



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 120091

(13) C2

(51) МПК

C10L 9/08 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ  
ЕКОНОМІКИ, ТОРГІВЛІ ТА  
СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД**

<b>(21)</b> Номер заявки:	<b>а 2016 09069</b>	<b>(72)</b> Винахідник(и):	<b>В'єсле Жан-Поль (ВЕ)</b>
<b>(22)</b> Дата подання заявки:	<b>11.02.2015</b>	<b>(73)</b> Власник(и):	<b>БЮКАРБОН ІНДАСТРІС САРЛ,</b>
<b>(24)</b> Дата, з якої є чинними права на винахід:	<b>10.10.2019</b>		11, avenue de la Porte Neuve, L-2227 Luxembourg, Luxembourg (LU)
<b>(31)</b> Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	<b>14/51052</b>	<b>(74)</b> Представник:	<b>Кислиця Тетяна Олегівна, реєстр. №425</b>
<b>(32)</b> Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	<b>11.02.2014</b>	<b>(56)</b> Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	WO 2012/158112 A2, 22.11.2012 EP 2287278 A2, 23.02.2011 FR 2591611 A1, 19.06.1987 GB 2479924 A, 02.11.2011 US 2011/179701 A1, 28.07.2011 US 2012/042567 A1, 23.02.2012
<b>(33)</b> Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку:	<b>FR</b>		
<b>(41)</b> Публікація відомостей про заявку:	<b>10.11.2016, Бюл.№ 21</b>		
<b>(46)</b> Публікація відомостей про видачу патенту:	<b>10.10.2019, Бюл.№ 19</b>		
<b>(86)</b> Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ	<b>РСТ/EP2015/052866, 11.02.2015</b>		

**(54) СПОСІБ ПЕРЕТВОРЕННЯ БІОМАСИ ЩОНАЙМЕНШЕ В БІОВУГІЛЛЯ****(57) Реферат:**

Винахід стосується способу перетворення біомаси щонайменше в біовугілля, що включає наступні етапи: (а) забезпечують наявність подрібненої і висушеної біомаси, при цьому зазначена біомаса містить щонайменше 30 % лігноцелюлозної біомаси по масі відносно сухої ваги подрібненої і висушеної біомаси, де біомаса має форму частинок з однорідними розмірами і вологовміст, що близький до 0; (b) поступово нагрівають дану біомасу до температури вище 140 °C і нижче 350 °C в безкисневому потоці газу під тиском в діапазоні 1-40 бар; (c) забезпечують проходження реакції шляхом підтримки температури в діапазоні 300-700 °C і тиску в діапазоні 1-40 бар; (d) охолоджують біомасу, яку одержано на етапі (c), до температури не вище 100 °C в безкисневому потоці газу; і (e) збирають біовугілля. Винахід також стосується біовугілля, яке одержано таким чином і має теплотворну здатність (LCV), що становить щонайменше 30 МДж/кг.

UA 120091 C2



Даний винахід відноситься до способу перетворення біомаси, щонайменше, в біовугілля.

Під біовугіллям відповідно до винаходу розуміється стабільна тверда речовина з високим вмістом вуглецю, яка одержується в результаті теплової обробки біомаси і придатна для численних промислових застосувань. Таким чином, без обмеження цим, біовугілля є паливом з високою теплотворною здатністю, що є новою альтернативою в галузі поновлюваних джерел енергії. Біовугілля також є добривом для застосування в сільському господарстві для зміни ґрунту. Біовугілля також є продуктом, що призначений для хімічної промисловості, наприклад як каталізатор. Крім того, воно є чудовим адсорбентом і використовується як очищаючий, знебарвлюючий, знезаражувальний і/або дезодоруючий засіб в багатьох областях промисловості. Біовугілля може бути надана будь-яка форма в залежності від призначення, наприклад порошку, гранул і т.д.

Спосіб відповідно до винаходу більш конкретно описаний з посиланнями на лігноцелюлозну біомасу, але за аналогією він може застосовуватися до іншої біомаси.

Способи перетворення лігноцелюлозної біомаси в паливо вже відомі, зокрема, з включенням етапу торифікації. Торифікація біомаси полягає в поступовому нагріванні до помірної температури, зазвичай від 190°C до 250°C, в безкисневому середовищі і, можливо, під тиском. Така обробка призводить до майже повного видалення води з біомаси і до часткової зміни її молекулярної структури, викликаючи зміну деяких з її властивостей. Зокрема, така теплова обробка викликає деполімеризацію геміцелюлози, що робить торифіковану біомасу практично гідрофобною і крихкою, і покращує при цьому її теплотворну здатність.

Так, документ EP2287278A2 описує спосіб торифікації лігноцелюлозної біомаси, що містить етап сушіння біомаси для видалення приблизно 95 % вологи, потім етап торифікації в реакторі, що доведений теоретично до температури 100-1000 °C, на практиці 220-300°C під тиском 1-50 бар, переважно 5-20 бар в безкисневому середовищі і, нарешті, етап охолодження торифікованої біомаси, причому даний спосіб передбачає систему рециклінгу газів.

Згідно з документом WO2013/003615A2 також відомо пристрій для торифікації біомаси з високим вмістом геміцелюлози, наприклад, деревини, а також спосіб обробки даної біомаси, який здійснюється в даному пристрої і містить етап сушіння біомаси, етап торифікації, що здійснюється при температурі 200-250 °C під тиском щонайменше 3 бар в атмосфері інертного газу, і етап охолодження. Пристрій складається з вертикального корпусу, в якому один над одним розміщені пластини, які утворюють секції обробки біомаси. Дані секції забезпечені отворами для випуску біомаси в процесі обробки або обробленої біомаси, при цьому гази обробки або продукти можуть бути видалені через труби для рециклінгу.

Згідно зі статтею J. Wannapeera и N. Worasuwannarak, Journal of Analytical and Applied Pyrolysis ("Журнал аналітичного і прикладного піролізу") 96 (2012) 173-180 автори в лабораторному масштабі, а саме в масштабі декількох грамів, досліджували вплив тиску на спосіб перетворення, за допомогою торифікації, біомаси на основі *Leucaena leucoserphala* (тропічне дерево). Даний спосіб включає в себе наступні етапи:

- біомасу розрізають, потім подрібнюють до частинок розміром менше 75 мкм;
- потім частинки висушують у вакуумній печі при 70°C протягом 24 годин;
- частинки поміщають в реактор з інертною атмосферою, який потім ставлять в піч і витримують в ній при температурі 200-250 °C під тиском 1-40 бар протягом 30 хв.;
- після закінчення 30 хв. реактор занурюють у воду для зупинки реакції;
- продукт, одержаний в результаті такої карбонізації, висушують в печі протягом 2-3 год. і потім аналізують.

Найвищі значення вищої теплотворної здатності (HCV) одержані для твердої речовини, яку піддано торифікації при температурі близько 250 °C і тиску 40 бар. Дані роботи виявили сприятливий вплив тиску на реакції торифікації при даних умовах.

У відомих способах обробки торифікацією під тиском, наприклад, у вищеописаних способах, виробляються тверді речовини, що володіють підвищеною нижчою теплотворною здатністю (LCV), як правило, близько 19-23 МДж/кг. LCV твердої речовини, яку одержано способом, який описаний в документі EP2287278A2, дійсно даного порядку. Автори даного документа стверджують, що їх спосіб торифікації може привести до зниження маси на 30 % з втратою 10 % повної енергії, що означає, що енергія одержаної твердої речовини, яка відповідає 90 % енергії вихідної висушеної біомаси, сконцентрована в 70 % маси вихідної висушеної біомаси, що призводить до концентрації LCV на одиницю маси 0,9/0,7, тобто 1,28. Так як оголошена ступінь висушування біомаси складає 5 %, що еквівалентно комерційному грануляту деревини, LCV якого становить близько 15-18 МДж/кг, LCV твердої речовини, яку одержано згідно з EP2287278A2, становить близько 19-23 МДж/кг. Втім, такі значення наводяться багатьма розробниками, що працюють в даній галузі.

Однак існує постійно зростаюча потреба в розробці більш ефективних і менш енергоємних способів, які вимагають менш дорогих інвестицій, більш легко керованих і таких, що дозволяють одержувати паливо кращої якості.

У даному винаході було виявлено, що використання торифікації в специфічних умовах дозволяє запустити спонтанний екзотермічний процес, в результаті якого утворюється тверда горюча речовина з дуже високою LCV, що значно перевершує LCV палива, яке одержують описаними вище способами перетворення. Крім того, дане тверде паливо має дуже високий вміст вуглецю, як правило, вище 80 % за масою, і знижений вміст кисню близько 10 % по масі або менше. У винаході також було виявлено, що даний процес може протікати з багатьма типами біомаси.

Екзотермічний процес запобігається у відомих способах, так як він вважається несприятливим фактором для енергетичної рівноваги. В даному винаході якраз було показано, що саме розвиток даного процесу дозволяє зробити біовугілля з високим вмістом вуглецю і, таким чином, з більш високою теплотворною здатністю.

Для прояву такого процесу важливе дотримання двох умов. Вони полягають в точному контролі гранулометричного складу використовуваної біомаси і в сушінні останньої перед етапом торифікації, причому сушка повинна бути повною. Етап попередньої сушки, таким чином, повинен видалити всю вологу з біомаси, щоб досягти вологовмісту, що близький до 0 і завжди нижче 10 % за масою. Чим ближче оброблена біомаса до безводного стану, тим ефективніший спосіб.

Таким чином, винахід відноситься до способу перетворення біомаси, щонайменше, в біовугілля, який містить наступні етапи:

(а) забезпечують наявність подрібненої і висушеної біомаси, при цьому зазначена біомаса містить щонайменше 30 % лігноцелюлозної біомаси по масі щодо сухої ваги подрібненої і висушеної біомаси;

(b) поступово нагрівають дану біомасу до температури вище 140°C і нижче 350°C в безкисневому потоці інертного газу, під тиском від 1 до 40 бар;

(c) забезпечують проходження реакції шляхом підтримки температури в діапазоні 300-700 °C і тиску в діапазоні 1-40 бар;

і опціонально:

(d) охолоджують біомасу, яку одержано на етапі (c), до температури не вище 100°C в безкисневому потоці інертного газу; і

(e) збирають біовугілля.

Даний спосіб дозволяє одержати тверду речовину, що володіє характеристиками, які зокрема роблять його ефективним паливом, концентрація вуглецю в якому вище 85 % за масою, а LCV знаходиться в діапазоні від 25 до 35 МДж/кг, в порівнянні з деревиною, в якій концентрація вуглецю близько 45 % по масі, концентрація кисню близько 45 % по масі, а LCV близько 17 МДж/кг. Даний спосіб також призводить до дуже значного зниження вмісту кисню, який досягає значень порядку 10 % по масі, сприяючи відповідному зменшенню загальної маси паливного продукту.

Під перетворенням біомаси, щонайменше, в біовугілля відповідно до винаходу розуміється, що супутніми продуктами є горючий газ або горючі гази. Вони можуть бути інжектовані на етапі (b) способу, а також використані для подачі в будь-яку іншу теплову або хімічну установку.

Етап (b) способу доводить матеріал до температури, щонайменше, яка перевищує температуру кипіння води при робочому тиску, таким чином, вологовміст матеріалу, який оброблюється на наступних етапах, майже дорівнює нулю, переважно дорівнює нулю.

Перш ніж більш детально викласти предмет винаходу, нижче описані деякі терміни, що вживаються в тексті, а також роз'яснені способи аналізу різних вимірних параметрів.

Під лігноцелюлозною біомасою відповідно до винаходу розуміються органічні матеріали природного походження, головним чином, рослинного, які містять щонайменше один компонент, що вибраний з геміцелюлози, целюлози, лігніну, вуглеводів і олігосахаридів. Наприклад, біомаса відповідно до винаходу обрана або одержана з продуктів або побічних продуктів лісівництва, сільського господарства і продовольчої промисловості.

Зазначені температури, якщо не вказано інше, є температурами в центрі оброблюваної біомаси.

Вологовмісткість біомаси відображає її вміст води; вона виражається в масових відсотках води по відношенню до маси сирової біомаси. Існує декілька способів для його вимірювання, при цьому спосіб, який використовується в даному винаході - це спосіб Карла Фішера, добре відомий фахівцям в області техніки. Подрібнений зразок біомаси витримують протягом 24 годин

в зневодненому метанолі, перемішуючи, потім визначають вміст води за допомогою приладу для об'ємного титрування Metrohm 870K Trinito plus.

В рамках даного способу істотними характеристиками біовугілля, наприклад, при його використанні як паливний продукт, є вологовмісткість, нижча теплотворна здатність (LCV), зольність і елементний склад (повний аналіз).

Вологовмісткість вугілля вимірюють за допомогою вищеописаного способу.

Теплотворна здатність палива відображає кількість енергії, що міститься в одиниці маси палива. Розрізняють нижчу теплотворну здатність (LCV) і вищу теплотворну здатність (HCV). Вони відповідають визначенням та вимірюються відповідно до стандарту ISO 1928.

HCV вимірюють в калориметрі спалювання IKA C 5000.

Потім розраховують LCV виходячи з елементного складу біомаси. Елементний аналіз даної біомаси здійснюється в апараті FISOSNS EA 1108.

Зольність палива одержують шляхом спалювання подрібненого зразка. Нагрівання зразка здійснюють поступово до 815°C і дану температуру підтримують до одержання золи, яку потім зважують. Зольність виражається в масових відсотках по відношенню до маси зразка.

Як зазначено вище, в даному винаході було виявлено, що фізичний стан біомаси, яку піддано етапу нагрівання (b), важливо для досягнення параметрів способу відповідно до винаходу. Крім того, було виявлено, що в способі переважно використовувати матеріал, який має невелику дисперсію гранулометричного складу. Таким чином, біомаса повинна бути попередньо подрібнена і бажано мати вигляд частинок різної форми, але однорідних за розмірами. Так, частинки, що одержані в результаті такого подрібнення, можуть мати форму гранул, тріски, паличок, голок і/або будь-який інший вид. Якою б не була їх форма, важливо, щоб частинки були практично однорідними за розмірами. Під частинками, однорідними за розмірами, розуміються частки, щонайменше 50 % яких, переважно щонайменше 60 %, переважніше, щонайменше, 70 % і більше за вагою по відношенню до сухої маси, є частинками, найменший розмір яких становить щонайменше 0,5 мм. Даний найменший розмір відповідає товщині. Переважно найбільший розмір зазначених частинок, найменший розмір яких дорівнює 0,5 мм, становить не більше 40 мм. Для наочності, частинки можуть мати форму гранул, розмір яких змінюється в діапазоні 0,5-5 мм, трісок або голок товщиною 0,5-3 мм і довжиною не більше 40 мм, переважніше довжиною 10-25 мм. Переважно, щоб частинки були якомога більш однорідними з точки зору їх розмірів, як зазначено вище, але також і з точки зору форми. Таким чином, можна вибрати подрібнення, в результаті якого утворюється матеріал, який має в цілому форму гранул, при цьому переважно щонайменше 50 % маси даного матеріалу по відношенню до маси сухої біомаси має розміри в діапазоні 0,5-4 мм. В іншому варіанті можна вибрати подрібнення, в результаті якого утворюється матеріал, який має в цілому форму трісок і/або голок, причому переважно щонайменше 50 % маси даного матеріалу по відношенню до маси сухої біомаси має товщину щонайменше 0,5 мм і довжину не більше 40 мм; переважно матеріал в формі трісок і/або голок, при цьому щонайменше 50 % даного матеріалу має товщину в діапазоні 0,5-3 мм і/або довжину 10-25 мм.

Занадто велика пропорція дрібних частинок призводить до помітного утворення смол, що може негативно позначитися на ефективності способу. Занадто велика пропорція великих часток знижує ефективність способу, так як в цьому випадку частинки неможливо ефективно перетворити в біовугілля.

Спосіб відповідно до винаходу переважно відповідає нижчеописаним характеристикам, що розглядаються окремо або в комбінації. Вони сприяють підвищенню ефективності способу.

Етап (b) може бути здійснений в два етапи: етап (b1), згідно з яким біомасу попередньо нагрівають до температури щонайменше 120°C, переважно щонайменше 130°C і переважніше щонайменше до 140°C, і етап (b2), згідно з яким біомасу, попередньо нагріту на етапі (b1), нагрівають до температури щонайменше 220°C, переважно 230°C, і навіть щонайменше до 240°C.

На етапі (b1) температуру переважно встановлюють в діапазоні 180-220 °C і/або тиск встановлюють в діапазоні 3-14 бар.

На етапі (b2) температуру переважно встановлюють в діапазоні 240-300 °C і/або тиск встановлюють в діапазоні 3-14 бар.

Етапи (b1) і (b2) можуть частково перекривати один одного.

В кінці етапу (b) тверда речовина знаходиться в умовах запуску спонтанної реакції карбонізації. На етапі (c) здійснюють контроль температури з метою її підтримки в діапазоні 300-700 °C, переважно в діапазоні 350-500 °C, переважніше в діапазоні 350-400 °C.

Спосіб відповідно до винаходу може здійснюватися періодично або безперервно. У разі періодичного здійснення етапи (b) і (c) виконуються в одній і тій же камері. Переважно спосіб

здійснюється безперервно, при цьому етапи (b) або (b1) і (b2), (c) і (d) виконуються, щонайменше, в двох різних секціях. Відповідно до одного з варіантів способу відповідно до винаходу, етапи (b) або (b1) і (b2), (c) і (d) здійснюються в різних секціях, відповідно, в першій і, можливо, в другій, третій і четвертій секціях. Даний варіант по суті є більш ефективним і економічним, зокрема, він дозволяє здійснювати рекуперацію тепла від газів, що виробляються на етапах (b) і (c), і, можливо, використовувати їх повторно на початку способу. Додатково він дозволяє забезпечити більш рівну роботу установок, в яких використовується спосіб, з більш постійним регулюванням. Альтернативно можна здійснювати етапи (b) і (c) в одній і тій же секції. Також етап (b) можна здійснювати всередині котла електрогенераторної і/або парогенераторної установки.

Різні секції переважно містять такі засоби.

Перша секція для здійснення етапу (b1) має засоби попереднього конвективного нагрівання і/або попереднього нагрівання в псевдозрідженому шарі і засоби контролю температури; переважно теплопередача здійснюється конвекцією.

Друга секція для здійснення етапу (b2) має засоби конвективного, кондуктивного нагрівання і/або нагрівання випромінюванням і засоби контролю температури; переважно теплопередача здійснюється випромінюванням.

Третя секція для здійснення етапу (c) має засоби контролю температури і тиску. Зокрема, придатні всі корисні засоби контролю температури для забезпечення балансу кількості тепла, що утворюється реакціями, з тепловим навантаженням.

Четверта секція для здійснення етапу (d) має засоби конвективного і/або кондуктивного охолодження.

Як зазначено вище, при безперервному здійсненні способу газу використовуються повторно; таким чином, тепло, що виділяється екзотермічним процесом на етапі (c) у третій секції, рекуперують і повторно використовують в одній з першої і другої секцій і/або для сушіння біомаси, яка необхідна для етапу (a). Також можливо забезпечити циркуляцію газів, що генеруються на етапах (b2) і (c), протитечею щодо матеріалу.

У такому варіанті спосіб може виконуватися без подачі зовнішнього інертного газу. Таким чином, його можна розглядати як повністю автономний з точки зору енергії від початкових етапів, включаючи обробку біомаси, і до кінцевих етапів, включаючи формування твердого палива, причому в даному випадку можна переважно встановити когенераційну установку.

У способі відповідно до винаходу на етапі d) час обробки варіюється в діапазоні від 50 секунд до 3 хвилин. Таким чином, короткий час реакції є другою перевагою способу відповідно до винаходу.

Спосіб відповідно до винаходу застосовується до перетворення будь-якої біомаси. Переважно біомаса є лігноцелюлозною. Зокрема, він призначений для перетворення будь-якої лігноцелюлозної біомаси, яку одержано з продуктів і побічних продуктів лісівництва, сільського господарства і продовольчої промисловості.

Винахід також відноситься до біовугілля, яке може бути одержано вищеописаним способом. Зокрема, він володіє нижчою теплотворною здатністю (LCV), що становить щонайменше 25 МДж/кг, переважно щонайменше 30 МДж/кг, яка може досягати 35 МДж/кг, при цьому він є паливом з дуже високою теплотворною здатністю.

Нижче винахід проілюстровано прикладами обробки біомас різного походження із застосуванням способу безперервного перетворення.

Перед етапом c), тобто на вході в реактор, всі приклади виконані за таких умов:

10-15 кг подрібненої і висушеної біомаси завантажують в трубу з нержавіючої сталі марки AISI 310S діаметром 200 мм і висотою 1800 мм. Трубу заповнюють азотом і контролюють її інертизацію (повна відсутність кисню). Потім пропускають потік газоподібного азоту, попередньо нагрітого до температури приблизно 200 °C, щоб повністю висушити матеріал, що перевіряється, з однієї сторони, вимірюванням температури всередині матеріалу, яка в будь-якому випадку повинна бути вище температури кипіння води, а, з іншої сторони, виміром складу газу. Час сушіння варіюється від 1 год. до 1 год. 30 хв., що дозволяє досягти вологовмісту, що рівний 0.

Нарешті, в реакторі підвищують тиск азоту і починають поступово нагрівати стінки реактора, що ініціює реакційне перетворення.

Приклад 1: Спосіб перетворення тирси і стружки деревини м'яких порід відповідно до винаходу - тиск 40 бар.

Стружку з підприємства з виробництва рамних конструкцій, щонайменше 70-80 % якої має форму голок товщиною 1 мм і довжиною 20 мм, і дрібну тирсу деревини м'яких порід з гранулометричним складом 0,2-0,5 мм, піддають вищеописаному протоколу підготовки.

Потім резистори реактора поступово доводять до температури 250 °С, потім до 270°С. Починаючи з 160°С спостерігається легка загальна екзотермічність, потім з 270°С починається екзотермічний процес, викликаючи спонтанне підвищення температури до 700 °С.

Потім продукт охолоджують до температури нижче 100°С, що вимагає приблизно 30 хвилин.

5 Продукт, що одержаний в результаті даного перетворення, схожий на дуже пористу і дуже крихку вугільну піну. Він має наступні характеристики:

одержана середня LCV становить 32,5 МДж/кг, досягаючи місцями 35 МДж/кг. Зміна LCV, яку можна спостерігати, є результатом періодичного здійснення способу.

10 Одержаний сумарний енергетичний ККД становить 84,8 %, з яких 20 % в потоці газу і 80 % в потоці твердої речовини. Одержаний вихід за масою по відношенню до зневодненої маси становить 46,2 %.

Приклад 2: Спосіб перетворення тирси і стружки деревини м'яких порід відповідно до винаходу - тиск 10 бар.

15 Стружку з підприємства з виробництва рамних конструкцій, щонайменше 70-80 % якої має форму голок товщиною 1 мм і довжиною 20 мм, і дрібні тирсу деревини м'яких порід з гранулометричним складом 0,2-0,5 мм, піддають вищеописаному протоколу підготовки.

Потім поступово доводять резистори реактора до температури 250 °С, потім до 270°С. Починаючи з 160°С спостерігається легка загальна екзотермічність, потім починаючи з 270°С починається екзотермічний процес, викликаючи спонтанне підвищення температури до 400 °С.

20 Потім продукт охолоджують до температури нижче 100°С, що вимагає приблизно 30 хвилин.

Паливний продукт, що одержаний таким чином, має такі характеристики:

одержана середня LCV становить 32,5 МДж/кг, досягаючи місцями 34,7 МДж/кг.

Одержаний сумарний енергетичний ККД становить 86,5 %, при цьому одержаний вихід за масою по відношенню до зневодненої маси становить 51,6 %.

25 Приклад 3: Спосіб перетворення тирси деревини твердих порід - тиск 5 бар.

Тирса деревини твердих порід, а саме суміш бука і дуба в співвідношенні 80/20, з підприємства по виробництву сходів і дверей з гранулометричним складом 0,1-0,8 мм, піддають вищеописаному протоколу підготовки.

30 Потім поступово доводять резистори реактора до температури 250 °С, потім до 280°С. Починаючи з 280°С спостерігається сильно виражена спонтанна екзотермічна реакція. Реакція доводить температуру до 510 °С.

Потім продукт охолоджують до температури нижче 100°С, що вимагає приблизно 30 хвилин.

Паливний продукт, що одержаний таким чином, має такі характеристики:

одержана середня LCV становить 33,1 МДж/кг, досягаючи місцями 33,7 МДж/кг.

35 За допомогою такого перетворення одержаний сумарний енергетичний ККД 77,0 % і вихід за масою по відношенню до зневодненої маси 43,3 %.

Спостерігалось посилене утворення смол, що обумовлено наявністю великої кількості матеріалу з невеликим розміром частинок.

Приклад 4: Спосіб перетворення несортованих свіжих матеріалів - тиск 10 бар.

40 Свіжу біомасу, яка по суті складається зі свіжоспиляної берези, що розрізана разом з листям, гілками і корою, висушують на повітрі, потім подрібнюють і сушать. Її середня товщина складає близько 15 мм при довжині 25 мм. Її піддають вищеописаному протоколу підготовки.

Потім поступово доводять резистори реактора до температури 250 °С, потім до 270°С. Від 270°С починається екзотермічний процес, викликаючи підвищення температури до 500 °С.

45 Потім продукт охолоджують до температури нижче 100°С, що вимагає приблизно 30 хвилин.

Одержаний таким чином паливний продукт має такі характеристики:

одержана середня LCV становить 30,5 МДж/кг, досягаючи місцями 31,1 МДж/кг.

За допомогою даного перетворення одержаний сумарний енергетичний ККД 65,3 % і вихід за масою по відношенню до зневодненої маси 42,1 %.

50 На закінчення, в той час як всі технології торифікації, наприклад, технологія згідно з документом EP 287278A2, розкривають такі одержані результати для деревини з 95 % сухої речовини і LCV 17 МДж/кг: зменшення маси на 30 %, одержана LCV 21 МДж/кг і коефіцієнт концентрації енергії на одиницю загальної маси 1,28, спосіб відповідно до винаходу забезпечує скорочення маси на 55 %, одержану LCV, що рівна щонайменше 30 МДж/кг, що дає

55 концентрацію енергії на одиницю загальної маси 1,76.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Спосіб перетворення біомаси щонайменше в біовугілля, що включає наступні етапи:
  - 5 (a) забезпечують наявність подрібненої і висушеної біомаси, при цьому зазначена біомаса містить щонайменше 30 % лігноцелюлозної біомаси за масою відносно сухої маси подрібненої і висушеної біомаси, де біомаса має форму частинок з однорідними розмірами і вологовміст, що близький до 0;
  - (b) поступово нагрівають дану біомасу до температури вище 140 °C і нижче 350 °C в безкисневому потоці газу під тиском в діапазоні від 1 до 40 бар;
  - 10 (c) забезпечують проходження реакції шляхом підтримки температури в діапазоні 300-700 °C і тиску в діапазоні 1-40 бар;
  - (d) охолоджують біомасу, яку одержано на етапі (c), до температури не вище 100 °C в безкисневому потоці газу; і
  - 15 (e) збирають біовугілля.
2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що як побічний продукт одержують горючий газ.
3. Спосіб за п. 1 або 2, який **відрізняється** тим, що подрібнена біомаса має форму частинок, щонайменше 50 % яких за масою відносно сухої маси є частинками, найменший розмір яких складає щонайменше 0,5 мм.
- 20 4. Спосіб за п. 3, який **відрізняється** тим, що подрібнена біомаса має форму частинок, щонайменше 50 % яких за масою відносно сухої маси є частинками, найменший розмір яких складає щонайменше 0,5 мм, а найбільший розмір становить не більше 40 мм.
5. Спосіб за будь-яким з пп. 1-4, який **відрізняється** тим, що етап (b) виконують в два підетапи: етап (b1), згідно з яким біомасу попередньо нагрівають до температури вище 120 °C, і етап (b2), згідно з яким біомасу, попередньо нагріту на етапі (b1), нагрівають до температури вище 220 °C.
- 25 6. Спосіб за п. 5, який **відрізняється** тим, що етап (b1) виконують при температурі, яку встановлено в діапазоні 180-220 °C.
7. Спосіб за п. 5 або 6, який **відрізняється** тим, що етап (b2) виконують при температурі, яку встановлено в діапазоні 240-300 °C.
- 30 8. Спосіб за будь-яким з пп. 1-7, який **відрізняється** тим, що етап (b) виконують під тиском в діапазоні 3-14 бар.
9. Спосіб за будь-яким з пп. 1-8, який **відрізняється** тим, що на етапі (c) температуру підтримують в діапазоні 350-500 °C, переважно в діапазоні 350-400 °C.
10. Спосіб за будь-яким з пп. 5-9, який **відрізняється** тим, що етапи (b) або (b1) і (b2), (c) і (d) виконують щонайменше в двох різних секціях, при цьому спосіб є безперервним.
- 35 11. Спосіб за п. 10, який **відрізняється** тим, що етап (b1) виконують в першій секції, причому зазначена перша секція має засоби попереднього конвективного нагрівання і/або попереднього нагрівання в псевдозрідженому шарі.
12. Спосіб за п. 11, який **відрізняється** тим, що етап (b2) виконують у другій секції, причому зазначена друга секція має засоби нагрівання випромінюванням.
- 40 13. Спосіб за п. 12, який **відрізняється** тим, що етап (c) виконують у третій секції, причому зазначена третя секція має засоби контролю температури і тиску.
14. Спосіб за п. 13, який **відрізняється** тим, що етап (d) виконують в четвертій секції, причому зазначена четверта секція має засоби конвективного і/або кондуктивного охолодження.
- 45 15. Спосіб за п. 13 або 14, який **відрізняється** тим, що тепло, що виділяється реакцією на етапі (c) у третій секції, рекуперують і повторно використовують в одній з першої і другої секцій і/або для сушіння біомаси, яка необхідна для етапу (a).
16. Спосіб за будь-яким з пп. 1-15, який **відрізняється** тим, що гази, які генеруються на етапах (b) і (c), повертають в циркуляцію на початок процесу протитечією щодо матеріалу.
- 50 17. Спосіб за будь-яким з пп. 1-16, який **відрізняється** тим, що біомаса є лігноцелюлозною біомасою, яка містить щонайменше один компонент, який вибрано з геміцелюлози, целюлози, лігніну, вуглеводів і олігосахаридів.
18. Спосіб за будь-яким з пп. 1-17, який **відрізняється** тим, що етап (b) виконують всередині котла електрогенераторної і/або парогенераторної установки.
- 55 19. Спосіб за будь-яким з пп. 1-18, який **відрізняється** тим, що його можна здійснити без подачі зовнішнього інертного газу.
20. Біовугілля, яке одержується способом за будь-яким з пп. 1-19, яке **відрізняється** тим, що зазначене біовугілля має нижчу теплотворну здатність (LCV), що становить щонайменше 30 МДж/кг.



---

Комп'ютерна верстка В. Мацело

---

Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України,  
вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

---

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601