



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
*C10L 9/08* (2021.02)

(21)(22) Заявка: 2018138545, 03.04.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
**03.04.2017**

Дата регистрации:  
**21.04.2021**

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
**06.04.2016 JP 2016-076441**

(43) Дата публикации заявки: 19.05.2020 Бюл. № 14

(45) Опубликовано: 21.04.2021 Бюл. № 12

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на  
национальной фазе: **06.11.2018**

(86) Заявка РСТ:  
**JP 2017/013990 (03.04.2017)**

(87) Публикация заявки РСТ:  
**WO 2017/175733 (12.10.2017)**

Адрес для переписки:  
**101000, Москва, ул. Мясницкая, 13, стр. 5, ООО  
"Союзпатент"**

(72) Автор(ы):

**ХАЯСИ Сигея (JP),  
АМАНО Хироси (JP),  
ООИ Нобуюки (JP),  
ХИРАИВА Юсуке (JP)**

(73) Патентообладатель(и):  
**УБЭ ИНДАСТРИЗ, ЛТД. (JP)**

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: CA 2896771 A1, 12.06.2014. US 2015/  
0311505, 05.11.2015. JP 2014-098097 A, 29.05.2014.  
JP-2015-067789 A, 13.04.2015. WO 2008/136477  
A1, 13.11.2008. RU 2510660 C2, 10.04.2014. RU  
2355739 C1, 20.05.2009. RU 2013154067 A,  
27.06.2015.

(54) ТВЕРДОЕ ТОПЛИВО ИЗ БИОМАССЫ

(57) Реферат:

Изобретение относится к твердому топливу из биомассы. Описан способ получения твёрдого топлива из биомассы, в котором взаимное связывание или адгезия между частицами измельчённой в порошок биомассы сохраняется после погружения в воду, включающий в себя: стадию формования для осуществления формования частиц измельчённой в порошок биомассы на основе древесины, имеющих размер частиц от 100 до 3000 мкм, в ненагретые блоки биомассы и стадию нагревания для осуществления нагревания ненагретых блоков биомассы для получения нагретого твёрдого продукта, причём

указанный нагретый твёрдый продукт используют в качестве твёрдого топлива из биомассы; при этом указанный способ не включает в себя стадию парового взрыва биомассы, температура нагревания на стадии нагревания составляет от 150 до 400°C и твёрдое топливо из биомассы характеризуется топливным отношением (связанный углерод/летучее вещество) от 0,15 до 1,50, высшей теплотой сгорания на сухую массу топлива от 4500 до 7000 (ккал/кг на сухую массу), мольным отношением кислорода O к углероду C (O/C) от 0,1 до 0,7 и мольным отношением водорода H к углероду C (H/C) от 0,70 до 1,40, а

R U  
2 7 4 6 8 5 5 C 2

R U  
2 7 4 6 8 5 5 C 2

R U 2 7 4 6 8 5 5 C 2

R U 2 7 4 6 8 5 5 C 2

также не содержит связующего. Технический результат - получение твёрдого топлива из биомассы, которое имеет низкую ХПК отводимой воды в случае воздействия дождевой воды и тому

подобного, при одновременном подавлении повышения стоимости. 2 н. и 10 з.п. ф-лы, 5 табл., 15 ил.

RUSSIAN FEDERATION



(19)

**RU**

(11)

**2 746 855<sup>(13)</sup> C2**

(51) Int. Cl.

*C10L 5/44* (2006.01)

*C10L 9/08* (2006.01)

FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

**(12) ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*C10L 9/08 (2021.02)*

(21)(22) Application: 2018138545, 03.04.2017

(24) Effective date for property rights:  
03.04.2017

Registration date:  
21.04.2021

Priority:

(30) Convention priority:  
06.04.2016 JP 2016-076441

(43) Application published: 19.05.2020 Bull. № 14

(45) Date of publication: 21.04.2021 Bull. № 12

(85) Commencement of national phase: 06.11.2018

(86) PCT application:  
JP 2017/013990 (03.04.2017)

(87) PCT publication:  
WO 2017/175733 (12.10.2017)

Mail address:  
101000, Moskva, ul. Myasnitskaya, 13, str. 5, OOO  
"Soyuzpatent"

(72) Inventor(s):

**KHAYASI Sigeya (JP),  
AMANO Khirosi (JP),  
OOI Nobuyuki (JP),  
KHIRAIWA Yusuke (JP)**

(73) Proprietor(s):

**UBE INDASTRIZ, LTD. (JP)**

R U  
2 7 4 6 8 5 5  
C 2  
C 5  
C 8  
C 6  
C 4  
C 2  
R U

**(54) SOLID FUEL FROM BIOMASS**

(57) Abstract:

FIELD: biomass fuel.

SUBSTANCE: invention relates to solid fuels from biomass. A method for producing solid fuel from biomass is described, in which the mutual binding or adhesion between the particles of pulverized biomass is preserved after immersion in water, including: a molding stage for molding particles of pulverized wood-based biomass, having a particle size of 100 to 3000 microns, into unheated biomass blocks and a heating stage for heating the unheated biomass blocks to produce a heated solid product, and the said heated solid product is used as a solid fuel from biomass; while the specified method does not include the stage of steam explosion of biomass, the heating temperature at the

heating stage is from 150 to 400°C and solid fuel from biomass is characterized by a fuel ratio (bound carbon/volatile matter) from 0.15 to 1.50, the highest calorific value per dry mass of fuel from 4500 to 7000 (kcal/kg per dry mass), the molar ratio of oxygen O to carbon C (O/C) from 0.1 to 0.7 and the molar ratio of hydrogen H to carbon C (H/C) from 0.70 up to 1.40, and also contains no binder.

EFFECT: production of solid fuel from biomass, which has a low COD of the discharged water in the event of exposure to rainwater and the like, while suppressing increased cost.

12 cl, 5 tbl, 15 dwg

Область техники, к которой относится изобретение  
 Настоящее изобретение относится к твёрдому топливу из биомассы.  
 Уровень техники

Ранее были известны твёрдые топлива, полученные путём формования биомасс на основе древесины. Однако они заключают в себе проблемы, состоящие в том, что обращение с ними затруднительно, поскольку они разделяются на составные части под воздействием дождевой воды и тому подобного при хранении на открытом воздухе, и к тому же ХПК (химическая потребность в кислороде) отводимой воды увеличивается вследствие вымывания органических веществ, таких как смола и тому подобные. С учётом вышесказанного, в Патентном документе 1 раскрыто твёрдое топливо, полученное путём осуществления формования и нагревания после обработки растительного сырья паровым взрывом, при этом полученное твёрдое топливо не разделяется на составные части под воздействием дождевой воды и тому подобного при хранении на открытом воздухе, хотя не используется связующее и тому подобные компоненты, и в дополнение к этому, предотвращается вымывание смоляного компонента и снижается величина ХПК отводимой воды.

#### Список цитированной литературы

##### Патентный документ

Патентный документ 1: Описание документа WO2014/087949

20 Раскрытие изобретения

##### Техническая проблема

Однако вышеупомянутая технология предшествующего уровня техники требует осуществления стадии процесса парового взрыва, что приводит к повышению стоимости.

Настоящее изобретение воплощено для решения указанной проблемы, и его цель заключается в получении твёрдого топлива из биомассы, которое имеет низкую ХПК отводимой воды в случае воздействия дождевой воды и тому подобного при одновременном подавлении повышения стоимости.

##### Решение проблемы

Твёрдое топливо из биомассы настоящего изобретения представляет собой твёрдое топливо из биомассы, полученное путём формования частиц измельчённой в порошок биомассы исходного материала, причем взаимное связывание или адгезия между частицами измельчённой биомассы сохраняется после погружения в воду.

##### Положительный эффект изобретения

Согласно настоящему изобретению предлагается твёрдое топливо из биомассы, которое имеет низкую характеристику разделения на составные части и достигает пониженного значения ХПК отводимой воды в случае воздействия дождевой воды при одновременном подавлении повышения стоимости, без использования процесса парового взрыва и связующего или тому подобного.

##### Краткое описание чертежей

Фиг. 1 представляет собой график, отображающий площади удельной поверхности по БЭТ твёрдых топлив.

Фиг. 2 является графиком, показывающим средний диаметр пор поверхности твёрдых топлив.

Фиг. 3 представляет собой график, отображающий общий объём пор поверхности твёрдых топлив.

Фиг. 4 представляет собой диаграмму, показывающую (оценочный) механизм образования поперечных связей при помощи твёрдого вещества в ходе РВТ.

Фиг. 5 является диаграммой, представляющей результаты анализа внешней

поверхности пеллет твёрдых топлив методом ИК-Фурье спектроскопии.

Фиг. 6 представляет собой диаграмму, отображающую результаты анализа центра сечения пеллет твёрдых топлив методом ИК-Фурье спектроскопии.

Фиг. 7 представляет собой диаграмму, показывающую результаты анализа

5 ацетонового экстракта твёрдых топлив методом ИК-Фурье спектроскопии.

Фиг. 8 является диаграммой, отображающей результаты анализа методом ИК-Фурье спектроскопии твёрдого остатка твёрдых топлив после экстракции ацетоном.

Фиг. 9 представляет собой диаграмму, показывающую результаты анализа ацетонового экстракта твёрдых топлив методом ГХ-МС.

10 Фиг. 10 представляет собой фотографию, отображающую форму пеллет после погружения твёрдых топлив в физиологический солевой раствор.

Фиг. 11 представляет собой график, отображающий распределение натрия до и после погружения твёрдых топлив в физиологический солевой раствор.

15 Фиг. 12 является графиком, показывающим результаты анализа твёрдых топлив методом TG.

Фиг. 13 является графиком, показывающим результаты анализа твёрдых топлив методом DTA.

Фиг. 14 представляет собой график, отображающий результаты испытания твёрдого топлива e на разделение на составные части.

20 Фиг. 15 является графиком, показывающим результаты испытания твёрдого топлива f на разделение на составные части.

#### Осуществление изобретения

Твёрдое топливо из биомассы настоящего изобретения представляет собой твёрдое топливо из биомассы, полученное формированием частиц измельчённой в порошок

25 биомассы исходного материала, причем взаимное связывание или сцепление между частицами измельченной в порошок биомассы сохраняется после погружения в воду.

Один из вариантов воплощения твёрдого топлива из биомассы настоящего изобретения характеризуется топливным отношением (связанный углерод/летучее вещество) предпочтительно от 0,15 до 1,50, более предпочтительно от 0,17 до 1,50, ещё

30 более предпочтительно от 0,20 до 1,50; высшей теплотой сгорания на сухую массу топлива предпочтительно от 4500 до 7000 (ккал/кг), более предпочтительно от 4700 до 7000 (ккал/кг); и мольным отношением кислорода O к углероду C (O/C) предпочтительно от 0,1 до 0,7 и мольным отношением водорода H к углероду C (H/C) предпочтительно от 0,70 до 1,40. Если твёрдое топливо из биомассы обладает физическими свойствами

35 в пределах указанных выше диапазонов, может быть снижена величина ХПК отводимой воды при хранении, уменьшаться разделение на составные части и улучшаться лёгкость обращения во время хранения. Твёрдое топливо настоящего изобретения представляет собой формованный твёрдый продукт, полученный в результате осуществления стадий, включающих в себя стадию формования путём сжатия и формования биомассы,

40 раздробленной и измельчённой до состояния обломков или порошка, в блоки биомассы, и стадию нагревания путём нагревания блоков биомассы после стадии формования.

Формованный твёрдый продукт используют в качестве топлива (соответствующего продукту РВТ, упоминаемому ниже). Твёрдое топливо из биомассы настоящего изобретения, имеющее предпочтительные свойства (например, водостойкость и

45 размолоспособность), можно получать путём регулирования, например, соотношения разновидностей деревьев биомассы, используемых в качестве исходного материала, их частей и температуры нагревания (на фигурах иногда называется температурой твёрдого вещества) на стадии нагревания и тому подобными способами. Результаты технического

анализа (промышленного анализа), результаты полного анализа (элементного анализа) и высшая теплота сгорания, приводимые в настоящем описании, определены на основе стандартов JIS M 8812, 8813 и 8814.

Один из вариантов воплощения твёрдого топлива из биомассы настоящего

- 5 изобретения представляет собой продукт, полученный путём формования частиц измельчённой в порошок биомассы исходного материала, содержащего по меньшей мере один из материалов, выбранный из группы, состоящей из каучукового дерева, акации, меранти, эвкалипта и тика, или частиц измельчённой в порошок биомассы исходного материала, состоящей из смеси лиственницы, ели и берёзы. Лиственнице, ель 10 и берёзу можно использовать в качестве исходного материала биомассы по отдельности, но их смеси являются предпочтительными. Твёрдое топливо из биомассы представляет собой формованный твёрдый продукт, полученный в результате осуществления стадий, включающих в себя стадию формования путём сжатия и формования биомассы, раздробленной и измельчённой до состояния обломков или порошка, в блоки биомассы, 15 и стадию нагревания путём нагревания блоков биомассы. Формованный и нагретый твёрдый продукт используют в качестве топлива (соответствующего продукту РВТ, упоминаемому ниже). Поскольку твёрдое топливо из биомассы настоящего изобретения не требует выполнения стадии парового взрыва и использования связующего, повышение стоимости подавляется. В настоящем документе биомасса как исходный 20 материал также называется просто «исходным материалом» или «биомассой», блоки биомассы, полученные путём осуществления процесса формования перед стадией нагревания, также называются «ненагретыми блоками биомассы», а твёрдое топливо из биомассы также называется просто «твёрдым топливом».

В дополнение к этому, исходные материалы могут дополнительно содержать другие

- 25 виды деревьев, отличные от указанных выше. В одном из вариантов осуществления настоящего изобретения общее содержание каучукового дерева, акации, меранти, эвкалипта, тика, лиственницы, ели и березы предпочтительно составляет 50% масс. или больше, более предпочтительно 80% масс. или больше, и может составлять 100% масс. в общей массе исходных материалов биомассы.

- 30 Как описано выше, твёрдое топливо из биомассы настоящего изобретения получено способом, включающим в себя стадию формования и последующую стадию нагревания. На стадии формования блоки биомассы формируют при использовании известных способов формования. Блоки биомассы находятся предпочтительно в форме пеллет или брикетов, а их размер является произвольным. На стадии нагревания 35 сформированные блоки биомассы нагревают.

- 35 В твёрдом топливе из биомассы, полученном после стадии нагревания, величина ХПК (химическая потребность в кислороде) погружной воды, использованной для погружения в неё, предпочтительно составляет 3 000 ч./млн. или меньше. В дополнение к этому, отношение величин ХПК твёрдого топлива из биомассы, представляемое 40 отношением (ХПК твёрдого топлива из биомассы после стадии нагревания)/ХПК ненагретого твёрдого топлива из биомассы), предпочтительно составляет 1,00 или меньше, а более предпочтительно 0,98 или меньше. Здесь ХПК (химическая потребность в кислороде) погружной воды, использованной для погружения в неё твёрдого топлива из биомассы (можно называть просто «ХПК»), обозначает величину ХПК, полученную 45 в результате испытания в соответствии со стандартом JIS K0102(2010)-17 для образца погружной воды, предназначеннной для определения ХПК, приготовленного в соответствии с указанием № 13 Японского агентства по окружающей среде "(A) a method for detecting a metal or the like contained in an industrial waste", 1973.

Твёрдое топливо из биомассы, полученное после стадии нагревания, имеет коэффициент размолоспособности по Хардгрову (HGI), составляющий в соответствии со стандартом JIS M 8801 предпочтительно 15 или больше и 70 или меньше, а более предпочтительно, 20 или больше и 60 или меньше. Его удельная площадь поверхности по БЭТ предпочтительно составляет от 0,11 м<sup>2</sup>/г до 0,80 м<sup>2</sup>/г, более предпочтительно от 0,15 м<sup>2</sup>/г до 0,80 м<sup>2</sup>/г, ещё более предпочтительно от 0,3 до 0,8 м<sup>2</sup>/г, а ещё предпочтительнее от 0,3 до 0,7 м<sup>2</sup>/г. Равновесное содержание влаги после погружения в воду предпочтительно составляет от 10 до 65 масс.%, более предпочтительно от 15 до 65 масс.%, ещё более предпочтительно от 15 до 50 масс.%, а ещё предпочтительнее от 15 до 45 масс.%.

Способ изготовления твёрдого топлива из биомассы настоящего изобретения включает в себя стадию формования для осуществления формования частиц измельчённой в порошок биомассы, подвергнутой раздроблению и измельчению, для получения ненагретых блоков биомассы, и стадию нагревания для осуществления нагревания ненагретых блоков биомассы, в результате чего получают нагретый твёрдый продукт, при этом температура нагревания на стадии нагревания предпочтительно составляет от 150°C до 400°C. При использовании температуры стадии нагревания, находящейся в пределах указанного выше диапазона, можно получать твёрдое топливо из биомассы, имеющее указанные выше свойства. Температуру нагревания определяют надлежащим образом в зависимости от исходных материалов биомассы, а также от формы и размера блоков биомассы, но предпочтительно она составляет от 150 до 400°C, более предпочтительно от 200 до 350°C, ещё более предпочтительно от 230 до 300°C, особенно предпочтительно от 230 до 290°C. Время нагревания на стадии нагревания конкретно не ограничивается, но предпочтительно оно составляет от 0,2 до 3 часов.

Размер частиц для частиц измельчённой в порошок биомассы конкретно не ограничивается, но средний размер предпочтительно составляет примерно от 100 до 3000 мкм, а более предпочтительно от 400 до 1000 мкм. В качестве способа измерения размера частиц измельчённой в порошок биомассы можно использовать известные способы измерения. Так как взаимное связывание или адгезия между частицами измельчённой в порошок биомассы поддерживается за счёт образования поперечных связей с помощью твёрдого вещества в твёрдом топливе из биомассы (РВТ) настоящего изобретения, как описано ниже, размер частиц измельчённой в порошок биомассы конкретно не ограничивается, если только он находится в пределах диапазона, пригодного для формуемости. Кроме того, поскольку тонкое измельчение становится причиной повышения стоимости, размер частиц может находиться в пределах известного диапазона, если только и стоимость, и формуемость могут согласовываться.

Если А обозначает насыпную плотность ненагретых блоков биомассы перед стадией нагревания, а В обозначает насыпную плотность нагретого твёрдого продукта после стадии нагревания, предпочтительно, чтобы отношение  $B/A = 0,6 - 1$ . Величина насыпной плотности А конкретно не ограничивается, если только она находится в пределах такого известного диапазона, что ненагретые блоки биомассы могут быть получены формированием частиц измельчённой биомассы. Насыпная плотность изменяется в зависимости от вида исходных материалов биомассы, и, таким образом, её можно устанавливать надлежащим образом. Насыпную плотность можно измерять способом, описанным ниже в примерах. Если H1 обозначает HGI (коэффициент размолоспособности по Хардгрову в соответствии со стандартом JIS M8801) ненагретых

блоков биомассы, а H2 обозначает коэффициент HGI нагретых твёрдых продуктов, предпочтительно, чтобы удовлетворялось условие  $H2/H1 = 1,1 - 4,0$ , а более предпочтительно, чтобы соотношение составляло от 1,1 до 2,5. Путём осуществления нагревания таким образом, чтобы одно из значений, значение B/A (отношение насыпных 5 плотностей) и значение H2/H1 (отношение коэффициентов HGI), или оба эти значения находились в пределах указанных диапазонов, можно получать твёрдое топливо из биомассы, характеризующееся улучшенной лёгкостью обращения во время хранения за счёт снижения разделения на составные части при одновременном уменьшении величины ХПК отводимой воды во время хранения.

10 В твёрдом топливе настоящего изобретения доля расширения длины и/или диаметра до и после погружения в воду предпочтительно составляет 20% или меньше, доля объёмного расширения предпочтительно составляет 173% или меньше, более предпочтительно 160% или меньше. Более предпочтительно, чтобы доли расширения диаметра и длины составляли 15% или меньше, а доля объёмного расширения составляла 15 около 152% или меньше. Ещё более предпочтительно, чтобы доли расширения диаметра и длины составляли 13% или меньше, а доля объёмного расширения составляла около 140% или меньше. Ещё предпочтительнее, чтобы доли расширения диаметра и длины составляли 11% или меньше, а доля объёмного расширения составляла около 137% или меньше. Даже ещё предпочтительнее, чтобы доля расширения длины составляла 10% 20 или меньше. Как описано выше, поскольку доли расширения после погружения в воду находятся в пределах определённого диапазона, твёрдое топливо из биомассы настоящего изобретения не разделяется на составные части даже при погружении, показывая, что оно обладает водостойкостью. Долю расширения длины, долю расширения диаметра и долю объёмного расширения можно измерять способом, 25 описанным в примерах.

В настоящем документе характеристики твёрдого топлива из биомассы можно определять в предпочтительном диапазоне, в зависимости от видов деревьев биомассы, используемой в качестве исходного материала. Далее в настоящем документе предпочтительные диапазоны будут описаны относительно видов исходных материалов 30 биомассы, используемых в настоящем изобретении, свойств полученных твёрдых топлив (соответствующих продукту РВТ, упомянутому ниже) и способу их получения, соответственно, но они являются лишь примерами, и настоящее изобретение ими не ограничивается.

[Виды исходного материала биомассы и свойства твёрдого топлива]

35 (Каучуковое дерево: твёрдое топливо а)

Если исходный материал представляет собой каучуковое дерево, свойства твёрдого топлива из биомассы (далее в настоящем документе может называться твёрдым топливом а) в отношении аспекта настоящего изобретения являются следующими.

Его величина ХПК предпочтительно составляет 2500 ч./млн. или меньше, более 40 предпочтительно 1100 ч./млн. или меньше, ещё более предпочтительно 600 ч./млн. или меньше, а отношение его величин ХПК предпочтительно составляет 1,00 или меньше, более предпочтительно 0,60 или меньше, и даже более предпочтительно 0,55 или меньше.

Равновесное содержание влаги после погружения его в воду (соответствующее содержанию влаги твёрдого тела, описанному в примерах) предпочтительно составляет 45 от 15 масс.% до 45 масс.%, более предпочтительно от 15 масс.% до 40 масс.%, а ещё предпочтительнее от 15 масс.% до 32 масс.%.

Его удельная площадь поверхности по БЭТ предпочтительно составляет от 0,43 м<sup>2</sup>/г до 0,80 м<sup>2</sup>/г, более предпочтительно от 0,44 м<sup>2</sup>/г до 0,80 м<sup>2</sup>/г, а ещё предпочтительнее

от 0,47 м<sup>2</sup>/г до 0,80 м<sup>2</sup>/г.

Его коэффициент HGI предпочтительно составляет от 30 до 70, более предпочтительно от 35 до 70, а ещё предпочтительнее от 45 до 70. Отношение коэффициентов HGI (описанное ниже) предпочтительно составляет от 1,5 до 4,0, более предпочтительно от 2,0 до 4,0, а ещё более предпочтительно от 2,5 до 4,0.

Его топливное отношение предпочтительно составляет от 0,20 до 1,50, а более предпочтительно от 0,25 до 1,50.

Его высшая теплота сгорания на сухую массу топлива предпочтительно составляет от 4700 до 7000 ккал/кг, более предпочтительно от 5000 до 7000 ккал/кг, а ещё предпочтительнее от 5100 до 7000 ккал/кг.

Его мольное отношение кислорода О к углероду С (O/C) предпочтительно составляет от 0,10 до 0,65, более предпочтительно от 0,15 до 0,60. Его мольное отношение водорода Н к углероду С (H/C) предпочтительно составляет от 0,70 до 1,38, а более предпочтительно от 0,70 до 1,35.

Его доля расширения диаметра предпочтительно составляет 20% или меньше, более предпочтительно 15% или меньше, а ещё предпочтительнее 5% или меньше.

Его доля расширения длины предпочтительно составляет 10% или меньше, более предпочтительно 7% или меньше, а ещё предпочтительнее 4% или меньше.

Его доля объёмного расширения предпочтительно составляет 158% или меньше, более предпочтительно 142% или меньше, а ещё предпочтительнее 115% или меньше.

Вышеизложенное описание представляет предпочтительный диапазон свойств твёрдого топлива а.

В дополнение к этому, при получении твёрдого топлива а температура нагревания на стадии нагревания предпочтительно составляет от 230 до 350°C, более предпочтительно от 250 до 300°C, а ещё более предпочтительно от 255 до 290°C.

(Акация: твёрдое топливо b)

Если исходный материал представляет собой ксилемную часть акции, свойства твёрдого топлива из биомассы (далее в настоящем документе может называться твёрдым топливом b) в отношении аспекта настоящего изобретения являются следующими.

Его величина ХПК предпочтительно составляет 400 ч./млн. или меньше, более предпочтительно 350 ч./млн. или меньше, а ещё более предпочтительно 250 ч./млн. или меньше, а отношение его величин ХПК предпочтительно составляет 1,00 или меньше, более предпочтительно 0,98 или меньше, а ещё предпочтительнее 0,81 или меньше.

Равновесное содержание влаги после погружения его в воду предпочтительно составляет от 15 масс.% до 30 масс.%, более предпочтительно от 18 масс.% до 27 масс.%, а ещё предпочтительнее от 18 масс.% до 24 масс.%.

Его коэффициент HGI предпочтительно составляет от 20 до 70, более предпочтительно от 35 до 65, а ещё предпочтительнее от 40 до 65.

Его удельная площадь поверхности по БЭТ предпочтительно составляет от 0,32 м<sup>2</sup>/г до 0,60 м<sup>2</sup>/г, более предпочтительно от 0,35 м<sup>2</sup>/г до 0,60 м<sup>2</sup>/г, а ещё предпочтительнее от 0,35 м<sup>2</sup>/г до 0,55 м<sup>2</sup>/г.

Его топливное отношение предпочтительно составляет от 0,21 до 0,90, более предпочтительно от 0,21 до 0,88, а ещё предпочтительнее от 0,21 до 0,85.

Его высшая теплота сгорания на сухую массу топлива предпочтительно составляет от 4790 до 7000 ккал/кг, более предпочтительно от 4800 до 7000 ккал/кг, а ещё предпочтительнее от 4900 до 6500 ккал/кг.

Его мольное отношение кислорода О к углероду С (O/C) предпочтительно составляет

от 0,25 до 0,62, более предпочтительно от 0,28 до 0,61, а ещё более предпочтительно от 0,30 до 0,61.

Его мольное отношение водорода Н к углероду С (Н/С) предпочтительно составляет от 0,80 до 1,30, более предпочтительно от 0,90 до 1,30, а ещё предпочтительнее от 0,90 до 1,29.

Его доля расширения диаметра предпочтительно составляет 15% или меньше, более предпочтительно 9% или меньше, а ещё предпочтительнее 7% или меньше.

Его доля расширения длины предпочтительно составляет 8% или меньше, более предпочтительно 5% или меньше, а ещё предпочтительнее 4% или меньше.

Его доля объёмного расширения предпочтительно составляет 143% или меньше, более предпочтительно 127% или меньше, а ещё предпочтительнее 119% или меньше.

Вышеизложенное описание представляет предпочтительный диапазон свойств твёрдого топлива b.

В дополнение к этому, при получении твёрдого топлива b температура нагревания на стадии нагревания предпочтительно составляет от 200 до 350°C, более предпочтительно от 220 до 300°C, а ещё более предпочтительно от 230 до 290°C.

(Меранти: твёрдое топливо с)

Если исходный материал представляет собой меранти, свойства твёрдого топлива из биомассы (далее в настоящем документе может называться твёрдым топливом с) в отношении аспекта настоящего изобретения являются следующими.

Его величина ХПК предпочтительно составляет 550 ч./млн. или меньше, более предпочтительно 500 ч./млн. или меньше, а ещё более предпочтительно 300 ч./млн. или меньше, а отношение его величин ХПК предпочтительно составляет 0,98 или меньше, более предпочтительно 0,89 или меньше, а ещё предпочтительнее 0,54 или меньше.

Равновесное содержание влаги после погружения его в воду предпочтительно составляет от 15 масс.% до 30 масс.%, более предпочтительно от 15 масс.% до 27 масс.%, а ещё предпочтительнее от 17 масс.% до 26 масс.%.

Его коэффициент HGI предпочтительно составляет от 25 до 70, более предпочтительно от 30 до 70, а ещё предпочтительнее от 30 до 60.

Его удельная площадь поверхности по БЭТ предпочтительно составляет от 0,30 до 0,45 м<sup>2</sup>/г, более предпочтительно от 0,30 до 0,41 м<sup>2</sup>/г, а ещё предпочтительнее от 0,33 до 0,40 м<sup>2</sup>/г.

Его топливное отношение предпочтительно составляет от 0,19 до 0,80, более предпочтительно от 0,20 до 0,80, а ещё предпочтительнее от 0,20 до 0,50, и особенно предпочтительно от 0,21 до 0,5.

Его высшая теплота сгорания на сухую массу топлива предпочтительно составляет от 4800 до 7000 ккал/кг, более предпочтительно от 4800 до 6500 ккал/кг, а ещё предпочтительнее от 4900 до 6000 ккал/кг.

Его мольное отношение кислорода О к углероду С (О/С) предпочтительно составляет от 0,30 до 0,62, более предпочтительно от 0,30 до 0,61, а ещё более предпочтительно от 0,35 до 0,61.

[0056]

Его мольное отношение водорода Н к углероду С (Н/С) предпочтительно составляет от 0,90 до 1,30, более предпочтительно от 0,95 до 1,30, а ещё предпочтительнее от 1,00 до 1,30.

Его доля расширения диаметра предпочтительно составляет 15% или меньше, более предпочтительно 12% или меньше, а ещё предпочтительнее 10% или меньше.

Его доля расширения длины предпочтительно составляет 10% или меньше, более

предпочтительно 8% или меньше, а ещё предпочтительнее 6% или меньше.

Его доля объёмного расширения предпочтительно составляет 145% или меньше, более предпочтительно 135% или меньше, а ещё предпочтительнее 128% или меньше.

Вышеизложенное описание представляет предпочтительный диапазон свойств твёрдого топлива с.

В дополнение к этому, при получении твёрдого топлива с температура нагревания на стадии нагревания предпочтительно составляет от 200 до 350°C, более предпочтительно от 220 до 300°C, а ещё более предпочтительно от 230 до 290°C.

(Эвкалипт: твёрдое топливо d)

Если исходный материал представляет собой эвкалипт, свойства твёрдого топлива из биомассы (далее в настоящем документе может называться твёрдым топливом d) в отношении аспекта настоящего изобретения являются следующими.

Его величина ХПК предпочтительно составляет 900 ч./млн. или меньше, более предпочтительно 800 ч./млн. или меньше, ещё более предпочтительно 650 ч./млн. или меньше, а отношение его величин ХПК предпочтительно составляет 0,95 или меньше, более предпочтительно 0,84 или меньше, а ещё предпочтительнее 0,68 или меньше.

Равновесное содержание влаги после погружения его в воду (соответствующее содержанию влаги твёрдого тела, описанному в примерах) составляет от 13 масс.% до 25 масс.%, более предпочтительно от 15 масс.% до 24 масс.%, а ещё предпочтительнее от 15 масс.% до 23 масс.%.

Его удельная площадь поверхности по БЭТ предпочтительно составляет от 0,135 м<sup>2</sup>/г до 0,210 м<sup>2</sup>/г, более предпочтительно от 0,140 м<sup>2</sup>/г до 0,210 м<sup>2</sup>/г, а ещё предпочтительнее от 0,150 м<sup>2</sup>/г до 0,195 м<sup>2</sup>/г.

Его коэффициент HGI предпочтительно составляет от 25 до 50, более предпочтительно от 27 до 45, а ещё предпочтительнее от 30 до 40. Отношение коэффициентов HGI (описанное ниже) предпочтительно составляет от 1,1 до 4,0, более предпочтительно от 1,4 до 2,3, а ещё более предпочтительно от 1,5 до 2,0.

Его топливное отношение предпочтительно составляет от 0,18 до 0,60, более предпочтительно от 0,19 до 0,50, а ещё более предпочтительно от 0,23 до 0,44.

Его высшая теплота сгорания на сухую массу топлива предпочтительно составляет от 4690 до 6000 ккал/кг, более предпочтительно от 4900 до 5700 ккал/кг, а ещё предпочтительнее от 5000 до 5600 ккал/кг.

Его мольное отношение кислорода О к углероду С (O/C) предпочтительно составляет от 0,35 до 0,65, более предпочтительно от 0,40 до 0,63, а ещё предпочтительнее от 0,45 до 0,59. Его мольное отношение водорода Н к углероду С (H/C) предпочтительно составляет от 1,00 до 1,24, более предпочтительно от 1,05 до 1,24, а ещё предпочтительнее от 1,05 до 1,169.

Его доля расширения диаметра предпочтительно составляет 8,0% или меньше, более предпочтительно 7,0% или меньше, а ещё предпочтительнее 6,0% или меньше.

Его доля расширения длины предпочтительно составляет 6,0% или меньше, более предпочтительно 5,5% или меньше, а ещё предпочтительнее 4,5% или меньше.

Его доля объёмного расширения предпочтительно составляет 127% или меньше, более предпочтительно 121% или меньше, а ещё предпочтительнее 117% или меньше.

Вышеизложенное описание представляет предпочтительный диапазон свойств твёрдого топлива d.

В дополнение к этому, при получении твёрдого топлива d температура нагревания на стадии нагревания предпочтительно составляет от 200 до 350°C, более предпочтительно от 220 до 300°C, а ещё более предпочтительно от 231 до 265°C.

(Тик: твёрдое топливо е)

Если исходный материал представляет собой тик, свойства твёрдого топлива из биомассы (далее в настоящем документе может называться твёрдым топливом е) в отношении аспекта настоящего изобретения являются следующими.

<sup>5</sup> Его величина ХПК предпочтительно составляет 1500 ч./млн. или меньше, более предпочтительно 1200 ч./млн. или меньше, ещё более предпочтительно 1000 ч./млн. или меньше, а отношение его величин ХПК предпочтительно составляет 0,75 или меньше, более предпочтительно 0,60 или меньше, а ещё предпочтительнее 0,50 или меньше.

<sup>10</sup> Равновесное содержание влаги после погружения его в воду (соответствующее содержанию влаги твёрдого тела, описанному в примерах) предпочтительно составляет от 15 масс.% до 30 масс.%, более предпочтительно от 17 масс.% до 29 масс.%, а ещё предпочтительнее от 17 масс.% до 28 масс.%.

<sup>15</sup> Его удельная площадь поверхности по БЭТ предпочтительно составляет от 0,355 м<sup>2</sup>/г до 0,550 м<sup>2</sup>/г, более предпочтительно от 0,425 м<sup>2</sup>/г до 0,530 м<sup>2</sup>/г, а ещё предпочтительнее от 0,430 м<sup>2</sup>/г до 0,490 м<sup>2</sup>/г.

<sup>20</sup> Его коэффициент HGI предпочтительно составляет от 21 до 45, более предпочтительно от 22 до 40, а ещё предпочтительнее от 25 до 38. Отношение коэффициентов HGI (описанное ниже) предпочтительно составляет от 1,1 до 4,0, более предпочтительно от 1,1 до 2,0, а ещё предпочтительнее от 1,3 до 1,9.

<sup>25</sup> Его топливное отношение предпочтительно составляет от 0,23 до 0,60, более предпочтительно от 0,27 до 0,55, а ещё более предпочтительно от 0,27 до 0,49.

<sup>30</sup> Его высшая теплота сгорания на сухую массу топлива предпочтительно составляет от 4600 до 6000 ккал/кг, более предпочтительно от 4780 до 5500 ккал/кг, а ещё предпочтительнее от 4800 до 5350 ккал/кг.

<sup>35</sup> Его мольное отношение кислорода О к углероду С (O/C) предпочтительно составляет от 0,40 до 0,65, более предпочтительно от 0,40 до 0,58, а ещё предпочтительнее от 0,45 до 0,58. Его мольное отношение водорода Н к углероду С (H/C) предпочтительно составляет от 1,0 до 1,3, более предпочтительно от 1,05 до 1,26, а ещё предпочтительнее от 1,10 до 1,25.

<sup>40</sup> Его доля расширения диаметра предпочтительно составляет 15,0% или меньше, более предпочтительно 12,0% или меньше, а ещё предпочтительнее 11,0% или меньше.

Его доля расширения длины предпочтительно составляет 6,0% или меньше, более предпочтительно 4,5% или меньше, а ещё предпочтительнее 4,0% или меньше.

<sup>45</sup> Его доля объёмного расширения предпочтительно составляет 140% или меньше, более предпочтительно 131% или меньше, а ещё предпочтительнее 128% или меньше.

Вышеизложенное описание представляет предпочтительный диапазон свойств твёрдого топлива е.

В дополнение к этому, при получении твёрдого топлива е температура нагревания на стадии нагревания предпочтительно составляет от 200 до 350°C, более предпочтительно от 230 до 300°C, а ещё более предпочтительно от 235 до 269°C.

(Смесь лиственницы, ели и берёзы: твёрдое топливо f)

<sup>45</sup> Если исходный материал представляет собой смесь лиственницы, ели и берёзы, свойства твёрдого топлива из биомассы (далее в настоящем документе может называться твёрдым топливом f) в отношении аспекта настоящего изобретения являются следующими. Хотя отношение смешения лиственницы, ели и берёзы конкретно не ограничивается, их можно смешивать в массовом отношении лиственница : ель : берёза = от 30 до 70 : от 25 до 65 : от 0 до 25.

Его величина ХПК предпочтительно составляет 1200 ч./млн. или меньше, более

предпочтительно 1000 ч./млн. или меньше, ещё более предпочтительно 850 ч./млн. или меньше, а отношение его величин ХПК предпочтительно составляет 0,33 или меньше, более предпочтительно 0,28 или меньше, а ещё предпочтительнее 0,24 или меньше.

Равновесное содержание влаги после погружения его в воду предпочтительно

<sup>5</sup> составляет от 15 масс.% до 30 масс.%, более предпочтительно от 15 масс.% до 28 масс.%, а ещё предпочтительнее от 15 масс.% до 27 масс.%.

Его удельная площадь поверхности по БЭТ предпочтительно составляет от 0,150

<sup>10</sup> м<sup>2</sup>/г до 0,250 м<sup>2</sup>/г, более предпочтительно от 0,160 м<sup>2</sup>/г до 0,250 м<sup>2</sup>/г, а ещё

предпочтительнее от 0,170 м<sup>2</sup>/г до 0,250 м<sup>2</sup>/г.

Его коэффициент HGI предпочтительно составляет от 18 до 45, более предпочтительно от 21 до 40, а ещё предпочтительнее от 22 до 35. Отношение коэффициентов HGI (описанное ниже) предпочтительно составляет от 1,1 до 4,0, более предпочтительно от 1,2 до 2,4, а ещё более предпочтительно от 1,2 до 2,2.

<sup>15</sup> Его топливное отношение предпочтительно составляет от 0,165 до 0,35, более предпочтительно от 0,17 до 0,35, а ещё более предпочтительно от 0,18 до 0,30.

Его высшая теплота сгорания на сухую массу топлива предпочтительно составляет от 4800 до 6000 ккал/кг, более предпочтительно от 4900 до 5700 ккал/кг, а ещё предпочтительнее от 5000 до 5500 ккал/кг.

<sup>20</sup> Его мольное отношение кислорода О к углероду С (O/C) предпочтительно составляет от 0,45 до 0,64, более предпочтительно от 0,47 до 0,62, а ещё предпочтительнее от 0,50 до 0,61. Его мольное отношение водорода Н к углероду С (H/C) предпочтительно составляет от 1,0 до 1,3, более предпочтительно от 1,1 до 1,3, а ещё предпочтительнее от 1,10 до 1,29.

<sup>25</sup> Его доля расширения диаметра предпочтительно составляет 15,0% или меньше, более предпочтительно 13,0% или меньше, а ещё предпочтительнее 10,0% или меньше.

Его доля расширения длины предпочтительно составляет 7,0% или меньше, более предпочтительно 6,0% или меньше, а ещё предпочтительнее 4,5% или меньше.

<sup>30</sup> Его доля объёмного расширения предпочтительно составляет 142% или меньше, более предпочтительно 135% или меньше, а ещё предпочтительнее 126% или меньше.

Вышеизложенное описание представляет предпочтительный диапазон свойств твёрдого топлива f.

В дополнение к этому, при получении твёрдого топлива f температура нагревания на стадии нагревания предпочтительно составляет от 200 до 350°C, более предпочтительно от 230 до 310°C, а ещё более предпочтительно от 240 до 300°C.

<sup>35</sup> Авторы настоящего изобретения полагают, что, поскольку данный способ имеет такой порядок стадий, что стадию нагревания для выполнения нагревания ненагретых блоков биомассы осуществляют после стадии формования, в способе получения твёрдого топлива из биомассы взаимное связывание или адгезия между частицами измельчённой в порошок биомассы поддерживается за счёт использования компонентов, образующихся из биомассы исходного материала без применения связующего, и это обеспечивает возможность производства твёрдых топлив из биомассы, обладающих высокой водостойкостью, которые не разделяются на составные части при погружении в воду. Согласно анализу авторов настоящего изобретения, были получены следующие <sup>40</sup> результаты исследования, касающиеся механизма сообщения водостойкости твёрдым топливам из биомассы.

Авторы настоящего изобретения выполняли анализы методами ИК-Фурье спектроскопии, ГХ-МС и СЭМ для трёх типов твёрдых топлив из биомассы, приготовленных различными способами получения, конкретно ненагретого твёрдого

топлива, полученного формованием частиц измельчённой в порошок биомассы (Белая пеллета: может называться "WP"), и твёрдого топлива, полученного при нагревании после формования частиц измельчённой в порошок биомассы (пеллетизация до торрефикации; может называться "PBT"), и проводили анализ механизма формирования 5 водостойкости твёрдых топлив из биомассы. В настоящем документе связующие не использовали ни в случае WP, ни в случае PBT. На фиг. 5 - 8 показаны примеры с результатами анализа твёрдых топлив из биомассы методом ИК-Фурье спектроскопии, а на фиг. 9 представлен результат анализа ацетонового экстракта твёрдых топлив из 10 биомассы методом ГХ-МС (для получения подробностей приводится отсылка на примеры).

Прежде всего, ацетоновые экстракты соответственных твёрдых топлив анализировали методом ИК-Фурье спектроскопии. В топливе PBT, полученном при помощи стадии нагревания, содержание гидрофильных групп COOH невелико, а содержание связей С=С значительно, по сравнению с ненагретым топливом WP. Это позволяет 15 предполагать, что химическая структура компонентов, образующих биомассу, изменилась и превратилась в гидрофобную в результате нагревания.

В дополнение к этому, компоненты ацетоновых экстрактов соответственных твёрдых топлив анализировали методом ГХ-МС. Предполагается, что терпены, такие как 20 абиетиновая кислота и её производные (далее в настоящем документе может называться «абиетиновая кислота и ей подобные»), термически разложились при нагревании, и этот факт связывается с водостойкостью твёрдого топлива из биомассы. Абиетиновая кислота и ей подобные вещества являются основными компонентами канифолей, 25 содержащихся в сосне и тому подобном.

Фиг. 4 представляет собой диаграмму, иллюстрирующую (оценочный) механизм 30 образования поперечных связей с помощью твёрдого вещества в ходе PBT. В случае PBT на стадии нагревания, выполняемой после стадии формования, жидкость расплава абиетиновой кислоты вымывается в промежуток между частицами биомассы (промежуток между соседними частицами измельчённой в порошок биомассы, которые 35 были уплотнены в результате формования после измельчения; в настоящем документе биомасса может называться также «измельчённой в порошок биомассой») при повышении температуры, а также имеют место испарение и термическое разложение абиетиновой кислоты с образованием гидрофобных материалов, которые закрепляются 40 в промежутке между частицами измельчённой в порошок биомассы для поперечного сшивания (образование поперечных связей с помощью твёрдого вещества). Таким образом, без добавления связующего, взаимное связывание или адгезия между частицами измельчённой в порошок биомассы поддерживается при помощи абиетиновой кислоты 45 и подобных ей соединений, образующихся из исходного материала биомассы. Следовательно, предполагается, что, поскольку частицы измельчённой в порошок биомассы соединены или связаны друг с другом для предотвращения проникновения воды, водостойкость улучшается.

С другой стороны, в случае пеллеты WP, которая представляет собой ненагретые и 50 полученные только в результате формования частицы измельчённой в порошок биомассы, между частицами порошка измельчённой в порошок биомассы не существует никакого поперечного сшивания с помощью твёрдого вещества, в отличие от вышеупомянутого продукта PBT. Поскольку на поверхности исходных частиц измельчённой в порошок биомассы, образующих пеллету WP, имеется множество 55 гидрофильных групп COOH и им подобных, вода легко поступает. Проникающая вода ещё больше расширяет промежуток между частицами измельчённой в порошок

биомассы, и, таким образом, сформированные пеллеты и им подобные легко разделяются на составные части.

Кроме того, в случае твёрдых топлив, формованных после нагревания частиц измельчённой в порошок биомассы (пеллетизация после торрефикации; далее в 5 настоящем документе может называться РАТ), отдельные частицы измельчённой в порошок биомассы сами становятся гидрофобными на своей поверхности вследствие вымывания абиетиновой кислоты и пр. Однако, поскольку измельчение и формование осуществляют после того, как они становятся гидрофобными в результате нагревания, образование поперечного связывания между частицами измельчённой в порошок 10 биомассы не ожидается, в отличие от вышеупомянутого продукта РВТ. С учётом вышесказанного, в случае продукта РАТ, при получении которого нагревание выполняют до формования, вода легко проникает в промежуток между уплотнёнными частицами измельчённой в порошок биомассы, и, таким образом, он имеет низкую водостойкость, по сравнению с продуктом РВТ.

15 Температура плавления абиетиновой кислоты или её производных составляет примерно от 139 до 142°C, а температура кипения составляет около 250°C. Таким образом, абиетиновая кислота и ей подобные вещества плавятся в результате нагревания при температуре вблизи температуры плавления с формированием поперечного 20 сшивания с помощью жидкости, и абиетиновая кислота и ей подобные вещества термически разлагаются при температуре вблизи температуры кипения с образованием поперечных связей при помощи твёрдого вещества.

Следует отметить, что терпены, в том числе абиетиновая кислота, в общем случае 25 содержатся в биомассе (смотрите Hokkaido Forest Products Research Institute monthly report 171, April 1966, Public Interest Incorporated Association Japan Wood Protection Association, "Wood Preservation" Vol.34-2 (2008) и т.д.). Хотя в их содержании имеются небольшие различия в зависимости от типа биомассы (смотрите "Use of essential oil", Ohira Tatsuro, Japan Wood Society the 6th Research Subcommittee Report p72, Table 1, Japan Wood Society 1999 и т.д.), все примеры, описанные ниже, продемонстрировали формирование водостойкости в результате нагревания при 230°C или выше (разделения на составные 30 части не происходит даже после погружения в воду, смотрите таблицу 2), и с учётом вышесказанного, считается, что нагревание биомассы в общем случае при температуре по меньшей мере от 230°C или выше до 250°C или выше обеспечивает водостойкость.

В дополнение к этому, в случае РВТ прочность твёрдого топлива улучшается вследствие образования поперечных связей с помощью твёрдого вещества, и с учётом 35 вышесказанного, полагают, что высокая размолоспособность (HGI, размолоспособность на шаровой мельнице) и высокая лёгкость обращения (испытания на механическую стойкость и разделение на составные части) достигаются без добавления связующего, в результате нагревания при температуре по меньшей мере от 230°C или выше до 250°C или выше, аналогично водостойкости. Как упомянуто выше, величина ХПК уменьшается 40 при использовании РВТ. Предполагается, это имеет место вследствие того, что смоляной компонент исходного материала биомассы улетучивается при нагревании, и в то же время отверждённая абиетиновая кислота и подобные ей вещества покрывают поверхность твёрдого топлива РВТ, что дополнительно повышает гидрофобность 45 поверхности твёрдого топлива для предотвращения вымывания смоляного компонента, остающегося в исходном материале биомассы.

### Пример

Далее в настоящем документе настоящее изобретение будет описано конкретно со ссылкой на примеры, но настоящее изобретение ими не ограничивается.

В следующих ниже примерах а - f твёрдые топлива из биомассы, приготовлены описанными ниже способами получения, соответственно. Свойства и тому подобные характеристики указанных твёрдых топлив приведены в таблицах 1 - 4.

**<Пример а: каучуковое дерево>**

5 В следующих ниже примерах а1 - a4 и сравнительном примере а, твёрдое топливо из биомассы получено с использованием каучукового дерева в качестве исходного материала биомассы, как описано ниже.

**(Примеры а1 - a4)**

Твёрдое топливо а из биомассы (РВТ) получали при осуществлении стадии

10 формования, включающей измельчение в порошок биомассы после дробления и формование частиц измельчённой в порошок биомассы, а также последующей стадии нагревания. Связующее не используют ни на какой стадии. В процессе формования каждого примера исходный материал формовали в форму пеллеты с диаметром 8 мм. На стадии нагревания каждого примера 4 кг исходного материала (формованная 15 биомасса) загружают в электрическую печь периодического действия, имеющую диаметр 600 мм, и нагревают до заданных в соответственных примерах значений температуры (температура нагревания в таблице 1) со скоростью 2°C/мин. Далее в настоящем документе заданная температура и температура нагревания относятся к одному и тому же значению. В примерах а1 - a4 температуру не поддерживали при заданном значении 20 температуры (температура нагревания) (это применяется также к следующим ниже примерам b - f). В таблице 1 и таблице 2 показаны температура нагревания на стадии нагревания в примерах а1 - a4 и свойства полученного твёрдого топлива а из биомассы, полученного после стадии нагревания.

**(Сравнительный пример а)**

25 Сравнительный пример а представляет ненагретое твёрдое топливо из биомассы (WP), которое получают только путём формования после дробления и измельчения в порошок, и не подвергают стадии нагревания. В сравнительном примере а связующее также не используют. В таблице 1 и таблице 2 также показаны свойства полученного твёрдого топлива сравнительного примера а. В случае ненагретого твёрдого топлива 30 из биомассы (WP) сравнительного примера а пеллеты разделялись на составные части после погружения в воду на 168 часов и, таким образом, невозможно было измерять каждую характеристику.

Метод анализа, проводимый в случае каждого твёрдого топлива из биомассы, описан ниже.

35 **<До погружения в воду>**

**[Выход]**

В таблицах 1 и 3 выход твёрдого вещества представляет собой отношение масс до и после нагревания ( $100 \times$  масса сухого вещества после нагревания/масса сухого вещества до нагревания (%)), а выход тепла представляет собой отношение величин теплоты 40 сгорания до и после нагревания (высшая теплота сгорания после нагревания (сухая масса)  $\times$  выход твёрдого вещества/высшая теплота сгорания до нагревания (сухая масса)). Как упомянуто выше, в каждом примере температуру не поддерживали на уровне заданной температуры (температура нагревания).

Кроме того, в таблицах 1 и 3 приведены высшая теплота сгорания (сухая масса), 45 топливное отношение, вычисленное на основе данных технического анализа (воздушно-сухое состояние), а также результаты полного анализа (сухая масса) и мольные отношения кислорода O, углерода C и водорода H, полученные на основе полного анализа. Величина HGI определена на основе стандарта JIS M 8801, как описано выше,

и большее значение указывает на лучшую размолоспособность. Отношение коэффициентов HGI вычислено по формуле:  $100 \times \text{HGI}$  после нагревания/HGI до нагревания (%). В таблице 1 "HHV" представляет высшую теплоту сгорания (сухая масса), "FC" представляет связанный углерод (воздушно-сухое состояние), "VM" 5 представляет летучее вещество (воздушно-сухое состояние), топливное отношение представляет собой величину, вычисленную по формуле "FC/VM".

[Размолоспособность в шаровой мельнице]

Время измельчения в порошок каждого твёрдого топлива из биомассы составляло 20 минут, и по истечении 20 минут массовую долю частиц, прошедших через ячейки 10 сита размером 150 мкм, определяли как баллы измельчения в порошок. В настоящем документе измерения выполняли с использованием шаровой мельницы, соответствующей стандарту JIS M4002, при этом в цилиндрическую ёмкость, имеющую внутренний диаметр 305 мм × длину оси 305 мм, загружали стандартные шарикоподшипники, определяемые стандартом JIS B1501 (Ф36,5 мм × 43 шарика, Ф30,2 мм × 67 шариков, 15 Ф24,4 мм × 10 шариков, Ф19,1 мм × 71 шариков и Ф15,9 мм × 94 шарика) и вращали ёмкость со скоростью 70 об/мин. Большее значение указывает на улучшение размолоспособности.

[Размер перед погружением в воду (диаметр и длина)]

Измеряли длину (L1) и диаметр ( $\phi_1$ ) пеллет каждого твёрдого топлива перед

20 погружением в воду. Для определения длины пеллет перед погружением выбирали случайным образом десять пеллет каждого твёрдого топлива и измеряли их длину электронным штангенциркулем (произведён фирмой Mitutoyo: модель CD-15CX, точность воспроизведения составляет 0,01 мм, и измеренные величины округляли до второго знака после запятой.). В случае, если конец пеллеты представлял собой диагональ, 25 измеряли длину до наиболее удалённого участка конца. Диаметр пеллет также измеряли с использованием того же электронного штангенциркуля. Измеренные величины длины и диаметра пеллет представляют собой средние значения для 10 пеллет.

[Прочность твёрдого вещества до и после погружения в воду (механическая стойкость)]

30 Для каждого твёрдого топлива механическую стойкость DU определяли на основе следующего уравнения в соответствии с сельскохозяйственным стандартом ASAE S 269.4 Соединённых Штатов и немецким промышленным стандартом DIN EN 15210-1. В данном уравнении  $m_0$  является массой образца до обработки в условиях вращения,  $m_1$  является массой образца, остающейся на сите, после обработки в условиях вращения, 35 при этом использованное сито представляло собой пластинчатое сито с круглыми ячейками диаметром 3,15 мм.

$$DU = (m_1/m_0) \times 100$$

[Насыпная плотность]

Согласно национальному стандарту Великобритании BS EN15103: 2009, для каждого 40 твёрдого топлива насыпную плотность BD вычисляли по следующей формуле:

$$BD = (m_2 - m_1)/V.$$

Для измерения использовали ёмкость, имеющую внутренний диаметр 167 мм × высота 228 мм. В данной формуле  $m_1$  является массой ёмкости,  $m_2$  представляет собой сумму массы ёмкости и массы образца, а  $V$  является объёмом ёмкости.

45 [Распределение по размерам пор]

(Удельная площадь поверхности по БЭТ)

Удельную площадь поверхности по БЭТ определяли с использованием автоматического устройства для измерения удельной площади поверхности/

распределения по размерам пор (фирма Nippon Bell Co., Ltd. BELSORP-min II) для каждого твёрдого топлива, которое разрезали до размера от 2 до 6 мм, заполняли ёмкость и в качестве предварительной обработки дегазировали в вакууме в течение 2 часов при 100°C. В качестве адсорбционного газа использовали газообразный азот. В 5 таблицах 2 и 4 и на фиг. 1 показана взаимосвязь между температурой и удельной площадью поверхности по БЭТ каждого твёрдого топлива.

(Средний диаметр пор, общий объём пор)

Средний диаметр пор и общий объём пор измеряли с использованием того же оборудования, что и для определения удельной площади поверхности по БЭТ. Термин 10 «пора», употребляемый в настоящем документе, обозначает полость, имеющую диаметр от 2 нм до 100 нм. В таблице 2 показан средний диаметр пор на поверхности каждого твёрдого топлива, а в таблице 3 представлен общий объём пор каждого твёрдого топлива.

<После погружения в воду>

15 Далее в таблицах 2 и 4 представлена величина ХПК погружной воды, когда твёрдые топлива из биомассы погружали в воду. В таблицах 2 и 4 также показан диаметр, длина, pH, содержание влаги в твёрдом веществе и механическая стойкость после погружения твёрдых топлив из биомассы в воду на 168 часов. Методы измерения каждой характеристики являются следующими.

20 [ХПК]

Величину ХПК (химическую потребность в кислороде) погружной воды определяли при погружении каждого твёрдого топлива из биомассы в воду. Образец погружной воды для определения ХПК приготавляли в соответствии с указанием № 13 Японского агентства по окружающей среде "(A) a method for detecting a metal or the like contained in 25 an industrial waste", 1973, а анализ величины ХПК проводили в соответствии со стандартом JIS K0102(2010)-17.

[Размер после погружения в воду (диаметр и длина)]

Измеряли длину (L2) и диаметр (φ2) пеллет каждого твёрдого топлива после 30 погружения в воду. Для определения длины пеллет перед погружением выбирали случайным образом десять пеллет каждого твёрдого топлива и измеряли их длину электронным штангенциркулем (произведён фирмой Mitutoyo: модель CD-15CX, точность воспроизведения составляет 0,01 мм, и измеренные величины округляли до второго знака после запятой.). В случае, если конец пеллеты представлял собой диагональ, измеряли длину до наиболее удалённого участка конца. Диаметр пеллет также измеряли 35 с использованием того же электронного штангенциркуля. Измеренные величины длины и диаметра пеллет представляют собой средние значения для 10 пеллет.

[Доля расширения до и после погружения в воду]

Длину и диаметр пеллет каждого твёрдого топлива до и после погружения в воду измеряли, как описано выше, и вычисляли долю расширения. Если средняя длина для 40 десяти пеллет до погружения в воду составляет L1 (мм), а средняя длина для тех же десяти пеллет после погружения в воду на 168 часов составляет L2 (мм), долю расширения длины вычисляли по следующей формуле:

Доля расширения длины (%) =  $\{(L2-L1) / L1\} \times 100$ .

Если средний диаметр для десяти пеллет до погружения в воду составляет φ1 (мм), 45 а средний диаметр для тех же десяти пеллет после погружения в воду на 168 часов составляет φ2 (мм), долю расширения диаметра вычисляли по следующей формуле:

Доля расширения диаметра (%) =  $\{(\phi2-\phi1) / \phi1\} \times 100$ .

Если доля расширения длины (%) составляет ΔL, а доля расширения диаметра (%)

составляет  $\Delta\phi$ , долю объёмного расширения вычисляли по следующей формуле:

$$\text{Доля объёмного расширения (\%)} = (1+\phi/100)^2 \times (1+\Delta L/100) \times 100.$$

[pH]

Каждое твёрдое топливо погружали в воду при соотношении твёрдое тело-жидкость, 5 равном 1:3, и измеряли величины уровня pH.

[Содержание влаги в твёрдом веществе после погружения в воду]

Твёрдое топливо каждого примера погружали в воду, извлекали по истечении 168 часов и вытирали влагу на поверхности твёрдого тела обтирочным материалом для измерения содержания влаги в твёрдом веществе. Содержание влаги вычисляли по 10 формуле:

$100 \times (\text{масса твёрдого вещества после погружения в воду} - \text{масса сухого твёрдого вещества до погружения в воду}) / \text{масса твёрдого вещества после погружения в воду}.$

[Механическая стойкость после погружения в воду]

Механическую стойкость пеллет каждого примера после погружения в воду на 168 часов измеряли тем же способом, что и до погружения в воду.

В таблицах 1 и 2 приведены результаты примеров a1 - a4 и сравнительного примера a, полученные с использованием упомянутого выше способа измерения. В примерах a1 - a4 свойства изменялись при нагревании в условиях примеров a1 - a4, а значения HGI (по стандарту JIS M 8801) были выше, чем в сравнительном примере a (WP: 20 ненагретое твёрдое топливо из биомассы после формования). Типичное значение HGI для угля (битуминозный уголь) составляет около 50, а свойства топлив примеров a1 - a4 в отношении измельчения в порошок ближе к углю и лучше, чем в сравнительном примере a.

В отношении механической стойкости (DU), в примерах a1 - a4 (PBT), в которых 25 реализовали стадию нагревания, прочность существенно не понижалась, и образование порошка едва ли имело место, даже в сопоставлении со сравнительным примером a до погружения в воду (WP), и таким образом показано, что лёгкость при обращении сохранялась. Механическую стойкость твёрдого топлива сравнительного примера a 30 невозможно было измерять вследствие того, что оно разделялось на составные части при погружении в воду.

В таблице 1 и на фиг. 1 показано, что удельная площадь поверхности по БЭТ 35 увеличивалась с повышением температуры нагревания и при нагревании образовывались поры (термическое разложение). В дополнение к этому, средний диаметр пор становится меньше с повышением температуры нагревания, как в примере a1 и последующих примерах, что указывает на образование большего количества более мелких пор. Предполагается, что это обусловлено разложением целлюлозы.

Величина ХПК в сравнительном примере a (WP: твёрдое топливо из биомассы, 40 полученное только путём формования без стадии нагревания) является высокой, т.е. приблизительно 1100 ч./млн. В отличие от этого, величины ХПК твёрдых топлив из биомассы, нагревавшихся при 250°C или выше, составляют 1000 ч./млн. или меньше, указывая на то, что вымывание смоляного компонента является низким.

Соответственно, показано, что твёрдые топлива из биомассы примеров a2 - a4 45 представляют собой топлива, характеризующиеся очень хорошими свойствами в отношении обращения с ними, поскольку вымывание смоляного компонента является низким даже во время хранения на открытом воздухе. Величины ХПК твёрдых топлив из биомассы примера a1 (230°C) составляют 2200 ч./млн. Это происходит предположительно потому, что смоляной компонент, имеющийся в исходном материале, не переходит в летучее состояние из-за относительно низкой температуры карбонизации,

и смоляной компонент легко вымывается вследствие разложения целлюлозы (стенок клеток и тому подобного) в результате карбонизации. На это указывает тот факт, что выход летучего вещества и выход тепла значительно выше в примере a1, чем в примере a2, и, таким образом, указанный продукт является очень хорошим топливом в аспекте 5 характеристик воспламеняемости и нагревания.

Хотя в случае примера a1 и примера a2 наблюдаются слегка пониженные величины, значения уровня pH составляют приблизительно около 6 во всех примерах a1 - a4, и это указывает на то, что не возникает никакой конкретной проблемы, касающейся 10 значений уровня pH отводимой воды, при хранении топлив примеров a1 - a4 на открытом воздухе.

Исходя из результатов размолоспособности топлив примеров a1 - a4 и сравнительного примера a в шаровой мельнице, подтверждается, что баллы измельчения в порошок увеличиваются с повышением температуры нагревания.

Твёрдое топливо сравнительного примера a (WP) разделялось на составные части 15 при погружении в воду, и измерение содержания влаги в твёрдом веществе было невозможно. В отличие от этого, можно считать, что результаты примеров a1 - a4 (РВТ) были достигнуты вследствие того, что вымывание и отверждение органических ингредиентов, таких как смола, сопряжённое с нагреванием, делало поверхность 20 твёрдого топлива из биомассы гидрофобной, и это указывает на то, что продукты примеров a1 - a4 (РВТ) обладают предпочтительными свойствами в качестве твёрдого топлива, которое часто хранят на открытом воздухе. Поскольку каждое твёрдое топливо a1 - a4 находится в форме пеллеты, которая уплотнялась главным образом в радиальном направлении, то, следовательно, расширение в радиальном направлении становится 25 значительным (что справедливо также и в примере b и примере c). Показано, что доли расширения в примерах a2 - a4 являются особенно низкими.

Исходя из результатов примеров a1 - a4 и сравнительного примера a, путём проведения стадии нагревания после стадии формования при производстве можно получать твёрдое топливо из биомассы (РВТ) с низкой стоимостью, в котором 30 достигались понижение величины ХПК, улучшение размолоспособности, уменьшение абсорбции воды, улучшение прочности твёрдого материала и повышение выхода.

#### <Пример b: акация>

В примерах b1 - b4 (РВТ), за исключением использования акации в качестве исходного материала биомассы, исходный материал биомассы нагревали до заданных температур (температуру нагревания, описанных в таблице 1) тем же способом, что и в примерах 35 a1 - a4. Свойства образовавшегося твёрдого топлива b из биомассы (примеры b1 - b4), полученного после стадии нагревания, определяли тем же способом, что и в упомянутом выше примере a. Результаты приведены в таблицах 1 и 2. В сравнительном примере b (WP) его свойства определяли при использовании тех же исходных материалов, что и в примерах b1 - b4, за исключением того, что стадию нагревания не осуществляли. В 40 примерах b1 - b4 и сравнительном примере b связующее не использовали, как и в примере a. Поскольку значения содержания влаги после погружения в воду представляют собой величины, равные измеренным после погружения на 168 часов, полагают, что содержание влаги в твёрдом топливе b по существу достигло равновесия.

Топливо сравнительного примера b разделялось на составные части сразу же после 45 погружения в воду. В отличие от этого, в примерах b1 - b4 связывание или адгезия между частицами измельчённой в порошок биомассы сохраняется даже после погружения в воду (168 часов), и они не разделялись на составные части. Таким образом, поскольку твёрдые формы сохранялись даже после погружения, измерение содержания влаги

являлось возможным, и, следовательно, подтверждалось формирование водостойкости. Это указывает на то, что продукты примеров b1 - b4 имеют предпочтительные свойства в качестве твёрдого топлива, которое часто хранят на открытом воздухе. Исходя из результатов измерения величины HGI и размолоспособности в шаровой мельнице, было показано, что размолоспособность в примерах b1 - b4 улучшалась в сопоставлении со сравнительным примером b. В отношении значения ХПК, указанная величина снижалась в примерах b2, b3 и b4 в сопоставлении со сравнительным примером b. С точки зрения водостойкости (содержание влаги после погружения, доля расширения), выхода твёрдого материала, механической стойкости и тому подобных характеристик, продукты примеров b1 - b3 являются очень хорошими, а твёрдые топлива примеров b2 и примера b3 показали особенно великолепные свойства. В дополнение к этому, было показано, что доли расширения являются особенно низкими в примерах b2 - b4.

**<Пример с: мерант>**

В примерах c1 - c4 (РВТ), за исключением использования меранти в качестве исходного материала биомассы, исходный материал биомассы нагревали до заданных температур (температура нагревания, описанных в таблице 1) тем же способом, что и в примерах a1 - a4. В таблице 1 и таблице 2 показаны свойства образовавшегося твёрдого топлива с из биомассы, полученного после стадии нагревания. В сравнительном примере с (WP) его свойства определяли при использовании тех же исходных материалов, что и в примерах c1 - c4, за исключением того, что стадию нагревания не осуществляли. Аналогично примеру a, поскольку значения содержания влаги после погружения в воду представляют собой величины, равные измеренным после погружения на 168 часов, полагают, что содержание влаги в твёрдом топливе по существу достигло равновесия. В примерах c1 - c4 и сравнительном примере с связующее не используют. Способ измерения каждой характеристики твёрдого топлива из биомассы является тем же, что и в указанном выше примере a.

Топливо сравнительного примера с разделялось на составные части сразу же после погружения в воду. В отличие от этого, в примерах c1 - c4 связывание или адгезия между частицами измельчённой в порошок биомассы сохраняется даже после погружения в воду и они не разделяются на составные части, а водостойкость улучшается. Исходя из результатов измерения величины HGI и размолоспособности в шаровой мельнице, было показано, что размолоспособность в примерах c1 - c4 улучшалась в сопоставлении со сравнительным примером с. В отношении значения ХПК, указанная величина снижалась в примерах c1 - c4 в сопоставлении со сравнительным примером с. С точки зрения величины ХПК, механической стойкости и выхода твёрдого материала, продукты примеров c1 - c3 являются очень хорошими, а топлива примеров c2 и c3 являются особенно эффективными. В дополнение к этому, было показано, что доли расширения являлись особенно низкими в примерах c2 - c4.

Таблица 1

Виды деревьев исходных материалов	Характеристика	Температура нагревания	Выход твёрдого материала (сухая масса)	Выход тепла	FC	VM	Топливное отношение FC/VM	HHV	O	H	C	O/C (мольное отношение)	H/C (мольное отношение)	HGI	Отношение HGI	
	Пример	°C	масс. %	%	масс. % -AD	масс. % -AD		ккал/кг - сухая	масс. % - сухая	масс. % - сухая	масс. % - сухая					
5	Каучуковое дерево (пример а)	Сравн. прим. а	25	100,0	100,0	13,0	74,3	0,17	4,613	43,6	5,6	48,4	0,68	1,39	18	1,00
	Прим. a1	230	94,2	97,6	15,4	74,9	0,21	4,777	42,5	5,7	49,7	0,64	1,38	35	1,94	
	Прим. a2	250	82,4	90,8	20,3	71,2	0,29	5,081	39,1	5,7	53,0	0,55	1,29	45	2,50	
	Прим. a3	270	71,6	83,6	25,8	65,8	0,39	5,385	35,9	5,6	56,1	0,48	1,20	49	2,72	
	Прим. a4	300	43,1	62,6	50,3	41,3	1,22	6,702	21,3	4,8	70,2	0,23	0,82	65	3,61	
10	Акация (пример б)	Сравн. прим. б	25	100,0	100,0	14,8	72,7	0,20	4,780	42,3	5,5	50,2	0,63	1,31	18	1,00
	Прим. b1	230	94,0	98,3	16,5	74,5	0,22	5,000	40,8	5,5	52,0	0,59	1,27	43	2,39	
	Прим. b2	250	85,7	93,7	20,2	72,1	0,28	5,225	38,2	5,5	54,6	0,52	1,21	52	2,89	
	Прим. b3	270	77,1	88,3	24,3	68,9	0,35	5,477	36,0	5,5	56,7	0,48	1,16	55	3,06	
	Прим. b4	300	53,3	71,6	42,1	51,2	0,82	6,417	25,7	5,1	66,8	0,29	0,92	62	3,44	
15	Меранти (пример с)	Сравн. прим. с	25	100,0	100,0	13,7	74,3	0,18	4,759	42,2	5,5	50,6	0,63	1,30	23	1,00
	Прим. c1	230	95,0	99,4	16,0	74,7	0,21	4,978	40,8	5,6	51,8	0,59	1,30	33	1,43	
	Прим. c2	250	87,0	94,3	19,1	72,6	0,26	5,156	38,6	5,7	54,0	0,54	1,27	41	1,78	
	Прим. c3	270	78,8	89,4	23,4	68,3	0,34	5,398	36,2	5,5	56,5	0,48	1,17	55	2,39	
	Прим. c4	300	56,4	74,0	40,0	51,9	0,77	6,247	27,0	5,1	65,4	0,31	0,94	66	2,87	

Сравн. прим. = Сравнительный пример

Прим. = Пример

FC = связанный углерод (воздушно-сухое состояние)

VM = летучее вещество (воздушно-сухое состояние)

HHV = высшая теплота сгорания сухой массы

AD = воздушно-сухое состояние

сухая = сухая масса

Таблица 2

25	Виды деревьев исходных материалов	До погружения в воду							После погружения в воду									
		Размол способность в шаровой мельнице	Начальный размер	Механическая стойкость (DU)	Насыщенная плотность	Отношение насыщенных плотностей	Удельная площадь поверхности по БЭГ	Средний диаметр пор	Общий объём пор	ХПК	Диаметр (φ2)	Длина (L2)	Доля расширения диаметра расклинивающей	Доля расширения длины	рН	Содержание влаги в твёрдом веществе 168 ч	Механическая стойкость (DU)	
			диаметр (φ1)	длина (L1)	мм	%	кг/л	мм	м <sup>2</sup> /г	нм	см <sup>3</sup> /г	мг/л	мм	мм	%	масс. %		
30	Каучуковое дерево (пример а)	сравн. прим. а	16,7	9,2	46,1	95,6	0,605	1,0	0,426	25,0	0,00266	1100	Разделение на составные части					
	прим. a1	43,7	9,1	29,2	94,9	0,609	1,0	0,439	20,1	0,00221	2200	10,5	31,1	15,4	6,6	4,89	40,4	85,2
	прим. a2	84,3	8,8	28,3	94,5	0,560	0,9	0,467	18,6	0,00218	1000	9,1	28,6	3,4	1,0	5,18	32,4	94,4
	прим. a3	96,1	8,4	28,1	91,6	0,522	0,9	0,481	17,5	0,00210	460	8,7	28,3	3,2	0,5	5,76	30,6	92,3
	прим. a4	99,0	7,8	28,5	78,3	0,429	0,7	0,715	16,2	0,00290	110	7,9	29,2	1,8	2,5	7,74	20,5	83,0
35	акация (пример б)	сравн. прим. б	5,3	8,1	22,4	98,3	0,723	1,0	0,313	24,0	0,00188	310	Разделение на составные части					
	прим. b1	25,8	7,9	25,1	97,2	0,684	0,9	0,378	22,4	0,00212	400	8,6	25,7	9,1	2,7	4,77	24	96,2
	прим. b2	72,9	7,7	22,9	95,2	0,656	0,9	0,412	20,5	0,00211	300	8,0	23,2	4,1	1,2	4,95	21,1	96,1
	прим. b3	96,1	7,5	22,7	93,2	0,610	0,8	0,464	19,4	0,00225	200	7,7	23,5	3,3	3,5	5,29	21,3	94,6
	прим. b4	98,8	7,0	20,2	84,5	0,495	0,7	0,552	17,9	0,00246	47	7,1	20,5	1,3	1,7	6,47	19,2	86,7
40	меранти (пример с)	сравн. прим. с	19,6	8,1	22,6	98,1	0,776	1,0	0,296	26,4	0,00195	560	Разделение на составные части					
	прим. c1	51,9	8,0	31,3	97,2	0,737	0,9	0,330	28,6	0,00236	460	8,8	32,9	9,5	5,0	5,06	25,3	92,5
	прим. c2	90,0	7,9	32,1	96,2	0,703	0,9	0,351	28,5	0,00251	250	8,2	32,6	3,8	1,4	5,4	19,5	96,4
	прим. c3	97,8	7,8	28,4	94,5	0,661	0,9	0,352	26,3	0,00231	120	8,0	28,6	2,6	0,7	5,69	17,9	96,0
	прим. c4	99,2	7,2	24,6	88,0	0,558	0,7	0,406	23	0,00233	43	7,4	24,8	2,7	1,0	5,85	16,8	90,1

Прим. = пример

Сравн. прим. = сравнительный пример

## &lt;Пример d: эвкалипт&gt;

В примерах d1 - d4 (PBT), за исключением того, что в качестве исходного материала биомассы использовали эвкалипт и формовали его на стадии формования в форму пеллет, имеющих диаметр 6 мм, исходный материал биомассы нагревали до заданных температур (температуру нагревания, описанных в таблице 3) тем же способом, что и в примерах a1 - a4. Свойства образовавшегося твёрдого топлива d из биомассы (примеры d1 - d4), полученного после стадии нагревания, определяли тем же способом, что и в упомянутом выше примере a. Результаты приведены в таблицах 3 и 4. В сравнительном

примере d (WP) его свойства определяли при использовании тех же исходных материалов, что и в примерах d1 - d4, за исключением того, что стадию нагревания не осуществляли. В примерах d1 - d4 и сравнительном примере d связующее не использовали, как и в примере a. Поскольку значения содержания влаги после погружения в воду представляют собой величины, равные измеренным после погружения на 168 часов, полагают, что содержание влаги в твёрдом топливе d по существу достигло равновесия.

Топливо сравнительного примера d разделялось на составные части сразу же после погружения в воду. В отличие от этого, в примерах d1 - d4 адгезия или сцепление между частицами измельчённой в порошок биомассы сохраняется даже после погружения в воду (168 часов), и они не разделялись на составные части. Таким образом, поскольку твёрдые формы сохранялись даже после погружения, измерение содержания влаги являлось возможным, и, следовательно, подтверждалось формирование водостойкости. Это указывает на то, что продукты примеров d1 - d4 имеют предпочтительные свойства в качестве твёрдого топлива, которое часто хранят на открытом воздухе. Исходя из результатов измерения величины HGI и размолоспособности в шаровой мельнице, было показано, что размолоспособность в примерах d1 - d4 улучшалась в сопоставлении со сравнительным примером d. В отношении значения ХПК, указанная величина снижалась в примерах d1 - d4 в сопоставлении со сравнительным примером d. С точки зрения водостойкости (содержание влаги после погружения, доля расширения), выхода твёрдого вещества, механической стойкости и тому подобного, продукты примеров d1 - d3 являются очень хорошими, а твёрдые топлива примера d2 и примера d3 продемонстрировали особенно великолепные свойства. В дополнение к этому, было показано, что доли расширения являются особенно низкими в примерах d2 - d4.

#### <Пример e: тик>

В примерах e1 - e4 (PBT), за исключением использования тика в качестве исходного материала биомассы, исходный материал биомассы нагревали до заданных температур (температуру нагревания, описанных в таблице 3) тем же способом, что и в примерах a1 - a4. Свойства образовавшегося твёрдого топлива e из биомассы (примеры e1 - e4), полученного после стадии нагревания, определяли тем же способом, что и в вышеупомянутом примере a. Результаты приведены в таблицах 3 и 4. В сравнительном примере e (WP) его свойства определяли при использовании тех же исходных материалов, что и в примерах e1 - e4, за исключением того, что стадию нагревания не осуществляли. В примерах e1 - e4 и сравнительном примере e связующее не использовали, как и в примере a. Поскольку значения содержания влаги после погружения в воду представляют собой величины, равные измеренным после погружения на 168 часов, полагают, что содержание влаги в твёрдом топливе e по существу достигло равновесия.

Топливо сравнительного примера e разделялось на составные части сразу же после погружения в воду. В отличие от этого, в примерах e1 - e4 связывание или адгезия между частицами измельчённой в порошок биомассы сохраняется даже после погружения в воду (168 часов), и они не разделялись на составные части. Таким образом, поскольку твёрдые формы сохранялись даже после погружения, измерение содержания влаги являлось возможным, и, следовательно, подтверждалось формирование водостойкости. Это указывает на то, что продукты примеров e1 - e4 имеют предпочтительные свойства в качестве твёрдого топлива, которое часто хранят на открытом воздухе. Исходя из результатов измерения величины HGI и размолоспособности в шаровой мельнице, было показано, что, размолоспособность в примерах e1 - e4 улучшалась в сопоставлении со сравнительным примером e. В отношении значения ХПК, указанная величина снижалась в примерах e1 - e4 в сопоставлении со сравнительным примером e. С точки зрения

водостойкости (содержание влаги после погружения, доля расширения), выхода твёрдого вещества, механической стойкости и тому подобного, продукты примеров e1 - e3 являются очень хорошими, а твёрдые топлива примера e2 и примера e3 продемонстрировали особенно великолепные свойства. В дополнение к этому, было показано, что доли расширения являются особенно низкими в примерах e2 - e4.

**<Пример f: смесь лиственницы, ели и берёзы>**

В примерах f1 - f3 (РВТ), за исключением использования смеси из 50 масс.% лиственницы, 45 масс.% ели и 5 масс.% берёзы в качестве исходного материала биомассы, исходный материал биомассы нагревали до заданных температур (температура

- 10 нагревания, описанных в таблице 3) тем же способом, что и в примерах a1 - a4. Свойства образовавшегося твёрдого топлива f из биомассы (примеры f1 - f3), полученного после стадии нагревания, определяли тем же способом, что и в вышеупомянутом примере a. Результаты приведены в таблицах 3 и 4. В сравнительном примере f (WP) его свойства определяли при использовании тех же исходных материалов, что и в примерах f1 - f3,
- 15 за исключением того, что стадию нагревания не осуществляли. В примерах f1 - f3 и сравнительном примере f связующее не использовали, как и в примере a. Поскольку значения содержания влаги после погружения в воду представляют собой величины, равные измеренным после погружения на 168 часов, полагают, что содержание влаги в твёрдом топливе f по существу достигло равновесия.

- 20 Топливо сравнительного примера f разделялось на составные части сразу же после погружения в воду. В отличие от этого, в примерах f1 - f3 связывание или адгезия между частицами измельчённой в порошок биомассы сохраняется даже после погружения в воду (168 часов), и они не разделялись на составные части. Таким образом, поскольку твёрдые формы сохранялись даже после погружения, измерение содержания влаги
- 25 являлось возможным, и, следовательно, подтверждалось формирование водостойкости. Это указывает на то, что продукты примеров f1 - f3 имеют предпочтительные свойства в качестве твёрдого топлива, которое часто хранят на открытом воздухе. Исходя из результатов измерения величины HGI и размолоспособности в шаровой мельнице, было показано, что размолоспособность в примерах f1 - f3 улучшалась в сопоставлении со
- 30 сравнительным примером f. В отношении значения ХПК, указанная величина снижалась в примерах f1 - f3 в сопоставлении со сравнительным примером f. С точки зрения водостойкости (содержание влаги после погружения, доля расширения), выхода твёрдого вещества, механической стойкости и тому подобного, продукты примеров f1 - f3 являются очень хорошими, а твёрдые топлива примера f2 и примера f3
- 35 продемонстрировали особенно великолепные свойства. В дополнение к этому, было показано, что доли расширения являются особенно низкими в примерах f2 - f3.

Таблица 3

Виды деревьев исходных материалов		Температура нагревания	Выход твёрдого материала (сухая масса)	Выход тепла	FC	VM	Топливное отношение FC/VM	HHV	O	H	C	O/C (мольное отношение)	Н/C (мольное отношение)	HGI	Отношение HGI
Эвкалипт (пример d)	Сравн. прим. d	25	100,0	100,0	13,0	75,5	0,17	4,687	44,0	5,2	49,8	0,66	1,25	20	1,00
	Прим. d1	230	92,3	98,2	16,4	75,6	0,22	4,984	41,6	5,1	52,2	0,60	1,17	34	1,70
	Прим. d2	240	86,7	94,7	19,0	73,9	0,26	5,118	40,1	5,2	53,6	0,56	1,16	33	1,65
	Прим. d3	250	79,9	90,8	22,7	70,1	0,32	5,326	37,7	5,3	56,0	0,50	1,14	35	1,75
	Прим. d4	270	69,0	83,5	29,5	63,2	0,47	5,672	34,0	5,1	59,7	0,43	1,03	42	2,10
Тик (пример e)	Сравн. прим. e	25	100,0	100,0	15,7	69,9	0,22	4,552	42,0	5,3	47,9	0,66	1,33	20	1,00
	Прим. e1	230	92,3	96,9	18,2	69,9	0,26	4,776	39,7	5,3	50,4	0,59	1,26	22	1,10
	Прим. e2	240	87,0	93,7	20,4	68,6	0,30	4,903	38,1	5,3	51,8	0,55	1,23	29	1,45
	Прим. e3	250	80,5	89,7	24,1	65,4	0,37	5,069	35,9	5,3	53,6	0,50	1,19	33	1,65
	Прим. e4	270	70,0	82,9	29,8	59,6	0,50	5,389	32,4	5,1	57,0	0,43	1,07	39	1,95
Лиственница+ ель+ берёза (пример f)	Сравн. прим. f	25	100,0	100,0	12,4	75,8	0,16	4,752	43,7	5,5	50,4	0,65	1,31	17	1,00
	Прим. f1	230	93,7	97,4	13,3	77,1	0,17	4,939	42,8	5,3	51,4	0,62	1,24	21	1,24
	Прим. f2	250	89,2	95,3	15,6	76,3	0,20	5,076	41,3	5,5	52,8	0,59	1,25	22	1,29
	Прим. f3	270	79,6	90,3	20,6	72,3	0,28	5,391	38,5	5,4	55,6	0,52	1,17	32	1,88

Сравн. прим. = сравнительный пример

Прим. = пример

FC = связанный углерод (воздушно-сухое состояние)

VM = летучее вещество (воздушно сухое состояние)

HHV = высшая теплота горения сухой массы

AD = воздушно сухое состояние

сухая = сухая масса

20

Таблица 4

Виды деревьев исходных материалов		До погружения в воду						После погружения в воду											
		размер листособранности шаровой мельнице	диаметр (φ1)	диаметр (φ1) длина (L1)	Механическая стойкость (DU)	Насыпная плотность	Огнешесть насыпных плотностей	Удельная плотность поверхности по БЭТ	Средний диаметр пор	Общий объём пор	XPK	Время	Диаметр (φ2)	Длина (L2)	Доля расширения диаметра	Доля расширения длины	pH	Содержание влаги в твёрдом веществе 168 ч	Механическая стойкость (DU)
Единица	Пример	балл	мм	мм	%	кг/л		м <sup>2</sup> /г	нм	см <sup>3</sup> /г	мг/л	ч	мм	мм	%	%	масс. %	%	
Эвкалипт (пример d)	Сравн. прим. d	15,4	6,2	28,3	97,1	0,752	1,0	0,134	28,1	0,00094	950	168					Разделение на составные части		
	Прим. d1	64,8	6,1	21,8	95,9	0,738	1,0	0,161	25,1	0,00101	730	168	6,5	22,8	6,7	4,8	4,79	23,1	94,1
	Прим. d2	81,4	6,1	22,8	95,4	0,715	1,0	0,170	24,8	0,00105	580	168	6,3	23,0	3,4	1,2	4,91	20,4	95,9
	Прим. d3	94,2	5,9	25,4	94,1	0,698	0,9	0,182	21,7	0,00099	340	168	6,1	26,1	3,0	2,9	5,65	17,8	95,5
	Прим. d4	97,4	5,7	21,6	92,4	0,645	0,9	0,197	19,4	0,00096	110	168	5,9	22,1	2,4	2,3	6,25	18,4	94,7
Тик (пример e)	Сравн. прим. e	18,0	8,4	28,7	98,6	0,678	1,0	0,351	46,9	0,00411	2000	168					Разделение на составные части		
	Прим. e1	42,2	8,3	27,1	98,0	0,642	0,9	0,424	39,0	0,00414	1300	168	9,3	28,3	11,3	4,1	6,15	29,9	96,6
	Прим. e2	70,9	8,2	28,7	97,3	0,631	0,9	0,438	38,4	0,00420	890	168	8,6	29,1	5,4	1,4	6,04	26,8	97,6
	Прим. e3	87,9	8,0	26,6	96,6	0,608	0,9	0,479	36,7	0,00439	600	168	8,3	26,7	4,1	0,5	6,45	20,5	97,1
	Прим. e4	98,1	7,8	27,6	94,7	0,570	0,8	0,494	24,0	0,00297	260	168	8,0	27,8	2,8	1,0	7,16	24,2	96,1
Лиственница+ ель+ берёза (пример f)	Сравн. прим. f	7,7	8,1	22,6	99,5	0,713	1,0	0,113	18,6	0,00053	3600	168					Разделение на составные части		
	Прим. f1	26,8	7,8	22,9	99,0	0,685	1,0	0,161	19,4	0,00078	950	168	8,8	24,0	12,4	5,0	4,95	28,6	98,4
	Прим. f2	50,5	7,8	22,9	98,4	0,662	0,9	0,199	20,8	0,00104	740	168	8,2	23,6	5,7	3,1	4,95	23,4	98,7
	Прим. f3	88,9	7,7	22,8	97,0	0,619	0,9	0,218	18,1	0,00099	330	168	7,9	23,0	3,0	0,9	5,13	21,4	97,8

Сравн. прим. = Сравнительный пример

Прим. = Пример

35

## &lt;Испытание на разделение на составные части&gt;

Испытание на разделение на составные части выполняли на твёрдом топливе, исходный материал которого проверен в примере e, и твёрдом топливе, исходный материал которого представляет собой смесь лиственницы, ели и берёзы в примере f. В таблице 5 приведены совокупные доли в процентах твёрдого топлива e или f из биомассы, прошедшего через сито после осуществления испытания на разделение на составные части, а на фиг. 14 и 15 показаны диаграммы распределения по размерам частиц. С целью оценки характеристик лёгкости обращения с пеллетами осуществляли испытание на разделение на составные части. Для измерения распределения по размерам частиц 1кг образца упаковывали в пластиковый пакет и бросали 20 раз с высоты 8,6 м, а также подвергали испытанию на прочность при вращении по стандарту JIS Z 8841. Полученное распределение по размерам частиц показано на фиг. 14 и 15. В настоящем документе образец, характеризующийся распределением по размерам частиц, в котором количество частиц, прошедших через сито 2 мм, составляет 30 масс. % или меньше, а

количество частиц, прошедших через сито 0,5 мм, составляет 15 масс.% или меньше, определяется как образец, имеющий пригодный для обращения размер частиц при транспортировке, хранении и тому подобном. Результаты таблицы 5, а также фиг. 14 и 15 показывают, что хотя размер частиц образца после испытания на прочность при вращении стал меньше, так как повышается температура нагревания, все образцы отчётливо соответствуют критериям оценки, описанным выше и, следовательно, они являются пригодными для обращения без какой-либо проблемы.

Таблица 5

10	Отверстие сита	Пример e: тик					Пример f : лиственница+ель+берёза			
		Сравн. прим. e	Прим. e1	Прим. e2	Прим. e3	Прим. e4	Сравн. прим. f	Прим. f1	Прим. f2	Прим. f3
15	16	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	9,5	93,5	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	4,75	5,8	13,1	14,1	20,0	26,4	3,0	4,8	7,3	10,9
	3,35	4,9	11,3	12,2	17,4	22,6	2,8	4,5	6,5	10,0
	2	4,0	9,2	9,7	14,0	18,3	2,3	3,8	5,8	8,7
	1	2,8	6,5	7,1	10,2	14,0	1,5	2,8	4,7	7,1
	0,5	1,6	4,3	4,8	7,0	10,0	0,8	1,8	3,4	5,3
	0,3	1,0	2,9	3,3	5,0	7,4	0,4	1,1	2,4	3,8
	0,15	0,4	1,4	1,7	2,8	4,2	0,1	0,5	1,2	1,8
	0,075	0,1	0,5	0,7	1,3	1,8	0,0	0,1	0,5	0,6

Сравн. прим. = сравнительный пример;

Прим. = пример.

В данной таблице единицей численного значения, относящегося к совокупной доле частиц, прошедших через сито, является «%».

#### 25 <Воспламеняемость>

Кроме того, авторы настоящего изобретения исследовали теплофизические свойства твёрдого топлива из биомассы настоящего изобретения и твёрдого топлива, полученного при использовании стадии парового взрыва биомассы, как описано в Патентном документе 1, соответственно, и обнаружили, что твёрдое топливо из биомассы

30 настоящего изобретения является великолепным по воспламеняемости.

Для упомянутых выше продуктов примеров (a2), (b2) и (c2), а также сравнительного примера q, который представляет собой твёрдое топливо, полученное путём осуществления парового взрыва смеси хвойных и широколиственных деревьев в качестве биомассы исходного материала и формования её в блоки биомассы, а затем нагревания блоков биомассы при 250°C (твёрдое топливо, произведённое способом получения, 35 описанным в Патентном документе 1), выполняли термогравиметрические измерения (TG) и дифференциальный термический анализ (DTA). Методы измерения TG и DTA являются следующими.

#### <TG и DTA>

40 Измерения методами TG и DTA осуществляли с использованием анализатора STA7300, произведенного фирмой Hitachi High-Tech Sciences для одновременного проведения измерений методами дифференциального термического анализа и термогравиметрии. 5 мг образца, размер частиц которого регулировали на уровне от 45 до 90 мкм при помощи резательной мельницы, нагревали в указанном выше анализаторе до 600°C со скоростью повышения температуры 5°C/мин, при этом пропускали кислородно-азотную смесь, имеющую концентрацию 4 об.%, со скоростью 200 см<sup>3</sup>/мин и поддерживали образец при 600°C в течение 60 минут.

Результаты приведены на фиг. 12 и 13. Исходя из результатов TG, поскольку продукт

сравнительного примера q демонстрирует медленную потерю массы, его летучее вещество имеется в малом количестве и, таким образом, его воспламеняемость является низкой по сравнению с топливом примера (a2), примера (b2) и примера (c2). К тому же, исходя из результатов DTA, сравнительный пример q показывает, что выделение тепла 5 происходит с высокотемпературной стороны, а воспламеняемость является низкой по сравнению с топливом примера (a2), примера (b2) и примера (c2). Причиной этого предполагается следующее. В сравнительном примере q твёрдое топливо из биомассы получают способом, воплощаемым в следующем порядке: измельчение в порошок и высушивание, осуществление парового взрыва, формование и нагревание биомассы, 10 и в ходе парового взрыва органические вещества появляются на поверхности частиц измельчённой в порошок биомассы и улетучиваются при последующем нагревании (карбонизации). С другой стороны, в условиях способа РВТ настоящего изобретения, включая примеры (a2), (b2) и (c2), подразумевается, что остаточные количества летучих веществ являются значительными вследствие того, что топливо не подвергалось 15 паровому взрыву.

Таким образом, предполагается, что, поскольку твёрдое топливо из биомассы настоящего изобретения получают способом, не включающим в себя стадию парового взрыва, оно является великолепным по воспламеняемости, в дополнение к снижению стоимости по сравнению с продуктом сравнительного примера q.

20 Кроме того, предполагается, что, поскольку остаточное количество терпенов, образующих поперечные связи с помощью твёрдого вещества в условиях РВТ, увеличивается по той же причине и достигается более прочное поперечное связывание с помощью твёрдого вещества, продукт РВТ настоящего изобретения превосходит топливо сравнительного примера q по прочности и водостойкости.

#### 25 <Анализ топлив РВТ и WP методом ИК-Фурье спектроскопии>

Фиг. 5 - 9 представляют собой диаграммы, показывающие результаты анализа методом ИК-Фурье спектроскопии твёрдого топлива g из биомассы, полученного из красной европейской сосны как исходного материала тем же способом, что и в примере a2 (твёрдое топливо (РВТ), полученное путём измельчения в порошок и формования 30 исходного материала в пеллеты, а также нагревания при 250°C). В дополнение к этому, также приведены данные для ненагретого твёрдого топлива (WP), полученного путём измельчения в порошок и формования того же исходного материала, но без нагревания. И на внешней поверхности пеллеты (фиг. 5), и в центре сечения (фиг. 6) количество 35 групп COOH соответствует соотношению WP > РВТ, а число связей C=C соответствует соотношению РВТ > WP. Далее, количество групп COOH, вымываемых в ацетоновый экстракт (фиг. 7), соответствует соотношению WP > РВТ, указывая на то, что продукт РВТ содержит меньше гидрофильных групп COOH. В дополнение к этому, в твёрдых веществах после экстракции ацетоном (фиг. 8) продукт РВТ содержит больше C=C-связей, чем продукт WP. Таким образом, понятно, что топливо РВТ является 40 великолепным по водостойкости.

Фиг. 9 представляет собой диаграмму, показывающую результаты анализа раствора ацетонового экстракта методом ГХ-МС. Использовали твёрдое топливо q (РВТ) и 45 ненагретое твёрдое топливо (WP), как на фиг. 5 - 8. Как показано на фиг. 9, количество абиетиновой кислоты, которая представляет собой разновидность терпенов, и подобных ей веществ, подвергаемых вымыванию в ацетон, меньше в случае РВТ, чем в случае WP. Таким образом, результаты, как полагают, показывают, что абиетиновая кислота, расплавленная при нагревании с образованием поперечных связей при помощи жидкости и с образованием поперечных связей при помощи твёрдого тела, сформировалась в

результате испарения абиетиновой кислоты и подобных ей веществ. Предполагается, что, поскольку твёрдое топливо из биомассы настоящего изобретения также представляет собой продукт РВТ, полученный путём формования и нагревания частиц измельчённой в порошок биомассы, продукт РВТ является великолепным по 5 водостойкости за счёт действия того же механизма, что и в случае твёрдого топлива из биомассы.

**<Распределение абсорбции воды в продуктах РВТ и РАТ>**

С целью сравнения водостойкости продуктов РАТ и РВТ авторы настоящего изобретения проверили распределение натрия в твёрдых топливах из биомассы после 10 абсорбции воды с использованием солевого раствора. В качестве образца продукта РАТ использовали твёрдое топливо, полученное путём нагревания исходного материала красной европейской сосны при 250°C, а затем формования его в пеллеты, имеющие диаметр 6 мм. В качестве образца продукта РВТ использовали твёрдое топливо, полученное путём формования исходного материала красной европейской сосны в 15 пеллеты, имеющие диаметр 6 мм, а затем нагревания его при 250°C. Продукты РВТ и РАТ погружали в солевой раствор с концентрацией 0,9 масс.% на 5 дней. В результате, продукт РВТ сохранял свою форму пеллет (фиг. 10, слева) таким образом, как показан их внешний вид на фиг. 10, тогда как продукт РАТ в значительной степени разделялся на составные части (фиг. 10, справа). Далее, в случае каждого продукта, РАТ и РВТ, до 20 и после погружения образцов в солевой раствор концентрации 0,9 масс.% на 5 дней проводили анализ их сечения при помощи EPMA (электронно-зондовый микроанализатор) для сравнения распределения Na. В продукте РВТ распределённый Na остаётся на поверхности пеллет и не проникает внутрь, тогда как в продукте РАТ Na широко распределяется во внутренней части (смотрите фиг. 11). Это означает, что 25 степень проникновения солевого раствора меньше в продукте РВТ, чем в продукте РАТ. Исходя из данного результата предполагается, что в топливе РВТ продукты термического разложения экстрагированных компонентов создают поперечное связывание с помощью твёрдого вещества в промежутке между соседними частицами измельчённой в порошок биомассы и становятся гидрофобными для предотвращения 30 проникновения воды, тогда как в случае топлива РАТ, поскольку вода может проникать в промежуток между частицами измельчённой в порошок биомассы, вода проникает внутрь пеллет и расширяет промежуток между частицами измельчённой в порошок биомассы, что приводит к разделению на составные части.

**(57) Формула изобретения**

1. Способ получения твёрдого топлива из биомассы, в котором взаимное связывание или адгезия между частицами измельчённой в порошок биомассы сохраняется после погружения в воду, включающий в себя:

стадию формования для осуществления формования частиц измельчённой в порошок биомассы на основе древесины, имеющих размер частиц от 100 до 3000 мкм, в ненагретые блоки биомассы, и

стадию нагревания для осуществления нагревания ненагретых блоков биомассы для получения нагретого твёрдого продукта, причём указанный нагретый твёрдый продукт используют в качестве твёрдого топлива из биомассы; при этом

указанный способ не включает в себя стадию парового взрыва биомассы, температура нагревания на стадии нагревания составляет от 150 до 400°C, и твёрдое топливо из биомассы характеризуется топливным отношением (связанный углерод/летучее вещество) от 0,15 до 1,50, высшей теплотой сгорания на сухую массу

топлива от 4500 до 7000 (ккал/кг на сухую массу), мольным отношением кислорода О к углероду С (O/C) от 0,1 до 0,7, и мольным отношением водорода Н к углероду С (H/C) от 0,70 до 1,40, а также не содержит связующего.

2. Способ получения твёрдого топлива из биомассы по п. 1, в котором исходный

5 материал частиц измельчённой в порошок биомассы на основе древесины содержит по меньшей мере один из материалов, выбранных из группы, состоящей из каучукового дерева, акации, меранти, эвкалипта и тика, или смеси лиственницы, ели и берёзы.

3. Способ получения твёрдого топлива из биомассы по п. 1 или 2, в котором

10 удовлетворяется условие  $B/A = 0,6 - 1$ , где А является насыпной плотностью ненагретых блоков биомассы, а В является насыпной плотностью нагретого твёрдого продукта.

4. Способ получения твёрдого топлива из биомассы по любому из пп. 1-3, в котором удовлетворяется условие  $H_2/H_1 = 1,1 - 4,0$ , где H1 представляет собой величину HGI (коэффициент размолоспособности по Хардгрову) ненагретых блоков биомассы, а H2 представляет собой величину HGI нагретого твёрдого продукта.

15 5. Способ получения твёрдого топлива из биомассы по любому из пп. 1-4, в котором удовлетворяется по меньшей мере одно условие, выбранное из следующих условий (а) - (с):

условие (а): исходный материал частиц измельчённой в порошок биомассы на основе древесины представляет собой по меньшей мере один материал, выбранный из группы, состоящей из каучукового дерева, акации, меранти и тика, или смеси лиственницы, ели и берёзы;

условие (б): исходный материал частиц измельчённой в порошок биомассы на основе древесины представляет собой эвкалипт и температура нагревания на стадии нагревания ненагретых блоков биомассы составляет  $150^{\circ}\text{C}$  или более и менее чем  $250^{\circ}\text{C}$ ;

25 условие (с): исходный материал частиц измельчённой в порошок биомассы на основе древесины представляет собой эвкалипт и твёрдое топливо из биомассы характеризуется мольным отношением кислорода О к углероду С (O/C) от более чем 0,50 до 0,65 или менее, и мольным отношением водорода Н к углероду С (H/C) от более чем 1,14 до 1,24 или менее.

30 6. Твёрдое топливо из биомассы, полученное способом по любому из пп. 1-5.

7. Твёрдое топливо из биомассы по п. 6, характеризующееся значением ХПК (химическая потребность в кислороде), равным 3000 ч./млн. или меньше.

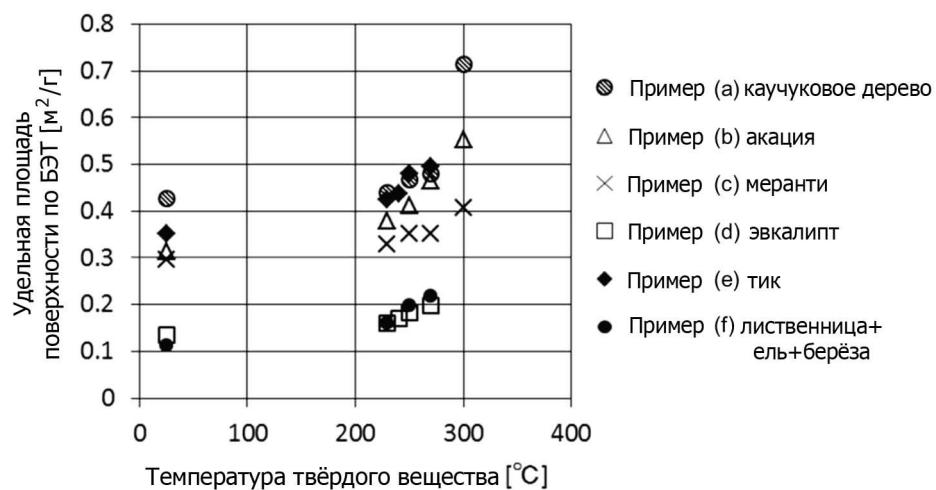
8. Твёрдое топливо из биомассы по п. 6 или 7, имеющее удельную площадь поверхности по БЭТ от  $0,11 \text{ м}^2/\text{г}$  до  $0,80 \text{ м}^2/\text{г}$ .

35 9. Твёрдое топливо из биомассы по любому из пп. 6-8, имеющее равновесное содержание влаги после погружения в воду от 10 до 65 мас.%.

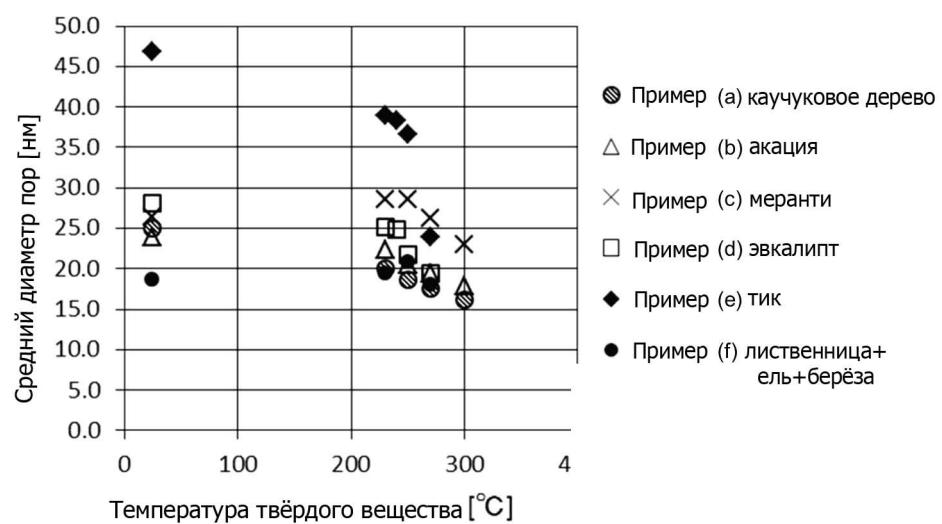
10. Твёрдое топливо из биомассы по любому из пп. 6-9, характеризующееся долей расширения диаметра после погружения в воду, составляющей 20% или меньше.

40 11. Твёрдое топливо из биомассы по любому из пп. 6-10, характеризующееся долей расширения длины после погружения в воду, составляющей 10% или меньше.

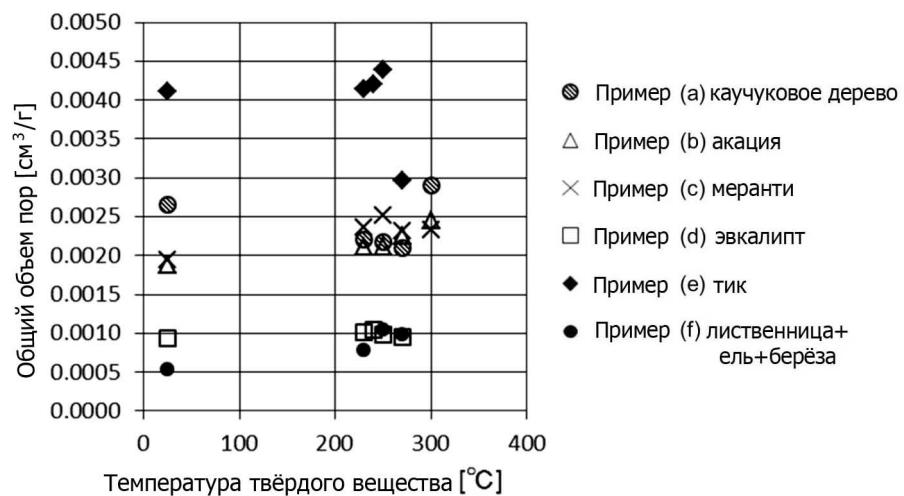
12. Твёрдое топливо из биомассы по любому из пп. 6-11, характеризующееся долей объёмного расширения после погружения в воду, составляющей 160%.



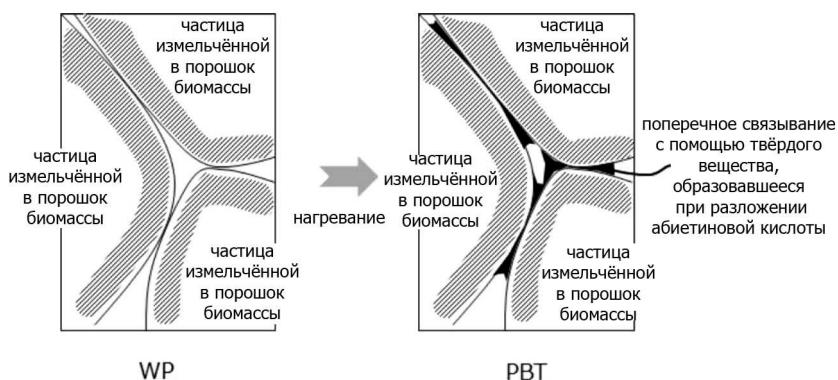
Фиг. 1



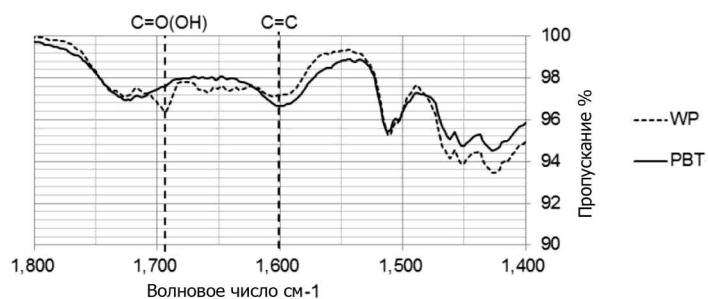
Фиг. 2



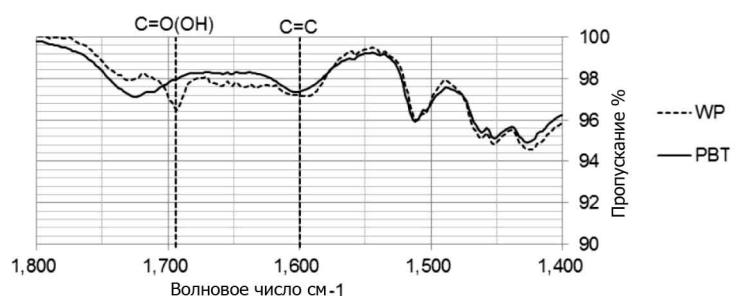
Фиг. 3



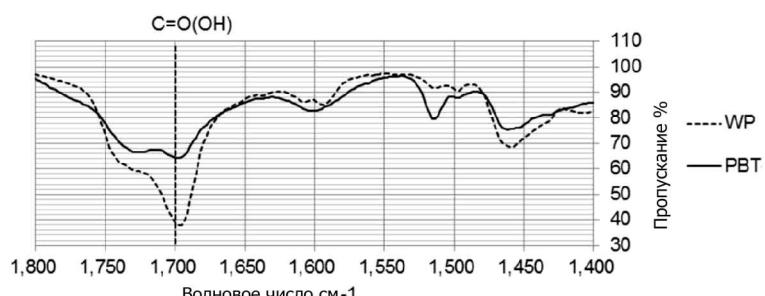
Фиг. 4



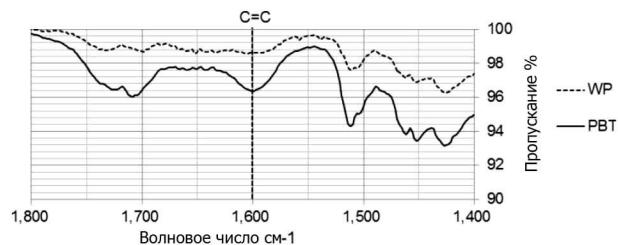
Фиг. 5



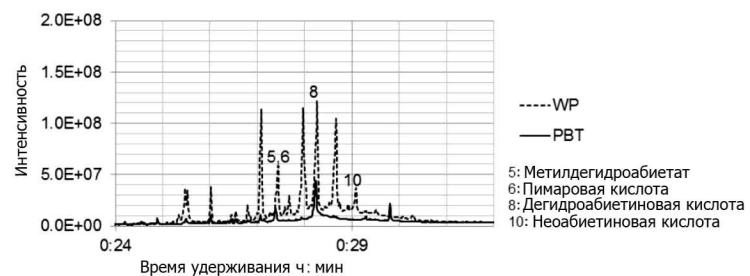
Фиг. 6



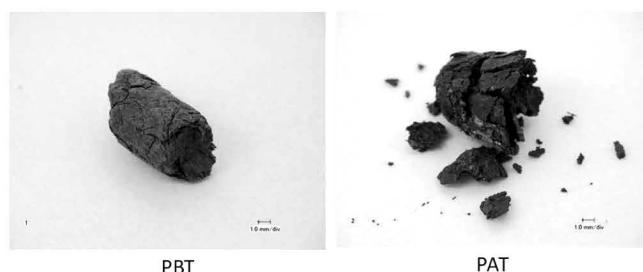
Фиг. 7



Фиг. 8

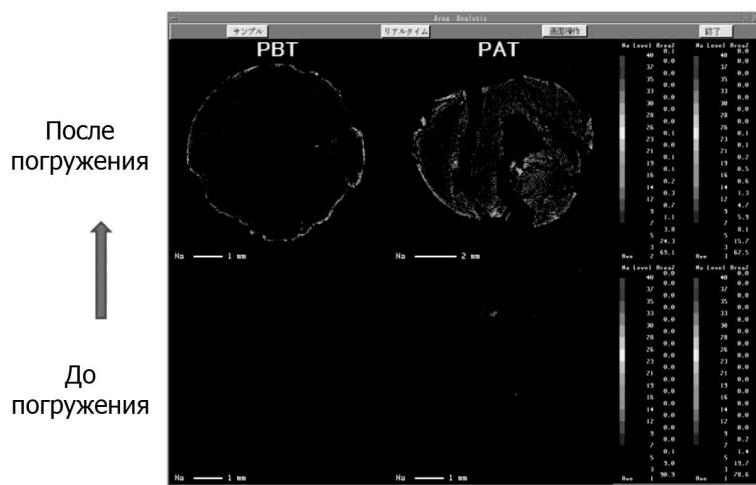


Фиг. 9

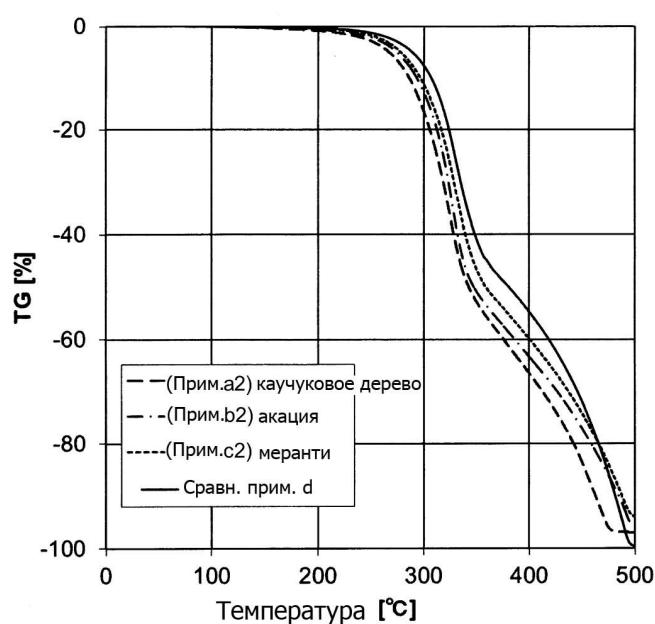


Фиг. 10

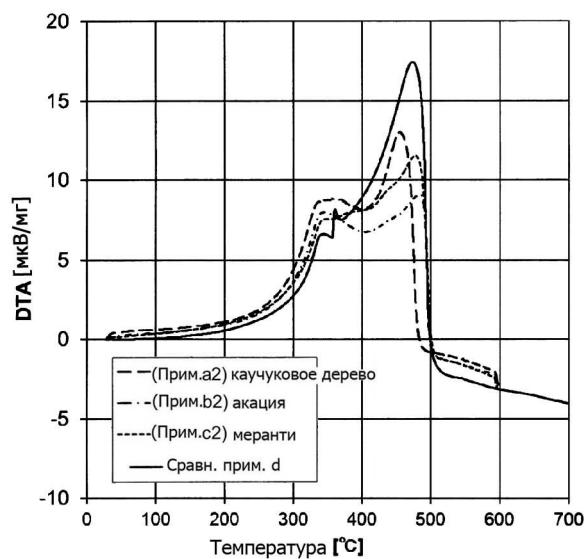
5/7



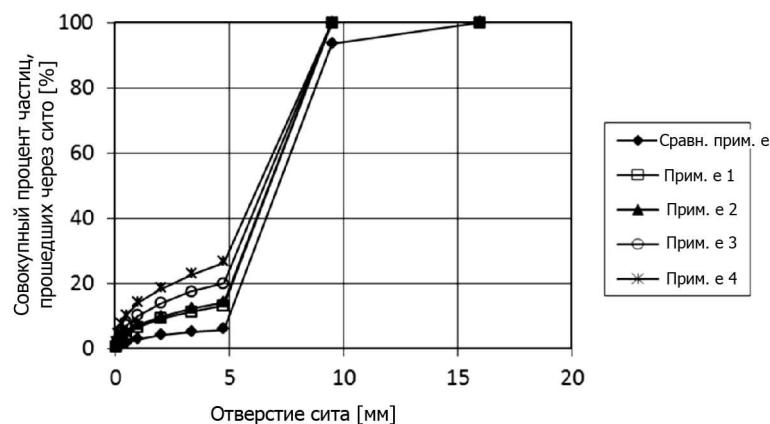
Фиг. 11



Фиг. 12

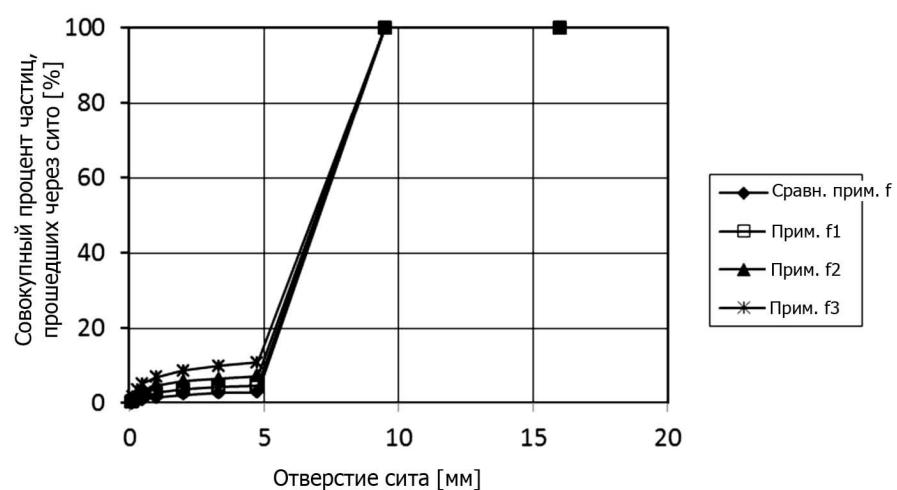


Фиг. 13



Фиг. 14

7/7



Фиг. 15