуждаемые выше фиг. 1 и 2 и обсуждаемые здесь фиг. 3-5 настоящего описания, не предназначены для представления действительного масштаба, поскольку они приведены, чтобы подчеркнуть и проиллюстрировать разнообразные аспекты настоящего изобретения. На данных чертежах одинаковые условные номера обозначают аналогичные и соответствующие, но не обязательно идентичные элементы на всех приведенных чертежах. Соответственно, когда имеющие аналогичные номера элементы представлены на двух или более чертежах, их можно не обсуждать при описании каждого из этих чертежей, и в пределах объема настоящего изобретения предшествующее обсуждение применяется, если другие условия не определены. Аналогичным образом, когда имеющие аналогичные номера элементы, включая иллюстративные величины, составы, их варианты и т. п., описаны в двух или более частях настоящего описания и/или в связи с двумя или более чертежами, в пределах объема настоящего изобретения данные иллюстративные величины, составы, их варианты и т. п. можно применять, даже если они не повторяются в обсуждении при каждом упоминании.

На фиг. 3 проиллюстрирован контактный блок 40, включающий по меньшей мере три ступени или контактных блока 41, и в пределах объема настоящего изобретения систему 10 на фиг. 3 можно в качестве дополнения или альтернативы описать как включающую по меньшей мере три контактных блока 40. Следует отметить, что в некоторых вариантах осуществления контактные блоки могут быть интегрированы в одно устройство. Кроме того, аналогично хорошо известным технологиям дистилляционных колонн или контакторов с наполнителями число теоретических равновесных ступеней может быть больше или меньше, чем число физических контактных блоков. Фиг. 3 схематично представляет по меньшей мере четвертый контактный блок и/или контактное устройство, где штриховые линии графически представляют, что настоящее изобретение не ограничено только тремя такими устройствами и, напротив, может включать больше (или меньше) чем три таких устройства. Фиг. 3 также иллюстрирует разделительный блок 76, который включает две ступени или разделительных блока 77, и в пределах объема настоящего изобретения систему 10 на фиг. 3 можно в качестве дополнения или альтернативы описать, как включающую два разделительных блока 76.

На фиг. 3 представлен водоотделительный блок 160, включающий предварительно охлаждающий блок 166, который охлаждает технологический газовый поток, например, до температуры, при которой вода представляет собой жидкость (т.е. от 1 до 99°C). Хотя это не требуется для всех систем 10 и/или способов согласно настоящему изобретению, предварительно охлаждающий блок 166, когда он присутствует, может охлаждать технологический газовый поток до температуры, которая является близкой к температуре замерзания воды, но превышает ее. Иллюстративные примеры (которые не носят исключительного характера) такой температуры или интервала температур включают 1, 2, 5, 1-10, 5-30 и 2-20°C, но можно использовать и другие температуры или температуры и интервалы температур. Газожидкостный сепаратор 164, который может в качестве дополнения или альтернативы называться водосборником 164, отделяет сконденсированную воду от технологического газового потока, поскольку поток жидкой воды 168 и газопередающий механизм 150 в виде вентилятора 152 используют для направления осушенного технологического газового потока в контактный блок. В одном или нескольких вариантах осуществления технологический газовый поток, выходящий из водосборника 164, включает воду в концентрации, равной водонасыщенности технологического газового потока при температуре, превышающей температуру замерзания воды. Как обсуждалось выше в настоящем документе, водоотделительный блок 160 представляет собой необязательный компонент системы 10, и в пределах объема настоящего изобретения технологический газовый поток 20 может содержать воду, в том числе по меньшей мере от 0,5 до 1 мол.%, по меньшей мере от 1 до 5 мол.% или большее количество воды.

В проиллюстрированном примере подходящего контактного блока 40, который представлен на фиг. 3, контактный блок изображен как включающий по меньшей мере три контактные ступени 41, каждую из которых, как обсуждалось выше, можно называть контактным блоком. Как и на фиг. 3, контакт можно осуществлять в противоточном режиме и с механическим отделением по меньшей мере части полученной суспензии твердого вещества по меньшей мере между одним множеством смежных ступеней. Каждая из ступеней или контактных блоков, которые представлены на фиг. 3, включает контактное устройство 42, в котором холодная жидкость 36 и газофазные компоненты 28 технологического газового потока 20 вступают в непосредственный контакт друг с другом. Потоки суспензии 70 из контактного блока (блоков) проходят через сепаратор жидкой и твердой фаз 180, образуя поток концентрированной суспензии 71. Согласно иллюстрации потоки концентрированной суспензии из каждого сепаратора жидкой и твердой фаз смешивают таким устройством, как смеситель, коллектор или аналогичное устройство 200,

для приема и объединения потоков концентрированной суспензии в объединенный поток суспензии 70'. В качестве альтернативы поток суспензии 70 можно смешивать перед поступлением в концентратор твердой и жидкой фаз.

В иллюстративном примере (который не носит исключаяющего характера), представленном на фиг. 3, все ступени или контактные блоки гидравлически соединены друг с другом последовательно, таким образом, что поток холодной жидкости из источника холодной жидкости 32 поступает последовательно в каждую из контактных ступеней и так, что газофазная часть технологического газового потока 20 последовательно поступает в каждую из контактных ступеней. Аналогичным образом, получаемый поток холодной жидкости 74 из концентраторов твердых и жидких фаз можно использовать в качестве потока холодной жидкости для следующей (расположенной ниже по потоку) гидравлически соединенной контактной ступени, причем конечный получаемый поток холодной жидкости 74 рециркулирует в источник холодной жидкости в качестве рециркуляционного потока. Как схематично проиллюстрировано на чертеже, холодную жидкость можно разбрызгивать и/или иным способом разбивать на капли и орошать технологический газовый поток в контактном блоке (блоках), причем иллюстративные примеры (которые не носят исключаяющего характера) подходящих контактных устройств 42 представляют собой одну или более оросительных колонн.

Этот последовательный контакт холодной жидкости и технологического газа можно осуществлять в любом подходящем порядке и/или режиме, причем противоточный контакт представляет собой иллюстративный пример (который не носит исключаяющего характера). Кроме того, в пределах объема настоящего изобретения поток жидкости и/или газа к контактным ступеням можно осуществлять параллельно, а не последовательно, и/или одновременно параллельно и последовательно.

На фиг. 3 давление потока концентрированной суспензии увеличивается с помощью жидкостного насоса 72, и используют пару разделительных блоков 76, чтобы получать два различных отделенных потока 60, таких как поток 60', который в основном или даже полностью включает диоксид углерода, и поток 60'', который в основном или даже полностью включает воду. Как обсуждалось выше, отделенные потоки 60 могут представлять собой газофазные потоки, которые можно называть как отделенные газовые потоки 60, но это не требуется для всех систем 10 и/или способов согласно настоящему изобретению. Согласно иллюстрации разделительные блоки 76 включают источник тепла 210, который используют для нагревания части (концентрированного) потока суспензии, введенного в них, например, обеспечивая, чтобы один или более замороженных газов 24' возвращались в газовую фазу и/или больше не находились в твердой фазе. Иллюстративные примеры (которые не носят исключаяющего характера) подходящих источников тепла 210 включают горелки, блоки сгорания, нагреватели, резистивные нагреватели, нагретые потоки текучей среды в тепловом соединении с суспензией и т. п.

На фиг. 3 источник холодной жидкости 32 включает охлаждающий или холодильный блок 138, который уменьшает температуру холодной жидкости 36 в резервуаре для холодной жидкости 132 посредством теплообмена с хладагентом, например посредством теплообмена в охлаждающем контуре или охлаждающей схеме 140. Кроме того, как представлено на фиг. 3, обработанный газовый поток 50, содержащий часть технологического газового потока 20, которая не затвердела в контактном блоке 40 (т. е. не затвердевающие газовые компоненты 26), используют в охлаждающем блоке 138 для охлаждения хладагента, например, посредством теплообмена с хладагентом.

Фиг. 4 представляет иллюстративный пример (который не носит исключаяющего характера) системы 10, которая включает две холодные жидкости 36, которые поступают в виде отдельных потоков холодной жидкости 30 из отдельных источников холодной жидкости 32, каждый из которых может включать охлаждающий блок 138. Согласно иллюстрации контактный блок 40 представлен как включающий первичный (или расположенный выше по потоку) контактный блок 220 и вторичный (или расположенный ниже по потоку) контактный блок 222. Каждый из этих контактных блоков может включать еще две контактные ступени, аналогичные приведенным в предшествующем обсуждении на фиг. 1-3. Однако в проиллюстрированном примере, представленном на фиг. 4, первичный контактный блок принимает и осуществляет непосредственный контакт технологического газового потока 20 с холодной жидкостью из источника холодной жидкости, которые отличаются от холодной жидкости и источника холодной жидкости, используемые в непосредственном контакте технологического газового потока во вторичном контактном блоке. Соответственно холодная жидкость и источник холодной жидкости (и ее компоненты) можно называть первичной холодной жидкостью и расположенным выше по потоку источником первичной холодной жидкости, и холодную жидкость и источник холодной жидкости (и ее компоненты) можно называть вторичной холодной жидкостью и расположенным ниже по потоку источником вторичной холодной жидкости. Термины "первичный" и "вторичный" не предназначены в качестве требования или запрещения того, что один из контактных блоков (или одна из холодных жидкостей или один из источников холодной жидкости) обладает большим размером, значением или предпочтением по отношению к другому, и вместо этого они предназначены просто для отличительного описания различных элементов.

В системе 10, такой как система, представленная на фиг. 4, которая приспособлена, чтобы отдельно использовать две или более холодных жидкостей для отделения затвердевающих газовых компонентов

от технологического газового потока 20, холодные жидкости имеют по меньшей мере один из различных составов и одну из различных температур контакта. Иллюстративный пример (который не носит исключительного характера), в котором можно использовать холодные жидкости с различными составами, отражает вариант изобретения, когда один из затвердевающих газовых компонентов технологического газового потока способен растворяться или реагировать, с трудом отделяется или на иных основаниях является нежелательным для вступления в контакт с одной из холодных жидкостей. В качестве продолжения данного примера вода растворяется во многих спиртах, которые являются подходящими для использования в качестве холодной жидкости 36 в системах 10 и/или способах согласно настоящему изобретению, но вода не растворяется во многих углеводородах, которые являются подходящими для использования в качестве холодной жидкости 36 в системах 10 и/или способах согласно настоящему изобретению. Соответственно в системе 10 на фиг. 4 можно использовать один или более углеводородов в качестве первичной холодной жидкости, которая имеет температуру контакта, подходящую для отделения воды от технологического газового потока в виде замороженного газа 24', и можно использовать один или более спиртов в качестве вторичной холодной жидкости, которая имеет температуру контакта, подходящую для отделения одного или более других затвердевающих газовых компонентов (таких как, по меньшей мере, диоксид углерода) от технологического газового потока в виде замороженного газа 24'.

Иллюстративный пример (который не носит исключительного характера) ситуации, в которой можно использовать холодные жидкости, имеющие различные температуры контакта, представляет собой ситуацию, когда желательно (по экономическим, термодинамическим и другим соображениям) содержать различные холодные жидкости (или даже одну и ту же холодную жидкость) при различных температурах контакта, например, в различных резервуарах для холодной жидкости 132 (в отличие от содержания всех холодных жидкостей при одинаковой температуре в одном резервуаре для холодной жидкости).

Фиг. 5 представляет иллюстративный пример (который не носит исключительного характера) контактного блока 40, в котором технологический газовый поток барботируют через холодную жидкость в отличие от опрыскивания или иного орошения технологического газового потока холодной жидкостью в виде капель. Хотя на иллюстрации представлен один контактный блок 40, имеющий одну ступень, в пределах объема настоящего изобретения система 10, в которой использована барботажная колонна или аналогичное контактное устройство, такое как устройство, представленное на фиг. 5, может содержать две или более ступени указанного контактного устройства. Кроме того, в пределах объема настоящего изобретения в системе 10 можно использовать различные типы контактных блоков и/или контактных устройств.

На фиг. 5 проиллюстрирован газопередающий механизм 150, представляющий собой компрессор 153, в отличие от вентилятора, поскольку может оказаться желательным направлять технологический газовый поток в контактный блок при слегка повышенном давлении, чем позволяет традиционный вентилятор, когда в контактном блоке технологический газовый поток барботируют через холодную жидкость. В качестве иллюстративного примера (который не носит исключительного характера) компрессор 153 может быть приспособлен для направления технологического газового потока в контактный блок при абсолютном давлении, составляющем по меньшей мере от 30 до 50 фунтов на кв. дюйм (0,207-0,345 МПа).

Фиг. 5 также иллюстрирует пример охлаждающего блока 138, который предназначен для охлаждения контактного блока или его ступени, а не для охлаждения холодной жидкости в отдельном жидкостном резервуаре. Согласно иллюстрации охлаждающий блок включает рубашку или оболочку 230, которая содержит хладагент. Как показано номером 232, контактный блок 40 может включать устройство для удаления твердой фазы, такое как вращающиеся скребки, чтобы удалять замороженный газ 24', который накапливается в контактном блоке.

Иллюстративные примеры (которые не носят исключительного характера) процессов или способов отделения одного или более затвердевающих газов или затвердевающих газовых компонентов 24 от технологического газового потока 20 путем непосредственного контакта с холодной жидкостью 36 представлены в блок-схеме на фиг. 6. На фиг. 6 представлен технологический газовый поток 20, который содержит газофазные компоненты или газы, 28, содержащие по меньшей мере один затвердевающий газовый компонент 24 и по меньшей мере один не затвердевающий газовый компонент 26. Как показано под номером 300, технологический газовый поток 20 можно получать из источника технологического газа или резервуара технологического газа 22, и он может представлять собой или включают топочный газовый поток и/или другой отработавший поток процесса сгорания. На стадии 302 технологический газовый поток необязательно предварительно охлаждают, и это предварительное охлаждение может включать конденсацию и/или другой способ отделения воды от технологического газового потока. На стадии 304 технологический газовый поток вступает в непосредственный контакт с холодной жидкостью 36, чтобы заморозить затвердевающий газовый компонент, который присутствовал в технологическом газовом потоке. Как обсуждалось выше, данный контакт может происходить в контактном блоке, который приспособлен, чтобы осуществлять непосредственный контакт технологического газового потока с холодной жидкостью. Кроме того, согласно обсуждению затвердевший газовый компонент, который в качестве дополнения или альтернативы можно называть замороженным газом и/или твердым веществом, образует

суспензию с холодной жидкостью, поскольку замороженный газ смешивается с холодной жидкостью. Как обсуждается далее, этот контакт может происходить при температуре контакта и давлении контакта, иллюстративные примеры (которые не носят исключаяющего характера) которых обсуждаются в настоящем документе.

Как показано на стадии 306, холодную жидкость можно направлять в качестве потока холодной жидкости 30 из источника холодной жидкости 32, например, такого, в котором холодная жидкость замораживается или иным способом охлаждается при подходящей температуре для затвердевания одного или более затвердевающих газовых компонентов технологического газового потока при непосредственном контакте с технологическим газовым потоком.

На стадии 308 поток суспензии 70, содержащий холодную жидкость и замороженный газ, можно удалять из контактного блока или другого помещения или устройства, в котором холодная жидкость и технологический газовый поток вступают в непосредственный контакт. Как показано под номером 310, стадии контакта и отделения суспензии можно повторять, например, в другом контактном блоке, на другой ступени контактного блока и т. д., и этот контакт можно осуществлять последовательно в прямоточном режиме и/или в противоточном режиме. Оставшаяся (не затвердевшая) часть технологического газового потока, которую можно называть как обработанный газовый поток 50, который содержит не затвердевающие газовые компоненты 26 технологического газового потока, можно отделять из контактного блока или другого помещения или устройства, в котором холодная жидкость и технологический газовый поток вступали в непосредственный контакт. Это показано на фиг. 6 под номером 312, и обработанный газовый поток можно после этого выпускать в окружающую среду, использовать, сохранять и т. д.

Содержание замороженного газа в потоке суспензии можно концентрировать, как показано на стадии 320, чтобы увеличивать концентрацию замороженного газа в потоке суспензии. Это концентрирование замороженного газа можно осуществлять посредством разнообразных способов, иллюстративный пример (который не носит исключаяющего характера) которых представляет собой отделение некоторого количества (но не всей) холодной жидкости от потока суспензии. Отделенную холодную жидкость можно рециркулировать, как показано на стадии 322, например, в источник холодной жидкости, и/или повторно использовать для контакта с технологическим газовым потоком. Рециркулирующую холодную жидкость можно замораживать или другим способом охлаждать, как показано на стадии 324, например можно охлаждать рециркулирующую холодную жидкость до подходящей температуры, чтобы заморозить один или более затвердевающих газовых компонентов и отделить их от технологического газового потока при вступлении в непосредственный контакт. Как обсуждалось выше, в этом охлаждении необязательно можно использовать обработанный газовый поток в качестве теплообменного потока, и оно может включать использование хладагента и/или холодильный процесс для обеспечения желательного охлаждения.

В потоке суспензии, который после концентрирования можно называть как поток концентрированной суспензии, можно повышать давление, например, с помощью жидкостного насоса, как показано на стадии 326. Замороженный газ можно отделять от потока суспензии, как показано на стадии 328, чтобы получить по меньшей мере один отделенный поток 60. Иллюстративный способ (который не носит исключаяющего характера) отделения замороженного газа от холодной жидкости включает нагревание (концентрированного) потока суспензии до температуры, при которой замороженный газ больше не находится в твердой фазе. При этом нагревании нагревается (концентрированный) поток суспензии до температуры, при которой замороженный газ возвращается в газовую фазу, но это не требуется во всех системах и/или способах согласно настоящему изобретению. Как показано на стадии 330, отделение затвердевающего газового компонента (компонентов) от суспензии можно повторять, например, последовательно и отдельно отделяя два или более затвердевающих газовых компонентов от суспензии. Затвердевающий газовый компонент (компоненты), которые отделяют от (концентрированного) потока суспензии, можно использовать, подвергать утилизации, выпускать в окружающую среду, сохранять и т. д. Оставшуюся холодную жидкость можно рециркулировать, как обсуждалось в настоящем документе.

Кроме того, иллюстративные примеры (которые не носят исключаяющего характера) процессов или способов отделения одного или более затвердевающих газов или затвердевающих газовых компонентов 24 от технологического газового потока 20 путем непосредственного контакта с холодной жидкостью 36 представлены в блок-схеме на фиг. 7. Фиг. 7 аналогична фиг. 6, за исключением того, что проиллюстрированные способы включают контакт технологического газового потока с первой холодной жидкостью и со второй холодной жидкостью, причем эти стадии контакта соответственно указаны под номерами 304 и 404, и с потоком второй холодной жидкости, как показано под номером 406. Как обсуждалось выше, первая и вторая холодные жидкости могут иметь одинаковые или различные составы и/или одинаковые или различные температуры. Согласно иллюстрации обработанный газовый поток, который образуется после контакта технологического газового потока с первой холодной жидкостью, отделяют, как показано под номером 312, после чего он вступает в непосредственный контакт со второй холодной жидкостью, как показано под номером 404. После этого можно осуществлять способ, аналогичный тому, который обсуждался выше в связи с фиг. 6, с соответствующими и аналогичными стадиями отделения, повтора (контакта), концентрирования, сжатия, разделения, повтора (разделения), рециркуляции и охлаждения,

которые обозначены номерами 408, 410, 420, 426, 428, 430, 422 и 424 соответственно. На стадии 412 обработанный газовый поток 50, содержащий не затвердевший газовый компонент (компоненты) 26 от технологического газового потока, отделяют, и обработанный газовый поток можно после этого выпустить в окружающую среду, использовать, сохранять и т. д.

На фиг. 6 и 7 представлены разнообразные текущие среды, потоки, технологические условия и т. п., которые обсуждались выше, в связи с иллюстративными примерами (которые не носят исключительного характера), систем 10 для отделения одного или более затвердевающих газовых компонентов от технологического газового потока путем непосредственного контакта с холодной жидкостью. В пределах объема настоящего изобретения обсуждаемые выше иллюстративные примеры (которые не носят исключительного характера) подходящих величин, составов, технологических условий, вариантов и т. п. можно применять, даже если они не обсуждаются в связи с фиг. 6 и 7. Кроме того, в пределах объема настоящего изобретения способы, которые обсуждаются и/или иллюстрируются в настоящем документе, можно (но не обязательно) практически реализовать или осуществлять с системами 10, которые обсуждаются и/или иллюстрируются в настоящем документе. В качестве дополнения или альтернативы в пределах объема настоящего изобретения системы 10, которые обсуждаются и/или иллюстрируются в настоящем документе, можно (но не обязательно) использовать для осуществления способов, которые обсуждаются и/или иллюстрируются в настоящем документе. Иллюстративные примеры (которые не носят исключительного характера) систем 10 и способов согласно настоящему изобретению моделировали или термодинамически моделировали, чтобы оценить их эффективность для отделения диоксида углерода от технологического газового потока в виде топочного газового потока с угольной электростанции, производящей (электрическую) мощность, равную 465 л. с. (0,35 МВт). В модельном процессе (топочный) газовый поток имел скорость, равную 1 миллиону стандартных кубических футов в сутки (MMSCFD). После обезвоживания технологический газовый поток имел состав, включающий 80,7 мол.% газообразного азота, 14,5 мол.% диоксида углерода, 3,8 мол.% газообразного кислорода, 0,6 мол.% воды, 0,4 мол.% монооксида углерода, температуру 2,2°C, абсолютное давление 16 фунтов на кв. дюйм (0,110 МПа) и массовую скорость потока 15940 кг/ч. В качестве холодной жидкости использовали 3-метилпентан и моделировали шестиступенчатый противоточный контактный блок с рециркуляцией холодной жидкости. Холодную жидкость содержали в резервуаре для холодной жидкости при температуре -130°C и направляли в первую ступень контактного блока при температуре контакта -123°C. Температуры контакта на шести ступенях составляли -104, -95, -92, -85 и -59°C соответственно. Рециркулирующая холодная жидкость имела состав, включающий 99,6 мол.% 3-метилпентана, 0,2 мол.% диоксида углерода, 0,2 мол.% газообразного азота и скорость потока 21924 кг/ч. Смесь, содержащую 50 мол.% метана, 30 мол.% этана и 15 мол.% пропана, использовали в качестве хладагента охлаждающего блока для источника холодной жидкости, и приблизительно 1,37 кг хладагента рециркулировали на 1 кг впускаемого технологического (топочного) газа, который подвергали обработке. Растворимость диоксида углерода в 3-метилпентане считали на основании данных статьи в журнале J. Chem. Eng. Data (Журнал данных химической технологии), 1971 г., т. 16, № 4, с. 412-4.

Обработанный газовый поток, полученный при моделировании, имел состав, включающий 94,9 мол.% газообразного азота, 0,2 мол.% диоксида углерода, 4,4 мол.% газообразного кислорода, 0,0 мол.% воды и 0,5 мол.% монооксида углерода, и скорость этого потока составляла 12575 кг/ч. Соответственно модельный пример демонстрирует, что существенная основная часть диоксида углерода была отделена от технологического газового потока. В модельном примере обработанный газовый поток содержал лишь 0,2 мол.% диоксида углерода, что соответствует приблизительно 99-процентному отделению диоксида углерода. Для работы модельной системы 10 использована мощность 90 л. с. (67 кВт) в основном за счет охлаждающего блока для содержания холодной жидкости в резервуаре для холодной жидкости при температуре -130°C, что соответствует менее чем 20% чистой мощности, производимой электростанцией.

В настоящем изобретении несколько иллюстративных примеров способов обсуждаются и/или представляются в контексте технологических схем или блок-схем, в которых способы представлены и описаны как последовательность блоков или стадий. Если другие условия не определены в сопровождающем описании, в пределах объема настоящего изобретения порядок блоков может отличаться от проиллюстрированного порядка в технологической схеме, включая два или более блоков (или стадий), осуществляемых в различном порядке и/или одновременно. В пределах объема настоящего изобретения данные блоки или стадии можно осуществлять согласно логике, которую также можно описать как осуществление блоков или стадий как логических. В некоторых применениях блоки или стадии могут представлять собой выражения и/или действия для осуществления функционально эквивалентными схемами или другие логические устройства. Проиллюстрированные блоки могут, но не обязательно, представлять собой исполняемые инструкции, которые заставляют компьютер, процессор и/или другое логическое устройство отвечать, выполнять действие, изменять состояние, осуществлять вывод или изображение и/или принимать решения.

При использовании в настоящем документе термин "и/или", помещенный первым предметом и вторым предметом, означает один из следующих: (1) первый предмет, (2) второй предмет и (3) первый

предмет и второй предмет. Множество предметов, перечисленных с выражением "и/или", следует истолковывать одинаковым образом, т. е. как "один или более" предметов, объединенных таким образом. Могут необязательно присутствовать другие предметы, помимо определенно перечисленных, с выражением "и/или", в том числе имеющие или не имеющие отношения к предметам, определенным особо. Таким образом, в качестве не ограничивающего примера выражение "А и/или В" при использовании в сочетании с открытым выражением, таким как "включающий", может означать в одном варианте осуществления только А (необязательно включая и другие предметы, кроме В); в другом варианте осуществления только В (необязательно включая другие предметы, кроме А); в следующем варианте осуществления одновременно А и В (необязательно включая другие предметы). Данные предметы могут означать элементы, действия, структуры, стадии, операции, величины и т. п.

При использовании в настоящем документе выражения "по меньшей мере один" в отношении списка одного или более предметов следует понимать как означающий по меньшей мере один предмет, выбранный из любого одного или более предметов в списке предметов, но, не обязательно включая по меньшей мере один из каждого и любого предмета, определенно указанного в списке предметов, и не исключая любые сочетания предметов в списке предметов. Данное определение также допускает, что могут необязательно присутствовать другие предметы, помимо особо определенных в списке предметов, к которому относится выражение "по меньшей мере", в том числе имеющие или не имеющие отношения к тем предметам, которые определены особо. Таким образом, в качестве неограничивающего примера, выражение "по меньшей мере один из А и В" (или, что эквивалентно, "по меньшей мере один из А или В" или что эквивалентно "по меньшей мере один из А и/или В") может означать в одном варианте осуществления по меньшей мере один, необязательно включая более чем один А, без присутствия В (и необязательно включая другие предметы, кроме В); в другом варианте осуществления по меньшей мере один, необязательно включая более чем один В, без присутствия А (и необязательно включая другие предметы, кроме А); в следующем варианте осуществления по меньшей мере один, необязательно включая более чем один А, и по меньшей мере один, необязательно включая более чем один В (и необязательно включая другие предметы). Другими словами, выражения "по меньшей мере один", "один или более" и "и/или" представляют собой открытые выражения, которые являются одновременно соединительными и разделительными по своему действию. Например, каждое из выражений "по меньшей мере один из А, В и С", "по меньшей мере один из А, В, или С", "один или более из А, В и С", "один или более из А, В или С" и "А, В и/или С" могут означать только А, только В, только С, вместе А и В, вместе А и С, вместе В и С, вместе А, В и С и необязательно любые предметы из перечисленных выше в сочетании по меньшей мере с еще одним предметом.

В том случае, если в каком-либо процитированном документе, который включен посредством ссылки в настоящий документ, определен термин таким образом, что он не соответствует какой-либо части настоящего описания или какой-либо из включенных ссылок, настоящее описание имеет преобладающую силу только в отношении документа, в котором первоначально присутствует определенный термин и/или фрагмент, включенный в описание.

Иллюстративные примеры систем и способов согласно настоящему изобретению представлены в следующих пронумерованных параграфах. В пределах объема настоящего изобретения отдельная технологическая стадия, приведенная в настоящем документе, в том числе в следующих пронумерованных параграфах, может в качестве дополнения или альтернативы называться термином "стадия для" осуществления определенного действия.

А. Способ отделения затвердевающего газового компонента от технологического газового потока, способ включающий

контакт технологического газового потока, содержащего затвердевающий газовый компонент, с холодной жидкостью при температуре контакта и давлении контакта для получения суспензии жидкой и твердой фаз, содержащей холодную жидкость и твердое вещество, образующееся при затвердевании, по меньшей мере часть затвердевающего компонента в технологическом газовом потоке; где при контакте дополнительно образуется обработанный газовый поток, содержащий часть технологического газового потока, которая не затвердела путем контакта с холодной жидкостью; где холодная жидкость имеет температуру, при которой затвердевающий газовый компонент переходит в твердую фазу, и необязательно из газовой фазы в твердую фазу; и где, кроме того, холодная жидкость отличается по составу от затвердевающего газового компонента; и

отделение по меньшей мере части твердого вещества от суспензии.

А1. Способ по п.А, в котором затвердевающий газовый компонент выбран из группы, которую составляют диоксид углерода, сероводород, диоксид серы или серооксид углерода.

А2. Способ по любому из пп.А-А1, в котором затвердевающий газовый компонент представляет собой диоксид углерода.

А3. Способ по любому из пп.А-А2, в котором затвердевающий газовый компонент не представляет собой воду.

А4. Способ по любому из пп.А-А3, в котором технологический газовый поток содержит множество затвердевающих газовых компонентов.

A5. Способ по п.А4, в котором твердое вещество включают затвердевшие фазы по меньшей мере двух из множества затвердевающих газовых компонентов.

A6. Способ по п.А4 или А5, в котором множество затвердевающих газовых компонентов выбран из группы, которую составляют диоксид углерода, сероводород, диоксид серы, вода и серооксид углерода.

A7. Способ по любому из пп.А4-А6, в котором множество затвердевающих газовых компонентов включают диоксид углерода.

A8. Способ по любому из пп.А6 и А7, в котором множество затвердевающих газовых компонентов не включают воду.

A9. Способ по любому из пп.А-А8, в котором технологический газовый поток включает воду.

A10. Способ по п.А9, где способ включает отделение воды от технологического газового потока перед контактом.

A11. Способ по п.А10, в котором отделение воды включает охлаждение технологического газового потока до температуры, при которой вода конденсируется в жидкость, и отделение жидкой воды от технологического газового потока.

A12. Способ по п.А10, в котором отделение воды включает охлаждение технологического газового потока до температуры, при которой вода замерзает, и отделение замороженной воды от технологического газового потока.

A13. Способ по любому из пп.А-А8, в котором технологический газовый поток не включает воду.

A14. Способ по любому из пп.А-А13, в котором технологический газовый поток имеет абсолютное давление, составляющее менее чем 200 фунтов на кв. дюйм (1,38 МПа), где необязательно технологический газовый поток имеет абсолютное давление, составляющее менее чем 100 фунтов на кв. дюйм (0,69 МПа), где необязательно технологический газовый поток имеет абсолютное давление, составляющее менее чем 50 фунтов на кв. дюйм (0,345 МПа), где необязательно технологический газовый поток имеет абсолютное давление, составляющее менее чем 30 фунтов на кв. дюйм (0,207 МПа), и где далее необязательно технологический газовый поток имеет абсолютное давление, составляющее менее чем 20 фунтов на кв. дюйм (0,138 МПа).

A15. Способ по любому из пп.А-А14, в котором технологический газовый поток дополнительно включает по меньшей мере один газовый компонент, который остается в газовой фазе при температуре контакта и давлении контакта.

A16. Способ по п.А15, в котором технологический газовый поток содержит газообразный азот, и где необязательно технологический газовый поток содержит газообразный азот в качестве основного компонента.

A17. Способ по любому из пп.А-А16, в котором технологический газовый поток включает отработанный поток процесса сгорания.

A18. Способ по любому из пп.А-А17, в котором технологический газовый поток включает топочный газовый поток, и необязательно представляет собой топочный газовый поток.

A19. Способ по любому из пп.А-А18, в котором холодная жидкость имеет меньшую температуру, чем температура, при которой твердый диоксид углерода осаждается из технологического газового потока.

A20. Способ по любому из пп.А-А19, в котором холодная жидкость имеет температуру замерзания, которая составляет менее чем -100°C , где необязательно холодная жидкость имеет температуру замерзания, которая составляет менее чем -120°C , и далее, где необязательно холодная жидкость имеет температуру замерзания, которая составляет менее чем -140°C .

A21. Способ по любому из пп.А-А20, в котором холодная жидкость имеет растворимость затвердевающего газового компонента менее чем 10 мол.% при давлении контакта и температуре контакта, и необязательно растворимость затвердевающего газового компонента составляет менее чем 5 мол.% при давлении контакта и температуре контакта, и далее необязательно растворимость затвердевающего газового компонента составляет менее чем 2 мол.% при давлении контакта и температуре контакта.

A22. Способ по любому из пп.А-А21, в котором холодная жидкость имеет растворимость диоксида углерода менее чем 10 мол. % при давлении контакта и температуре контакта, где необязательно холодная жидкость имеет растворимость диоксида углерода менее чем 5 мол.% при давлении контакта и температуре контакта, и далее, где необязательно холодная жидкость имеет растворимость диоксида углерода менее чем 2 мол.% при давлении контакта и температуре контакта.

A23. Способ по любому из пп.А-А22, в котором холодная жидкость содержит по меньшей мере один изоалкан, изоалкен или спирт.

A24. Способ по п.А23, в котором холодная жидкость содержит по меньшей мере один изоалкан, изоалкен или спирт, который образует основной компонент холодной жидкости.

A25. Способ по любому из пп.А-А24, в котором холодная жидкость отличается по составу от технологического газового потока.

A26. Способ по любому из пп.А-А25, в котором холодная жидкость не включает по меньшей мере один затвердевающий компонент.

A27. Способ по любому из пп.А-А26, в котором холодная жидкость не включает диоксид углерода.

A28. Способ по любому из пп.А-А27, в котором холодная жидкость является жидкой при температуре 20°C и давлении 1 атм (0,1 МПа).

A29. Способ по любому из пп.А-А28, в котором холодная жидкость содержит смесь двух или более компонентов.

A30. Способ по любому из пп.А-А29, в котором холодная жидкость содержит изогексан или гексан.

A31. Способ по любому из пп.А-А30, в котором холодная жидкость содержит смесь этанола и метанола.

A32. Способ по любому из пп.А-А31, в котором абсолютное давление контакта составляет менее чем 100 фунтов на кв. дюйм (0,69 МПа), и где необязательно абсолютное давление контакта составляет менее чем 50 фунтов на кв. дюйм (0,345 МПа).

A33. Способ по любому из пп.А-А32, в котором температура контакта составляет менее чем -80°C, где необязательно температура контакта составляет менее чем -100°C, и далее, где необязательно температура контакта составляет менее чем -120°C.

A34. Способ по любому из пп.А-А33, в котором контакт включает охлаждение технологического газового потока до достаточной температуры, чтобы осаждать диоксид углерода в технологическом газовом потоке в виде твердого вещества.

A35. Способ по любому из пп.А-А34, в котором контакт включает охлаждение технологического газового потока до достаточной температуры, чтобы замораживать сероводород.

A36. Способ по любому из пп.А-А35, в котором контакт включает орошение технологического газового потока холодной жидкостью.

A37. Способ по п.А36, в котором контакт включает орошение технологического газового потока каплями холодной жидкости.

A38. Способ по п.А36 или А37, в котором контакт включает орошение технологического газового потока холодной жидкостью в оросительной колонне.

A39. Способ по любому из пп.А-А38, в котором контакт включает противоточный контакт между технологическим газовым потоком и холодной жидкостью.

A40. Способ по любому из пп. А-А35, в котором контакт включает барботирование технологического газового потока через холодную жидкость.

A41. Способ по любому из пп. А-А40, в котором способ включает повторный контакт с холодной жидкостью при другой температуре контакта.

A42. Способ по любому из пп. А-А41, в котором холодная жидкость представляет собой первую холодную жидкость, и, кроме того, способ включает повторный контакт со второй холодной жидкостью, отличающейся по составу от первой холодной жидкости.

A43. Способ по любому из пп. А-А42, в котором способ включает повторный контакт со второй холодной жидкостью при другой температуре контакта.

A44. Способ по любому из пп. А-А43, в котором отделение включает нагревание суспензии до температуры, при которой твердое вещество больше не находится в твердой фазе.

A45. Способ по п. А44, в котором отделение включает нагревание суспензии до температуры, при которой твердое вещество находится в жидкой фазе.

A46. Способ по п. А44, в котором отделение включает нагревание суспензии до температуры, при которой твердое вещество находится в газовой фазе.

A47. Способ по любому из пп. А44-А46, в котором твердое вещество, которое больше не находится в твердой фазе, представляет собой преобразованное твердое вещество, и, кроме того, способ включает отделение преобразованного твердого вещества от суспензии для получения исходящего потока.

A48. Способ по п. А47, в котором способ включает перекачивание исходящего потока в приповерхностный пласт для утилизации.

A49. Способ по любому из пп. А-48, в котором перед отделением осуществляют сжатие суспензии.

A50. Способ по п. А49, в котором сжатие включает повышение давления суспензии до давления, которое составляет более чем давление контакта.

A51. Способ по любому из пп. А49 или А50, в котором сжатие включает повышение давления суспензии с помощью жидкостного насоса.

A52. Способ по любому из пп. А59-А51, в котором сжатие не включает использование газового компрессора для увеличения давления суспензии.

A53. Способ по любому из пп. А49-А51, в котором сжатие включает нагревание твердого вещества в герметичном контейнере.

A54. Способ по любому из пп. А-А53, в котором перед отделением осуществляют увеличение концентрации твердого вещества в суспензии.

A55. Способ по п. А54, в котором отделение включает использование по меньшей мере одного устройства, включая фильтр, центрифужный сепаратор, статический центрифужный сепаратор и/или осадительный резервуар, чтобы увеличивать концентрацию твердого вещества в суспензии путем отделения некоторого количества холодной жидкости от суспензии.

A56. Способ по любому из пп.А-А55, в котором перед отделением осуществляют отделение части

холодной жидкости от суспензии, чтобы образовать рециркуляционный поток холодной жидкости, и, кроме того, способ включает охлаждение рециркуляционного потока до температуры, которая находится на уровне или ниже температуры контакта.

A57. Способ по п.А56, в котором способ включает направление рециркуляционного потока в жидкостной резервуар, содержащий холодную жидкость.

A58. Способ по любому из пп.А4-А57, в котором когда суспензия включает твердое вещество, полученное по меньшей мере из двух из множества затвердевающих газовых компонентов, причем способ дополнительно включает особое отделение множества газовых компонентов от суспензии, чтобы образовать особые отделенные потоки, соответственно содержащие один из множества затвердевающих газовых компонентов.

A59. Способ по п.А58, в котором способ включает нагревание суспензии на двух или большем числе ступеней, чтобы отдельно расплавлять части твердого вещества, содержащего по меньшей мере два затвердевающих газовых компонента.

A60. Способ по любому из пп.А-А59, в котором способ включает направление холодной жидкости в контактный блок из источника холодной жидкости.

A61. Способ по любому из пп.А-А60, в котором способ включает рециркуляцию холодной жидкости в суспензии в источник холодной жидкости.

A62. Способ по любому из пп.А-А61, в котором способ включает введение твердого вещества, обязательно после нагревания твердого вещества для получения газа, в приповерхностную область.

A63. Способ по любому из пп.А-А62, в котором способ включает использование твердого вещества после нагревания твердого вещества для получения газа, чтобы добывать углеводороды из приповерхностной области.

A64. Способ по любому из пп.А-А63, в котором твердое вещество представляет собой замороженный газ, полученный достаточным охлаждением затвердевающего газового компонента, переходящего из газовой фазы в твердую фазу.

A65. Способ по любому из пп.А-А64, в котором твердое вещество получают из затвердевающего газового компонента или компонентов без химической реакции затвердевающего газового компонента или образования одного или более других соединений из затвердевающего газового компонента или компонентов.

A66. Способ по любому из пп.А-А65, в котором в результате отделения образуется жидкий поток, от которого отделено твердое вещество, и, кроме того, способ включает рециркуляцию полученной жидкости, которая составляет по меньшей мере часть холодной жидкости.

A67. Способ по п.А66, где способ включает охлаждение полученного жидкого потока путем теплообмена по меньшей мере с частью обработанного газового потока.

A68. Способ по любому из пп.А-А67, в котором стадию контакта осуществляют в противоточном режиме.

A69. Способ по любому из пп.А-А68, в котором стадию контакта осуществляют на двух или большем числе ступеней.

A70. Способ по любому из пп.А-А69, в котором стадию отделения осуществляют механически, и отделение происходит по меньшей мере между одним множеством смежных ступеней.

A71. Способ по любому из пп.А-А70, в котором механическое отделение по меньшей мере части твердого вещества от суспензии образует концентрированную текучую суспензию.

A72. Использование способов по любому из пп.А-А71 для отделения затвердевающего газового компонента от технологического газового потока путем непосредственного контакта с холодной жидкостью, чтобы получить обработанный газовый поток, который содержит уменьшенную концентрацию затвердевающего газового компонента.

A73. Использование способов по любому из пп.А-А71 для отделения затвердевающего газового компонента от технологического газового потока путем непосредственного контакта с холодной жидкостью, чтобы получить обработанный газовый поток, в котором не содержится затвердевающий газовый компонент.

A74. Система отделения затвердевающего газового компонента от технологического газового потока, где система включает устройства для осуществления способов по любому из пп.А-А71.

A75. Газ, отделенный от технологического газового потока способами по любому из пп.А-А71.

A76. Обработанный газовый поток, полученный способами по любому из пп.А-А71.

В. Система отделения затвердевающего газового компонента от технологического газового потока, где система включает

источник холодной жидкости, содержащий холодную жидкость, имеющую температуру холодной жидкости;

источник технологического газа, содержащий технологический газ, содержащий газы, которые включают затвердевающий газовый компонент, имеющий температуру замерзания и по меньшей мере еще один газовый компонент, имеющий температуру замерзания, которая ниже, чем температура замерзания затвердевающего газового компонента;

контактный блок, приспособленный, чтобы принимать поток холодной жидкости, содержащий холодную жидкость, из источника холодной жидкости, технологический газовый поток, содержащий технологический газ, из источника технологического газа, и осуществлять непосредственный контакт холодной жидкости с технологическим газом при температуре контакта и давлении контакта, чтобы получать суспензию жидкой и твердой фаз и обработанный газовый поток, где суспензия содержит холодную жидкость и твердое вещество, полученное из затвердевающего газового компонента, и где, кроме того, обработанный газовый поток содержит по меньшей мере еще один газовый компонент; и

разделительный блок, приспособленный отделять твердое вещество от суспензии, чтобы получать отделенный поток, содержащий затвердевающий газовый компонент, который был отделен от технологического газового потока.

V1. Система по п.V, в которой контактный блок приспособлен, чтобы барботировать технологический газовый поток через холодную жидкость.

V2. Система по любому из пп.V-B1, в которой контактный блок приспособлен, чтобы орошать холодной жидкостью технологический газ.

V3. Система по любому из пп.V-B2, в которой контактный блок включает по меньшей мере одну оросительную колонну, барботажную колонну, барботажный контактор или резервуар.

V4. Система по п.V2, в которой контактный блок включает, по меньшей мере одну оросительную колонну.

V5. Система по любому из пп.V-B4, в которой контактный блок включает множество контактных ступеней, на которых технологический газовый поток вступает в непосредственный контакт с холодной жидкостью.

V6. Система по п.V5, в которой множество контактных ступеней приспособлены, чтобы осуществлять противоточный контакт холодной жидкости и технологического газового потока.

V7. Система по п.V5 или V6, в которой множество контактных ступеней приспособлены, чтобы осуществлять прямоточный контакт холодной жидкости с технологическим газовым потоком.

V8. Система по любому из пп.V-B7, в которой контактный блок включает множество контактных блоков.

V9. Система по п.V8, в которой источник холодной жидкости представляет собой источник первой холодной жидкости, поток холодной жидкости представляет собой поток первой холодной жидкости, холодная жидкость представляет собой первую холодную жидкость, и где, кроме того, система включает источник второй холодной жидкости, который приспособлен, чтобы направлять поток второй холодной жидкости, содержащий вторую холодную жидкость, в непосредственный контакт с технологическим газовым потоком.

V10. Система по п.V9, в которой первая холодная жидкость и вторая холодная жидкость имеют различные составы.

V11. Система по п.V9 или V10, в которой первая холодная жидкость и вторая холодная жидкость имеют различные температуры.

V12. Система по любому из пп.V9-B11, в которой множество контактных блоков включают первый контактный блок, в котором технологический газовый поток вступает в непосредственный контакт с первой холодной жидкостью, и где, кроме того, множество контактных блоков включают второй контактный блок, в котором по меньшей мере часть технологического газового потока вступает в непосредственный контакт со второй холодной жидкостью.

V13. Система по любому из пп.V-B12, в которой разделительный блок включает источник тепла, приспособленный, чтобы нагревать суспензию до температуры, при которой твердое вещество больше не находится в твердой фазе.

V14. Система по любому из пп.V-B13, в которой разделительный блок включает источник тепла, приспособленный, чтобы нагревать суспензию до температуры, которая превышает температуру замерзания затвердевающего газового компонента.

V15. Система по п.V14, в которой источник тепла включает резистивный нагреватель.

V16. Система по п.V14, в которой источник тепла включает горелку.

V17. Система по п.V14, в которой источник тепла включает нагретый поток текучей среды в тепловом соединении с суспензией.

V18. Система по любому из пп.V-B17, в которой технологический газ включает множество затвердевающих газовых компонентов, твердое вещество образуется из множества затвердевающих газовых компонентов, и где, кроме того, система включает множество разделительных блоков.

V19. Система по п.V18, в которой каждый разделительный блок приспособлен, чтобы отделять соответствующий один из затвердевающих газовых компонентов от суспензии.

V20. Система по п.V18 или V19, в которой каждый разделительный блок приспособлен, чтобы нагревать суспензию для отделения затвердевающего газового компонента от суспензии.

V21. Система по любому из пп.V18-B20, в которой разделительные блоки приспособлены, чтобы нагревать суспензию до различных температур.

V22. Система по любому из пп.V-B21, в которой система дополнительно включает водоотделитель-

ный блок, приспособленный для отделения воды от технологического газового потока.

B23. Система по п.В22, в которой разделительный блок приспособлен для охлаждения технологического газового потока.

B24. Система по любому из пп.В-B23, в которой система включает жидкостный насос, который принимает поток суспензии, содержащий суспензию, из контактного блока и увеличивает давление суспензии.

B25. Система по п.В24, в которой жидкостный насос приспособлен для увеличения давления суспензии до давления, которое составляет более чем давление контакта.

B26. Система по любому из пп.В-B25, в которой система включает сепаратор жидкой и твердой фаз, который приспособлен, чтобы принимать поток суспензии, содержащий суспензию, из контактного блока, и разделять поток суспензии на поток концентрированной суспензии и получаемый поток холодной жидкости, в которой поток концентрированной суспензии содержит более высокую концентрацию твердого вещества, чем поток суспензии, и где, кроме того, получаемый поток холодной жидкости не включает всю холодную жидкость, присутствующую в потоке суспензии.

B27. Система по п.В26, в которой сепаратор жидкой и твердой фаз выбран из группы, которую составляют по меньшей мере одно из следующих устройств: фильтр, центрифужный сепаратор, статический центрифужный сепаратор, механический подвижный скребок и/или осадительный резервуар.

B28. Система по любому из пп.В26 и В27, в которой сепаратор жидкой и твердой фаз используют в периодическом, полупериодическом или непрерывном режиме работы, чтобы разделять поток суспензии на поток концентрированной суспензии и получаемый поток холодной жидкости.

B29. Система по любому из пп.В-B28, в которой затвердевающий газовый компонент выбран из группы, которую составляют диоксид углерода, сероводород, диоксид серы или серооксид углерода.

B30. Система по любому из пп.В-B29, в которой затвердевающий газовый компонент представляет собой диоксид углерода.

B31. Система по любому из пп.В-B30, в которой затвердевающий газовый компонент не представляет собой воду.

B32. Система по любому из пп.В-B31, в которой технологический газовый поток содержит множество затвердевающих газовых компонентов.

B33. Система по п.В32, в которой твердое вещество включает затвердевшие фазы по меньшей мере двух из множества затвердевающих газовых компонентов.

B34. Система по п.В32 или В33, в которой множество затвердевающих газовых компонентов выбрано из группы, которую составляют диоксид углерода, сероводород, диоксид серы, вода и серооксид углерода.

B35. Система по любому из пп.В32-В34, в которой множество затвердевающих газовых компонентов включает диоксид углерода.

B36. Система по любому из пп.В34 и В35, в которой множество затвердевающих газовых компонентов не включает воду.

B37. Система по любому из пп.В-B36, в которой технологический газовый поток включает воду.

B38. Система по любому из пп.В-B36, в которой технологический газовый поток не включают воду.

B39. Система по любому из пп.В-B38, в которой технологический газовый поток имеет абсолютное давление, составляющее менее чем 200 фунтов на кв. дюйм (1,38 МПа), где необязательно технологический газовый поток имеет абсолютное давление, составляющее менее чем 100 фунтов на кв. дюйм (0,69 МПа), где необязательно технологический газовый поток имеет абсолютное давление, составляющее менее чем 50 фунтов на кв. дюйм (0,345 МПа), где необязательно технологический газовый поток имеет абсолютное давление, составляющее менее чем 30 фунтов на кв. дюйм (0,207 МПа), и далее, где необязательно технологический газовый поток имеет абсолютное давление, составляющее менее чем 20 фунтов на кв. дюйм (0,138 МПа).

B40. Система по любому из пп. В-B39, в которой технологический газовый поток дополнительно включает по меньшей мере один газовый компонент, который остается в газовой фазе при температуре контакта и давлении контакта.

B41. Система по п.В40, в которой технологический газовый поток содержит газообразный азот, и где необязательно технологический газовый поток содержит газообразный азот в качестве основного компонента.

B42. Система по любому из пп.В-B41, в которой технологический газовый поток включает отработанный поток процесса сгорания.

B43. Система по любому из пп.В-B42, в которой технологический газовый поток включает топочный газовый поток и необязательно представляет собой топочный газовый поток.

B44. Система по любому из пп.В-B43, в которой холодная жидкость имеет меньшую температуру, чем температура, при которой твердый диоксид углерода осаждается из технологического газового потока.

B45. Система по любому из пп.В-B44, в которой холодная жидкость имеет температуру замерзания, которая составляет менее чем -100°C , где необязательно холодная жидкость имеет температуру замерза-

ния, которая составляет менее чем -120°C , и далее, где необязательно холодная жидкость имеет температуру замерзания, которая составляет менее чем -140°C .

B46. Система по любому из пп. В-B45, в которой холодная жидкость имеет растворимость затвердевающего газового компонента менее чем 10 мол.% при давлении контакта и температуре контакта, и необязательно растворимость затвердевающего газового компонента составляет менее чем 5 мол.% при давлении контакта и температуре контакта, и далее необязательно растворимость затвердевающего газового компонента составляет менее чем 2 мол.% при давлении контакта и температуре контакта.

B47. Система по любому из пп. В-B46, в которой холодная жидкость имеет растворимость диоксида углерода менее чем 10 мол.% при давлении контакта и температуре контакта, где необязательно холодная жидкость имеет растворимость диоксида углерода менее чем 5 мол.% при давлении контакта и температуре контакта, и далее, где необязательно холодная жидкость имеет растворимость диоксида углерода менее чем 2 мол.% при давлении контакта и температуре контакта.

B48. Система по любому из пп. В-B47, в которой холодная жидкость включает изоалкан, изоалкен, спирт или их сочетания.

B49. Система по п. В48, в которой холодная жидкость содержит по меньшей мере один изоалкан, изоалкен или спирт, который составляет основной компонент холодной жидкости.

B50. Система по любому из пп В-B49, в которой холодная жидкость отличается по составу от технологического газового потока.

B51. Система по любому из пп. В-B50, в которой холодная жидкость не включает по меньшей мере один затвердевающий компонент.

B52. Система по любому из пп. В-B51, в которой холодная жидкость не включает диоксид углерода.

B53. Система по любому из пп. В-B52, в которой холодная жидкость является жидкой при температуре 20°C и давлении 1 атм (0,1 МПа).

B54. Система по любому из пп В-B53, в которой абсолютное давление контакта составляет менее чем 100 фунтов на кв. дюйм (0,69 МПа), где необязательно абсолютное давление контакта составляет менее чем 50 фунтов на кв. дюйм (0,345 МПа), и далее, где необязательно абсолютное давление контакта составляет менее чем 35 фунтов на кв. дюйм (0,242 МПа).

B55. Система по любому из пп. В-B54, в которой температура контакта составляет менее чем -80°C , где необязательно температура контакта составляет менее чем -100°C , и далее, где необязательно температура контакта составляет менее чем -120°C .

B56. Система по любому из пп. В-B55, предназначенная для использования способов по любому из пп. А-А70.

B57. Система по любому из пп. В-B55, в которой технологический газовый поток включает воду в концентрации, равной водонасыщенности при температуре, превышающей температуру замерзания воды.

B58. Система по любому из пп. В-B57, в которой контактный блок приспособлен для осуществления контакта холодной жидкости и технологического газа в противоточном режиме.

B59. Система по любому из пп. В-B58, в которой контактный блок включает две или более ступеней.

B60. Система по любому из пп. В-B59, в которой разделительный блок приспособлен для механического отделения твердого вещества от суспензии жидкой и твердой фаз, и отделение происходит по меньшей мере между одним множеством смежных ступеней.

B61. Газ, отделенный от технологического газового потока системами по любому из пп. В-B50.

B62. Обработанный газовый поток, полученный системами по любому из пп. В-B60.

С. Система отделения затвердевающего газового компонента от технологического газового потока, система включающая

устройство для ввода холодной жидкости и технологического газового потока; где технологический газовый поток включает затвердевающий газовый компонент, имеющий температуру замерзания и по меньшей мере еще один газовый компонент, имеющий температуру замерзания, которая ниже, чем температура замерзания затвердевающего газового компонента; и где, кроме того, холодная жидкость имеет температуру замерзания, которая ниже, чем температура, при которой затвердевающий газовый компонент в технологическом газовом потоке переходит в твердую фазу, является жидкой при температуре 20°C и давлении 1 атм (0,1 МПа) и отличается по составу от технологического газового потока;

устройство для непосредственного контакта холодной жидкости с технологическим газовым потоком, чтобы замораживать затвердевающий газовый компонент и получать суспензию жидкой и твердой фаз и обработанный газовый поток; где суспензия содержит холодную жидкость и затвердевший (затвердевающий) газовый компонент; и где, кроме того, обработанный газовый поток содержит часть технологического газового потока, которая не затвердела с образованием суспензии; и

устройство для отделения замороженного затвердевающего газового компонента от суспензии.

С1. Система по п. С, в которой затвердевающий газовый компонент представляет собой диоксид углерода, и другой газовый компонент представляет собой газообразный азот.

С2. Система по п. С или С1, в которой устройство для непосредственного контакта включает по

меньшей мере одну оросительную колонну, барботажную колонну, барботажный контактор или резервуар.

С3. Система по любому из пп.С-С2, в которой холодная жидкость включает по меньшей мере один изоалкан, изоалкен или спирт.

С4. Система по любому из пп.С-С3, в которой устройство для непосредственного контакта осуществляет контакт холодной жидкости с технологическим газовым потоком в противоточном режиме.

С5. Система по любому из пп.С-С4, в которой устройство для непосредственного контакта осуществляет контакт холодной жидкости с технологическим газовым потоком на двух или большем числе ступеней.

С6. Система по любому из пп.С-С5, в которой разделительное устройство механически отделяет затвердевший (затвердевающий) газовый компонент по меньшей мере между одним множеством смежных ступеней.

Промышленная применимость.

Системы и способы, описанные в настоящем документе, можно применять, по меньшей мере, в нефтегазоперерабатывающих отраслях промышленности.

Считается, что приведенное выше описание объединяет множество различных изобретений с независимым применением. Хотя каждое из данных изобретений описано в своей предпочтительной форме, их конкретные варианты осуществления, которые описаны и проиллюстрированы в настоящем документе, не следует рассматривать в ограничительном смысле, поскольку возможны многочисленные разновидности. Предмет данных изобретений включает все новые и неочевидные комбинации и субкомбинации разнообразных элементов, отличительных признаков, функций и/или свойств, которые описаны в настоящем документе. Аналогичным образом, если в пунктах формулы изобретения приведен неопределенный артикль или выражение "первый элемент" или его эквивалент, указанные пункты формулы изобретения следует понимать как включающие внедрение одного или более таких элементов, без требования или исключения двух или более таких элементов.

Считается, что приведенная ниже формула изобретения конкретно описывает определенные комбинации и субкомбинации, которые относятся к одному из описанных изобретений и которые являются новыми и неочевидными. Изобретения, осуществляемые в других комбинациях и субкомбинациях отличительных признаков, функций, элементов и/или свойств, можно заявлять посредством внесения изменений в настоящие пункты формулы изобретения или посредством представления новых пунктов формулы изобретения в настоящей или родственной заявке. Такие измененные или новые пункты формулы изобретения, в том числе относящиеся к различным изобретениям или относящиеся к одному и тому же изобретению, независимо от того, что они отличаются, являются шире, уже или равными по объему исходным пунктам формулы изобретения, также рассматриваются в качестве включенных в предмет изобретений, описанных в настоящем документе.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ отделения способного затвердевать газового компонента от технологического газового потока, в котором:

(а) приводят в контакт технологический газовый поток, содержащий способный затвердевать газовый компонент, и холодную жидкость при температуре контакта менее чем -80°C и давлении контакта менее чем 100 фунтов на кв. дюйм (0,69 МПа) для получения суспензии жидкой и твердой фаз, содержащей холодную жидкость и твердое вещество, образующееся при затвердевании способного затвердевать газа, составляющего по меньшей мере часть способного затвердевать компонента в технологическом газовом потоке и обработанного газового потока, содержащего часть технологического газового потока, которая не затвердела путем контакта с холодной жидкостью;

при этом холодная жидкость имеет температуру, при которой способный затвердевать газовый компонент в технологическом газовом потоке переходит в твердую фазу, и отличается по составу от затвердевающего газового компонента; и

технологический газовый поток включает по меньшей мере один газовый компонент, который остается в газовой фазе при температуре контакта и давлении контакта; а

(b) на суспензию воздействуют давлением, которое выше, чем давление контакта; и

(c) отделяют по меньшей мере часть твердого вещества от суспензии.

2. Способ по п.1, в котором способный затвердевать газовый компонент выбран из группы, которую составляют диоксид углерода, сероводород, диоксид серы или серооксид углерода.

3. Способ по п.1, в котором способный затвердевать газовый компонент представляет собой диоксид углерода.

4. Способ по п.1, в котором технологический газовый поток содержит множество способных затвердевать газовых компонентов.

5. Способ по п.1, в котором технологический газовый поток включает воду в концентрации, равной водонасыщенности при температуре, превышающей температуру замерзания воды.

6. Способ по п.5, в котором отделяют по меньшей мере часть воды от технологического газового потока перед приведением его в контакт с холодной жидкостью.

7. Способ по п.1, в котором технологический газовый поток включает отработанный поток процесса сгорания.

8. Способ по п.1, в котором холодная жидкость имеет меньшую температуру, чем температура, при которой твердый диоксид углерода осаждается из технологического газового потока.

9. Способ по п.1, в котором холодная жидкость имеет растворимость способного затвердевать газового компонента менее чем 10 мол.% при давлении контакта и температуре контакта.

10. Способ по п.1, в котором холодная жидкость отличается по составу от технологического газового потока.

11. Способ по п.1, в котором холодная жидкость является жидкой при температуре 20°C и давлении 1 атм (0,1 МПа), и, кроме того, холодная жидкость имеет температуру замерзания менее чем -100°C.

12. Способ по п.1, в котором холодная жидкость содержит по меньшей мере один изоалкан, изоалкен или спирт, который формирует основной компонент холодной жидкости.

13. Способ по п.1, в котором холодная жидкость содержит смесь двух или более компонентов.

14. Способ по п.12, в котором холодная жидкость содержит изогексан, изогексен или их сочетание.

15. Способ по п.1, в котором холодная жидкость содержит этанол, метанол или их сочетания.

16. Способ по п.1, в котором контакт включает орошение технологического газового потока холодной жидкостью.

17. Способ по п.1, в котором контакт включает барботирование технологического газового потока через холодную жидкость.

18. Способ по п.1, в котором отработанный газовый поток дополнительно приводят в контакт с холодной жидкостью при другой температуре контакта.

19. Способ по п.1, в котором холодная жидкость представляет собой первую холодную жидкость, и отработанный газовый поток дополнительно приводят в контакт со второй холодной жидкостью, отличающейся по составу от первой холодной жидкости.

20. Способ по п.1, в котором отработанный газовый поток дополнительно вводят в контакт со второй холодной жидкостью при другой температуре контакта.

21. Способ по п.1, в котором твердое вещество отделяют от суспензии путем нагревания суспензии до температуры, при которой по меньшей мере часть твердого вещества больше не находится в твердой фазе.

22. Способ по п.1, в котором воздействие на суспензию давлением осуществляют путем нагревания твердого вещества в герметичном контейнере.

23. Способ по п.1, в котором перед отделением твердого вещества от суспензии осуществляют увеличение концентрации твердого вещества в суспензии путем отделения части холодной жидкости от суспензии.

24. Способ по п.21, в котором твердое вещество, которое больше не находится в твердой фазе, представляет собой преобразованное твердое вещество, по меньшей мере часть которого отделяют для получения исходящего потока.

25. Способ по п.24, в котором исходящий поток перекачивают в приповерхностный пласт для утилизации.

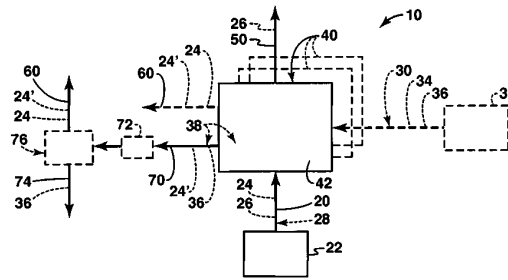
26. Способ по п.1, в котором в результате отделения образуется жидкий поток, от которого отделено твердое вещество, который рециркулируют, чтобы получить по меньшей мере часть холодной жидкости.

27. Способ по п.26, в котором полученный жидкий поток охлаждают путем теплообмена по меньшей мере с частью обработанного газового потока.

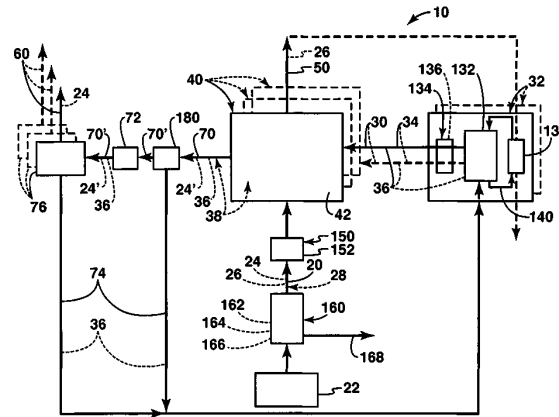
28. Способ по п.1, в котором стадию контакта осуществляют в противоточном режиме.

29. Способ по п.1, в котором стадию приведения в контакт осуществляют на двух или большем числе ступеней.

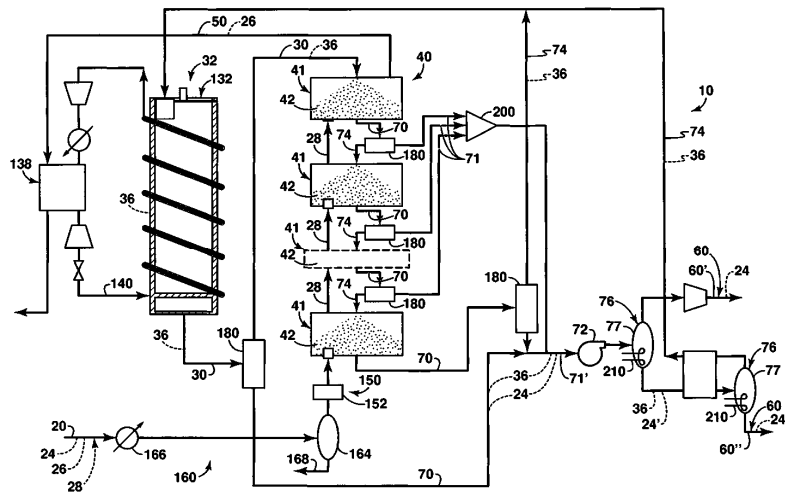
30. Способ по п.1, в котором стадию отделения осуществляют механически, и отделение происходит по меньшей мере между одной парой смежных ступеней.



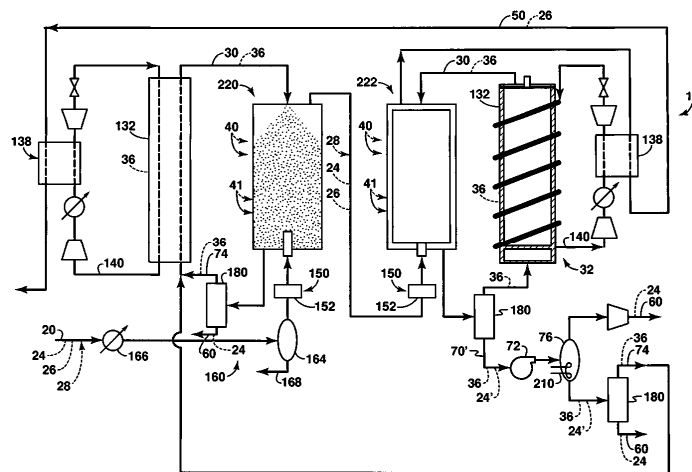
Фиг. 1



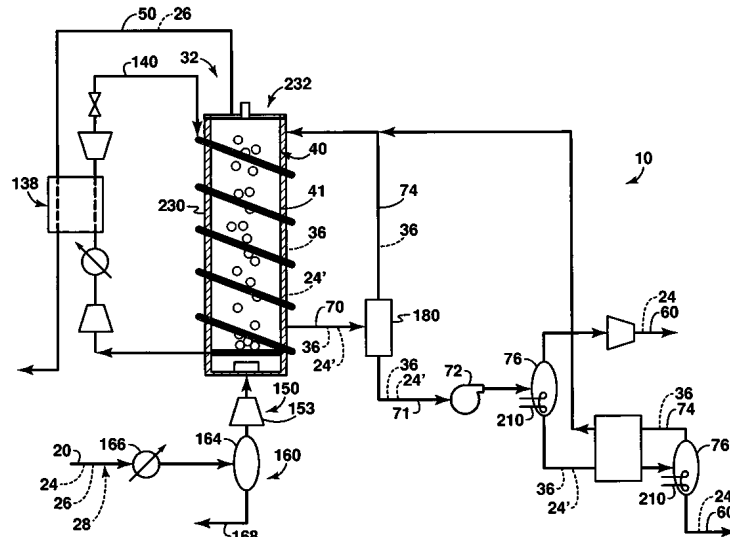
Фиг. 2



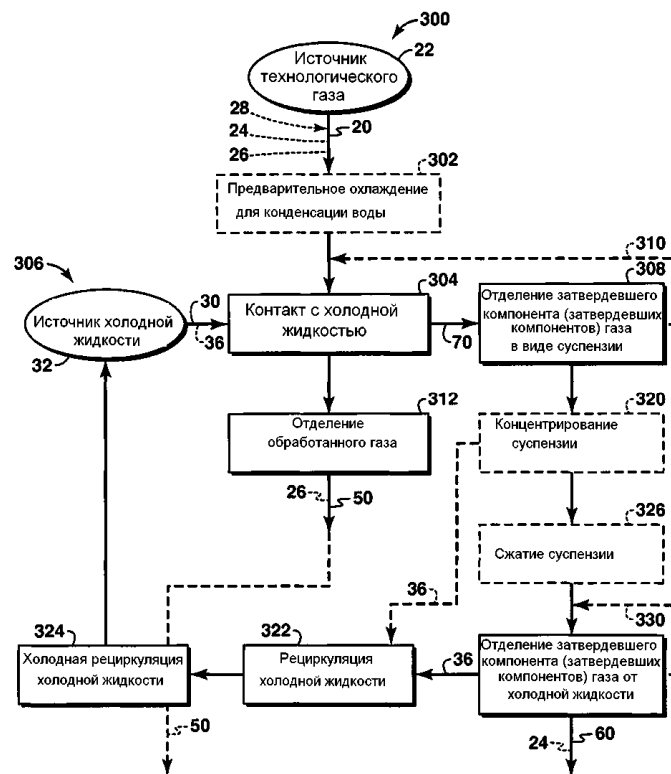
Фиг. 3



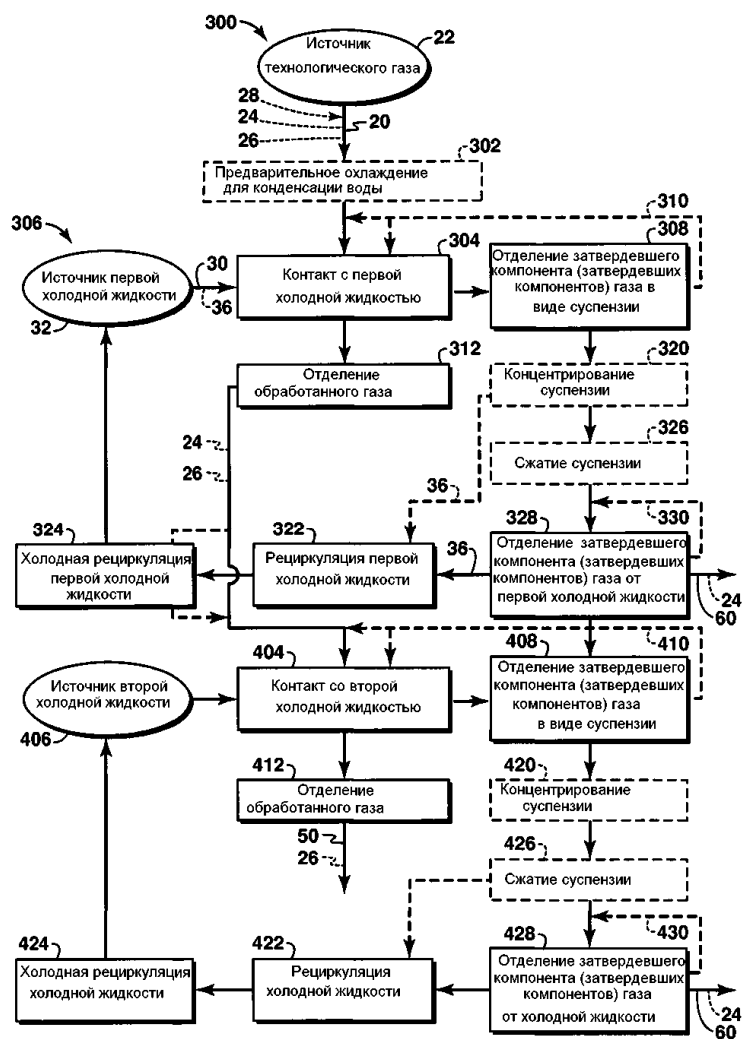
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7

