

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **039214**

(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2021.12.17

(21) Номер заявки
202000046

(22) Дата подачи заявки
2019.12.13

(51) Int. Cl. **C10B 49/10** (2006.01)
C10B 53/02 (2006.01)
F26B 3/04 (2006.01)

(54) СПОСОБ ВЛАЖНОЙ ТОРРЕФИКАЦИИ (КАРБОНИЗАЦИИ) БИОМАССЫ

(43) 2021.06.30

(96) 2019000136 (RU) 2019.12.13

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ "ТАМБОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ";
АО "ПРОДМАШ" (RU)**

**Олег Юрьевич, Климов Дмитрий
Владимирович, Кузьмин Сергей
Николаевич, Коныхин Валентин
Васильевич, Караханов Леонид
Викторович, Муратова Наталья
Сергеевна (RU)**

(74) Представитель:
Нилова М.И. (RU)

(56) US-A1-2011173888
EA-A1-201071380
WO-A1-2012113979
RU-C2-2559491
RU-C1-2261891
WO-2016118067

(72) Изобретатель:
**Исьёмин Рафаил Львович, Михалёв
Александр Валерьевич, Милованов**

(57) Изобретение относится к области коммунального хозяйства, сельскохозяйственного производства и энергетики, в частности к способу влажной торрефикации (карбонизации) биомассы для получения гидрококса, включающему (а) высушивание биомассы; (б) измельчение биомассы; (в) обработку высушенной и измельченной биомассы перегретым водяным паром с избыточным давлением в реакторе с кипящим слоем с получением термообработанных частиц биомассы и отработанного водяного пара, где термообработанные частицы биомассы непрерывно выносятся из реактора вместе с потоком отработанного водяного пара; (г) разделение термообработанных частиц биомассы и отработанного водяного пара; причем биомассу загружают в реактор непрерывно; обработку биомассы осуществляют при температуре не выше 300°C; высушивание биомассы осуществляют за счет тепла отработанного водяного пара, полученного на стадии (г); измельчение биомассы осуществляют до частиц такого размера, чтобы их скорость витания после потери частицами 40-50% массы была в 2-3 раза больше минимальной скорости псевдооживления частиц биомассы; перегретый водяной пар подают в реактор с таким расходом, чтобы скорость пара в реакторе, отнесенная к сечению пустого реактора, не более чем в 1,5 раза была выше минимальной скорости псевдооживления частиц биомассы.

039214 B1

039214 B1

Область техники

Изобретение относится к области коммунального хозяйства, сельскохозяйственного производства и энергетики, в частности к способу влажной торрефикации (карбонизации) биомассы для получения гидрококка.

Уровень техники

Биомасса широко используется как продукт питания или как возобновляемое сырье для производства энергии, а также как сырье для производства различных химических веществ и активированных углей. В последние годы такой метод обработки биомассы, как гидротермальная карбонизация, стал привлекать внимание исследователей, благодаря возможности получения твердого продукта, который называют гидрококк [Z. Liu, F.S. Zhang, Removal of lead from water using biochars prepared from hydrothermal liquefaction of biomass, *J. Hazard. Mater.* 167 (2009) 933-939, Z. Liu, F.S. Zhang, J. Wu, Characterization and application of chars produced from pinewood pyrolysis and hydrothermal treatment, *Fuel* 89 (2010) 510-514].

Последний может быть в дальнейшем использован для синтеза активированного угля [M. Sevilla, A. Fuertes, R. Mokaya, High density hydrogen storage in superactivated carbons from hydrothermally carbonized renewable organic materials, *Energy Environ. Sci.* 4 (2011) 1400-1410, M. Sevilla, A.B. Fuertes, Sustainable porous carbons with a superior performance for CO₂ capture, *Energy Environ. Sci.* 4 (2011) 1765-1771. 802 A. Jain et al./*Chemical Engineering Journal* 283 (2016) 789-805, Sevilla, J.A. Maciá-Agulló, A.B. Fuertes, Hydrothermal carbonization of biomass as a route for the sequestration of CO₂: chemical and structural properties of the carbonized products, *Biomass Bioenergy* 35 (2011) 3152-3159].

Отмечается, что гидротермальная карбонизация биомассы позволяет получить гидрококк с более высокой концентрацией кислородных функциональных групп и низкой степенью ароматизации, что делает полученный гидрококк более пригодным для дальнейшей химической активации [M. Sevilla, A. Fuertes, R. Mokaya, High density hydrogen storage in superactivated carbons from hydrothermally carbonized renewable organic materials, *Energy Environ. Sci.* 4 (2011) 1400-1410, M. Sevilla, A. Fuertes, The production of carbon materials by hydrothermal carbonization of cellulose, *Carbon* 47 (2009) 2281-2289].

Гидрококк рекомендуется также к использованию как чистое твердое топливо [Zhao P., Shen Y., Ge S., Chen Z., Yoshikawa K. Clean solid biofuel production from high moisture content waste biomass employing hydrothermal treatment. *Appl Energy* 2014; 131:345-67, Bach Q.-V., Skreiberg Ø. Upgrading biomass fuels via wet torrefaction: a review and comparison with dry torrefaction. *Renew Sustain Energy Rev* 2016; 54:665-577, Nizamuddin S., Baloch H.A., Griffin G.J., Mubarak N.M., Bhutto A.W., Abro R., et al. An overview of effect of process parameters on hydrothermal carbonization of biomass. *Renew Sustain Energy Rev* 2017; 73: 1289-1299, Volpe M., Fiori L. From olive waste to solid biofuel through hydrothermal carbonization: the role of temperature and solid load on secondary char formation and hydrochar energy properties. *J Anal Appl Pyrolysis* 2017; 124:63-72], благодаря снижению влажности полученного биотоплива, снижению содержания в нем соединений хлора и азота, что уменьшает вредные выбросы при сжигании [Zhao P., Shen Y., Ge S., Chen Z., Yoshikawa K. Clean solid biofuel production from high moisture content waste biomass employing hydrothermal treatment. *Appl Energy* 2014; 131:345-367].

Процесс влажной торрефикации рассматривается как процесс, аналогичный процессу гидротермальной карбонизации.

Процесс влажной торрефикации протекает в водной среде при температуре 180-260°C [Yan W., Acharjee T.C., Coronella C.J., Vásquez V.R. Thermal pretreatment of lignocellulosic biomass. *Environ Progress Sustain Energy* 2009; 28:435-440, Chen W.-H., Ye S.-C., Sheen H.-K. Hydrothermal carbonization of sugarcane bagasse via wet torrefaction in association with microwave heating. *Bioresour Technol* 2012; 118:195-203, Yan W., Hastings J.T., Acharjee T.C., Coronella C.J., Vásquez V.R. Mass and energy balances of wet torrefaction of lignocellulosic biomass. *Energy Fuels* 2010; 24:4738-4742, Runge T., Wipperfurth P., Zhang C. Improving biomass combustion quality using a liquid hot water treatment. *Biofuels* 2013; 4:73-83, Bach Q.-V., Tran K.-Q., Khalil R.A., Skreiberg Ø, Seisenbaeva G. Comparative assessment of wet torrefaction. *Energy Fuels* 2013; 27:6743-6753, Yang W., Shimanouchi T., Iwamura M., Takahashi Y., Mano R., Takashima K., et al. Elevating the fuel properties of *Humulus lupulus*, *Plumeria alba* and *Calophyllum inophyllum* L. through wet torrefaction. *Fuel* 2015; 146:88-94, Bach Q.-V., Tran K.-Q., Khalil R.A., Skreiberg Ø. Wet torrefaction of forest residues. *Energy Procedia* 2014; 61:1196-1199].

Процесс влажной торрефикации реализован в реакторах периодического действия и включает следующие стадии [Chen W.-H., Ye S.-C., Sheen H.-K. Hydrothermal carbonization of sugarcane bagasse via wet torrefaction in association with microwave heating. *Bioresour Technol* 2012; 118:195-203, Bach Q.-V., Tran K.-Q., Khalil R.A., Skreiberg Ø, Seisenbaeva G. Comparative assessment of wet torrefaction. *Energy Fuels* 2013; 27:6743-6753]:

- загрузка воды и биомассы в реактор в необходимом соотношении,
- нагрев реактора до необходимой температуры с подъемом давления внутри реактора для исключения вскипания воды,
- процесс влажной торрефикации биомассы в течение заданного времени,
- быстрое охлаждение реактора,

сброс давления и выгрузка гидрококса с последующей сушкой.

Из изложенного выше очевидны недостатки технологии влажной торрефикации при ее реализации известным способом:

периодичность процесса,

необходимость применения реакторов, работающих под высоким давлением,

большой объем загрязненной воды, которая требует дальнейшей переработки.

Известен способ карбонизации биомассы, согласно которому в реактор, содержащий биомассу, подается водяной насыщенный пар под избыточным давлением 2,3-2,5 МПа и температурой до 225°C, и биомасса подвергается воздействию пара в течение нескольких часов, после чего давление уменьшаются до атмосферного, а пар используют для нагрева свежей порции биомассы, после чего отработанный пар сбрасывают в расширительный бак, где его охлаждают до конденсации [Peter Quicker, Kathrin Weber Biokohle Herstellung, Eigenschaften und Verwendung von Biomassekarbonisaten Springer Vieweg, 2016, pp. 128-131].

Недостатками процесса являются:

периодичность процесса карбонизации,

необходимость применения реакторов, работающих под высоким давлением, что удорожает оборудование и усложняет его эксплуатацию,

большая длительность процесса карбонизации (несколько часов).

Технической задачей изобретения является обеспечение непрерывности процесса карбонизации с повышением энергоэффективности процесса, увеличением степени однородности карбонизации биомассы и повышение надежности процесса, а также сокращение длительности процесса карбонизации.

Сущность изобретения

Для решения поставленной задачи предложен способ влажной торрефикации (карбонизации) биомассы, согласно которому проводят:

(а) высушивание биомассы;

(б) измельчение биомассы;

(в) обработку высушенной и измельченной биомассы перегретым водяным паром с избыточным давлением в реакторе с кипящим слоем с получением термообработанных частиц биомассы и отработанного водяного пара, где термообработанные частицы биомассы непрерывно выносятся из реактора вместе с потоком отработанного водяного пара;

(г) разделение термообработанных частицы биомассы и отработанного водяного пара; причем биомассу загружают в реактор непрерывно;

обработку биомассы осуществляют при температуре не выше 300°C;

высушивание биомассы осуществляют за счет тепла отработанного водяного пара, полученного на стадии (г);

измельчение биомассы осуществляют до частиц такого размера, чтобы их скорость витания после потери частицами 40-50% массы была в 2-3 раза больше минимальной скорости псевдооживления исходных частиц биомассы;

перегретый водяной пар подают в реактор с таким расходом, чтобы скорость пара в реакторе, отнесенная к сечению пустого реактора, не более чем в 1,5 раза была выше минимальной скорости псевдооживления исходных частиц биомассы.

Краткое описание чертежей

На фиг. 1 представлена схема установки для влажной торрефикации (карбонизации) биомассы, реализующей предложенный способ.

На фиг. 2 представлена схема реактора со взвешенным слоем.

На фиг. 3 проиллюстрирован внешний вид исходной биомассы (смеси куриного помета и соломы в примере реализации предложенного способа карбонизации (торрефикации) биомассы).

На фиг. 4 проиллюстрировано изменение концентрации CO, CO₂, H₂ и CH₄ в газообразных неконденсирующихся продуктах торрефикации смеси помета и древесных опилок в среде перегретого водяного пара.

Описание изобретения

На фиг. 1 представлена схема одного из вариантов установки для проведения торрефикации (карбонизации) биомассы согласно настоящему изобретению, которая состоит из сушилки исходной биомассы 1, дробилки биомассы 2, парового котла 3, пароперегревателя 4, реактора для влажной торрефикации (карбонизации) биомассы во взвешенном (кипящем) слое 5, циклона 6 для отделения термообработанных частиц биомассы от парогазового потока.

Установка работает следующим образом.

Исходную биомассу подвергают сушке в сушилке 1 и измельчению в дробилке 2.

В качестве исходной биомассы может быть использована практически любая биомасса растительного или животного происхождения, которая применяется для выработки топлива. Наиболее предпочтительным видом биомассы согласно изобретению являются биоотходы с высокой исходной влажностью: птичий помет или смесь птичьего помета и опилок или соломы, ил очистных сооружений и т.п. Также

возможно применение различных древесных отходов, растительных материалов, таких как лузга проса, подсолнечник, рис.

В качестве сушилки 1 может быть использована, например, вакуумная сушилка, в рубашку которой подается отработанный в данном процессе перегретый пар. Указанный пар конденсируется, за счет чего происходит сушка исходной биомассы до влажности менее 20%. Таким образом, влажность высушенной биомассы согласно изобретению может составлять от 0 до 20%, предпочтительно от 10 до 20%. Согласно изобретению влажность биомассы после сушки не превышает 20%, поскольку при более высокой влажности, как показывают эксперименты, возникают проблемы с измельчением биомассы и ее псевдооживлением в реакторе.

Высушенную биомассу подают из сушилки 1 в дробилку 2, где происходит ее измельчение.

В качестве дробилки 2 можно использовать дробилку любой известной конструкции, например молотковую дробилку.

В паровом котле 3 за счет сжигания органического топлива или за счет электроэнергии генерируется водяной пар с избыточным давлением не выше 0,1 МПа, например с избыточным давлением от 0,05 до 0,1 МПа, который затем направляется в пароперегреватель 4. Производство пара с более высоким избыточным давлением, как правило, не имеет смысла, поскольку существенно усложняет конструкцию установки и, следовательно, стоимость изготовления и эксплуатации парового котла.

В пароперегревателе 4, который может иметь конструкцию в виде трубного змеевика, например, за счет использования тепла уходящих дымовых газов котла или за счет электроэнергии осуществляют перегрев водяного пара до температуры от 275 до 300°C.

Перегретый водяной пар подают в реактор с взвешенным (кипящим) слоем 5. Схема реактора 5 подробно представлена на фиг. 2. Как изображено на фиг. 2 реактор 5 имеет корпус 1, в котором размещен кипящий слой 2 частиц биомассы. Этот слой опирается на решетку 3, под которой расположен приемник пара 4. Реактор снабжен узлом вывода 5 отработанного пара и термообработанных частиц биомассы, то есть гидрококса, а также бункером 6 для загрузки частиц биомассы в реактор. Корпус реактора 5 может быть также снабжен нагревающим устройством для поддержания необходимой температуры. В целом в реакторе поддерживают температуру не выше 300°C.

Согласно процессу в реактор 5 подают биомассу, подвергнутую измельчению в дробилке 2.

Согласно предложенному способу измельчение биомассы осуществляют до частиц такого размера, чтобы их скорость витания после потери частицами 40-50% массы была в 2-3 раза больше минимальной скорости псевдооживления частиц биомассы.

Под минимальной скоростью псевдооживления, также называемой скоростью начала псевдооживления, понимается та скорость газа, то есть в случае настоящего изобретения скорость перегретого водяного пара, при которой слой частиц биомассы полностью переходит в псевдооживленное состояние.

Под скоростью витания, также называемой скоростью уноса, понимается та скорость газа, то есть в случае настоящего изобретения скорость перегретого водяного пара, при которой частицы выносятся из взвешенного слоя с потоком газа.

Минимальная скорость псевдооживления и скорость витания для конкретного вида частиц биомассы может быть определена специалистом любым подходящим способом, известным в данной области техники. Подходящие способы весьма разнообразны и широко описаны в профильной литературе, например в [Баскаков А.П. Скоростной безокислительный нагрев и термическая обработка в кипящем слое. М.: "Металлургия", 1968, с. 16, 18],

Согласно одному из вариантов реализации измельчение биомассы осуществляют до частиц размером 0,4 -1,1 мм.

Перегретый водяной пар проходит через решетку с реактора 5 и переводит слой частиц биомассы во взвешенное состояние. Благодаря высоким скоростям тепло- и массообмена во взвешенном слое происходит интенсивная термическая обработка частиц биомассы в реакторе 5. Перегретый водяной пар подают в реактор с таким расходом, чтобы его скорость, отнесенная к сечению пустого реактора, не более чем в полтора раза была выше минимальной скорости псевдооживления исходных частиц биомассы.

Здесь под скоростью пара понимается именно скорость водяного пара, отнесенная к сечению пустого реактора, поскольку если измерять скоростью пара в реакторе, заполненном слоем частиц, то скоростью пара будет являться скорость пара в просветах между частицами и при одном и том же расходе пара через реактор она будет меняться в зависимости от размеров частиц.

Таким образом, в ходе термообработки в реакторе 5 биомасса теряет до 40-50% собственной массы, скорость витания частиц биомассы в два-три раза превосходит минимальную скорость псевдооживления исходных частиц, и перегретый водяной пар подается в реактор с таким расходом, чтобы его скорость, отнесенная к сечению пустого реактора, не более чем в полтора раза была выше минимальной скорости псевдооживления исходных частиц биомассы. Соответственно более легкие термообработанные частицы биомассы (частицы гидрококса) выносятся с потоком отработанного пара и газов, выделившихся в процессе торрефикации. Этот поток отработанного пара, газа и частиц гидрококса направляют в циклон 6, в котором термообработанные частицы биомассы отделяют от потока пара и газа и направляют потребителю (они могут быть использованы как биотопливо, улучшитель почвы или органическое удобрение; так-

же частицы гидрококса могут быть переработаны в сорбент за счет активации, например, химическим методом).

Увеличение скорости водяного пара, подаваемого в реактор для карбонизации, отнесенной к сечению пустого реактора, до значений более чем в полтора раза по сравнению с минимальной скоростью псевдооживления частиц биомассы не целесообразно, поскольку приводит к увеличению расхода пара и дополнительным энергозатратам на процесс карбонизации.

Ввиду того что скорость витания частиц биомассы после завершения процесса карбонизации и потери частицами биомассы 40-50% в два-три раза выше минимальной скорости псевдооживления исходных частиц биомассы, то при рабочей скорости пара, превосходящей минимальную скорость псевдооживления в полтора раза, происходит гарантированный вынос из кипящего слоя частиц биомассы, карбонизация которых завершена.

Таким образом, обеспечивается непрерывный ввод частиц биомассы в реактор для карбонизации, энергоэффективная термическая обработка и вывод термообработанных частиц биомассы (частиц гидрококса) из реактора для торрефикации.

Как показывают эксперименты по влажной торрефикации, например, птичьего помета, продолжительность процесса карбонизации по предложенной технологии не превышает 10 мин, а характеристики полученного гидрококса во многом соответствуют характеристикам гидрококса, полученного методом гидротермальной карбонизации известными методами.

Отработанный пар направляется в сушилку для исходной биомассы 1.

Расчеты показывают, что для сушки исходной биомассы в количестве 1 т с исходной влажности 40% до влажности 20% требуется примерно столько же тепловой энергии, сколько можно получить при конденсации отработанного перегретого водяного пара, требующегося для торрефикации высушенной биомассы.

Для подтверждения эффективности предложенной технологии были проведены эксперименты по влажной карбонизации (торрефикации) смеси куриного помета и соломы. Эксперименты проводились на установке, которая включала паровой электрический котел, электрический пароперегреватель, реактор для исследования процесса торрефикации частиц биомассы в кипящем слое. Газообразные продукты торрефикации вместе с отработанным водяным паром поступали в холодильник. Неконденсируемые газы поступали в газгольдер, за которым установлен газоанализатор "VarioPlus SinGaz" для непрерывного анализа химического состава неконденсируемых газообразных продуктов торрефикации.

Реактор для торрефикации выполнен из нержавеющей стали и имеет диаметр 80 мм и высоту 800 мм. Стенки реактора теплоизолированы. Количество помета, загружаемого в реактор, составляло 20-23 г. При торрефикации непрерывно измерялось содержание в газах за холодильником двуокиси углерода, окиси углерода, CH_4 , водорода с помощью газоанализатора "VarioPlus SynGaz". Опыт прекращался когда газоанализатор переставал фиксировать выделение указанных газов. После завершения опыта реактор продувался в течение 2 ч холодным азотом, после чего из него выгружался гидрококс.

Исходная биомасса имела влажность 18%. Другие характеристики исходной биомассы, а также гидрококса приведены в табл. 1.

Таблица 1
Характеристики смеси помета с соломой до и после торрефикации

Материал	Содержание компонентов						
	C, %	H, %	N, %	S, %	O ₂ , %	Зола, %	Низшая теплота сгорания МДж/кг
Исходная биомасса	41,4	5,7	4,8	0,8	30,7	16,6	16,7
Гидрококс после термообработки в кипящем слое	48,2	3,63	4,65	0,9	12,48	30,1	18,8

Показанную на фиг. 3 биомассу измельчали до частиц, объемно-поверхностный диаметр был равен 0,232 мм. Минимальная скорость псевдооживления таких частиц паром при температуре 300°C составила 0,6 м/с. Скорость витания таких частиц при тех же условиях и после потери ими 40% массы составила 1,8 м/с, т.е. в три раза превосходит минимальную скорость псевдооживления исходных частиц биомассы. Продолжительность процесса торрефикации в кипящем слое составляла примерно 600 с.

В табл. 2 приведены данные по химическому составу исходной смеси помета и гидрококка, полученного методом классической гидротермальной карбонизации при температуре 300°C в течение 480 мин [Bashir M. Ghanim, Daya Shankar Pandey, Witold Kwapinski, James J. Leahy Hydrothermal carbonisation of poultry litter: Effects of treatment temperature and residence time on yields and chemical properties of hydrochars//Bioresource Technology, 216, (2016), 373-380].

Таблица 2
Характеристики смеси помета до и после гидротермальной карбонизации

Материал	Содержание компонентов						
	C, %	H, %	N, %	S, %	O ₂ , %	Зола, %	Низшая теплота сгорания МДж/кг
Исходная биомасса	42,22	5,59	-	-	30,96	16,37	17,18
Гидрококк после гидротермальной карбонизации при температуре 480 °С в течение 300 минут	49,83	4,45	-	-	3,22	37,69	22,46

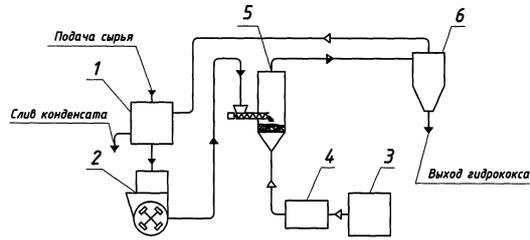
Сопоставление данных, представленных в табл. 1 и 2, позволяет утверждать, что предложенный метод обработки биомассы в кипящем слое в среде перегретого водяного пара позволит получить гидрококк примерно такого же качества, как и при термической обработке методом гидротермальной карбонизации, при этом ускорить процесс в 30 раз по сравнению известным вариантом реализации гидротермальной карбонизацией с обеспечением непрерывности процесса карбонизации и повышением энергоэффективности за счет использования отработанного водяного пара.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

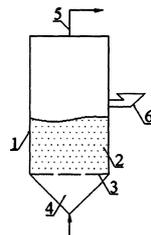
- Способ влажной торрефикации (карбонизации) биомассы, включающий
 - высушивание биомассы;
 - измельчение биомассы;
 - обработку высушенной и измельченной биомассы перегретым водяным паром с избыточным давлением в реакторе с кипящим слоем с получением термообработанных частиц биомассы и отработанного водяного пара, где термообработанные частицы биомассы непрерывно выносятся из реактора вместе с потоком отработанного водяного пара;
 - разделение термообработанных частицы биомассы и отработанного водяного пара; причем биомассу загружают в реактор непрерывно;
 - обработку биомассы осуществляют при температуре не выше 300°C;
 - высушивание биомассы осуществляют за счет тепла отработанного водяного пара, отделенного на стадии (г);
 - измельчение биомассы осуществляют до частиц такого размера, чтобы их скорость витания после потери частицами 40-50% массы была в 2-3 раза больше минимальной скорости псевдооживления частиц биомассы;
 - перегретый водяной пар подают в реактор с таким расходом, чтобы скорость пара в реакторе, отнесенная к сечению пустого реактора, была не более чем в 1,5 раза выше минимальной скорости псевдооживления частиц биомассы.
- Способ по п. 1, отличающийся тем, что водяной пар с избыточным давлением от 0,05 до 0,1 МПа перед подачей в реактор перегревают до температуры от 275 до 300°C.
- Способ по п. 1, отличающийся тем, что биомассу высушивают до влажности не более 20%, высушивание биомассы осуществляют в вакуумной сушилке и измельчение биомассы осуществляют до частиц размером 0,4-1,1 мм.
- Способ по п. 1, отличающийся тем, что исходная биомасса выбрана из группы, включающей пти-

чий помет, смесь птичьего помета и опилок, смесь птичьего помета и соломы, ил очистных сооружений, древесные отходы, лузгу проса, подсолнечник, рис.

5. Способ по п.1, отличающийся тем, что продолжительность обработки биомассы на стадии (в) не превышает 10 мин.



Фиг. 1

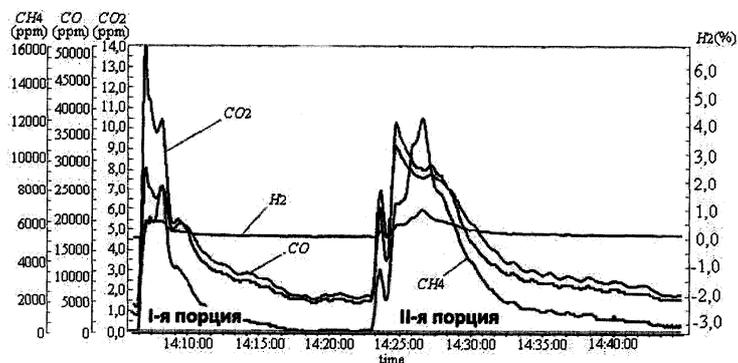


Фиг. 2

Внешний вид исходной биомассы



Фиг. 3



Фиг. 4