

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **038262**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2021.07.30

(21) Номер заявки
201792081

(22) Дата подачи заявки
2016.03.17

(51) Int. Cl. **B01D 53/14** (2006.01)
B01D 53/00 (2006.01)
C10L 3/10 (2006.01)
F25J 1/00 (2006.01)

(54) СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА ПОТОКА ОЧИЩЕННОГО ГАЗА(31) **15160094.7**(32) **2015.03.20**(33) **EP**(43) **2018.04.30**(86) **PCT/EP2016/055871**(87) **WO 2016/150827 2016.09.29**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ШЕЛЛ ИНТЕРНЭШНЛ РИСЕРЧ
МААТСХАППИЙ Б.В. (NL)**

(72) Изобретатель:
**Клинкенбейл Жанин Мари (NL),
Ангелопулу Анастасия (IQ),
МакФарлин Шелби Карли (JP),
Гирман Менно Бастиан Хендрикс
(NL), Де Казнов Тома Медар (NO)**

(74) Представитель:
Чекалкин А.Ю., Фелицына С.Б. (RU)

(56) **WO-A1-2007003618
WO-A1-2014006077
WO-A1-2004026441
US-A1-2006032377
WO-A1-2007107004
EP-A1-2789957
GB-A-2147984**

(57) Данное изобретение относится к способу производства потока очищенного газа из потока сырьевого газа, содержащего природный газ, углекислый газ, сероводород и ароматические соединения, выбранные из группы: бензол, толуол, ксилолы. В указанном способе поток сырьевого газа контактирует в абсорбционной колонне с абсорбирующей жидкостью, содержащей сульфолан и вторичный или третичный амин. Температуру абсорбирующей жидкости понижают в промежуточной секции абсорбционной колонны. Получают насыщенную абсорбирующую жидкость, содержащую углекислый газ, сероводород и ароматические соединения, выбранные из группы: бензол, толуол, о-ксилол, м-ксилол и п-ксилол, и газовый поток, обедненный этими соединениями. По меньшей мере часть полученного газового потока охлаждают до по меньшей мере -40°C, сбрасывают давление и получают жидкость, содержащую ароматические соединения, выбранные из группы: бензол, толуол, этилбензол, о-ксилол, м-ксилол и п-ксилол, и газ мгновенного испарения, обедненный этими соединениями, содержащий менее чем 3 м.д. по объему бензола, толуола, этилбензола и ксилолов (BTX). Можно использовать одноступенчатую испарительную емкость, при этом нет необходимости использовать скруббер или дегазификатор (деметанизатор). Этот газ мгновенного испарения подают в блок сжижения без прохождения через какое-либо дополнительное удаляющее BTX оборудование и/или блок извлечения/разделения углеводородов/извлечения жидких фракций природного газа (NGL).

B1**038262****038262****B1**

Область изобретения

Данное изобретение относится к способу производства потока очищенного газа из потока сырьевого газа, содержащего загрязняющие вещества.

Уровень техники

Газовые потоки из скважин природного газа, как правило, содержат загрязняющие вещества, например углекислый газ, сероводород и ароматические углеводороды, например бензол, толуол, этилбензол и ксилол, которые необходимо удалить перед тем, как использовать газовые потоки далее.

В данной области техники известны процессы удаления сероводорода, углекислого газа и ароматических углеводородов из газового потока. Такие процессы, как правило, включают стадию абсорбции для удаления сероводорода, углекислого газа и ароматических углеводородов из газообразного сырьевого потока посредством контактирования в абсорбционной колонне такого газообразного сырьевого потока с растворителем, например с аминовым раствором. Таким образом, получают очищенный газообразный поток и растворитель, насыщенный загрязняющими веществами. Насыщенный растворитель, как правило, регенерируют в десорбере для получения потока газа, содержащего загрязняющие вещества и обедненный растворитель, который возвращают в абсорбционную колонну.

ВТХ часто используют в качестве акронима для бензола, толуола и ксилолов (например, о-ксилола, м-ксилола и/или п-ксилола). ВТЕХ часто используют в качестве акронима для бензола, толуола, этилбензола и ксилолов (например, о-ксилола, м-ксилола и/или п-ксилола).

Чтобы избежать замораживания при производстве СПГ (сжиженного природного газа), перед сжижением удаляют ВТЕХ. В случае если уровень ВТЕХ в газе слишком высок, то трубопроводы могут забиваться. В целом, предпочтительно, чтобы перед сжижением концентрация ВТЕХ в газе составляла не более 3 м.д. по объему (частей на миллион по объему).

WO2007003618 описывает способ, в котором удаляют бензол, толуол, о-ксилол, м-ксилол и п-ксилол (ВТХ) посредством абсорбирующей жидкости, содержащей физический растворитель. На данной стадии также в значительной степени удаляют сероводород и углекислый газ. В предпочтительном способе в качестве абсорбирующей жидкости используют смесь сульфолана, вторичного или третичного амина и воды.

После того, как большинство бензола, толуола и ксилолов были удалены посредством абсорбирующей жидкости, необходимо дополнительно снизить их концентрацию. Это, как правило, выполняют посредством скрубберной колонны, адсорбера, экстрактора или блока удаления ВТЕХ или ВТХ иного типа. В такой второй стадии из газа иногда также возможно удалить углеводороды с более чем 5 атомами углерода (C₅₊).

Существует потребность в улучшенном способе, в котором удаление бензола, толуола и ксилолов является более эффективным, без нарушения хода удаления сероводорода и углекислого газа.

Краткое описание сущности изобретения

В настоящее время установлено, что эффективность удаления бензола, толуола и ксилолов может быть увеличена посредством установления газа с определенной абсорбирующей жидкостью и посредством снижения температуры в абсорбционной колонне.

Следовательно, данное изобретение относится к способу, в котором производят поток очищенного газа из потока сырьевого газа, содержащего природный газ, углекислый газ, сероводород и ароматические соединения, выбранные из группы: бензол, толуол, этилбензол, о-ксилол, м-ксилол и п-ксилол. Способ включает следующие стадии, в которых:

(а) смешивают поток сырьевого газа в абсорбционной колонне с абсорбирующей жидкостью, содержащей сульфолан и вторичный или третичный амин, и

понижают температуру абсорбирующей жидкости в промежуточной секции абсорбционной колонны,

чтобы получить насыщенную абсорбирующую жидкость, содержащую углекислый газ, сероводород и ароматические соединения, выбранные из группы: бензол, толуол, о-ксилол, м-ксилол и п-ксилол, и газовый поток, обедненный этими соединениями;

(b) по меньшей мере часть газового потока, полученного на стадии (а), охлаждают до по меньшей мере -40°C и сбрасывают давление, чтобы получить жидкость, содержащую ароматические соединения, выбранные из группы: бензол, толуол, этилбензол, о-ксилол, м-ксилол и п-ксилол, и газ мгновенного испарения, обедненный этими соединениями, содержащий менее чем 3 м.д. по объему бензола, толуола, этилбензола и ксилолов (ВТЕХ); и

затем указанный газ мгновенного испарения подают в блок сжижения без прохождения через какое-либо дополнительное удаляющее ВТЕХ оборудование и/или блок извлечения/разделения углеводородов/извлечения жидких фракций природного газа (NGL).

Преимуществом способа согласно настоящему изобретению является то, что была повышена эффективность удаления бензола, толуола и ксилолов (ВТХ) на стадии (а).

Стадия (b) имеет дополнительное преимущество в том, что улучшается эффективность удаления бензола, толуола, этилбензола, о-ксилола, м-ксилола и п-ксилола (ВТЕХ).

Другим преимуществом является то, что NGL (жидкие фракции природного газа) и ароматические

соединения могут быть удалены посредством охлаждения и сброса давления на стадии (b). Стадию (b) могут выполнять в одной или нескольких одноступенчатых испарительных емкостях. Нет необходимости использовать скрубберную колонну, дезанизатор или деметанизатор, адсорбер или экстрактор. Помимо одной или нескольких одноступенчатых испарительных емкостей на стадии (b) нет необходимости использовать другой блок удаления ВТХ или ВТЕХ. Также может быть значительно упрощен блок удаления NGL в установке по производству СПГ. NGL означает жидкие фракции природного газа, которые связаны с углеводородами, такими как C_2H_6 , C_3H_8 , nC_4H_{10} и пентаны.

Дополнительным преимуществом является то, что на стадии (b) может быть получен газ мгновенного испарения, содержащий менее чем 3 м.д. по объему ВТЕХ. Этот газ мгновенного испарения может быть подвергнут сжижению для получения СПГ.

Подробное описание сущности изобретения

В способе в соответствии с настоящим изобретением поток очищенного газа производят из потока сырьевого газа, содержащего природный газ, углекислый газ, сероводород и ароматические соединения, выбранные из группы: бензол, толуол, этилбензол, о-ксилол, м-ксилол и п-ксилол. Способ включает следующие стадии, в которых:

(a) смешивают поток сырьевого газа в абсорбционной колонне с абсорбирующей жидкостью, содержащей сульфолан и вторичный или третичный амин, и

понижают температуру абсорбирующей жидкости в промежуточной секции абсорбционной колонны,

чтобы получить насыщенную абсорбирующую жидкость, содержащую углекислый газ, сероводород и ароматические соединения, выбранные из группы: бензол, толуол, о-ксилол, м-ксилол и п-ксилол, и газовый поток, обедненный этими соединениями;

(b) по меньшей мере часть газового потока, полученного на стадии (a), охлаждают до по меньшей мере $-40^{\circ}C$ и сбрасывают давление, чтобы получить жидкость, содержащую ароматические соединения, выбранные из группы: бензол, толуол, этилбензол, о-ксилол, м-ксилол и п-ксилол, и газ мгновенного испарения, обедненный этими соединениями, содержащий менее чем 3 м.д. по объему бензола, толуола, этилбензола и ксилолов (ВТЕХ); и

затем указанный газ мгновенного испарения подают в блок сжижения без прохождения через какое-либо дополнительное удаляющее ВТЕХ оборудование и/или блок извлечения/разделения углеводородов/извлечения жидких фракций природного газа (NGL).

Поток сырьевого газа содержит природный газ, углекислый газ, сероводород и ароматические соединения, выбранные из группы: бензол, толуол, этилбензол, о-ксилол, м-ксилол и п-ксилол. Поток сырьевого газа может также содержать углеводороды с более чем 5 атомами углерода (C_{5+}).

Природный газ является общим термином, который применяют для смесей легких углеводородов и, обязательно, других газов (азота, углекислого газа, гелия), полученных из скважин природного газа. Основным компонентом природного газа является метан. Кроме того, часто присутствуют этан, пропан и бутан. В некоторых случаях могут присутствовать (небольшие) количества высших углеводородов, часто обозначаемые как жидкие фракции природного газа или конденсаты. В случае если природный газ добывают вместе с нефтью, его обычно называют попутным газом. К другим соединениям, которые могут присутствовать в различных количествах в природном газе в качестве загрязняющих веществ, относятся углекислый газ, сероводород и ароматические соединения.

Поток сырьевого газа может содержать H_2S , например, в диапазоне от 1 м.д. по объему до 10 об.% исходя из общего потока сырьевого газа. Поток сырьевого газа может также содержать углекислый газ, например, в диапазоне от 0 до 40 об.% исходя из общего потока сырьевого газа.

В том случае, если поток сырьевого газа дополнительно содержит углеводороды с более чем 5 атомами углерода, насыщенная абсорбирующая жидкость, полученная на стадии (a), также дополнительно содержит углеводороды с более чем 5 атомами углерода, и жидкость, полученная на стадии (b), дополнительно содержит углеводороды с более чем 5 атомами углерода.

Предпочтительно, абсорбирующую жидкость используют на стадии (a) для удаления загрязняющих веществ посредством переноса загрязняющих веществ из потока сырьевого газа в абсорбирующую жидкость. Это приводит к насыщению абсорбирующей жидкости загрязняющими веществами. Насыщенная абсорбирующая жидкость может быть регенерирована посредством контактирования с регенерационным газом.

Абсорбирующая жидкость содержит сульфолан и вторичный или третичный амин.

Сульфолан является физическим растворителем. Вторичный или третичный амин является химическим растворителем. Предпочтительно, абсорбирующая жидкость дополнительно содержит другой растворитель, наиболее предпочтительно воду.

Предпочтительно, количество сульфолана находится в диапазоне от 10 до 80, более предпочтительно от 15 до 50, оптимально от 20 до 35 вес.ч. исходя из общего количества абсорбирующей жидкости. Остальной частью абсорбирующей жидкости является вторичный или третичный амин и другой подходящий растворитель, предпочтительно вода.

Примерами подходящих вторичных или третичных аминов являются аминовые соединения, полу-

ченные из этаноламина, более конкретно ДИПА (диизопропаноламин), ДЭА, ММЭА (монометилэтанолламин), МДЭА или ДЭМЭА (диэтилмоноэтанолламин), предпочтительно ДИПА или МДЭА, наиболее предпочтительно ДИПА.

Абсорбирующая жидкость может дополнительно содержать так называемое активирующее соединение. Подходящими активирующими соединениями являются пиперазин, метилэтанолламин или (2-аминоэтил)этанолламин, особенно пиперазин. Предпочтительная абсорбирующая жидкость содержит сульфолан, МДЭА и пиперазин.

Для данного способа в высшей степени предпочтительная абсорбирующая жидкость содержит: сульфолан, воду и ДИПА.

Абсорбирующая жидкость, как правило, содержит воду, предпочтительно в диапазоне от 15 до 45 вес.ч. воды, более предпочтительно от 15 до 40 вес.ч. воды.

На стадии (а) в промежуточной секции абсорбционной колонны понижают температуру абсорбирующей жидкости. Предпочтительно, температуру абсорбирующей жидкости понижают посредством отведения абсорбирующей жидкости из абсорбционной колонны, охлаждения отведенной абсорбирующей жидкости и подачи охлажденной абсорбирующей жидкости обратно в абсорбционную колонну.

Наиболее предпочтительно, охлажденную жидкость подают обратно в абсорбционную колонну на уровень ниже, чем уровень, с которого подлежащую охлаждению абсорбирующую жидкость отводят из абсорбционной колонны. Но её также могут подавать обратно на тот же уровень или на уровень выше, чем уровень, с которого подлежащую охлаждению абсорбирующую жидкость отводят из абсорбционной колонны.

В предпочтительном варианте реализации изобретения температуру абсорбирующей жидкости понижают посредством промежуточного охлаждения. Температура абсорбирующей жидкости может быть понижена посредством промежуточного охладителя. Промежуточный охладитель можно приобрести, например, у Black & Veatch. Пример абсорбционной колонны с промежуточным охлаждением представлен на чертеже.

На стадии (b) перед сбросом давления газ, полученный на стадии (а), предпочтительно охлаждают до температуры в интервале между -40 и -100°C, предпочтительно между -40 и -70°C, оптимально между -40 и -65°C. Предпочтительно, сброс давления на стадии (b) выполняют в одной или нескольких одноступенчатых испарительных емкостях. Стадию (b) могут выполнять с использованием простой каплеотбойной емкости. Подходящие испарительные емкости можно приобрести, например, у Linde Star LNG.

После стадии (b) нет необходимости использовать скрубберную колонну, дезаэризатор или деметанизатор, адсорбер или экстрактор.

Газ мгновенного испарения, полученный на стадии (b), может быть (частично) подвергнут сжижению.

В соответствии с настоящим изобретением газ мгновенного испарения, полученный на стадии (b), содержит менее чем 3 м.д. по объему ВТЕХ и поступает в блок сжижения, более конкретно, к одному или нескольким теплообменникам, содержащимся в блоке сжижения, без прохождения через какое-либо дополнительное удаляющее ВТЕХ оборудование и/или блок извлечения/разделения углеводородов (извлечения NGL), более конкретно, без прохождения через скрубберную колонну, дезаэризатор или деметанизатор, адсорбер и экстрактор.

Прохождение газа мгновенного испарения в блок сжижения, более конкретно, в один или несколько теплообменников, содержащихся в блоке сжижения, может включать прохождение газа мгновенного испарения через блок удаления воды и/или блок удаления ртути.

Блок сжижения может содержать теплообменник предварительного охлаждения и главный криогенный теплообменник. Теплообменник предварительного охлаждения и/или главный криогенный теплообменник, оба, могут быть образованы посредством одного или нескольких параллельных и/или последовательных теплообменных секций.

В блоке сжижения могут применять процесс СЗМР, в котором хладагентом, используемым для теплообменника предварительного охлаждения, главным образом, является пропан, а хладагентом, используемым для главного криогенного теплообменника, является смешанный хладагент. В блоке сжижения могут использовать процесс ДМР, в котором хладагентом, используемым для теплообменника предварительного охлаждения, является первый смешанный хладагент, а хладагентом, используемым для главного криогенного теплообменника, является второй смешанный хладагент.

Необязательно, часть газа мгновенного испарения, полученного на стадии (b), рециркулируют в абсорбционную колонну. В случае если часть газа мгновенного испарения рециркулируют на стадию (а), тогда поток сырьевого газа и газ мгновенного испарения смешивают с абсорбирующей жидкостью в абсорбционной колонне.

На чертеже изображен пример абсорбционной колонны с промежуточным охлаждением. Поток сырьевого газа поступает в абсорбционную колонну по линии 1. Газовый поток, обедненный углекислым газом, сероводородом и ароматическими соединениями, выбранными из группы: бензол, толуол, о-ксилол, м-ксилол и п-ксилол, выходит из абсорбционной колонны по линии 2. Этот газ подвергают стадии (b) и, необязательно, дополнительно сжижению.

Абсорбирующая жидкость, которая может быть регенерированной абсорбирующей жидкостью, поступает в абсорбционную колонну по линии 3. Что касается углекислого газа, сероводорода и ароматических соединений, выбранных из группы: бензол, толуол, о-ксилол, м-ксилол и п-ксилол, то абсорбирующая жидкость, поступающая по линии 3, их не содержит или обеднена ими.

Абсорбция углекислого газа является экзотермической, и температура абсорбирующей жидкости увеличивается одновременно с её протеканием вниз по колонне. Нагретая абсорбирующая жидкость находится в промежуточной секции абсорбционной колонны. Теплую абсорбирующую жидкость отводят из абсорбционной колонны по линии 5 и после охлаждения подают обратно в абсорбционную колонну по линии 6.

Примеры

Эксперименты в соответствии с настоящим изобретением выполняли с потоком сырьевого газа, содержащего природный газ, углекислый газ, сероводород и ароматические соединения, выбранные из группы: бензол, толуол, этилбензол, о-ксилол, м-ксилол и п-ксилол. Поток сырьевого газа контактировал в абсорбционной колонне с абсорбирующей жидкостью, содержащей сульфолан и вторичный или третичный амин.

В эксперименте 1 амином был МДЭА, а абсорбирующая жидкость содержала также пиперазин. Стадию (b) рассматриваемого способа не выполняли. В приведенной ниже таблице показано, что абсорбирующая жидкость, содержащая воду, сульфолан, МДЭА и пиперазин, приводит к очень хорошему удалению ВТХ.

В эксперименте 2 амином был ДИПА. Стадию (b) рассматриваемого способа не выполняли. В приведенной ниже таблице показано, что абсорбирующая жидкость, содержащая воду, сульфолан и ДИПА, приводит к превосходному удалению ВТХ.

В эксперименте 3 амином был ДИПА. Стадию (b) рассматриваемого способа выполняли. В приведенной ниже таблице показано, что абсорбирующая жидкость, содержащая воду, сульфолан и ДИПА приводит к даже лучшему удалению ВТХ, чем в эксперименте 2.

Эксперимент	Абсорбирующая жидкость	ВТХ (% моль на выходе / моль на входе)
1 (стадия а)	вода, сульфолан, МДЭА и пиперазин	40%
2 (стадия а)	вода, сульфолан и ДИПА	23%
3 (стадия а и b)	вода, сульфолан и ДИПА	16%

Для стадии (b) было исследовано влияние температуры охлаждения перед сбросом давления. С более глубоким охлаждением газа удаление ВТХ на стадии (b) возрастает.

Температура на входе в испарительную емкость (°C)	Удаленный ВТХ (%)
-60	80%
-51	73%
-45	59%
-40	43%
-30	7%

Специалисту в данной области техники будет не трудно понять, что многие модификации могут быть сделаны без отступления от сущности и объема настоящего изобретения. Например, здесь отмечено, что стадия (b) является необязательной стадией. Кроме того, следует понимать, что слова стадия или стадии, используемые в данном тексте, не обозначают конкретный порядок. Стадии могут применяться в любом подходящем порядке, в том числе одновременно.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ производства потока очищенного газа из потока сырьевого газа, содержащего природный газ, углекислый газ, сероводород и ароматические соединения, выбранные из группы: бензол, толуол, этилбензол, о-ксилол, м-ксилол и п-ксилол, включающий следующие стадии, на которых:

(а) поток сырьевого газа смешивают в абсорбционной колонне с абсорбирующей жидкостью, содержащей сульфолан и вторичный или третичный амин, и понижают температуру абсорбирующей жидкости в промежуточной секции абсорбционной колонны,

чтобы получить насыщенную абсорбирующую жидкость, содержащую углекислый газ, сероводород и ароматические соединения, выбранные из группы: бензол, толуол, о-ксилол, м-ксилол и п-ксилол, и газовый поток, обедненный этими соединениями;

(b) по меньшей мере часть газового потока, полученного на стадии (а), охлаждают до по меньшей мере -40°C и сбрасывают давление, чтобы получить жидкость, содержащую ароматические соединения, выбранные из группы: бензол, толуол, этилбензол, о-ксилол, м-ксилол и п-ксилол, и газ мгновенного испарения, обедненный этими соединениями, содержащий менее чем 3 м.д. по объему бензола, толуола, этилбензола и ксилолов (ВТЕХ), и затем указанный газ мгновенного испарения подают в блок сжижения без прохождения через какое-либо дополнительное удаляющее ВТЕХ оборудование и/или блок извлече-

ния/разделения углеводородов/извлечения жидких фракций природного газа (NGL).

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что уровень, на котором в абсорбционную колонну поступает абсорбирующая жидкость, и уровень, на котором в абсорбционную колонну поступает поток сырьевого газа, отделены высотой H , и температуру абсорбирующей жидкости понижают на уровне ниже чем $0,1 H$ от уровня, на котором в абсорбционную колонну поступает абсорбирующая жидкость, и выше чем $0,1 H$ от уровня, на котором в абсорбционную колонну поступает поток сырьевого газа, предпочтительно, температуру абсорбирующей жидкости понижают на уровне ниже чем $0,2 H$ от уровня, на котором в абсорбционную колонну поступает абсорбирующая жидкость, и выше чем $0,2 H$ от уровня, на котором в абсорбционную колонну поступает поток сырьевого газа, более предпочтительно, температуру абсорбирующей жидкости понижают на уровне ниже чем $0,3 H$ от уровня, на котором в абсорбционную колонну поступает абсорбирующая жидкость, и выше чем $0,3 H$ от уровня, на котором в абсорбционную колонну поступает поток сырьевого газа.

3. Способ по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что температуру абсорбирующей жидкости понижают посредством отведения абсорбирующей жидкости из абсорбционной колонны, охлаждения отведенной абсорбирующей жидкости и подачи охлажденной абсорбирующей жидкости обратно в абсорбционную колонну.

4. Способ по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что температуру абсорбирующей жидкости понижают посредством промежуточного охлаждения.

5. Способ по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что поток сырьевого газа дополнительно содержит углеводороды с более чем 5 атомами углерода и насыщенная абсорбирующая жидкость, полученная на стадии (а), дополнительно содержит углеводороды с более чем 5 атомами углерода.

6. Способ по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что выполняют стадию (b) и при этом поток сырьевого газа дополнительно содержит углеводороды с более чем 5 атомами углерода, и насыщенная абсорбирующая жидкость, полученная на стадии (а), дополнительно содержит углеводороды с более чем 5 атомами углерода, и жидкость, полученная на стадии (b), дополнительно содержит углеводороды с более чем 5 атомами углерода.

7. Способ по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что перед сбросом давления на стадии (b) по меньшей мере часть газового потока, полученного на стадии (а), охлаждают до температуры в интервале между -40 и -100°C , предпочтительно между -40 и -70°C , оптимально между -40 и -65°C .

8. Способ по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что сброс давления на стадии (b) выполняют в одной или нескольких одноступенчатых испарительных емкостях.

9. Способ по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что на стадии (b) не используют скрубберную колонну, дезтанизатор или деметанизатор, адсорбер или экстрактор.

10. Способ по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что газ мгновенного испарения, полученный на стадии (b), подвергают сжижению, и, необязательно, часть газа выветривания, полученного на стадии (b), направляют на стадию (а).

11. Способ по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что газ мгновенного испарения, полученный на стадии (b), поступает в блок сжижения без прохождения через скрубберную колонну, дезтанизатор или деметанизатор, адсорбер и экстрактор.

