

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **041539**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2022.11.03

(21) Номер заявки
202191937

(22) Дата подачи заявки
2020.02.12

(51) Int. Cl. **C02F 3/10** (2006.01)
C02F 3/28 (2006.01)
C12M 1/12 (2006.01)

(54) СУБСТРАТ ДЛЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ДЛЯ СПОСОБА МЕТАНИЗАЦИИ

(31) **FR1901540**

(32) **2019.02.15**

(33) **FR**

(43) **2021.09.24**

(86) **PCT/EP2020/053632**

(87) **WO 2020/165271 2020.08.20**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
БАЙОПЕНГЭЗ (FR)

(72) Изобретатель:
Фритш Жонатан (FR)

(74) Представитель:
Носырева Е.Л. (RU)

(56) Ralph W. Robinson et al. "Light and Electron Microscopic Examinations of Methane-Producing Biofilms from Anaerobic Fixed-Bed Reactors", APPLIED AND ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY, 31 July 1984 (1984-07-31), pages 127-136, Retrieved from the Internet: <https://aem.asm.org/content/aem/48/1/127.full.pdf> [retrieved on 2019-09-30], XP055627400, page 127
JP-A-2002219442
CN-B-1772653

(57) Изобретение относится к установке для метанизации, содержащей субстрат (1) для культивирования, предназначенный для использования в способе метанизации жидких отходов со структурированной набивкой, при этом указанный субстрат (1) для культивирования изготовлен более чем на 50% из древесных элементов, по меньшей мере один размер которых больше 80 мм, при этом пористость субстрата (1) для культивирования составляет больше 50%. Оно также относится к способу изготовления субстрата для культивирования, предназначенного для использования в установке для метанизации согласно настоящему изобретению. Наконец, оно относится к способу метанизации в установке для метанизации согласно настоящему изобретению.

B1**041539****041539****B1**

Настоящее изобретение относится к области утилизации отходов. Более конкретно, оно относится к субстрату для культивирования для способа метанизации.

Метанизация является естественным биологическим процессом разложения органического материала при отсутствии кислорода. В результате этого разложения производится биогаз, который может быть использован в качестве источника энергии. Метанизация также называется анаэробным разложением, которое может включать этап разложения биологических материалов на CH_4 и CO_2 и/или этап преобразования CO_2 и H_2 в CH_4 .

Традиционная метанизация с непрерывным перемешиванием жидкости (или CSTR, "Continuous Stirred Tank Reactor (корпусной реактор с непрерывным перемешиванием)") в настоящее время является самым распространенным способом метанизации. Последний обладает преимуществом в том, что имеет существенную обратную реакцию и охватывает большое разнообразие входных компонентов, однако обладает крайне низкой производительностью на единицу объема.

Жидкая метанизация со слоем гранулированного ила (EGSB, "Expanded Granular Sludge Bed (расширенный слой гранулированного ила)" или UASB, "Up-flow Anaerobic Sludge Blanket (анаэробный взвешенный слой осадков в восходящем потоке)") реализуется в реакторах, в которых ил или гранулы с бактериями вводятся во взвешенное состояние путем рециркуляции среды. Это высокопроизводительные компактные технологии, которые позволяют удерживать биомассу и которые очищают жидкие отходы без веществ во взвешенном состоянии. На производительность этих способов негативно влияет присутствие взвешенных материалов (SM) и жирных субстанций, присутствующих в массе биоотходов.

Процессы жидкой метанизации, в которых обеспечиваются фиксированные или мобильные субстраты для культивирования, дают высокую эффективность очищения жидких отходов и обеспечивают повышенную стойкость к ингибиторам, однако также подвергаются различным ограничениям, которые уменьшают их производительность. Фиксированные субстраты для культивирования часто засоряются или забиваются биологическими и/или минеральными отложениями, в результате чего потребуются операции по очистке или замена внутри реакторов, в которых происходит расщепление.

Мобильные субстраты для культивирования также известны этим явлением, которое снижает их производительность путем уменьшения удельной поверхности, а также они подвержены абразивному износу, что разрушает их и обуславливает ограниченный срок службы. В обоих случаях операции по очистке и/или замене приводят к существенным производственным потерям, а также трудоемким операциям по обслуживанию, и это даже без учета очень высокой стоимости этих субстратов для культивирования, когда речь идет об оснащении больших объемов. Обычно субстраты для культивирования, используемые для метанизации, изготавливаются из пластикового материала. Такие решения являются дорогостоящими, связаны с ископаемыми ресурсами и обеспечивают создание пластиковых отходов, вредных для окружающей среды.

Непрерывная сухая метанизация может позволить интегрировать субстрат для культивирования одновременно с биоотходами, но на практике обратная реакция показывает существенное потребление энергии и много проблем с поломкой оборудования (мешалок, перемешивателей, насосов и т. д.), которые блокируют работу реактора, в котором происходит расщепление. Накопление отложений (камней, песка, нежелательных предметов) внутри реакторов, в которых происходит расщепление, снижает производительность и требует трудоемких исправляющих операций по обслуживанию, которые требуют остановки поврежденного реактора, в котором происходит расщепление, и которые приводят к существенным эксплуатационным потерям.

Еще одним существующим способом является периодическая сухая метанизация, при которой через загрузочное устройство из резервуара в каналы/расширенные участки канала подаются крупные твердые вещества. Отсутствие перемешивающей и/или смесительной системы в каналах предотвращает вышеуказанные упомянутые механические ограничения (поломку, преждевременный износ). Однако отсутствие механической предварительной обработки (дефибрирования) очищаемых материалов существенно снижает кинетику разложения, минимизируя производительность. Реологические проблемы, связанные с недостаточной и/или неоднородной пористостью введенного материала, часто нарушают уравновешивание реакции и оптимальную работу установок.

Обычно субстраты для культивирования, используемые для метанизации, изготавливаются из пластикового материала. Такие решения являются дорогостоящими, а также они обеспечивают создание пластиковых отходов, вредных для окружающей среды.

В документе EP 1818314 раскрыты способ и установка для производства биогаза из жидкостей, наполненных органическим материалом, с использованием субстрата для культивирования из древесной щепы. Однако приведение в движение такого субстрата взвешенными материалами очищаемой жидкости приводит к его нагромождению, затем его закупорке и с течением времени не позволяет достичь эффективной метанизации.

Целью настоящего изобретения является предложение субстрата для культивирования для метанизации, который обеспечивает быструю, эффективную и стабильную метанизацию жидких отходов.

Другой целью настоящего изобретения является предложение субстрата для культивирования для метанизации и способа его изготовления, которые являются недорогими и экологически безопасными.

Цель настоящего изобретения заключается по меньшей мере в частичном реагировании на выше-указанные цели, предложив более эффективный субстрат для культивирования. Соответственно согласно ему предлагается субстрат для культивирования, предназначенный для использования в способе метанизации жидких отходов со структурированной набивкой, сформированный более чем на 50% из древесных элементов, по меньшей мере один размер которых больше 80 мм.

Благодаря этим мерам можно просто и недорого получить эффективный и стабильный субстрат для культивирования для метанизации из материала, который является экологически безопасным.

Согласно другим характеристикам:

пористость субстрата для культивирования может составлять больше 50%, что увеличивает эффективность способа метанизации;

указанные древесные элементы могут представлять собой разветвленные и/или асимметричные ветви, при этом эти элементы легко найти, и благодаря им обеспечивается возможность утилизации лесосечных отходов,

Настоящее изобретение также относится к способу изготовления субстрата для культивирования согласно настоящему изобретению, включающему в указанном порядке в указанном порядке следующие этапы:

сбор лесосечных отходов;

загрузка лесосечных отходов в установку для метанизации для формирования структурированной набивки.

Благодаря этим мерам можно просто и недорого получить эффективный субстрат для культивирования для метанизации из материала, который является экологически безопасным, с утилизацией при этом лесосечных отходов.

Согласно другим характеристикам:

способ изготовления может включать этап дефибрирования после этапа сбора и перед этапом загрузки, при этом дефибрирование представляет собой медленное дефибрирование с целью получения большей части дефибрированных элементов с наибольшим размером менее 1 м, что позволяет больше не иметь элементов, которые являются чрезмерно большими для внедрения субстрата для культивирования;

способ изготовления может включать этап отсеивания перед этапом загрузки, при этом отсеивание выполняют при размере, составляющем от 30 до 80 мм, что позволяет удалить мелкие частицы лесосечных отходов, которые будут нестабильными при метанизации, что уменьшит пористость субстрата для культивирования и приведет к риску его забивания;

способ изготовления может включать этап компостирования перед этапом отсеивания, что позволяет во время отсеивания отделять от компоста лесосечные отходы, которые не поддаются разложению путем метанизации, в частности древесину, которая с течением времени сформирует стабильный субстрат для культивирования.

Настоящее изобретение также относится к способу метанизации, включающему в указанном порядке следующие этапы:

загрузка субстрата для культивирования согласно настоящему изобретению в находящийся выше по потоку канал для метанизации;

направление жидких отходов в находящийся выше по потоку канал для метанизации;

загрузка субстрата для культивирования согласно настоящему изобретению в находящийся ниже по потоку канал для метанизации;

направление отходов, очищенных на выходе находящегося выше по потоку канала для метанизации, в находящийся ниже по потоку канал для метанизации.

Последовательное выполнение способа со сдвигом во времени позволяет обеспечить непрерывную метанизацию жидких отходов, даже когда один из каналов остановлен. Дополнительно введение в новый субстрат отходов, очищенных с помощью субстрата, находящегося в работе, позволяет обеспечить очень быструю колонизацию субстратов для культивирования путем размещения канала, имеющего новый субстрат для культивирования, ниже по потоку относительно канала, уже находящегося в работе.

Согласно другим характеристикам часть, составляющая от 30 до 60% отходов, очищенных на выходе находящегося ниже по потоку канала для метанизации, может быть направлена обратно в качестве входящего потока в находящийся выше по потоку канал для метанизации, что позволяет обеспечить разбавление отходов перед их метанизацией и/или введение нового субстрата и, таким образом, более быструю метанизацию.

Настоящее изобретение можно будет лучше понять при прочтении следующего подробного описания со ссылкой на прилагаемые графические материалы, на которых:

на фиг. 1 представлен схематический вид древесного элемента субстрата для культивирования согласно предпочтительному варианту осуществления настоящего изобретения;

на фиг. 2 представлен схематический вид древесного элемента субстрата для культивирования согласно второму варианту осуществления настоящего изобретения;

на фиг. 3 представлен схематический вид древесного элемента субстрата для культивирования согласно третьему варианту осуществления настоящего изобретения;

на фиг. 4 представлен схематический вид установки для метанизации согласно предпочтительному варианту осуществления настоящего изобретения.

Субстрат 1 для культивирования согласно настоящему изобретению предназначен для использования в способе метанизации жидких отходов со структурированной набивкой. Субстрат 1 для культивирования изготовлен более чем на 50% из древесных элементов 2, по меньшей мере один размер которых составляет больше 80 мм.

Размер древесных элементов 2 позволяет субстрату 1 для культивирования иметь высокую пористость, что способствует прохождению текучих сред и получению поверхности с высоким уровнем обмена для развития бактерий, с одной стороны, и между субстратом для культивирования и жидкими отходами, подлежащими очистке, с другой стороны. Эта пористость дополнительно улучшается за счет использования древесных элементов разнообразной и неправильной формы. Если элементы имеют меньшие размеры, они легче группируются друг с другом, оставляя между собой небольшое пространство, что в большинстве случаев приводит к получению субстрата 1 для культивирования, который позволяет обеспечить достаточную текучесть текучих сред. Это может привести к уплотнению субстрата, даже закупорке, уменьшая поверхность для обмена.

Согласно настоящему изобретению термин "пористость", применяемый к субстрату для культивирования, означает часть объема, занимаемого воздухом, в общем объеме субстрата для культивирования.

Измерение пористости может быть осуществлено, например, следующим образом:

субстрат 1 для культивирования располагают в контейнере;

контейнер заполняют водой достаточно быстро, чтобы у воды не было времени проникнуть внутрь элементов, составляющих субстрат 1 для культивирования, в частности древесных элементов 2, таким образом, чтобы внутренняя пористость этих элементов не учитывалась;

в данном случае пористость равна объему добавленной в контейнер воды, разделенному на объем контейнера.

Пористость субстрата 1 для культивирования предпочтительно составляет более 50%, что позволяет обеспечить поверхность для обмена, которая является удовлетворительной для эффективности способа метанизации, с одной стороны, между субстратом 1 для культивирования и бактериями, которые в нем содержатся и, с другой стороны, жидкими отходами. Такая пористость также позволяет уменьшить риски того, что субстрат 1 для культивирования засорится или забьется биологическими и/или минеральными отложениями, в результате чего потребуются операции по очистке или замена субстрата 1 для культивирования. Таким образом, достигается более длительный срок службы субстрата 1 для культивирования.

Более высокая пористость позволяет поддерживать до определенной степени достаточную текучесть с сохранением поверхности для обмена или поверхности, доступной для развития бактерий, что позволяет обеспечить повышенную эффективность реакции метанизации. В действительности именно сохранение поверхности для обмена позволяет обеспечить наибольшую эффективность, но это очень трудно измерить, поэтому для определения характеристик эффективного субстрата для культивирования используется пористость.

Примеры измеренных уровней пористости дают значения: 63, 65 и 70%. Это эффективные значения, которые представляют собой в среднем более высокие значения, чем для древесной щепы, где пористость обычно составляет от 40 до 60%.

В предпочтительном варианте осуществления настоящего изобретения древесные элементы 2 представляют собой разветвленные и/или асимметричные ветви. В рамках настоящего изобретения выражение "разветвленная ветвь" обозначает ветвь, имеющую по меньшей мере одно ответвление, т.е. она имеет по меньшей мере две линейные части, необязательно прямые, образующие угол между собой. Пример показан на фиг. 1. Выражение "асимметричная ветвь" обозначает ветвь, форма которой такова, что она не лежит в одной плоскости. Пример показан на фиг. 2.

Древесные элементы 2 типа разветвленной и/или асимметричной ветви, в случае наложения друг на друга, имеют преимущество, заключающееся в том, что остается свободное пространство между ними, в результате чего достигается более высокая степень общей пористости субстрата 1 для культивирования и большая поверхность для обмена.

Более того, их легко найти, и они недорогие: это могут быть, например лесосечные отходы, сформированные в основном из древесины, или неразложившаяся часть компостируемых лесосечных отходов, которая может быть получена на выходе компостирования. Это может быть, например, отсеивание остатков компоста.

Согласно настоящему изобретению термин "лесосечные отходы" обозначает все материалы, полученные из лигноцеллюлозных растений и полученные в результате обрезки, вырубki или ухода за этими растениями, например, во время ухода за садами, зелеными зонами, лесами, живыми изгородями или деревьями. Лесосечные отходы могут также включать побочные продукты, полученные после переработки и восстановления древесины, при этом побочный продукт представляет собой субстанцию или объект, полученные в ходе производственного процесса, главной целью которого не является производство этой субстанции или этого объекта.

Могут быть использованы и другие типы древесных элементов 2 при условии, что их форма обеспечивает существенную пористость субстрата для культивирования и хорошую поверхность для обмена. Это могут быть, например, элементы в форме тетрапода, как показано на фиг. 3, лесная щепа, дробленка или элементы какой-нибудь другой формы.

Субстрат 1 для культивирования согласно настоящему изобретению может быть изготовлен путем реализации способа, включающего в указанном порядке следующие этапы:

сбор лесосечных отходов,

загрузка лесосечных отходов в установку для метанизации для формирования структурированной набивки.

Таким образом, недорого получают субстрат 1 для культивирования. Кроме того, его получают на местном уровне, и он позволяет обеспечить утилизацию этих отходов.

Этап дефибрирования может быть реализован между этапом сбора и этапом загрузки. Дефибрирование, таким образом, представляет собой медленное дефибрирование с целью получения большей части дефибрированных элементов с наибольшим размером менее 1 м. Это дефибрирование может быть необходимо, если собранные лесосечные отходы слишком большие, что может вызвать проблему на этапе загрузки или что может привести к чрезмерно пористому субстрату 1 для культивирования, при этом присутствие больших ветвей препятствует загрузке более тонких ветвей. Чрезмерно пористый субстрат 1 для культивирования, например больше 90%, приводит к уменьшенной поверхности для обмена между отходами, подлежащими очистке, и бактериями, и вследствие этого ухудшается эффективность способа метанизации.

Этап отсеивания может быть реализован перед этапом загрузки после дефибрирования, если оно присутствует. Отсеивание, которое может быть выполнено, например, при размере, составляющем от 30 до 80 мм, позволяет избавиться от мелких частиц, которые будут способствовать закупорке субстрата для культивирования, что уменьшит эффективность способа метанизации.

Этап компостирования может происходить перед этапом отсеивания. Это позволяет обеспечить разложение лесосечных отходов, так что при очистке компоста на этапе отсеивания остается только материал, не разлагаемый в ходе компостирования, с высоким содержанием лигнина. Поскольку эти материалы с высоким содержанием лигнина не разлагаются или разлагаются в малой степени путем метанизации, они позволяют обеспечить получение стабильного субстрата 1 для культивирования.

Таким образом, субстрат 1 для культивирования может быть получен из переработанных материалов, очищенных при необходимости в ходе стандартных этапов очистки лесосечных отходов. Таким образом, субстрат 1 для культивирования является недорогим, полученным на местном уровне и экологически безопасным, и позволяет добиться хорошей производительности, когда он используется в способе метанизации.

Субстрат 1 для культивирования может быть использован в непрерывном способе метанизации, показанном на фиг. 4 и включающем в указанном порядке следующие этапы:

загрузка субстрата 1 для культивирования в находящийся выше по потоку канал 3a для метанизации;

направление жидких отходов в находящийся выше по потоку канал 3a для метанизации;

загрузка субстрата 1 для культивирования в находящийся ниже по потоку канал 3b для метанизации;

направление отходов, очищенных на выходе находящегося выше по потоку канала 3a для метанизации, на вход находящегося ниже по потоку канала 3b для метанизации.

С момента ввода в работу субстрат 1 для культивирования находящегося выше по потоку канала 3a для метанизации успел заселиться бактериями. Отходы, направленные в находящийся ниже по потоку канал 3b для метанизации, таким образом, заполнены бактериями, и тогда колонизация находящегося ниже по потоку канала 3b для метанизации происходит очень быстро, что улучшает производительность способа метанизации.

Когда срок службы находящегося выше по потоку канала 3a для метанизации подходит к концу, находящийся ниже по потоку канал 3b для метанизации, в котором субстрат 1 для культивирования мо- ложе, продолжает работать один, в это время необходимо заменить субстрат 1 для культивирования в первом канале 3a для метанизации. Находящийся ниже по потоку канал 3b для метанизации затем становится находящимся выше по потоку каналом 3a для метанизации, и наоборот. Таким образом, способ повторяется непрерывно, при этом каждый канал 3a, 3b для метанизации, в свою очередь, имеет субстрат 1 для культивирования, который является более старым, чем таковой в другом канале 3b, 3a для метанизации, при этом канал 3a, 3b для метанизации с самым старым субстратом для культивирования размещается выше по потоку относительно другого канала 3b, 3a для метанизации.

Использование двух каналов 3a, 3b для метанизации позволяет обеспечить способ, который работает без прерывания, не только в конце срока службы одного из каналов 3a, 3b для метанизации, но также во время операций обслуживания или при извлечении нежелательных предметов из одного из каналов 3a, 3b для метанизации.

В предпочтительном варианте осуществления настоящего изобретения часть, составляющая от 30

до 60% отходов, очищенных на выходе находящегося ниже по потоку канала 3b для метанизации, направляется обратно в находящийся выше по потоку канал 3a для метанизации. Это позволяет обеспечить разбавление отходов на входе, которые иногда являются чрезмерно плотными для быстрой и эффективной метанизации.

Такое разбавление также может быть реализовано, когда находящийся выше по потоку канал 3a для метанизации работает один, в частности, перед введением в эксплуатацию находящегося ниже по потоку канала 3b для метанизации. В данном случае имеется часть, составляющая от 30 до 60% отходов, очищенных на выходе находящегося выше по потоку канала 3a для метанизации, направляемая обратно в качестве входящего потока находящегося выше по потоку канала 3a для метанизации.

Как показано на фиг. 4, перед метанизацией в каналах 3a, 3b для метанизации способ метанизации согласно настоящему изобретению может включать один из следующих двух этапов:

изготовление в устройстве для отделения органического вещества и/или в устройстве 4 для дефибрирования;

санитарная обработка в установке 5 для санитарной обработки. После метанизации биогаз может храниться в газохранилище 6.

Способ метанизации согласно настоящему изобретению позволяет максимально увеличить время удержания твердых веществ (SRT) в каналах 3a, 3b для метанизации. Таким образом, достигается оптимальная колонизация субстрата и сохранение бактерий, представляющих интерес, за счет разделения времени удержания жидких отходов (биоотходов) и времени удержания твердых веществ (бактерий/субстрата для культивирования).

Хотя приведенное выше описание основано на конкретных вариантах осуществления, оно никоим образом не ограничивает объем настоящего изобретения, и могут быть сделаны модификации, в частности путем замены технических эквивалентов или различных комбинаций всех или части характеристик, описанных выше.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Установка для метанизации, содержащая субстрат (1) для культивирования, предназначенный для использования в способе метанизации жидких отходов со структурированной набивкой, при этом указанный субстрат (1) для культивирования изготовлен более чем на 50% из древесных кусков (2), при этом по меньшей мере один размер каждого из древесных кусков (2) составляет больше 80 мм, при этом объем, занимаемый воздухом в указанном субстрате (1) для культивирования, составляет больше 50% относительно общего объема указанного субстрата (1) для культивирования.

2. Установка для метанизации по предыдущему пункту, отличающаяся тем, что указанные древесные куски (2) представляют собой разветвленные и/или асимметричные ветви.

3. Способ изготовления субстрата (1) для культивирования, предназначенного для использования в способе метанизации жидких отходов со структурированной набивкой, включающий в указанном порядке следующие этапы:

сбор лесосечных отходов,

загрузка лесосечных отходов в установку для метанизации для формирования субстрата (1) для культивирования, изготовленного более чем на 50% из древесных кусков (2) из лесосечных отходов, при этом по меньшей мере один размер каждого из древесных кусков (2) составляет больше 80 мм, и при этом объем, занимаемый воздухом в указанном субстрате (1) для культивирования, составляет больше 50% относительно общего объема указанного субстрата (1) для культивирования.

4. Способ изготовления субстрата (1) для культивирования по предыдущему пункту, отличающийся тем, что включает этап дефибрирования после этапа сбора и перед этапом загрузки, при этом дефибрирование представляет собой медленное дефибрирование с целью получения большей части дефибрированных элементов с наибольшим размером менее 1 м.

5. Способ изготовления субстрата (1) для культивирования по любому из пп.3, 4, отличающийся тем, что включает этап отсеивания перед этапом загрузки, при этом отсеивание выполняют при размере, составляющем от 30 до 80 мм.

6. Способ изготовления субстрата (1) для культивирования по предыдущему пункту, отличающийся тем, что включает этап компостирования перед этапом отсеивания.

7. Способ метанизации в установке для метанизации по п.1 или 2.

8. Способ метанизации по предыдущему пункту, отличающийся тем, что указанный субстрат (1) для культивирования изготавливают согласно способу изготовления по любому из пп.3-6.

9. Способ метанизации по п.7 или 8, отличающийся тем, что включает в указанном порядке следующие этапы:

загрузка субстрата (1) для культивирования в находящийся выше по потоку канал (3a) для метанизации;

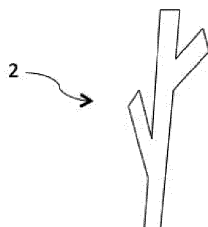
направление жидких отходов в находящийся выше по потоку канал (3a) для метанизации;

загрузка субстрата (1) для культивирования в находящийся ниже по потоку канал (3b) для

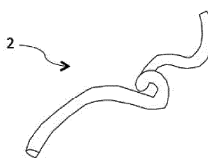
метанизации;

направление отходов, очищенных на выходе находящегося выше по потоку канала (3a) для метанизации, в находящийся ниже по потоку канал (3b) для метанизации.

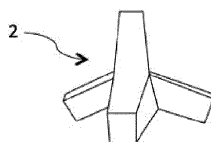
10. Способ метанизации по любому из пп.7-9, отличающийся тем, что часть, составляющая от 30 до 60% отходов, очищенных на выходе находящегося ниже по потоку канала (3b) для метанизации, направляют обратно в качестве входящего потока находящегося выше по потоку канала (3a) для метанизации.



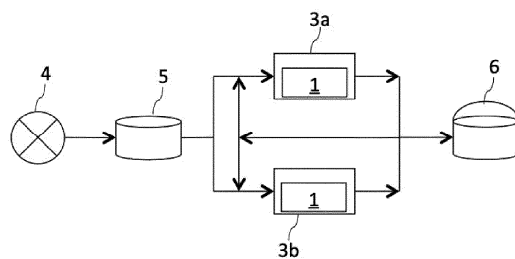
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4

