

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202092427** (13) **A1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2021.02.02

(51) Int. Cl. *C12M 1/00* (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2019.04.02

(54) ИНТЕРМИТТЕНТНЫЕ ЭЛЕКТРОЛИЗНЫЕ ПОТОКИ

(31) 62/660,298

(32) 2018.04.20

(33) US

(86) PCT/US2019/025373

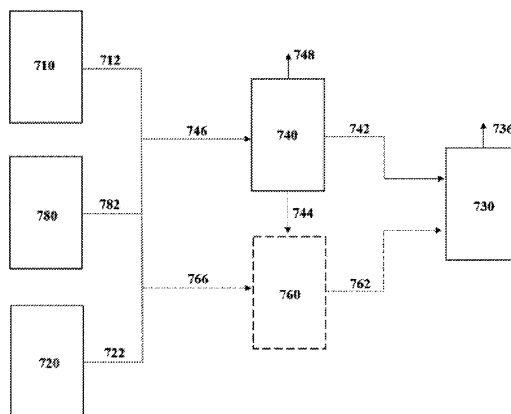
(87) WO 2019/204029 2019.10.24

(71) Заявитель:
ЛАНЦАТЕК, ИНК. (US)

(72) Изобретатель:
Конрадо Роберт, Симпсон Шон,
Михалцеа Кристоф (US)

(74) Представитель:
Хмара М.В. (RU)

(57) Изобретение предлагает способы, с помощью которых повышается экономичность процесса ферментации газа. Изобретение предлагает интеграцию процесса ферментации с промышленным процессом и процессом электролизера. Изобретение предлагает прерывистую подачу исходного сырья электролизера из процесса электролизера в биореактор для ферментации. Исходное сырье электролизера может замещать по меньшей мере часть исходного сырья C1 из промышленного процесса. Исходное сырье электролизера может дополнять исходное сырье C1 из промышленного процесса. Будет ли исходное сырье электролизера дополнять или замещать исходное сырье C1 исходным сырьем электролизера зависит от стоимости за единицу исходного сырья C1, стоимости за единицу исходного сырья электролизера и стоимости за единицу продукта ферментации.



202092427
A1

202092427

A1

ИНТЕРМИТТЕНТНЫЕ ЭЛЕКТРОЛИЗНЫЕ ПОТОКИ

ПЕРЕКРЕСТНАЯ ССЫЛКА НА РОДСТВЕННУЮ ЗАЯВКУ

0001 Заявка испрашивает приоритет по предварительной заявке США № 62/660298, поданной 20 апреля 2018 года, содержание которой включено в настоящий документ посредством ссылки.

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

0002 Изобретение относится к процессам и способам повышения экономичности процесса ферментации газа. В частности, изобретение относится к комбинации процесса ферментации с промышленным процессом и процессом электролизера, где исходное сырье электролизера из процесса электролизера периодически передают в биореактор для ферментации.

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

0003 На долю диоксида углерода (CO_2) приходится около 76% глобальных выбросов парниковых газов, обусловленных деятельностью человека, остаток составляет метан (16%), закись азота (6%) и фторированные газы (2%) (по данным Управления по охране окружающей среды США). Сокращение выбросов парниковых газов, в частности CO_2 , имеет решающее значение для прекращения развития процесса глобального потепления и сопутствующих изменений климата и погоды.

0004 Давно известно, что каталитические процессы, такие как процесс Фишера-Тропша, можно использовать для конверсии газов, содержащих диоксид углерода (CO_2), монооксид углерода (CO) и/или водород (H_2), в различные виды топлива и химических веществ. Однако, в последнее время ферментация газа стала альтернативной платформой для биологической фиксации таких газов. В частности, было продемонстрировано, что C1-фиксирующие микроорганизмы преобразуют газы, содержащие CO_2 , CO , CH_4 и/или H_2 , в такие продукты, как этанол и 2,3-бутандиол.

0005 Такие газы могут быть получены, например, из промышленных процессов, включая газ из ферментации углеводов, газ от производства цемента, целлюлозы и бумаги, производства стали, переработки нефти и связанных процессов, производства нефтехимических продуктов, производства кокса, анаэробного или аэробного сбраживания, синтез-газ (полученный из источников, включая, но не ограничиваясь ими, биомассу, потоки жидких отходов, потоки твердых отходов, муниципальные потоки, ископаемые ресурсы, включая природный газ, уголь и нефть), от добычи природного газа, добычи нефти, металлургических процессов для производства и/или очистки алюминия, меди и/или ферросплавов, геологических коллекторов и каталитических процессов (полученных из

источников пара, включая, но не ограничиваясь ими, паровую конверсию метана, паровую конверсию нефти, газификацию нефтяного кокса, регенерацию катализатора - крекинг жидкого катализатора, регенерацию катализатора - риформинг нефти, и сухой риформинг метана).

0006 В определенных промышленных процессах подача газа может быть недостаточной для процесса ферментации. Когда подача газа становится недостаточной для процесса ферментации, производительность процесса ферментации оказывается ниже оптимальной, что приводит к меньшему количеству произведенных продуктов по сравнению с тем количеством, которое мог бы произвести процесс ферментации в ином случае.

0007 Кроме того, на постоянно меняющемся рынке стоимость продуктов, получаемых в процессе ферментации газа, варьируется. Когда стоимость продуктов, полученных в результате ферментации газа, высока по сравнению со стоимостью производства таких продуктов, выгодно увеличивать производительность процесса ферментации.

0008 Путем увеличения производительности процесса ферментации в моменты, когда рыночная стоимость таких продуктов высока по сравнению со стоимостью производства таких продуктов, можно оптимизировать экономичность процесса ферментации.

0009 Соответственно, существует потребность в улучшенной интеграции процессов ферментации с промышленными процессами, где проблемы, связанные с подачей сырья, сокращаются, и процесс ферментации может быть осуществлен на максимальных уровнях в те моменты, когда такое производство является экономически оптимальным.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

0010 Изобретение обеспечивает способ повышения производительности и/или экономичности процесса ферментации, при этом процесс ферментации включает биореактор, содержащий бактериальную культуру в жидкой питательной среде, отличающийся тем, что способ включает подачу исходного сырья С1, содержащего один или оба СО и СО₂, из промышленного процесса в биореактор, причем исходное сырье С1 имеет стоимость за единицу, периодическую подачу исходного сырья электролизера, содержащего один или оба СО и Н₂, из процесса электролизера в биореактор, причем исходное сырье электролизера имеет стоимость за единицу, и ферментацию культуры для получения одного или нескольких продуктов ферментации, причем каждый из одного или нескольких продуктов ферментации имеет стоимость за единицу. В некоторых случаях используют несколько процессов электролизера для подачи одного или обоих СО и Н₂ в биореактор.

0011 В некоторых случаях исходное сырье С1 получают, например, из промышленных процессов, выбранных из группы, включающей: газ из ферментации углеводов, газ от

производства цемента, целлюлозы и бумаги, производства стали, переработки нефти и связанных процессов, производства нефтехимических продуктов, производства кокса, анаэробного или аэробного сбраживания, синтез-газ (полученный из источников, включая, но не ограничиваясь ими, биомассу, потоки жидких отходов, потоки твердых отходов, муниципальные потоки, ископаемые ресурсы, включая природный газ, уголь и нефть), от добычи природного газа, добычи нефти, металлургических процессов для производства и/или очистки алюминия, меди и/или ферросплавов, геологических коллекторов и каталитических процессов (полученных из источников пара, включая, но не ограничиваясь ими, паровую конверсию метана, паровую конверсию нефти, газификацию нефтяного кокса, регенерацию катализатора - крекинг жидкого катализатора, регенерацию катализатора - риформинг нефти, и сухой риформинг метана). В некоторых случаях исходное сырье C1 получают из комбинации двух или более источников. В некоторых случаях исходное сырье C1 может дополнительно содержать H_2 .

0012 В некоторых случаях исходное сырье электролизера содержит CO. Исходное сырье электролизера, содержащее CO, получают электролизом CO_2 -содержащего газообразного субстрата. CO_2 -содержащий газообразный субстрат может быть получен из любого газового потока, содержащего CO_2 . В конкретных случаях такой газовый поток, содержащий CO_2 , получают по меньшей мере частично из группы, включающей: газ из ферментации углеводов, газ от производства цемента, целлюлозы и бумаги, производства стали, переработки нефти и связанных процессов, производства нефтехимических продуктов, производства кокса, анаэробного или аэробного сбраживания, синтез-газ (полученный из источников, включая, но не ограничиваясь ими, биомассу, потоки жидких отходов, потоки твердых отходов, муниципальные потоки, ископаемые ресурсы, включая природный газ, уголь и нефть), от добычи природного газа, добычи нефти, металлургических процессов для производства и/или очистки алюминия, меди и/или ферросплавов, геологических коллекторов и каталитических процессов (полученных из источников пара, включая, но не ограничиваясь ими, паровую конверсию метана, паровую конверсию нефти, газификацию нефтяного кокса, регенерацию катализатора - крекинг жидкого катализатора, регенерацию катализатора - риформинг нефти, и сухой риформинг метана). В конкретных случаях CO_2 -содержащий газообразный субстрат получают из комбинации двух или более источников.

0013 В некоторых случаях исходное сырье электролизера содержит H_2 . Исходное сырье электролизера, содержащее H_2 , получают в результате электролиза воды (H_2O). Эта вода может быть получена из многочисленных источников. В различных случаях вода может быть получена из промышленного процесса и/или процесса ферментации. В различных случаях

вода может быть получена в процессе очистки сточных вод. В конкретных случаях воду получают из комбинации двух или более источников.

0014 В конкретных случаях изобретение повышает экономичность процесса ферментации путем замещения, по меньшей мере, части исходного сырья С1 из промышленного процесса исходным сырьем электролизера из процесса электролизера. В различных случаях, когда исходное сырье электролизера содержит H_2 , это исходное сырье замещает, по меньшей мере, часть исходного сырья С1 из промышленного процесса для регулирования молярного соотношения $H_2:CO:CO_2$ исходного сырья, подаваемого в процесс ферментации. В некоторых случаях исходное сырье электролизера, содержащее H_2 , увеличивает молярное соотношение H_2 в исходном сырье, подаваемом в процесс ферментации.

0015 Замещение исходного сырья С1 из промышленного процесса исходным сырьем электролизера из процесса электролизера может быть выполнено, по меньшей мере, частично в зависимости от стоимости за единицу исходного сырья С1 и стоимости за единицу исходного сырья электролизера. В некоторых случаях исходное сырье электролизера замещает, по меньшей мере, часть исходного сырья С1, когда стоимость за единицу исходного сырья электролизера меньше, чем стоимость за единицу исходного сырья С1.

0016 В конкретных случаях изобретение повышает экономичность процесса ферментации путем добавления к, по меньшей мере, части исходного сырья С1 из промышленного процесса исходного сырья электролизера из процесса электролизера. Добавление к исходному сырью С1 исходного сырья электролизера может быть осуществлено, по меньшей мере, частично, когда подача исходного сырья С1 недостаточна для процесса ферментации.

0017 В некоторых случаях исходное сырье электролизера дополняет, по меньшей мере, часть исходного сырья С1 в зависимости от стоимости за единицу исходного сырья электролизера и стоимости за единицу продукта ферментации.

0018 В некоторых случаях исходное сырье электролизера дополняет, по меньшей мере, часть исходного сырья С1 в зависимости от стоимости за единицу исходного сырья С1, стоимости за единицу исходного сырья электролизера и стоимости за единицу продукта ферментации.

0019 В некоторых случаях исходное сырье электролизера дополняет исходное сырье С1, когда стоимость за единицу исходного сырья электролизера меньше, чем стоимость за единицу продукта ферментации. Стоимость за единицу исходного сырья электролизера

может быть меньше, чем стоимость за единицу продукта ферментации, когда стоимость электроэнергии снижается. В некоторых случаях стоимость электроэнергии снижается за счет электроэнергии, получаемой из возобновляемого источника энергии. В некоторых случаях возобновляемый источник энергии выбирают из группы, состоящей из солнечной энергии, гидроэнергии, ветровой энергии, геотермальной энергии, энергии биомассы и ядерной энергии.

0020 Добавление к исходному сырью C1, содержащему CO₂, исходного сырья электролизера, содержащего H₂, может привести к ряду преимуществ, включая, но не ограничиваясь этим, увеличение содержания CO₂, зафиксированного в одном или нескольких продуктах ферментации. Поэтому в различных случаях исходное сырье электролизера, содержащее H₂, дополняют исходным сырьем C1, содержащим CO₂, чтобы увеличить содержание CO₂, зафиксированное в одном или нескольких продуктах ферментации.

0021 В конкретных случаях исходное сырье C1 содержит доли различных компонентов, подлежащих удалению. В этих случаях исходное сырье C1 обрабатывают для удаления одного или нескольких компонентов перед подачей сырья C1 в биореактор. Компоненты, удаленные из исходного сырья C1, могут быть выбраны из группы, включающей: соединения серы, ароматические соединения, алкины, алкены, алканы, олефины, соединения азота, фосфорсодержащие соединения, твердые частицы, твердые вещества, кислород, оксигенаты, галогенированные соединения, кремнийсодержащие соединения, карбонилы, металлы, спирты, сложные эфиры, кетоны, пероксиды, альдегиды, простые эфиры и смолы.

0022 В конкретных случаях исходное сырье электролизера содержит доли различных компонентов, требующих удаления. В этих случаях исходное сырье электролизера обрабатывают для удаления одного или нескольких компонентов перед подачей сырья электролизера в биореактор. Компоненты, удаленные из исходного сырья электролизера, могут быть выбраны из группы, включающей: соединения серы, ароматические соединения, алкины, алкены, алканы, олефины, соединения азота, фосфорсодержащие соединения, твердые частицы, твердые вещества, кислород, оксигенаты, галогенированные соединения, кремнийсодержащие соединения, карбонилы, металлы, спирты, сложные эфиры, кетоны, пероксиды, альдегиды, простые эфиры и смолы. В конкретных случаях, по меньшей мере, один компонент, удаленный из исходного сырья электролизера, содержит кислород. По меньшей мере, один из удаленных компонентов может быть получен, введен и/или концентрирован в процессе электролизера. Так, например, кислород может быть получен, введен и/или концентрирован путем электролиза диоксида углерода. В различных случаях кислород является побочным продуктом процесса электролизера. В конкретных вариантах

реализации изобретения кислород получают и/или концентрируют в процессе электролизера.

0023 Кислород является ингибитором микробов для многих бактериальных культур. Таким образом, кислород может препятствовать последующему процессу ферментации. Для подачи потока неингибирующего газа в биореактор, где он может быть подвергнут ферментации, может потребоваться удаление, по меньшей мере, части кислорода или другого компонента из исходного сырья электролизера одним или несколькими модулями удаления.

0024 В некоторых случаях исходное сырье C1 подают в процесс ферментации под давлением. В этих случаях исходное сырье C1 из промышленного процесса подают в один или несколько модулей давления перед подачей в биореактор для ферментации.

0025 В некоторых случаях исходное сырье электролизера подают в процесс ферментации под давлением. В этих случаях исходное сырье электролизера из процесса электролизера подают в один или несколько модулей давления перед подачей в биореактор для ферментации.

0026 Кроме того, процесс электролизера может быть осуществлен под давлением. При осуществлении процесса под давлением материал, подвергаемый электролизу, находится под давлением перед подачей в процесс электролизера. В некоторых случаях материал, подвергаемый электролизу, представляет собой CO₂-содержащий поток газа. В случаях, когда CO₂-содержащий поток газа перед электролизом находится под давлением, CO₂-содержащий поток газа может быть подан в модуль давления перед подачей в модуль электролиза.

0027 По меньшей мере, в одном варианте реализации изобретения способ снижает связанные с этим затраты на производство различных продуктов ферментации. По меньшей мере, один или несколько продуктов ферментации могут быть выбраны из группы, включающей этанол, ацетат, бутират, 2,3-бутандиол, лактат, бутен, бутадиен, кетоны, метилэтилкетон, этилен, ацетон, изопропанол, липиды, 3-гидроксипропионат, изопрен, жирные кислоты, 2-бутанол, 1,2-пропандиол, 1-пропанол и C6-C12-спирты. По меньшей мере, один из продуктов ферментации может быть дополнительно преобразован, по меньшей мере, в один компонент дизельного топлива, топлива для реактивных двигателей и/или бензина.

0028 По меньшей мере, один или несколько продуктов ферментации могут представлять собой биомассу, продуцируемую культурой. По меньшей мере, часть микробной биомассы

может быть преобразована в белок одноклеточных (SCP). По меньшей мере, часть белка одноклеточных может быть использована в качестве компонента корма для животных.

0029 По меньшей мере, в одном варианте реализации изобретения процесс электролизера снабжается энергией, по меньшей мере, частично от возобновляемого источника энергии. В некоторых случаях возобновляемый источник энергии выбирают из группы, состоящей из солнечной энергии, гидроэнергии, ветровой энергии, геотермальной энергии, энергии биомассы и ядерной энергии.

0030 В некоторых вариантах реализации изобретения промышленный процесс может дополнительно производить постферментационный газообразный субстрат. В различных случаях этот постферментационный газообразный субстрат содержит, по меньшей мере, долю CO_2 . В конкретных вариантах реализации изобретения постферментационный газообразный субстрат подают в процесс электролизера.

0031 В конкретных случаях постферментационный газообразный субстрат содержит доли различных компонентов, требующих удаления. В этих случаях постферментационный газообразный субстрат обрабатывают для удаления одного или нескольких компонентов перед подачей постферментационного газообразного субстрата в процесс электролизера. Компоненты, удаленные из постферментационного газообразного субстрата, могут быть выбраны из группы, включающей: соединения серы, ароматические соединения, алкины, алкены, алканы, олефины, соединения азота, фосфорсодержащие соединения, твердые частицы, твердые вещества, кислород, оксигенаты, галогенированные соединения, кремнийсодержащие соединения, карбонилы, металлы, спирты, сложные эфиры, кетоны, пероксиды, альдегиды, простые эфиры и смолы.

0032 В конкретных случаях, по меньшей мере, один компонент, удаленный из постферментационного газообразного субстрата, содержит серу. По меньшей мере, один из этих удаленных компонентов может быть получен, введен и/или концентрирован в процессе ферментации. Так, например, сера в форме сероводорода (H_2S) может быть получена, введена и/или концентрирована в процессе ферментации. В конкретных вариантах реализации изобретения сероводород вводят в процесс ферментации. В различных вариантах реализации изобретения постферментационный газообразный субстрат содержит, по меньшей мере, долю сероводорода. Сероводород может быть ингибитором катализатора. Таким образом, сероводород может препятствовать работе определенных электролизеров. Для подачи неингибирующего постферментационного газообразного субстрата в электролизер может потребоваться удаление, по меньшей мере, части сероводорода или другого компонента, присутствующего в постферментационном газообразном субстрате, с помощью одного или нескольких модулей удаления.

0033 В различных вариантах реализации изобретения компонент, удаляемый из постферментационного газообразного субстрата, промышленного исходного сырья и/или исходного сырья электролизера, представляет собой микробный ингибитор и/или ингибитор катализатора.

0034 По меньшей мере, один модуль удаления может быть выбран из группы, включающей: модуль гидролиза, модуль удаления кислого газа, модуль дезоксигенирования, модуль каталитического гидрирования, модуль удаления частиц, модуль удаления хлорида, модуль удаления смолы и модуль удаления цианида водорода.

0035 В некоторых случаях процесс электролизера может производить поток, обогащенный монооксидом углерода, и поток, обогащенный кислородом. В различных случаях, по меньшей мере, часть отделенного потока, обогащенного монооксидом углерода, может быть подан в биореактор для ферментации. В некоторых случаях поток, обогащенный кислородом, может быть подан в промышленный процесс для дополнительного улучшения производительности и/или экономичность промышленного процесса.

0036 В различных вариантах реализации изобретения, где исходное сырье электролизера содержит H_2 , H_2 может улучшать состав ферментационного субстрата. Водород обеспечивает энергию, необходимую микроорганизму для преобразования углеродсодержащих газов в полезные продукты. Когда обеспечиваются оптимальные концентрации водорода, микробная культура может производить желаемые продукты ферментации, например, этанол без сопутствующего производства диоксида углерода.

0037 Предпочтительно бактериальная культура в биореакторе содержит карбоксидотрофную бактерию. Карбоксидотрофная бактерия может быть выбрана из группы, включающей *Moorella*, *Clostridium*, *Ruminococcus*, *Acetobacterium*, *Eubacterium*, *Butyribacterium*, *Oxobacter*, *Methanosarcina*, и *Desulfotomaculum*. Предпочтительно карбоксидотрофная бактерия представляет собой *Clostridium autoethanogenum*.

0038 В одном или нескольких вариантах реализации изобретение (i) снижает затраты, связанные с получением одного или нескольких продуктов ферментации, и/или (ii) увеличивает общее количество углерода, превращенного в продукт, по сравнению с процессом без электролизера.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ФИГУР

0039 На Фиг. 1 представлена блок-схема, изображающая интеграцию промышленного процесса и процесса электролизера с процессом ферментации.

0040 На Фиг. 2 представлена блок-схема, изображающая интеграцию промышленного процесса и процесса электролизера с процессом ферментации, дополнительно включающая модуль удаления для обработки исходного сырья С1, в соответствии с одним аспектом изобретения.

0041 На Фиг. 3 представлена блок-схема, изображающая интеграцию промышленного процесса и процесса электролизера с процессом ферментации, дополнительно включающая модуль удаления для обработки исходного сырья электролизера, в соответствии с одним аспектом изобретения.

0042 На Фиг. 4 представлена блок-схема, изображающая интеграцию дополнительного модуля давления для повышения давления исходного сырья электролизера и дополнительного модуля давления для повышения давления исходного сырья С1, в соответствии с одним аспектом изобретения.

0043 На Фиг. 5 представлена блок-схема, изображающая интеграцию процесса электролизера и процесса ферментации, где постферментационный газообразный субстрат подают из процесса ферментации в процесс электролизера, в соответствии с одним аспектом изобретения.

0044 На Фиг. 6 представлена блок-схема, изображающая интеграцию модуля удаления для обработки постферментационного газообразного субстрата, в соответствии с одним аспектом изобретения.

0045 На Фиг. 7 представлена блок-схема, изображающая смешивание одного или нескольких потоков из одного или нескольких процессов электролизера и/или промышленного процесса, в соответствии с одним аспектом изобретения.

0046 На Фиг. 8 представлен график, показывающий цены на электроэнергию в Бельгии за период в 19 дней, где одна точка на графике представляет среднее значение за четыре минуты.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

0047 Авторы изобретения определили, что интеграция процесса ферментации газа с промышленным процессом и процессом электролизера, при которой процесс электролизера периодически предоставляет исходное сырье электролизера, способна существенно улучшить производительность и/или экономичность процесса ферментации.

Определения

0048 Если не указано иное, следующие термины, используемые в данном описании, имеют приведенные ниже значения:

0049 Термин «исходное сырье электролизера» может включать любой субстрат, выходящий из электролизера. В различных случаях исходное сырье электролизера состоит из CO, H₂ или их комбинаций. В некоторых случаях исходное сырье электролизера может содержать доли непревращенного CO₂. Предпочтительно исходное сырье электролизера подают из процесса электролизера в процесс ферментации.

0050 Термин «исходное сырье C1» может включать любой субстрат, выходящий из промышленного процесса. В различных случаях сырье C1 состоит из CO, H₂, CO₂ или их комбинаций. Предпочтительно исходное сырье C1 подают из промышленного процесса в процесс ферментации.

0051 Термины «улучшение экономичности», «оптимизация экономичности» и тому подобное, когда они используются в связи с процессом ферментации, включают, но не ограничиваются этим, увеличение количества одного или нескольких продуктов, полученных в результате осуществления процесса ферментации в течение периодов времени, когда стоимость произведенных продуктов высока по сравнению со стоимостью производства таких продуктов. Экономичность процесса ферментации может быть улучшена путем увеличения подачи сырья в биореактор, что может быть достигнуто, например, путем добавления к исходному сырью C1 из промышленного процесса исходного сырья электролизера из процесса электролизера. Дополнительная подача исходного сырья может привести к повышению эффективности процесса ферментации. Другим средством повышения экономичности процесса ферментации является выбор исходного сырья на основе относительной стоимости доступного сырья. Так, например, когда стоимость исходного сырья C1 из промышленного процесса выше стоимости исходного сырья электролизера из процесса электролизера, исходное сырье электролизера может быть использовано для замещения, по меньшей мере, части исходного сырья C1. При выборе исходного сырья на основе стоимости такого сырья стоимость производства получаемого продукта ферментации снижается.

0052 Процесс электролизера может обеспечить подачу исходного сырья, содержащего один или оба компонента H₂ и CO. «Стоимость за единицу исходного сырья электролизера» может быть выражена в пересчете на любой данный продукт, полученный в процессе ферментации, и любое исходное сырье электролизера, например, для производства этанола с исходным сырьем электролизера, определяемым как H₂, стоимость за единицу исходного сырья электролизера определяется следующим уравнением:

$$\left(\frac{\$ z}{MB\ m} \right) \times \left(\frac{1MBm}{3,6\ ГДж\ \text{электроэнергия}} \right) \times \left(x \frac{ГДж\ \text{электроэнергия}}{ГДж\ H_2} \right) \times \left(y \frac{ГДж\ H_2}{ГДж\ \text{этанол}} \right)$$

где z представляет собой стоимость электроэнергии, x представляет собой эффективность электролиза, а y представляет собой выход этанола.

0053 Для производства этанола с исходным сырьем электролизера, определяемым как CO , стоимость за единицу исходного сырья электролизера определяется следующим уравнением:

$$\left(\frac{\$ z}{MB\ m} \right) \times \left(\frac{1MBm}{3,6\ ГДж\ \text{электроэнергия}} \right) \times \left(x \frac{ГДж\ \text{электроэнергия}}{ГДж\ CO} \right) \times \left(y \frac{ГДж\ CO}{ГДж\ \text{этанол}} \right)$$

где z представляет собой стоимость электроэнергии, x представляет собой эффективность электролиза, а y представляет собой выход этанола.

0054 В дополнение к стоимости исходного сырья процесс ферментации включает в себя «производственные затраты». «Производственные затраты» не включают стоимость исходного сырья. «Производственные затраты», «предельные издержки производства» и тому подобное включают переменные эксплуатационные затраты, связанные с осуществлением процесса ферментации. Это значение может зависеть от производимого продукта. Предельные издержки производства могут быть представлены фиксированной стоимостью за единицу продукции, которая может быть представлена в виде теплотворной способности продукта. Так, например, расчет предельных издержек производства этанола определяется следующим уравнением:

$$\left(\frac{\$ c}{\text{метрическая тонна}} \right) \times \left(\frac{1\ \text{метрическая тонна}}{26,8\ ГДж\ \text{этанол}} \right)$$

где c представляет собой переменные эксплуатационные расходы, связанные с эксплуатацией биореактора, а $26,8\ ГДж$ представляет собой более низкую теплотворную способность сгорания этанола. В некоторых случаях переменные эксплуатационные расходы c , связанные с эксплуатацией биореактора, составляют 200 долларов США для этанола, исключая стоимость $H_2/CO/CO_2$.

0055 В процессе ферментации можно получить ряд продуктов. Каждый продукт имеет различную стоимость. «Стоимость продукта» может быть определена на основе текущей рыночной цены продукта и теплотворной способности продукта. Так, например, расчет стоимости этанола определяется следующим уравнением:

$$\left(\frac{\$ z}{\text{метрическ ая тонна}} \right) \times \left(\frac{1 \text{ метрическа я тонна}}{26,8 \text{ ГДж этанол}} \right)$$

где z представляет собой текущую стоимость этанола на метрическую тонну, а 26,8 ГДж представляет собой более низкую теплотворную способность сгорания этанола.

0056 Для оптимизации экономичности процесса ферментации стоимость произведенного продукта должна превышать «стоимость производства» такого продукта. Стоимость производства продукта определяется как сумма «стоимости исходного сырья» и «предельных издержек производства». Экономичность процесса ферментации может быть выражена через отношение, определяемое стоимостью произведенного продукта по сравнению со стоимостью производства такого продукта. Экономичность процесса ферментации улучшается по мере того, как увеличивается отношение стоимости продукта к стоимости производства такого продукта. Экономичность процесса ферментации может зависеть от стоимости произведенного продукта, которая может меняться в зависимости, по меньшей мере, частично от внедренного процесса ферментации, включая, но не ограничиваясь ими, бактериальную культуру и/или композицию газа, используемые в процессе ферментации. Когда этанол является продуктом, полученным в процессе ферментации, экономичность может определяться следующим уравнением:

$$\left(\frac{\$ z}{\text{ГДж этанол}} \right) : \left(\frac{\$ x}{\text{ГДж сырье}} \right) + \left(\frac{\$ y}{\text{ГДж сырье}} \right)$$

где z представляет собой стоимость этанола, x представляет собой стоимость исходного сырья, а y представляет собой предельные издержки производства (исключая исходное сырье).

0057 Термины «повышение эффективности», «повышенная эффективность» и тому подобное, когда они используются в отношении процесса ферментации, включают, но не ограничиваются ими, увеличение одной или нескольких скоростей роста микроорганизмов, катализирующих ферментацию, рост и/или скорость производства продукта при повышенных концентрациях продукта, объем желаемого продукта, произведенного на объем потребляемого субстрата, скорость производства или уровень производства желаемого продукта и относительное содержание желаемого продукта, произведенного по сравнению с другими побочными продуктами ферментации. В некоторых случаях исходное сырье электролизера повышает эффективность процесса ферментации.

0058 Термин «недостаточный» и тому подобное, когда он используется в отношении подачи исходного сырья для процесса ферментации, включает, но не ограничивается ими,

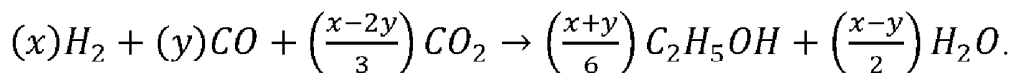
более низкие по сравнению с оптимальными количества, в результате чего в ходе процесса ферментации получают меньшее количество продукта ферментации по сравнению с процессом ферментации, в котором бы использовались большие количества исходного сырья. Так, например, подача сырья может стать недостаточной в тех случаях, когда промышленный процесс не обеспечивает достаточное количество исходного сырья C1 для надлежащего обеспечения процесса ферментации. Предпочтительно, процесс ферментации обеспечивают оптимальными количествами исходного сырья, так что количество продукта ферментации не ограничивается подачей исходного сырья.

0059 «C1-содержащий газообразный субстрат» может включать любой газ, который содержит один или оба компонента: диоксид углерода и монооксид углерода. Газообразный субстрат обычно содержит значительную долю CO₂, предпочтительно, по меньшей мере, от около 5 об.% до около 100 об.% CO₂. Кроме того, C1-содержащий газообразный субстрат может содержать один или несколько элементов, выбранных из кислорода (O₂), азота (N₂) и/или метана (CH₄).

0060 Несмотря на то, что субстрат необязательно содержит водород, наличие H₂ не должно оказывать неблагоприятное воздействие на образование продукта в соответствии со способами настоящего изобретения. В конкретных вариантах реализации изобретения наличие водорода приводит к улучшению общей эффективности производства спирта. В одном варианте реализации изобретения субстрат содержит около 30 об.% H₂ или менее, около 20 об.% H₂ или менее, около 15 об.% H₂ или менее или около 10 об.% H₂ или менее. В других вариантах реализации изобретения газовый поток содержит низкие концентрации H₂, например, менее 5 об.%, или менее 4 об.%, или менее 3 об.%, или менее 2 об.%, или менее 1 об.%, или практически не содержит водорода.

0061 Субстрат также может содержать некоторое количество CO, например, от около 1 об.% до около 80 об.% CO или от 1 об.% до около 30 об.% CO. В одном варианте реализации изобретения субстрат содержит менее или ровно около 20 об.% CO. В конкретных вариантах реализации изобретения содержание CO в субстрате составляет меньше или равно около 15 об.%, меньше или равно около 10 об.%, меньше или равно около 5 об.% или субстрат практически не содержит CO.

0062 Состав субстрата может быть улучшен для получения желаемого или оптимального молярного соотношения H₂:CO:CO₂. Желаемое молярное соотношение H₂:CO:CO₂ зависит от желаемого продукта ферментации в процессе ферментации. Для этанола оптимальное соотношение H₂:CO:CO₂ представляет собой: $(x):(y):\left(\frac{x-2y}{3}\right)$, где $x > 2y$, с целью соответствия стехиометрии получения этанола

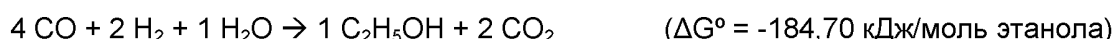
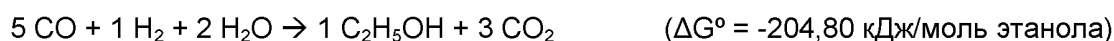


0063 Осуществление процесса ферментации в присутствии водорода имеет дополнительное преимущество, заключающееся в уменьшении количества CO_2 , получаемого в процессе ферментации. Так, например, газообразный субстрат, содержащий минимальное количество H_2 , обычно будет производить этанол и CO_2 в соответствии со следующей молярной стехиометрией: $[6 CO + 3 H_2O \rightarrow C_2H_5OH + 4 CO_2]$. По мере увеличения количества водорода, используемого C1-фиксирующими бактериями, количество получаемого CO_2 уменьшается, [т.е. $2 CO + 4 H_2 \rightarrow C_2H_5OH + H_2O$].

0064 Когда CO является единственным источником углерода и энергии для производства этанола, часть углерода теряется на образование CO_2 согласно уравнению:



0065 При увеличении количества H_2 , доступного в субстрате, количество образующегося CO_2 уменьшается. При молярном стехиометрическом соотношении 1:2 (CO/H_2) образование CO_2 полностью исключается.



0066 «Газовый поток» относится к любому потоку субстрата, который можно подавать, например, из одного модуля в другой, из одного модуля в биореактор, из одного процесса в другой и/или из одного модуля в устройство улавливания углерода.

0067 «Реагенты» в данном документе относятся к веществу, которое принимает участие и подвергается изменению во время химической реакции. В конкретных вариантах реализации изобретения реагенты включают, но не ограничиваются ими, CO и/или H_2 .

0068 «Ингибиторы микроорганизмов» в данном документе относятся к одному или нескольким компонентам, которые замедляют или препятствуют конкретной химической реакции или иному процессу с участием микроорганизмов. В конкретных вариантах реализации изобретения ингибиторы микроорганизмов включают, но не ограничиваются ими, кислород (O_2), цианистый водород (HCN), ацетилен (C_2H_2) и БТЭК (бензол, толуол, этилбензол, ксилол).

0069 «Ингибитор катализатора», «ингибитор адсорбента» и т.п. в данном документе относятся к одному или нескольким веществам, которые снижают скорость или препятствуют

химической реакции. В конкретных вариантах реализации изобретения ингибиторы катализаторов и/или адсорбентов могут включать, но не ограничиваются ими, сероводород (H_2S) и карбонилсульфид (COS).

0070 «Модуль удаления», «модуль очистки», «модуль обработки» и тому подобное включают технологии, которые способны преобразовывать и/или удалять ингибиторы микроорганизмов и/или ингибиторы катализатора из газового потока.

0071 Термины «компоненты», «примеси» и т.п. в данном документе относятся к ингибиторам микроорганизмов и/или ингибиторам катализаторов, которые могут находиться в газовом потоке. В конкретных вариантах реализации изобретения такие компоненты включают, но не ограничиваются ими, соединения серы, ароматические соединения, алкины, алкены, алканы, олефины, соединения азота, фосфорсодержащие соединения, мелкие частицы, твердые вещества, кислород, оксигенаты, галогенированные соединения, кремнийсодержащие соединения, карбонилы, металлы, спирты, сложные эфиры, кетоны, пероксиды, альдегиды, простые эфиры и смолы. Предпочтительно, компоненты, удаляемые модулем удаления, не содержит CO_2 .

0072 Термин «обработанный газ» относится к потоку газа, который был пропущен через, по меньшей мере, один модуль очистки и в котором один или несколько компонентов были удалены и/или преобразованы.

0073 Используемый в данном документе термин «улавливание углерода» относится к улавливанию соединений углерода, включая CO_2 и/или CO , из потока, содержащего CO_2 и/или CO , и либо:

- превращению CO_2 и/или CO в продукты; либо
- превращению CO_2 и/или CO в вещества, пригодные для долгосрочного хранения; либо
- улавливанию CO_2 и/или CO в веществах, пригодных для долгосрочного хранения;
- или комбинации этих процессов.

0074 Термин «биореактор» включает устройство для ферментации, состоящее из одного или нескольких сосудов и/или конструкций башенного типа или трубопроводов, которое включает в себя реактор непрерывного действия с перемешиванием (CSTR), реактор с иммобилизованными клетками (ICR), реактор с орошаемым слоем (TBR), барботажную колонну, газлифтный ферментер, статический смеситель, циркуляционный петлевой реактор, мембранный реактор, такой как мембранный биореактор с полыми волокнами (HFM BR), или другой аппарат или другое устройство, подходящее для контакта газ-жидкость. Биореактор предпочтительно приспособлен для получения газообразного субстрата, содержащего CO или CO_2 или H_2 или их смеси. Биореактор может содержать несколько

реакторов (ступеней), расположенных параллельно или последовательно. Так, например, реактор может содержать первый реактор выращивания, в котором выращивают бактерии, и второй реактор ферментации, в который можно подавать ферментационный бульон из реактора выращивания и в котором можно получать основную часть продуктов ферментации.

0075 Термин «Питательные среды» или «питательная среда» используется для описания среды бактериального роста. Как правило, этот термин относится к среде, содержащей питательные вещества и другие компоненты, подходящие для роста микробной культуры. Термин «питательное вещество» включает любое вещество, которое может быть использовано в метаболическом пути микроорганизма. Типичные питательные вещества включают калий, витамины группы B, следы металлов и аминокислоты.

0076 Термин «ферментационный бульон» или «бульон» охватывает смесь компонентов, включая питательную среду и культуру, или один или несколько микроорганизмов. Следует отметить, что термин микроорганизм и термин бактерии используются взаимозаменяемо по всему документу.

0077 Термин «кислота» в данном документе включает в себя как карбоновые кислоты, так и связанный с ними карбоксилат-анион, такой как смесь свободной уксусной кислоты и ацетата, присутствующая в ферментационном бульоне, как описано в данном документе. Соотношение молекулярной кислоты и карбоксилата в ферментационном бульоне зависит от pH системы. Кроме того, термин «ацетат» включает как саму соль уксусной кислоты, так и смесь молекулярной или свободной уксусной кислоты и соли уксусной кислоты, такую как смесь соли уксусной кислоты и свободной уксусной кислоты, которая присутствует в ферментационном бульоне, как описано в данном документе.

0078 Термин «желаемый состав» используется для обозначения желаемого уровня и типов компонентов в веществе, таком как, например, газовый поток. В частности, считается, что газ имеет «желаемый состав», если он содержит определенный компонент (например, CO, H₂ и/или CO₂) и/или содержит конкретный компонент в определенной пропорции и/или не содержит конкретный компонент (например, компонент, вредный для микроорганизмов) и/или не содержит конкретный компонент в определенной пропорции. При определении того, имеет ли газовый поток желаемый состав, может быть рассмотрен более чем один компонент.

0079 Если из контекста не следует иное, выражения «ферментация», «процесс ферментации» или «реакция ферментации» и т.п. в данном документе включают как фазу выращивания, так и фазу биосинтеза газообразного субстрата.

0080 «Микроорганизм» представляет собой микроскопический организм, в частности, бактерию, архею, вирус или грибок. Микроорганизм согласно настоящему изобретению обычно представляет собой бактерию. В данном документе следует считать, что термин «микроорганизм» охватывает термин «бактерия».

0081 «Родительский микроорганизм» представляет собой микроорганизм, используемый для получения микроорганизма согласно настоящему изобретению. Родительский микроорганизм может представлять собой встречающийся в природе микроорганизм (т.е. микроорганизм дикого типа) или микроорганизм, который был предварительно модифицирован (т.е. мутантный или рекомбинантный микроорганизм). Микроорганизм согласно настоящему изобретению может быть модифицирован с целью экспрессии или сверхэкспрессии одного или нескольких ферментов, которые не были экспрессированы или сверхэкспрессированы в родительском микроорганизме. Подобным образом микроорганизм согласно настоящему изобретению может быть модифицирован, чтобы содержать один или несколько генов, которые не содержались в родительском микроорганизме. Микроорганизм согласно настоящему изобретению также может быть модифицирован так, чтобы он не экспрессировал один или несколько ферментов, которые были экспрессированы в родительском микроорганизме, или экспрессировал их в меньшем количестве. В одном варианте реализации изобретения родительский микроорганизм представляет собой *Clostridium autoethanogenum*, *Clostridium ljungdahlii* или *Clostridium ragsdalei*. В предпочтительном варианте реализации изобретения родительский микроорганизм представляет собой *Clostridium autoethanogenum* LZ1561, депонированный 7 июня 2010 года в *Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen GmbH* (в Немецкой коллекции микроорганизмов и клеточных культур (DSMZ)), расположенной по адресу *Inhoffenstraß 7B, D-38124 Braunschweig, Германия*, в соответствии с условиями Будапештского договора и присвоенным регистрационным номером DSM23693. Этот штамм описан в международной заявке на патент № PCT/NZ2011/000144, опубликованной как WO 2012/015317.

0082 Термин «происходит от» означает, что нуклеиновая кислота, белок или микроорганизм модифицированы или адаптированы, исходя из другой (т.е. родительской или дикого типа) нуклеиновой кислоты, белка или микроорганизма, с целью получения новой нуклеиновой кислоты, белка или микроорганизма. Такие модификации или адаптации обычно включают в себя вставку, делецию, мутацию или замену нуклеиновых кислот или генов. Как правило, микроорганизм согласно настоящему изобретению происходит от родительского микроорганизма. В одном варианте реализации изобретения микроорганизм согласно настоящему изобретению происходит от *Clostridium autoethanogenum*, *Clostridium ljungdahlii* или *Clostridium ragsdalei*. В предпочтительном варианте реализации изобретения

микроорганизм согласно настоящему изобретению происходит от *Clostridium autoethanogenum* LZ1561, который депонирован под регистрационным номером DSMZ DSM23693.

0083 «Вуда-Льюнгдал» относится к описанному пути углеродной фиксации Вуда-Льюнгдала, как, например, *Ragsdale, Biochim Biophys Acta, 1784: 1873-1898, 2008*. «Микроорганизмы Вуда-Льюнгдала», как и ожидалось, относятся к микроорганизмам, содержащим путь Вуда-Льюнгдала. Как правило, микроорганизм согласно настоящему изобретению содержит нативный путь Вуда-Льюнгдала. В данном документе путь Вуда-Льюнгдала может быть нативным, немодифицированным путем Вуда-Льюнгдала или может быть путем Вуда-Льюнгдала с некоторой степенью генетической модификации (т.е. сверхэкспрессии, гетерологичной экспрессии, нокаута и т.д.), при условии, что он все еще используется для преобразования CO, CO₂ и/или H₂ в ацетил-CoA.

0084 «C1» относится к одноуглеродной молекуле, например CO, CO₂, CH₄ или CH₃OH. «C1-оксигенат» относится к одноуглеродной молекуле, которая также содержит, по меньшей мере, один атом кислорода, например CO, CO₂ или CH₃OH. «Источник C1-углерода» относится к одноуглеродной молекуле, которая служит частичным или единственным источником углерода для микроорганизма согласно настоящему изобретению. Так, например, источник C1-углерода может содержать одно или несколько соединений, выбранных из CO, CO₂, CH₄, CH₃OH или CH₂O₂. Источник C1-углерода предпочтительно содержит одно или оба соединения CO и CO₂. «C1-фиксирующий микроорганизм» представляет собой микроорганизм, способный продуцировать один или несколько продуктов из источника C1-углерода. Как правило, микроорганизм согласно настоящему изобретению представляет собой C1-фиксирующую бактерию.

0085 «Анаэроб» представляет собой микроорганизм, не требующий кислорода для роста. Анаэроб может реагировать отрицательно или даже погибнуть в присутствии кислорода выше определенного порогового значения. Однако, некоторые анаэробы способны переносить низкие уровни кислорода (например, 0,000001-5 об.% кислорода). Как правило, микроорганизм согласно настоящему изобретению представляет собой анаэроб.

0086 «Ацетогены» представляют собой облигатно-анаэробные бактерии, использующие путь Вуда-Льюнгдала в качестве их основного механизма сохранения энергии и синтеза ацетил-CoA и производных продуктов ацетил-CoA, таких как ацетат (*Ragsdale, Biochim Biophys Acta, 1784: 1873-1898, 2008*). В частности, ацетогены используют путь Вуда-Льюнгдала в качестве (1) механизма для восстановительного синтеза ацетил-CoA из CO₂, (2) терминального электроноакцепторного, энергосберегающего процесса, (3) механизма для фиксации (ассимиляции) CO₂ при синтезе клеточного углерода (*Drake, Acetogenic*

Prokaryotes, In: The Prokaryotes, 3rd edition, p. 354, New York, NY, 2006). Все встречающиеся в природе ацетогены являются C1-фиксирующими, анаэробными, автотрофными и неметанотрофными организмами. Как правило, микроорганизм согласно настоящему изобретению представляет собой ацетоген.

0087 «Этанологен» представляет собой микроорганизм, который продуцирует или способен продуцировать этанол. Как правило, микроорганизм согласно настоящему изобретению представляет собой этанологен.

0088 «Автотроф» представляет собой микроорганизм, способный расти в отсутствие органического углерода. Вместо этого автотрофы используют неорганические источники углерода, такие как CO и/или CO₂. Как правило, микроорганизм согласно настоящему изобретению представляет собой автотроф.

0089 «Карбоксидотроф» представляет собой микроорганизм, способный использовать CO в качестве единственного источника углерода и энергии. Как правило, микроорганизм согласно настоящему изобретению представляет собой карбоксидотроф.

0090 «Метанотроф» представляет собой микроорганизм, способный использовать метан в качестве единственного источника углерода и энергии. В некоторых вариантах реализации изобретения микроорганизм согласно настоящему изобретению представляет собой метанотроф или происходит от метанотрофа. В других вариантах реализации изобретения микроорганизм согласно настоящему изобретению не представляет собой метанотроф или не происходит от метанотрофа.

0091 «Субстрат» относится к источнику углерода и/или энергии для микроорганизма согласно настоящему изобретению. Обычно субстрат является газообразным и содержит источник C1-углерода, например CO, CO₂ и/или CH₄. Субстрат предпочтительно содержит источник C1-углерода в виде CO или CO + CO₂. Субстрат может дополнительно содержать другие неуглеродные компоненты, такие как H₂, N₂ или электроны.

0092 Термин «со-субстрат» относится к веществу, которое, хотя и не обязательно является первичным источником энергии и материала для синтеза продукта, но может быть использовано для синтеза продукта при добавлении к другому субстрату, такому как первичный субстрат.

0093 Субстрат и/или источник C1-углерода может представлять собой отработавший газ, полученный в виде побочного продукта промышленного процесса или из какого-либо другого источника, такого как выхлопные газы автомобилей или газификация биомассы. В некоторых вариантах реализации изобретения промышленный процесс выбран из группы, состоящей из

выбросов газа от ферментации углеводов, газовой ферментации, выбросов газа от производства цемента, целлюлозы и бумаги, производства стали, переработки нефти и связанных процессов, производства нефтехимических продуктов, производства кокса, анаэробного или аэробного сбраживания, синтез-газа (полученного из источников, включая, но не ограничиваясь ими, биомассу, потоки жидких отходов, потоки твердых отходов, муниципальные потоки, ископаемые ресурсы, включая природный газ, уголь и нефть), добычи природного газа, добычи нефти, металлургических процессов для производства и/или очистки алюминия, меди и/или ферросплавов, геологических коллекторов и каталитических процессов (полученных из источников пара, включая, но не ограничиваясь ими, паровую конверсию метана, паровую конверсию нефти, газификацию нефтяного кокса, регенерацию катализатора - крекинг жидкого катализатора, регенерацию катализатора - риформинг нефти, и сухой риформинг метана). Согласно таким вариантам реализации изобретения субстрат и/или источник C1-углерода можно извлечь из промышленного процесса перед его выбросом в атмосферу с использованием любого удобного способа.

0094 Состав субстрата может оказывать значительное влияние на эффективность и/или стоимость реакции. Так, например, присутствие кислорода (O_2) может понизить эффективность процесса анаэробной ферментации. В зависимости от состава субстрата может быть желательной обработка, очистка или фильтрация субстрата для удаления нежелательных примесей, например, токсинов, нежелательных компонентов или частиц пыли, и/или для увеличения концентрации желаемых компонентов.

0095 В некоторых вариантах реализации изобретения ферментацию проводят при отсутствии углеводных субстратов, таких как сахар, крахмал, лигнин, целлюлоза или гемицеллюлоза.

0096 Микроорганизм согласно настоящему изобретению можно культивировать с потоком газа для получения одного или нескольких продуктов. Так, например, микроорганизм согласно настоящему изобретению может продуцировать или может быть генетически сконструирован для продуцирования этанола (WO 2007/117157), ацетата (WO 2007/117157), бутанола (WO 2008/115080 и WO 2012/053905), бутирата (WO 2008/115080), 2,3-бутандиола (WO 2009/151342 и WO 2016/094334), лактата (WO 2011/112103), бутена (WO 2012/024522), бутadiens (WO 2012/024522), метилэтилкетона (2-бутанона) (WO 2012/024522 и WO 2013/185123), этилена (WO 2012/026833), ацетона (WO 2012/115527), изопропанола (WO 2012/115527), липидов (WO 2013/036147), 3-гидроксипропионата (3-HP) (WO 2013/180581), терпенов, включая изопрен (WO 2013/180584), жирных кислот (WO 2013/191567), 2-бутанола (WO 2013/185123), 1,2-пропандиола (WO 2014/0369152), 1-пропанола (WO 2014/0369152), продуктов, полученных из хоризмата (WO 2016/191625), 3-гидроксипропионата (WO

2017/066498) и 1,3-бутандиола (WO 2017/0066498). Наряду с одним или несколькими целевыми продуктами микроорганизм согласно настоящему изобретению также может продуцировать этанол, ацетат и/или 2,3-бутандиол. В некоторых вариантах реализации изобретения саму микробную биомассу можно рассматривать как продукт. Эти продукты могут быть дополнительно преобразованы для производства, по меньшей мере, одного компонента дизельного топлива, реактивного топлива и/или бензина. Кроме того, микробная биомасса может быть подвергнута дальнейшей переработке для получения белка одноклеточных (SCP).

0097 «Белок одноклеточных» (SCP) относится к микробной биомассе, которая может быть использована в богатых белками кормах для людей и/или животных, часто заменяя традиционные источники белковых добавок, такие как соевая мука или рыбная мука. Для получения белка одноклеточных или другого продукта способ может включать дополнительные стадии разделения, переработки или обработки. Так, например, способ может включать стерилизацию микробной биомассы, центрифугирование микробной биомассы и/или сушку микробной биомассы. В некоторых вариантах реализации изобретения микробную биомассу сушат с использованием распылительной сушки или лопастной сушки. Способ также может включать уменьшение содержания нуклеиновой кислоты в микробной биомассе с использованием любого способа, известного в данной области техники, поскольку потребление рациона с высоким содержанием нуклеиновой кислоты может привести к накоплению продуктов распада нуклеиновой кислоты и/или желудочно-кишечному расстройству. Белок одноклеточных может быть подходящим для кормления животных, таких как домашний скот или домашние животные. В частности, корм для животных может быть подходящим для кормления одного или нескольких мясных животных, молочного скота, свиней, овец, коз, лошадей, мулов, ослов, оленей, буйволов/бизонов, лам, альпак, северных оленей, верблюдов, бантенгов, гаялов, яки, курей, индюков, уток, гусей, перепелов, цесарок, сквобов/голубей, рыбы, креветок, ракообразных, котов, собак и грызунов. Композиция корма для животных может быть адаптирована к потребностям в питании различных животных. Кроме того, способ может включать смешивание или комбинирование микробной биомассы с одним или несколькими наполнителями.

0098 «Наполнитель» может относиться к любому веществу, которое может быть добавлено в микробную биомассу для улучшения или изменения формы, свойств или питательной ценности корма для животных. Так, например, наполнитель может содержать один или более углеводов, клетчатки, жиров, белков, витаминов, минералов, воды, вкусовых добавок, подсластителей, антиоксидантов, ферментов, консервантов, пробиотиков или

антибиотиков. В некоторых вариантах реализации изобретения наполнителем может быть сено, солома, силос, злаки, масла или жиры, или другой растительный материал. Наполнителем может быть любой кормовой ингредиент, указанный в *Chiba, Section 18: Diet Formulation and Common Feed Ingredients, Animal Nutrition Handbook, 3rd revision, pages 575-633, 2014.*

0099 «Нативный продукт» представляет собой продукт, вырабатываемый генетически немодифицированным микроорганизмом. Так, например, этанол, ацетат и 2,3-бутандиол являются нативными продуктами *Clostridium autoethanogenum*, *Clostridium ljungdahlii* и *Clostridium ragsdalei*. «Ненативный продукт» представляет собой продукт, продуцируемый генетически модифицированным микроорганизмом, но не продуцируемый генетически немодифицированным микроорганизмом, от которого происходит генетически модифицированный микроорганизм.

0100 «Селективность» касается отношения производства целевого продукта к производству всех продуктов ферментации, продуцируемых микроорганизмом. Микроорганизм согласно настоящему изобретению может быть сконструирован для получения продуктов с определенной селективностью или с минимальной селективностью. В одном варианте реализации изобретения целевой продукт составляет, по меньшей мере, около 5 мас.%, 10 мас.%, 15 мас.%, 20 мас.%, 30 мас.%, 50 мас.%, 75 мас.% или 90 мас.% всех продуктов ферментации, продуцируемых микроорганизмом согласно настоящему изобретению. В одном варианте реализации изобретения целевой продукт составляет, по меньшей мере, 10 мас.% всех продуктов ферментации, продуцируемых микроорганизмом согласно настоящему изобретению, так что микроорганизм согласно изобретению обладает селективностью по отношению к целевому продукту, по меньшей мере, 10 мас.%. В другом варианте реализации изобретения целевой продукт составляет, по меньшей мере, 30 мас.% всех продуктов ферментации, продуцируемых микроорганизмом согласно настоящему изобретению, так что микроорганизм согласно изобретению обладает селективностью по отношению к целевому продукту, по меньшей мере, 30 мас.%. В одном варианте реализации изобретения целевой продукт составляет, по меньшей мере, 90 мас.% всех продуктов ферментации, продуцируемых микроорганизмами, так что микроорганизм согласно изобретению обладает селективностью по отношению к целевому продукту, по меньшей мере, 90 мас.%.

0101 Как правило, культивирование проводят в биореакторе. Термин «биореактор» включает в себя устройство для культивирования/ферментации, состоящее из одного или нескольких сосудов, конструкций башенного типа или трубопроводов, таких как реактор непрерывного действия с механическим перемешиванием (CSTR), реактор с

иммобилизованными клетками (ICR), реактор с орошаемым слоем (TBR), барботажная колонна, газлифтный ферментёр, статический смеситель или другой аппарат или другое устройство, подходящее для контакта газ-жидкость. В некоторых вариантах реализации изобретения биореактор может содержать первый реактор для выращивания и второй реактор для культивирования/ферментации. Субстрат можно подавать в один или оба таких реактора. Используемые в данном документе термины «культивирование» и «ферментация» являются взаимозаменяемыми. Указанные термины охватывают как фазу роста, так и фазу биосинтеза продукта в процессе культивирования/ферментации.

0102 Культивирование обычно проводят в водной питательной среде, содержащей питательные вещества, витамины и/или минералы, достаточные для обеспечения роста микроорганизма. Водная питательная среда предпочтительно представляет собой среду для анаэробного микробного роста, такую как минимальная среда для анаэробного микробного роста. Подходящие среды хорошо известны в данной области техники.

0103 Для получения целевого продукта культивирование/ферментацию желательно проводить в соответствующих условиях. Как правило, культивирование/ферментацию проводят в анаэробных условиях. Условия реакции, которые следует учитывать, включают давление (или парциальное давление), температуру, скорость потока газа, скорость потока жидкости, pH среды, окислительно-восстановительный потенциал среды, скорость перемешивания (при использовании реактора непрерывного действия с механическим перемешиванием), уровень инокулята, максимальные концентрации газового субстрата, которые гарантируют, что газ в жидкой фазе не станет ограничивающим фактором, и максимальные концентрации продукта во избежание ингибирования продукта. В частности, можно контролировать скорость введения субстрата для обеспечения того, что концентрация газа в жидкой фазе не станет ограничивающим фактором, поскольку в условиях ограниченного количества газа культура может потреблять продукты.

0104 Эксплуатация биореактора при повышенных давлениях позволяет повысить скорость массопереноса газа из газовой фазы в жидкую фазу. Соответственно, в общем случае предпочтительно осуществлять культивирование/ферментацию при давлениях выше атмосферного давления. Кроме того, поскольку заданная скорость превращения газа частично зависит от времени удерживания субстрата, а время удерживания определяет необходимый объем биореактора, то применение систем под давлением может значительно уменьшить требуемый объем биореактора и, следовательно, капитальные затраты на оборудование для культивирования/ферментации. Это, в свою очередь, означает, что при поддержании в биореакторах повышенного давления, а не атмосферного давления можно уменьшить время удерживания, определяемое, как объем жидкости в биореакторе,

деленный на скорость подачи потока газа. Оптимальные условия реакции будут частично зависеть от конкретного используемого микроорганизма. Однако, в общем случае предпочтительно проводить ферментацию при давлении выше атмосферного давления. Кроме того, поскольку заданная скорость превращения газа частично зависит от времени удерживания субстрата, а достижение желаемого времени удерживания, в свою очередь, определяет необходимый объем биореактора, то применение систем под давлением может значительно уменьшить требуемый объем биореактора и, следовательно, капитальные затраты на оборудование для ферментации.

0105 Целевые продукты можно отделять или очищать от ферментационного бульона, используя любой метод или комбинацию методов, известных в данной области техники, в том числе, например, фракционную перегонку, испарение, диффузионное испарение, отгонку газом, разделение фаз и экстрактивную ферментацию, включая, например, жидкость-жидкостную экстракцию. В некоторых вариантах реализации изобретения целевые продукты выделяют из ферментационного бульона путем непрерывного удаления из биореактора части бульона, отделения микробных клеток от бульона (обычно путем фильтрации) и выделения из бульона одного или нескольких целевых продуктов. Спирты и/или ацетон можно выделять, например, перегонкой. Кислоты можно выделять, например, адсорбцией на активированном угле. Отделенные микробные клетки предпочтительно возвращают в биореактор. Бесклеточный пермеат, оставшийся после удаления целевых продуктов, также предпочтительно возвращают в биореактор. Для восполнения среды перед ее возвратом в биореактор к бесклеточному пермеату можно добавлять дополнительные питательные вещества (такие как витамины группы В).

Описание

0106 Моноксид углерода и кислород могут быть получены с помощью процесса электролизера в соответствии со следующей молярной стехиометрической реакцией: $2\text{CO}_2 + \text{электричество} \rightarrow 2\text{CO} + \text{O}_2$. Моноксид углерода, полученный электролизом, может быть использован в качестве исходного сырья для ферментации газа. Кроме того, считается, что полученный СО может быть использован вместе с исходным сырьем из промышленного процесса в качестве средства для обеспечения дополнительного исходного сырья и/или улучшения состава субстрата для ферментации.

0107 Процесс электролизера также способен производить водород из воды в соответствии со следующей молярной стехиометрической реакцией: $2\text{H}_2\text{O} + \text{электричество} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$. Водород, полученный электролизом, может быть использован в качестве исходного сырья для ферментации газа. Этот водород может быть использован вместе с

исходным сырьем из промышленного процесса в качестве средства для обеспечения дополнительного исходного сырья и/или улучшения состава субстрата для ферментации.

0108 Исходное сырье электролизера может быть использовано в тех случаях, когда это экономически целесообразно. В некоторых случаях исходное сырье из процесса электролизера может повышать эффективность процесса ферментации за счет снижения затрат, связанных с производством.

0109 CO_2 -содержащий субстрат, используемый в процессе электролизера для получения монооксида углерода, может быть получен из ряда источников. CO_2 -содержащий газообразный может быть получен, по меньшей мере, частично из любого газа, содержащего CO_2 , выбранного из группы, включающей: газ из ферментации углеводов, газ от производства цемента, целлюлозы и бумаги, производства стали, переработки нефти и связанных процессов, производства нефтехимических продуктов, производства кокса, анаэробного или аэробного сбраживания, синтез-газ (полученный из источников, включая, но не ограничиваясь ими, биомассу, потоки жидких отходов, потоки твердых отходов, муниципальные потоки, ископаемые ресурсы, включая природный газ, уголь и нефть), от добычи природного газа, добычи нефти, металлургических процессов для производства и/или очистки алюминия, меди и/или ферросплавов, геологических коллекторов и каталитических процессов (полученных из источников пара, включая, но не ограничиваясь ими, паровую конверсию метана, паровую конверсию нефти, газификацию нефтяного кокса, регенерацию катализатора - крекинг жидкого катализатора, регенерацию катализатора - риформинг нефти, и сухой риформинг метана). Кроме того, субстрат может быть извлечен из промышленного процесса перед его выбросом в атмосферу с применением любого удобного способа. Кроме того, CO_2 -содержащий субстрат может быть получен из комбинации двух или более вышеупомянутых источников.

0110 Газовые потоки обычно не представляют собой чистый поток CO_2 , они содержат некоторое количество, по меньшей мере одного другого компонента. Так, например, каждый источник может содержать разные доли CO_2 , CO , H_2 и других компонентов. Из-за меняющихся пропорций газовый поток может быть обработан перед подачей в биореактор и/или модуль электролиза. Обработка газового потока включает удаление и/или преобразование различных компонентов, которые могут быть ингибиторами микробов и/или ингибиторами катализатора. Предпочтительно ингибиторы катализатора удаляют и/или преобразовывают до подачи в модуль электролиза, а ингибиторы микробов удаляют и/или преобразовывают до подачи в биореактор.

0111 Типичные компоненты, обнаруженные в газовом потоке, которые может потребоваться удалить и/или преобразовать, включают, но не ограничиваются ими,

соединения серы, ароматические соединения, алкины, алкены, алканы, олефины, соединения азота, фосфорсодержащие соединения, твердые частицы, твердые вещества, кислород, оксигенаты, галогенированные соединения, кремнийсодержащие соединения, карбонилы, металлы, спирты, сложные эфиры, кетоны, пероксиды, альдегиды, простые эфиры и смолы.

0112 Эти компоненты могут быть удалены с помощью обычных модулей удаления, известных в данной области техники. Эти модули удаления могут быть выбраны из следующих: модуль гидролиза, модуль удаления кислого газа, модуль дезоксигенирования, модуль каталитического гидрирования, модуль удаления частиц, модуль удаления хлорида, модуль удаления смолы и модуль удаления цианистого водорода.

0113 На Фиг. 1 представлена интеграция промышленного процесса 110 и процесса электролизера 120 с процессом ферментации 130. Процесс ферментации 130 может получать исходное сырье С1 из промышленного процесса 110 и исходное сырье электролизера из процесса электролизера 120. Исходное сырье электролизера из процесса электролизера 120 может периодически подаваться в процесс ферментации 130. Предпочтительно исходное сырье С1 из промышленного процесса 110 подают в процесс ферментации 130 через трубопровод 112, а исходное сырье электролизера из процесса электролизера 120 подают в процесс ферментации 130 через трубопровод 122. Процесс ферментации 130 использует исходное сырье электролизера из процесса электролизера 110 и исходное сырье С1 из промышленного процесса 110 для получения одного или нескольких продуктов ферментации 136.

0114 В некоторых случаях исходное сырье электролизера содержит СО. В некоторых случаях исходное сырье электролизера содержит H_2 . В некоторых случаях исходное сырье электролизера из процесса электролизера 120 замещает, по меньшей мере, часть исходного сырья С1 из промышленного процесса 110. Предпочтительно исходное сырье электролизера замещает, по меньшей мере, часть исходного сырья С1 в зависимости от стоимости за единицу исходного сырья С1 и стоимости за единицу исходного сырья электролизера. В различных случаях исходное сырье электролизера замещает, по меньшей мере, часть исходного сырья С1, когда стоимость за единицу исходного сырья электролизера меньше, чем стоимость за единицу исходного сырья С1.

0115 Стоимость за единицу исходного сырья электролизера может быть меньше, чем стоимость за единицу исходного сырья С1, когда стоимость электроэнергии снижается. В некоторых случаях стоимость электроэнергии снижается за счет электроэнергии, получаемой из возобновляемых источников энергии. В некоторых случаях возобновляемый

источник энергии выбирают из группы, состоящей из солнечной энергии, гидроэнергии, ветровой энергии, геотермальной энергии, энергии биомассы и ядерной энергии.

0116 Исходное сырье электролизера из процесса электролизера 120 может быть дополнено исходным сырьем С1 из промышленного процесса 110. Предпочтительно исходное сырье электролизера добавляют к исходному сырью С1, когда подача исходного сырья С1 недостаточна для процесса ферментации. В некоторых случаях исходное сырье электролизера дополняет исходное сырье С1 в зависимости от стоимости за единицу исходного сырья электролизера и стоимости за единицу продукта ферментации 136. В некоторых случаях исходное сырье электролизера дополняет исходное сырье С1 в зависимости от стоимости за единицу исходного сырья С1, стоимости за единицу исходного сырья электролизера и стоимости за единицу продукта ферментации 136. Предпочтительно, исходное сырье электролизера из процесса электролизера 120 дополняет исходное сырье С1, когда стоимость за единицу исходного сырья электролизера меньше, чем стоимость на единицу продукта ферментации 136. В различных случаях добавление исходного сырья С1, содержащего CO_2 , к исходному сырью электролизера, содержащему H_2 , увеличивает содержание CO_2 , зафиксированного в одном или нескольких продуктах ферментации 136.

0117 В конкретных случаях исходное сырье С1 содержит один или несколько компонентов и может потребовать обработки перед подачей в процесс ферментации. На фиг. 2 представлен модуль удаления 240 для обработки исходного сырья С1 из промышленного процесса 210. При использовании модуля удаления 240 исходное сырье С1 из промышленного процесса 210 подают из промышленного процесса 210 в модуль удаления 240 через трубопровод 212. Модуль удаления 240 предпочтительно обеспечивает удаление и/или преобразование одного или нескольких компонентов 248 в исходном сырье С1. Обработанное исходное сырье С1 из модуля удаления 240 подают в процесс ферментации 230 через трубопровод 242.

0118 В некоторых случаях исходное сырье С1 обрабатывают перед подачей в процесс ферментации, а исходное сырье электролизера из процесса электролизера 220 не обрабатывают перед подачей в процесс ферментации 230. Необработанное исходное сырье электролизера может быть подано из процесса электролизера 220 в процесс ферментации 230 через трубопровод 222. Предпочтительно исходное сырье С1 из промышленного процесса 210 и исходное сырье электролизера из процесса электролизера 220 используют в процессе ферментации 230 для получения одного или нескольких продуктов ферментации 236.

0119 В конкретных случаях исходное сырье электролизера содержит один или несколько компонентов и может потребовать обработки перед подачей в процесс ферментации. На

Фиг. 3 представлен модуль удаления 350 для обработки исходного сырья электролизера из процесса электролизера 320. При использовании модуля удаления 350 исходное сырье электролизера из процесса электролизера 320 подают из процесса электролизера 320 в модуль удаления 350 через трубопровод 322. Модуль удаления 350 предпочтительно обеспечивает удаление и/или преобразование одного или нескольких компонентов 358 в газовом потоке. В некоторых случаях компонент, удаляемый модулем удаления 350, представляет собой кислород, который образуется как побочный продукт процесса электролиза. Обработанное исходное сырье электролизера подают из модуля удаления 350 в процесс ферментации 330 через трубопровод 352.

0120 В некоторых случаях и исходное сырье С1, и исходное сырье электролизера обрабатывают перед подачей в процесс ферментации. После обработки исходное сырье С1 подают из промышленного процесса 310 в модуль удаления 340 через трубопровод 312 для удаления и/или преобразования одного или нескольких компонентов 348 в исходном сырье С1. Обработанное исходное сырье С1 подают из модуля удаления 340 в процесс ферментации 330 через трубопровод 342. Предпочтительно исходное сырье С1 из промышленного процесса 310 и исходное сырье электролизера из процесса электролизера 320 используют в процессе ферментации 330 для получения одного или нескольких продуктов ферментации 336.

0121 Исходное сырье может находиться под давлением перед его передачей в процесс ферментации. На Фиг. 4 представлен модуль давления 460 для повышения давления исходного сырья С1 и модуль давления 470 для повышения давления исходного сырья электролизера. В некоторых случаях исходное сырье С1 может находиться под давлением, в то время как исходное сырье электролизера не находится под давлением. В некоторых случаях исходное сырье электролизера может находиться под давлением, в то время как исходное сырье С1 не находится под давлением. В различных случаях давление исходного сырья повышают без обработки. В различных случаях давление исходного сырья повышают после обработки. При повышении давления исходного сырья С1 после обработки исходное сырье С1 подают из промышленного процесса 410 в модуль удаления 440 через трубопровод 412 для удаления и/или преобразования одного или нескольких компонентов 448. Обработанное исходное сырье С1 подают из модуля удаления 440 в модуль давления 460 через трубопровод 444. Находящееся под давлением исходное сырье С1 подают из модуля давления 460 в процесс ферментации 430 через трубопровод 462. В тех случаях, когда исходное сырье С1 не находится под давлением, исходное сырье С1 может быть подано из модуля удаления 440 в процесс ферментации 430 через трубопровод 442. В различных случаях, когда давление исходного сырья С1 повышают без обработки, исходное

сырье С1 подают из промышленного процесса 410 в модуль давления 460 через трубопровод 414. При повышении давления исходного сырья электролизера после обработки исходное сырье электролизера подают из процесса электролизера 420 в модуль удаления 450 через трубопровод 422 для удаления и/или преобразования одного или нескольких компонентов 458. Обработанное исходное сырье электролизера подают из модуля удаления 450 в модуль давления 470 через трубопровод 454. Находящееся под давлением исходное сырье электролизера подают из модуля давления 470 в процесс ферментации 430 через трубопровод 472. В тех случаях, когда исходное сырье электролизера не находится под давлением, исходное сырье электролизера может быть подано из модуля удаления 450 в процесс ферментации 430 через трубопровод 452. В различных случаях, когда давление исходного сырья электролизера повышают без обработки, исходное сырье электролизера подают из процесса электролизера 420 в модуль давления 470 через трубопровод 424. Предпочтительно исходное сырье С1 из промышленного процесса 410 и исходное сырье электролизера из процесса электролизера 420 используют в процессе ферментации 430 для получения одного или нескольких продуктов ферментации 436.

0122 Процесс ферментации может производить постферментационный газообразный субстрат в дополнение к одному или нескольким продуктам ферментации. Этот постферментационный газообразный субстрат может содержать относительно высокие доли CO_2 . В различных случаях постферментационный газообразный субстрат может быть подан в процесс электролизера. На Фиг. 5 представлена подача постферментационного газообразного субстрата из процесса ферментации 530 в процесс электролиза 520 через трубопровод 532. Предпочтительно, в результате процесса ферментации 530 получают один или несколько продуктов ферментации 536 и постферментационный газообразный субстрат при использовании исходного сырья одного или обоих промышленного процесса 510 и/или процесса электролизера 520. Давление исходного сырья С1 из промышленного процесса 510 может быть повышено с помощью модуля давления 560. Повышение давления может быть осуществлено с обработкой или без нее. При повышении давления исходного сырья С1 после обработки исходное сырье С1 подают из промышленного процесса 510 в модуль удаления 540 через трубопровод 512 для удаления и/или преобразования одного или нескольких компонентов 548. Обработанное исходное сырье С1 подают из модуля удаления 540 в модуль давления 560 через трубопровод 544. Находящееся под давлением исходное сырье С1 подают из модуля давления 560 в процесс ферментации 530 через трубопровод 562. В тех случаях, когда исходное сырье С1 не находится под давлением, исходное сырье С1 может быть подано из модуля удаления 540 в процесс ферментации 530 через трубопровод 542. В различных случаях, когда давление исходного сырья С1 повышают без

обработки, исходное сырье С1 подают из промышленного процесса 510 в модуль давления 560 через трубопровод 514. При повышении давления исходного сырья электролизера после обработки исходное сырье электролизера подают из процесса электролизера 520 в модуль удаления 550 через трубопровод 522 для удаления и/или преобразования одного или нескольких компонентов 558. Обработанное исходное сырье электролизера подают из модуля удаления 550 в модуль давления 570 через трубопровод 554. Находящееся под давлением исходное сырье электролизера подают из модуля давления 570 в процесс ферментации 530 через трубопровод 572. В тех случаях, когда исходное сырье электролизера не находится под давлением, исходное сырье электролизера может быть подано из модуля удаления 550 в процесс ферментации 530 через трубопровод 552. В различных случаях, когда исходное сырье электролизера находится под давлением без обработки, это исходное сырье подают из процесса электролизера 520 в модуль давления 570 через трубопровод 524.

0123 Постферментационный газообразный субстрат может содержать один или несколько компонентов, которые может потребоваться удалить и/или преобразовать до подачи в процесс электролизера. На Фиг. 6 представлена подача постферментационного газообразного субстрата в модуль удаления 680 через трубопровод 632 для удаления и/или преобразования одного или нескольких компонентов 688. Затем обработанный постферментационный газообразный субстрат подают из модуля удаления 680 в процесс электролизера 620 через трубопровод 682.

0124 Один или несколько компонентов в постферментационном газообразном субстрате могут быть получены, введены и/или концентрированы в процессе ферментации. В различных вариантах реализации изобретения один или несколько компонентов, полученных, введенных и/или концентрированных на стадии ферментации, содержат серу. Эти компоненты, включая серу, могут снизить эффективность процесса электролизера 620, если они не будут удалены и/или преобразованы. Предпочтительно постферментационный газообразный субстрат обрабатывают так, чтобы он был пригоден для электролиза. При использовании постферментационного газообразного субстрата в модуле электролиза 620 этот процесс может захватывать повышенную долю углерода.

0125 Предпочтительно процесс ферментации 630 использует исходное сырье из одного или обоих промышленного процесса 610 и/или процесса электролизера 620 для получения одного или нескольких продуктов ферментации 636, причем, по меньшей мере, часть сырья электролизера может быть получена, по меньшей мере, частично из постферментационного газообразного субстрата. Давление исходного сырья С1 из промышленного процесса 610 может быть повышено с помощью модуля давления 660. Повышение давления может быть

осуществлено с обработкой или без нее. При повышении давления исходного сырья С1 после обработки исходное сырье С1 подают из промышленного процесса 610 в модуль удаления 640 через трубопровод 612 для удаления и/или преобразования одного или нескольких компонентов 648. Обработанное исходное сырье С1 подают из модуля удаления 640 в модуль давления 660 через трубопровод 644. Находящееся под давлением исходное сырье С1 подают из модуля давления 660 в процесс ферментации 630 через трубопровод 662. В тех случаях, когда исходное сырье С1 не находится под давлением, это исходное сырье С1 может быть подано из модуля удаления 640 в процесс ферментации 630 через трубопровод 642. В различных случаях, когда исходное сырье С1 находится под давлением без обработки, это исходное сырье С1 подают из промышленного процесса 610 в модуль давления 660 через трубопровод 614. При повышении давления исходного сырья электролизера после обработки исходное сырье электролизера подают из процесса электролизера 620 в модуль удаления 650 через трубопровод 622 для удаления и/или преобразования одного или нескольких компонентов 658. Обработанное исходное сырье электролизера подают из модуля удаления 650 в модуль давления 670 через трубопровод 654. Находящееся под давлением исходное сырье электролизера подают из модуля давления 670 в процесс ферментации 630 через трубопровод 672. В тех случаях, когда исходное сырье электролизера не находится под давлением, это исходное сырье электролизера может быть подано из модуля удаления 650 в процесс ферментации 630 через трубопровод 652. В различных случаях, когда исходное сырье электролизера находится под давлением без обработки, это исходное сырье электролизера подают из процесса электролизера 620 в модуль давления 670 через трубопровод 624.

0126 В различных вариантах реализации изобретения исходное сырье из одного или нескольких процессов электролизера и промышленного процесса может быть смешано. На Фиг. 7 представлено смешивание исходного сырья из промышленного процесса 710 и нескольких процессов электролизера 720, 780. Исходное сырье С1 из промышленного процесса 710 подают через трубопровод 712 для смешивания. Первое исходное сырье электролизера из первого процесса электролизера 720 подают через трубопровод 722 для смешивания. Второе сырье электролизера из второго процесса электролизера 780 подают через трубопровод 782 для смешивания. В некоторых случаях смешивают только исходное сырье электролизера из первого процесса электролизера 720 и исходное сырье С1 из промышленного процесса 710. В некоторых случаях смешивают только исходное сырье электролизера из второго процесса электролизера 780 и исходное сырье С1 из промышленного процесса 710. В некоторых случаях смешивают только исходное сырье электролизера из первого процесса электролизера 720 и исходное сырье электролизера из второго процесса электролизера 780. Смешанное исходное сырье может быть подано через

трубопровод 746 в один или несколько модулей удаления 740 для удаления и/или преобразования одного или нескольких компонентов 748.

0127 Давление смешанного исходного сырья может быть повышено с помощью модуля давления 760. Повышение давления может быть осуществлено с обработкой или без нее. При повышении давления смешанного исходного сырья после обработки смешанное исходное сырье подают через трубопровод 746 в модуль удаления 740 для удаления и/или преобразования одного или нескольких компонентов 748. Обработанное смешанное исходное сырье подают из модуля удаления 740 в модуль давления 760 через трубопровод 744. Находящееся под давлением смешанное исходное сырье подают из модуля давления 760 в процесс ферментации 730 через трубопровод 762 для получения одного или нескольких продуктов ферментации 736. В тех случаях, когда смешанное исходное сырье не находится под давлением, это смешанное исходное сырье может быть подано из модуля удаления 740 в процесс ферментации 730 через трубопровод 742. В различных случаях, когда смешанное исходное сырье находится под давлением без обработки, это смешанное исходное сырье подают через трубопровод 766 в модуль давления 760.

0128 В различных случаях подача исходного сырья из одного или нескольких процессов может быть прерывистой, в то время как подача другого исходного сырья из одного или нескольких процессов является непрерывной. В некоторых случаях подача исходного сырья электролизера из одного или нескольких процессов электролизера 720, 780 является прерывистой, в то время как подача исходного сырья С1 из промышленного процесса 710 является непрерывной. В некоторых случаях подача исходного сырья С1 из промышленного процесса 710 является прерывистой, в то время как подача исходного сырья электролизера из одного или нескольких процессов электролизера 720, 780 является непрерывной. В некоторых случаях подача исходного сырья электролизера из первого процесса электролизера 720 является прерывистой, в то время как подача исходного сырья электролизера из второго процесса электролизера 780 является непрерывной. В некоторых случаях подача исходного сырья электролизера из второго процесса электролизера 780 является прерывистой, в то время как подача исходного сырья электролизера из первого процесса электролизера 720 является непрерывной.

0129 В различных вариантах реализации изобретения, по меньшей мере, часть исходного сырья электролизера может быть отправлена на хранение. Некоторые промышленные процессы могут включать средства хранения для длительного или кратковременного хранения газообразных субстратов и/или жидких субстратов. В тех случаях, когда, по меньшей мере, часть исходного сырья электролизера отправляют на хранение, исходное сырье электролизера может быть отправлено в те же средства

хранения, которые используются в промышленном процессе, например, в существующее газохранилище на сталелитейном заводе. По меньшей мере, часть исходного для электролизера может быть отправлена в независимые средства хранения, где исходное сырье электролизера хранится отдельно от исходного сырья С1 из промышленного процесса. В некоторых случаях это находящееся на хранении исходное сырье из одного или обоих промышленного процесса и/или одного или нескольких процессов электролизера может быть использовано в процессе ферментации позднее.

0130 В различных вариантах реализации изобретения предложен интегрированный процесс, включающий электролиз, причем энергия, подаваемая для процесса электролизера, по меньшей мере, частично получена из возобновляемого источника энергии. В некоторых случаях возобновляемый источник энергии выбирают из группы, состоящей из солнечной энергии, гидроэнергии, ветровой энергии, геотермальной энергии, энергии биомассы и ядерной энергии.

0131 Хотя обычно субстрат является газообразным, он также может быть представлен в альтернативных формах. Так, например, субстрат может быть растворен в жидкости, насыщенной СО-содержащим газом, с помощью дисперсионного генератора микропузырьков. В качестве дополнительного примера субстрат может быть адсорбирован на твердой подложке.

0132 В дополнение к повышению эффективности процесса ферментации процесс электролизера может повышать эффективность промышленного процесса. Повышение эффективности промышленного процесса может быть достигнуто за счет использования побочного продукта электролизера, а именно кислорода. В частности, побочный продукт O_2 процесса электролизера может быть использован в промышленном процессе, в котором получают С1. Многие промышленные процессы, в которых получают С1, вынуждены производить O_2 для использования в своих процессах. Однако, за счет использования побочного продукта O_2 из процесса электролизера затраты на производство O_2 можно снизить и/или устранить. Отвод побочного продукта O_2 из процесса электролизера продемонстрирован на Фиг. 1-6, где побочный продукт O_2 подают через трубопровод 126, 226, 326, 426, 526 и 626 соответственно из процесса электролизера в промышленный процесс.

0133 Для некоторых промышленных процессов, в которых получают С1 с участием реакций частичного окисления, необходима подача O_2 . Примеры промышленных процессов включают реакции в основной сталеплавильной печи (BOF), процессы сталеварения COREX или FINEX, процессы в доменной печи (BF), процессы получения ферросплавов, процессы получения диоксида титана и процессы газификации. Процессы газификации включают, но

не ограничиваются ими, газификацию твердых бытовых отходов, газификацию биомассы, газификацию нефтяного кокса и газификацию угля. В одном или нескольких из таких указанных промышленных процессов O_2 из процесса электролиза диоксида углерода можно использовать для компенсации или полной замены O_2 , обычно обеспечиваемого разделением воздуха.

0134 Потребность в настоящем изобретении продемонстрирована на Фиг. 8, которая показывает цену на электроэнергию в Бельгии за девятнадцатидневный период. На Фиг. 8 представлена разница между средней ценой на электроэнергию (около 0,05 евро/кВт·ч) и минимальной/максимальной ценой на электроэнергию за определенный период времени. Из-за огромной разницы в цене на электроэнергию в указанном месте и влияния цены на электроэнергию на эффективность электролиза как источника газа для ферментации очень выгодно иметь гибкий подход к использованию электролиза. Например, использование электролиза в качестве источника газа для ферментации, когда электричество относительно дешево, и прекращение использования в те периоды времени, когда цены высоки. Такое использование электролиза в зависимости от спроса может значительно повысить ценность установки для ферментации газа.

0135 Все ссылки, в том числе публикации, патентные заявки и патенты, приведенные в данном документе, включены в данный документ посредством ссылки в той же степени, как если бы каждая ссылка была отдельно и конкретно указана для включения посредством ссылки и изложена в данном документе в полном объеме. В данном описании ссылка на любой известный уровень техники не является и не должна рассматриваться как подтверждение того, что этот известный уровень техники является частью общедоступных знаний в области деятельности в любой стране.

0136 Следует считать, что использование терминов в единственном числе и аналогичных ссылок в контексте описания настоящего изобретения (особенно в контексте приведенной ниже формулы изобретения) охватывает как единственное, так и множественное число, если только в данном документе не указано иное или иное явно не противоречит контексту. Термины «содержащий», «имеющий», «включающий» и «охватывающий» следует рассматривать как неограничивающие термины (т.е. означающие «включая, но не ограничиваясь этими»), если не указано иное. Термин «преимущественно состоящий из» ограничивает объем композиции, процесса или способа указанными материалами или стадиями, или тем, что не оказывает существенного влияния на основные и новые характеристики композиции, процесса или способа. Использование альтернативы (т.е., «или») следует понимать как обозначение одного, обоих или любой комбинации

предложенных вариантов. В данном документе термин «около» означает $\pm 20\%$ от указанного диапазона, значения или структуры, если не указано иное.

0137 Перечисление в данном документе диапазонов значений просто предназначено для того, чтобы служить сокращенным способом ссылки по отдельности на каждое отдельное значение, попадающее в указанный диапазон, если в данном документе не указано иное, при этом каждое отдельное значение включено в данное описание, как если бы оно было отдельно приведено в данном документе. Так, например, любой диапазон концентраций, диапазон процентов, диапазон соотношений, диапазон целых чисел, диапазон размеров или диапазон толщины следует понимать как включающий значение любого целого числа в указанном диапазоне и, если это уместно, его долей (например, одной десятой и одной сотой целого числа), если не указано иное.

0138 Все способы, описанные в данном документе, могут быть осуществлены в любом подходящем порядке, если в данном документе не указано иное или иное явно не противоречит контексту. Применение любого или всех примеров, или иллюстративной формулировки (т.е., «такой как»), представленных в данном документе, предназначено только для лучшего освещения настоящего изобретения и не ориентировано на ограничение рамок настоящего изобретения, если не заявлено иное. Ни одно выражение, приведенное в данном описании, не следует понимать как указание на какой-либо незаявленный элемент как необходимый для практического осуществления настоящего изобретения.

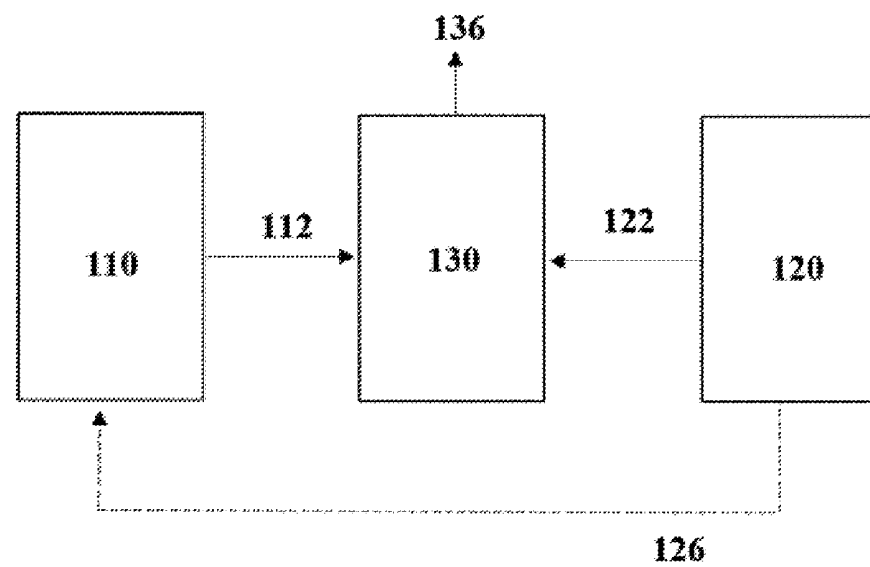
0139 В данном документе описаны предпочтительные варианты реализации изобретения. Вариации этих предпочтительных вариантов реализации изобретения станут очевидными для специалистов в данной области при прочтении представленного выше описания. Авторы изобретения ожидают, что квалифицированные специалисты будут использовать такие вариации при необходимости, и авторы изобретения предполагают, что настоящее изобретение будет осуществляться на практике иначе, чем конкретно описано в данном документе. Соответственно, настоящее изобретение включает в себя все модификации и эквиваленты объекта изобретения, приведенные ниже в формуле изобретения, как это установлено действующим законодательством. Кроме того, любая комбинация вышеописанных элементов во всех их возможных вариантах охватывается изобретением, если иное не указано в данном документе или явно не противоречит контексту.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

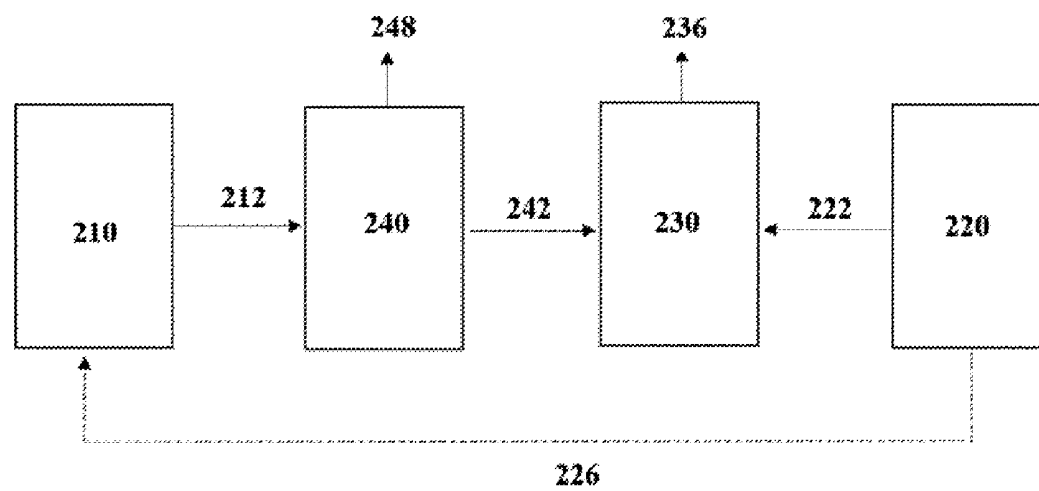
1. Способ осуществления процесса ферментации при помощи биореактора, содержащего бактериальную культуру в жидкой питательной среде, включающий:
 - a. подачу исходного сырья С1, содержащего один или оба СО и СО₂, из промышленного процесса в биореактор, причем исходное сырье С1 имеет стоимость за единицу;
 - b. периодическую подачу исходного сырья электролизера, содержащего один или оба СО и Н₂, из процесса электролизера в биореактор, причем исходное сырье электролизера имеет стоимость за единицу; и
 - c. ферментацию культуры для получения одного или нескольких продуктов ферментации, причем каждый из одного или нескольких продуктов ферментации имеет стоимость за единицу.
2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что исходное сырье С1 дополнительно содержит Н₂.
3. Способ по п. 1, отличающийся тем, что исходное сырье электролизера замещает, по меньшей мере, часть исходного сырья С1 в зависимости от стоимости за единицу исходного сырья С1 и стоимости за единицу исходного сырья электролизера.
4. Способ по п. 1, отличающийся тем, что исходное сырье электролизера замещает, по меньшей мере, часть исходного сырья С1, когда стоимость за единицу исходного сырья электролизера меньше, чем стоимость за единицу исходного сырья С1.
5. Способ по п. 1, отличающийся тем, что исходное сырье электролизера дополняет исходное сырье С1, когда подача исходного сырья С1 недостаточна для процесса ферментации.
6. Способ по п. 1, отличающийся тем, что исходное сырье электролизера дополняет исходное сырье С1 в зависимости от стоимости за единицу исходного сырья электролизера и стоимости за единицу продукта ферментации.
7. Способ по п. 1, отличающийся тем, что исходное сырье электролизера дополняет исходное сырье С1 в зависимости от стоимости за единицу исходного сырья С1, стоимости за единицу исходного сырья электролизера и стоимости за единицу продукта ферментации.
8. Способ по п. 1, отличающийся тем, что исходное сырье электролизера дополняет исходное сырье С1, когда стоимость за единицу исходного сырья электролизера меньше, чем стоимость за единицу продукта ферментации.
9. Способ по п. 1, отличающийся тем, что добавление к исходному сырью С1, содержащему СО₂, исходного сырья электролизера, содержащего Н₂, увеличивает содержание СО₂, зафиксированное в одном или нескольких продуктах ферментации.

10. Способ по п. 1, отличающийся тем, что исходное сырье С1 обрабатывают для удаления одного или нескольких компонентов перед подачей исходного сырья С1 в биореактор.
11. Способ по п. 10, отличающийся тем, что, по меньшей мере, один или несколько компонентов, удаленных из исходного сырья С1, выбирают из группы, включающей: соединения серы, ароматические соединения, алкины, алкены, алканы, олефины, соединения азота, фосфорсодержащие соединения, твердые частицы, твердые вещества, кислород, оксигенаты, галогенированные соединения, кремнийсодержащие соединения, карбонилы, металлы, спирты, сложные эфиры, кетоны, пероксиды, альдегиды, простые эфиры и смолы.
12. Способ по п. 1, отличающийся тем, что исходное сырье электролизера обрабатывают для удаления одного или нескольких компонентов перед подачей исходного сырья электролизера в биореактор.
13. Способ по п. 12, отличающийся тем, что, по меньшей мере, один компонент, удаленный из исходного сырья электролизера, содержит кислород.
14. Способ по п. 1, отличающийся тем, что повышают давление исходного сырья С1 перед подачей исходного сырья С1 в биореактор.
15. Способ по п. 1, отличающийся тем, что повышают давление исходного сырья электролизера перед подачей исходного сырья электролизера в биореактор.
16. Способ по п. 1, отличающийся тем, что процесс электролизера осуществляют под давлением.
17. Способ по п. 1, отличающийся тем, что, по меньшей мере, один из одного или нескольких продуктов ферментации выбирают из группы, включающей этанол, ацетат, бутират, 2,3-бутандиол, лактат, бутен, бутадиен, кетоны, метилэтилкетон, этилен, ацетон, изопропанол, липиды, 3-гидроксипропионат, изопрен, жирные кислоты, 2-бутанол, 1,2-пропандиол и 1-пропанол.
18. Способ по п. 1, отличающийся тем, что, по меньшей мере, один из одного или нескольких продуктов ферментации представляет собой микробную биомассу.
19. Способ по п. 1, отличающийся тем, что процесс электролизера снабжается энергией, по меньшей мере, частично от возобновляемого источника энергии.
20. Способ по п. 19, отличающийся тем, что возобновляемый источник энергии выбирают из группы, состоящей из солнечной энергии, гидроэнергии, ветровой энергии, геотермальной энергии, энергии биомассы и ядерной энергии.
21. Способ по п. 1, отличающийся тем, что культура дополнительно продуцирует постферментационный газообразный субстрат.

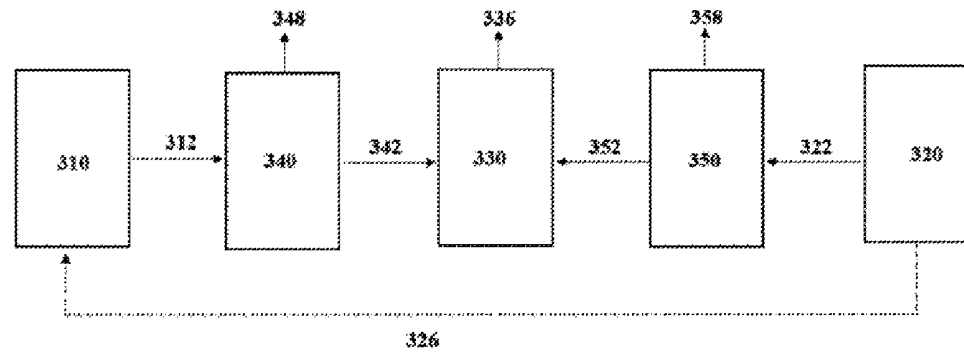
22. Способ по п. 21, дополнительно включающий подачу постферментационного газообразного субстрата в процесс электролизера.
23. Способ по п. 22, отличающийся тем, что постферментационный газообразный субстрат обрабатывают для удаления одного или нескольких компонентов перед его передачей в процесс электролизера.
24. Способ по п. 23, отличающийся тем, что один или несколько компонентов, удаленных из постферментационного газообразного субстрата, выбирают из группы, включающей: соединения серы, ароматические соединения, алкины, алкены, алканы, олефины, соединения азота, фосфорсодержащие соединения, твердые частицы, твердые вещества, кислород, оксигенаты, галогенированные соединения, кремнийсодержащие соединения, карбонилы, металлы, спирты, сложные эфиры, кетоны, пероксиды, альдегиды, простые эфиры и смолы.
25. Способ по п. 24, отличающийся тем, что компонент, удаленный из постферментационного газообразного субстрата, представляет собой серу.



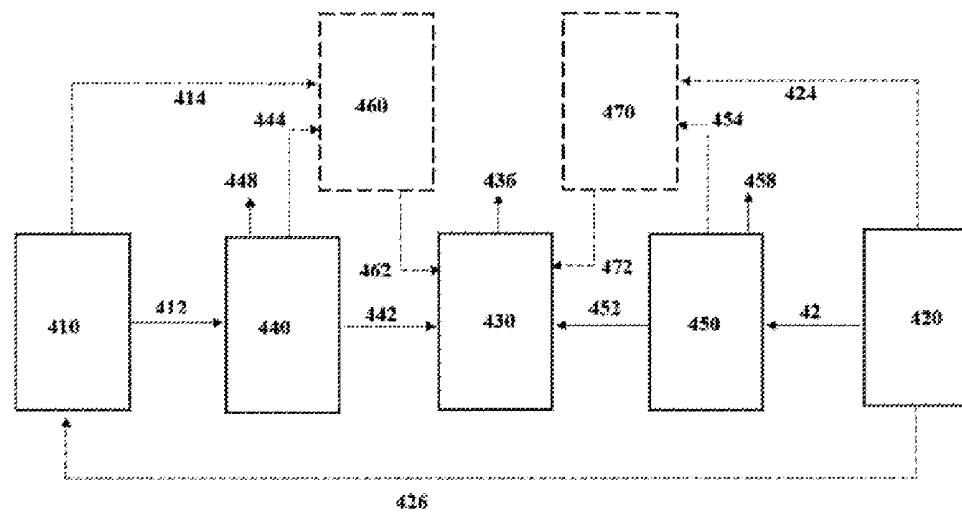
Фиг. 1



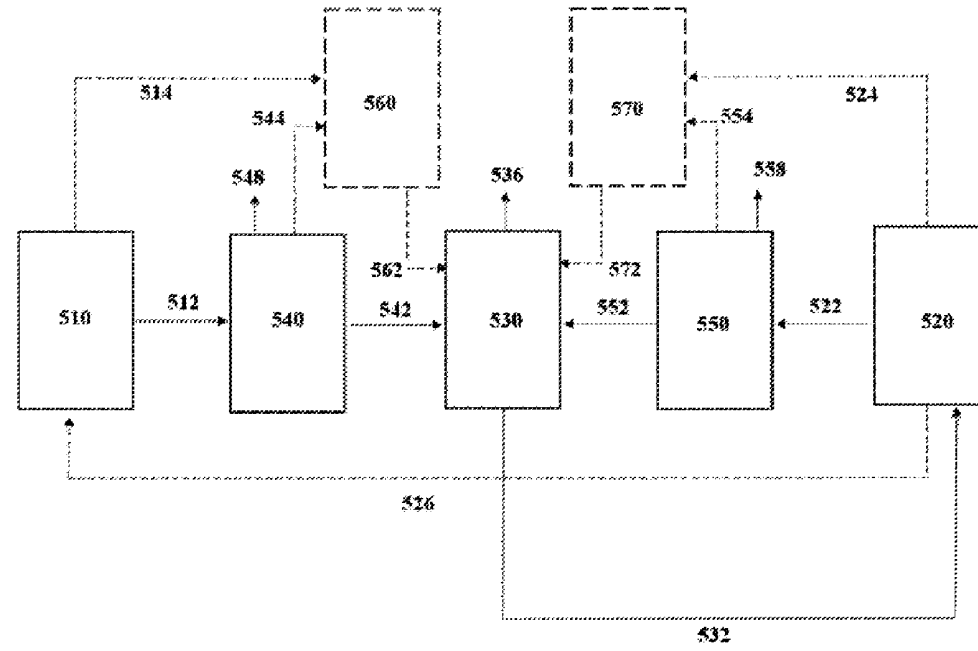
Фиг. 2



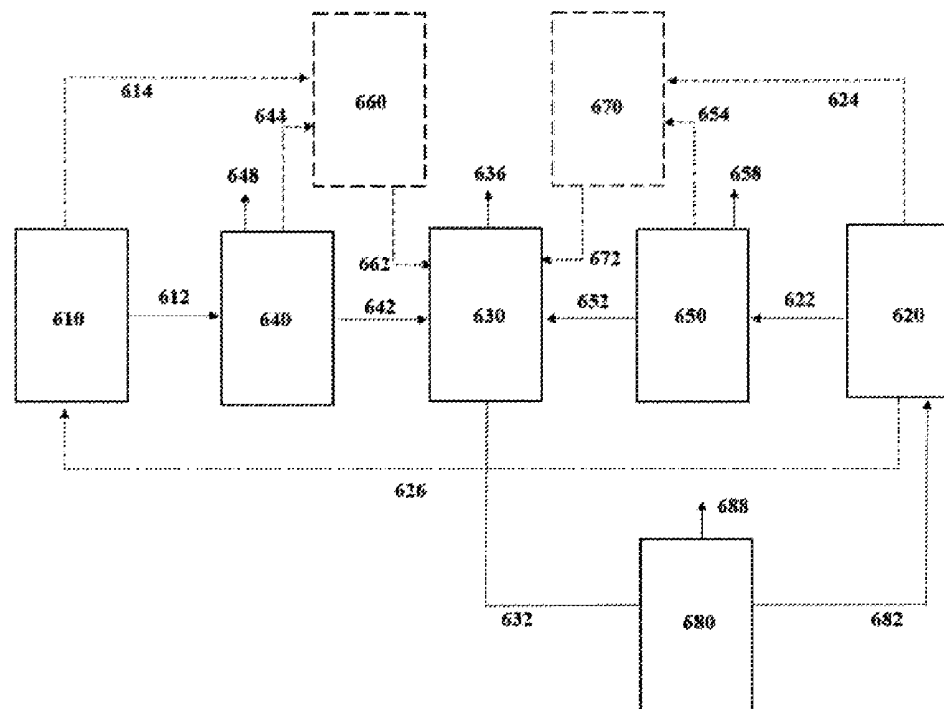
Фиг. 3



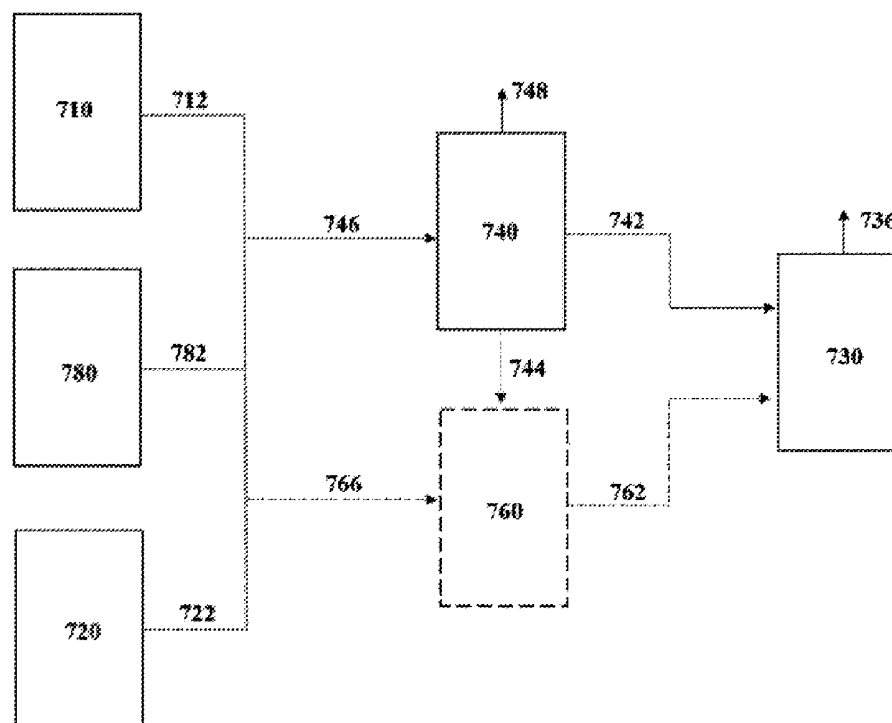
Фиг. 4



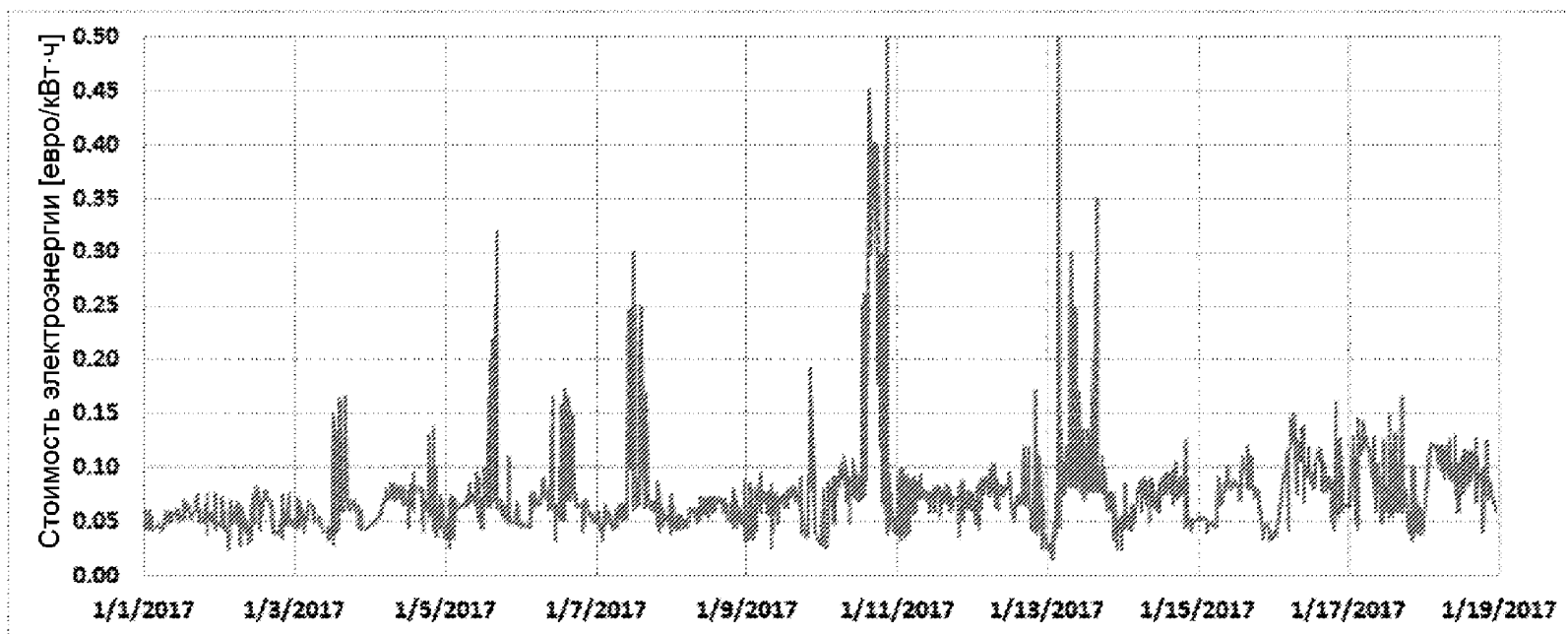
Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8