

ЕКОЛОГІЯ, ЕКОЛОГІЧНА КІБЕРНЕТИКА ТА ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 660.092: 662.7

О. І. Романюк¹
І. В. Ощাপовський²
Л. З. Шевчик¹

РОСЛИННА БІОМАСА — ПЕРСПЕКТИВНА СИРОВИНА ДЛЯ ОТРИМАННЯ СИНТЕТИЧНИХ РІДКИХ ПАЛИВ

¹Відділення фізико-хімії горючих копалин Інституту фізико-органічної хімії і вуглехімії імені Л. М. Литвиненка НАН України, Львів;

²Львівський національний університет імені Івана Франка

Проаналізовано літературні джерела з проблем переробки відходів рослинних матеріалів у пальне. Показано перспективність процесів каталітичного піролізу для утилізації рослинної біомаси та отримання синтетичних рідких палив.

Ключові слова: піроліз, відходи деревини, біомаса, паливо.

Вступ

Останні десятиліття позначають як епоху нафтової кризи через невинне вичерпання нафтових покладів та зростання коштів на їх експлуатацію, а також здороження продуктів нафтопереробки, в тому числі бензину. Підвищення цін на бензин, зумовлює зростання транспортних затрат і, відповідно, відбивається на економічному стані всього господарства. Проте справа не лише у зростанні цін. Загрозливішим в недалекому майбутньому є можливість практичного вичерпання нафтових джерел взагалі. Не можна залишати поза увагою і екологічні аспекти проблеми — буріння та видобуток нафти з великих глибин чи дна морів. Сьогодні ми є свідками неконтрольованих викидів нафти, тому все більшу увагу, як урядових структур, так і економістів, господарників та науковців привертають можливі напрямки уникнення таких загроз шляхом переходу на альтернативні види енергетичної та хімічної сировини, у тому числі завдяки розробці прийнятних методів одержання синтетичних вуглеводнів — замінників компонентів нафти. Цей шлях був досліджений і промислово освоєний на основі вугілля ще в першому десятилітті ХХ століття, проте з економічних міркувань став згодом неприйнятним. Крім того, розробка вугільних родовищ, видобуток і перетворення вугілля пов'язане труднощами і небезпекою. Тому на сьогоднішній день актуальною є проблема повторного використання різних промислових та побутових відходів, зокрема отримання з них синтетичного рідкого палива.

Основна частина

Більшість досліджень проводиться у напрямку переробки промислових і побутових органічних відходів, проте сучасні великі підприємства заготівлі і переробки деревини чи продуктів сільськогосподарства теж накопичують значну кількість відходів, так званої рослинної біомаси (РБ). Переробка РБ у хімічну сировину чи паливо вирішує одразу декілька питань: утилізації відходів, отримання біопалива другого покоління і, тим самим, — часткове зменшення залежності від імпорту нафти.

Рослинна біомаса відноситься до відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), процесами одержання і використання яких, на відміну від традиційних (вугілля, нафти, газу), можна керувати. Спалюючи деревину чи паливо, отримані з рослинної біомаси, не порушується тепловий баланс планети, тому що рослинна сировина є однією з ланок в схемі органічного обігу речовин, оскільки її продукування забезпечує видалення з атмосфери викидів, спричинених спалюванням виготовленого з цієї ж сировини пального, насичуючи при цьому атмосферу киснем. Крім того, в рослинній сировині — мінімальний вміст сірки, що робить її екологічно чистою, отже привабливою для отримання

моторного палива. Загальний енергетичний потенціал земної біомаси оцінюють в 3,6 млрд тонн нафтового еквіваленту (н. е.) в рік [1]. Вже сьогодні у світі виробляють близько 40 млн тонн в рік палива біологічного походження [2, 3]. На таке паливо у 2008—2009 р. було витрачено 104 млн тонн одних тільки зернових, не враховуючи інших, нехарчових сільгоспкультур [1]. Тим не менше, на сьогодні у світовому господарстві використовують всього декілька відсотків утвореної на Землі відновлювальної біомаси, хоча можливості її використання дуже широкі. Адже вона, окрім відомих целюлози та лігніну, містить широкий набір сполук різної хімічної структури, що дає можливість їх широкого використання, як вихідних сполук для синтезу різноманітних речовин. Так, у 2002 р. в електроенергетиці США було встановлено 9733 МВт генерувальних потужностей, що працювали на біомасі, з них 5886 МВт працювали на відходах лісового і сільського господарства. В 2003 р. 4 % всієї енергії в США вироблялось з біомаси [4]. В Бразилії ця частка становить 30 %, в першу чергу за рахунок етанолу, одержуваного з відходів цукрового виробництва із тростини.

Європейський Союз, впроваджуючи нові біопаливні технології, вирішує одразу декілька питань: часткову ліквідацію залежності від імпорту нафти, запобігання глобальному потеплінню клімату і, тим самим, виконання зобов'язань Кіотського протоколу, а також розвиток сільського господарства. На сьогоднішній день частка моторного біопалива в країнах ЄС складає біля 2 % [5]. В 2010 році ЄС планував використовувати біопаливо в 5,75 % автомобілів, а в 2020 р. ця цифра має збільшитися до 8 %. Також Японія планує вкласти 11,2 млн доларів США у розвиток технологій виробництва біопалива із відходів деревини. До 2011 року японська влада вже скоротила на 500 тис. тонн використання сирої нафти, замінивши її на біопаливо.

В проєкті національної Енергетичної стратегії України передбачається, що до 2030 р. обсяги виробництва біологічного пального становитимуть біля 1,8 млн тонн умовного палива [1]. Адже значна кількість відходів рослинної сировини залишається і в сільському господарстві неутілізованою. Це лушпиння соняшника, гречки, вівса, обмолочені стебла ріпака, гірчиці, кукурудзи, солома та інші. Комплекси заготівлі та переробки деревини і продуктів сільського господарства стають місцями скупчення відходів, що спричиняє негативний вплив на довкілля. Водночас перелічені відходи є сировиною для отримання палива та інших корисних продуктів. Основні види такого пального — це біодизель, біоетанол, які використовуються як компонент бензинового пального, а також біогаз (табл. 1).

Таблиця 1

Заміна традиційного пального на біопаливо в ЄС [1]

Біопаливо	Сировина	Паливо, яке замінюють	Використання у 2010 році
Біодизель	ріпак, інші олійні культури	дизельне пальне	12 млн тонн н. е. (з 10 млн га ріпака)
Біоетанол	цукровий буряк, пшениця, картопля	бензин	8 млн тонн н. е. (з 5 млн га пшениці + 500 000 га цукрового буряка)
Біогаз	побутові відходи, відходи тваринництва	природний газ	—

Ще на початку 1980-х років в СРСР були розроблені перші технології отримання метанолу, технічного спирту та бензину з відходів деревини. Вихід корисних продуктів складав від 70 до 90 %.

На сьогодні більшість досліджень зі створення моторного палива з біомаси спрямовані на отримання дизельного пального з олійних культур та етанолу (метанолу) із цукрової тростини, зерна, цукрового буряка, гідролізованої целюлози та інші.

Біоспирт отримують в процесі бродіння рослинної біомаси і його використовують або як самостійне пальне, або як додаток до нафтового пального для збільшення його октанового числа.

Біодизель отримують, переважно, переестерифікацією метанолом тригліцеридів жирних кислот — основного компонента всіх природних олій. Отримане пальне є сумішшю складних естерів і за експлуатаційними властивостями подібне до дизельних палив на нафтовій основі. Біодизель використовують в звичайних двигунах внутрішнього згорання, як самостійно так і в суміші з нафтовим дизпаливом. Головною перешкодою для розширення промислового виробництва біопалива є затрати на метанол і рослинну олію, що включає вирощування, збирання, транспортування, виготов-

лення олій, а також необхідність наявності великих територій насаджень та їх інтенсивного удобрення. У дизельного біопалива є й технічні обмеження. Біодизельне пальне має здатність роз'їдати гумові ущільнювачі в паливній системі, у нього вища в'язкість, ніж у звичайного дизпалива і тому в споживачів можуть виникнути проблеми із запуском двигуна у холодний період. Таким чином, для застосування біодизеля необхідна незначна переробка двигунів.

Основний недолік традиційних технологій отримання біодизеля та біоетанолу з сільськогосподарських культур — це значна кількість некондиційних відходів, в першу чергу тієї ж біомаси. В зв'язку з цим перспективними стають такі технології отримання палива з відходів некондиційної рослинної біомаси, що дозволяють практично повністю переробляти її в паливо. До таких технологій відносяться газифікація та швидкий піроліз.

Газифікація — процес високотемпературного перетворення рослинної біомаси в газ (генераторний газ). Процес проходить в спеціальних реакторах (газогенераторах) з обмеженим доступом повітря чи кисню за 800...1000 °C і практично не супроводжується утворенням побічних продуктів за винятком невеликої кількості попелу. Генераторний газ, після відповідної очистки, використовується як паливо в теплогенераторах, газових турбінах, двигунах внутрішнього згорання, в газопоршневих двигунах, а в суміші з дизельним паливом — в дизельних двигунах і т. п. Однак його застосування вимагає значної модифікації двигунів, особливо тому, що потужність двигунів на такому паливі суттєво зменшується через його низьку теплотворну здатність. Установки для газифікації твердого палива досить громіздкі, мають великі втрати тепла та палива і вимагають тривалого часу запуску, тому їх застосовування обмежується стаціонарними установками і, зрідка, важкими транспортними засобами.

Сьогодні удосконалена технологія отримання рідких моторних палив містить дві основні стадії:

- 1) одержання синтез-газу з необхідним співвідношенням водню і оксиду вуглецю (CO);
- 2) перетворення синтез-газу в рідке паливо (бензин, дизельне пальне).

Синтез-газ, в залежності від співвідношення CO:H₂, тиску, температури, часу контакту та катализатора, можна переробляти у різні продукти: вуглеводні, метанол та вищі спирти. Найвідомішим є процес Фішера–Тропша, в якому з синтез-газу за атмосферного чи підвищеного тиску і температури 170...300 °C утворюються вуглеводні. Цей процес широко застосовували в роки війни, використовуючи кам'яне чи буре вугілля а також смоли коксування. В післявоєнний період, через відкриття джерел дешевої нафти цей процес був призабутий, на його основі працювала лише установка в Сасольбергу (Південна Африка) на базі дешевого вугілля, яке можна було добувати відкритим способом.

Останнім часом зріс інтерес до нового виду палива BtL (Biomass-to-Liquid) — це рідке паливо, яке виготовляють із деревини і відходів деревообробки через проміжну стадію отримання біогазу. Переваги цього способу в тому, що для переведення автомобілів на таке паливо не потрібна модифікація сучасних двигунів. За оцінкою німецьких вчених, якщо BtL займе 20 % ринку ЄС, то в Європі можна зменшити викиди CO₂ на 200 млн тонн [5].

Недавно, фірма CHOREN у Фрайбергу, Німеччина, запустила таку напівпромислову установку продуктивністю 15 тис. тонн в рік. Газ, одержаний за 450 °C в присутності незначної кількості повітря, складається в основному із CO і H₂ і може бути сировиною для отримання дизпалива.

Про перспективність одержання біопального свідчить також введення в експлуатацію багатьма фірмами пілотних установок глибокої переробки рослинних залишків, а також зростаюча кількість публікацій на цю тему [6]. Особливо слід звернути увагу, що в подібних оглядах розглянуто не лише піролітичні процеси, в тому числі газифікацію сировини, але і її хімічне чи бактеріальне перетворення в широку гамму цінних продуктів: ферментативне одержання водню, отримання похідних фурфуролу тощо.

Одним з майже невикористовуваних видів потенційної сировини для переробки в корисну продукцію, у тому числі в рідке чи газове паливо, є відходи лісозаготівельної галузі і деревопереробної промисловості. В Україні, де заготовляють більш ніж 10 млн м³ деревини, утворюється значна кількість таких відходів. Орієнтовно вони становлять 12 % обсягу лісозаготівель, 35 % — обсягу переробки при спилуванні лісу, 31 % — у виробництві тари, віконних, дверних блоків, 54 % — у виробництві меблів. Наведені дані не враховують кору дерев, яка в середньому складає 10 % маси деревини [3].

Хоча використання деревини в побуті, як палива, супроводжує людство протягом усієї його історії, а з середньовіччя розпочинається термічна переробка деревини для одержання колісного мастила, деревного вугілля (компонент стрілецького пороху), проте процеси глибокого перетво-

рення деревини на корисніші продукти розпочинаються лише у XX-му столітті. Розроблені технології виділення целюлози, її очистки та переробки — в першу чергу в штучні волокна: гідратцелюлозні (віскозні), ацетилцелюлозні тощо. У 70-х роках XX століття їх продукція складала приблизно 25 % від продукції тканин з бавовни, але з часом масштаби виробництва целюлозних волокон стали поступатись поліамідним, поліестерним та іншим [7]. Причиною таких тенденцій є як кращі у багатьох відношеннях експлуатаційні якості синтетичних волокон, так і велика витрата реактивів на виділення целюлози з деревини, у тому числі таких екологічно небезпечних як двооксид сірки, хлор та інші. Слід згадати, що значний обсяг целюлози використовується для виробництва паперу.

Тому на сьогодні гостро стоїть проблема утилізації некондиційних залишків деревини (певною мірою це відноситься і до інших целюлозовмісних залишків, таких як солома зі збіжжя, очерет тощо), причому на сьогодні переробка їх в моторні палива є найдоцільнішою. Перспективною технологією виробництва моторного палива є швидкий піроліз. Продуктами цього процесу є, переважно, деревне вугілля, несконденсований газ та рідке пальне, теплотворна здатність якого — 50—55 % відносно дизельного пального. Недивлячись на високу ефективність і зручність у використанні отриманого рідкого пального, піроліз рослинної біомаси знаходиться на стадії досліджень і лише в окремих випадках на стадії пілотних установок [6—7].

Спосіб термічної переробки відходів деревини полягає, переважно, у подрібненні сировини та нагріванні в камері піролізу з переведенням продуктів в парогазову фазу з подальшою конденсацією її частини в рідке паливо.

Подрібнену до розміру частинок 1...1,5 см сировину перед процесом слід осушувати до вологості 8—10 % або ж видаляти воду в камері видалення вологості, що проводять часто за нижчої температури ніж сам піроліз [8]. Піроліз здійснюють як при атмосферному [8] так і при підвищеному тисках [9]. Чим вища температура процесу, тим більша частка газоподібної складової в продуктах піролізу. Так, в процесі швидкісного двостадійного піролізу без доступу повітря з першою стадією відділення води за температур 371...550 °C і другою стадією за 751...1000 °C утворюється до 70 % газоподібних продуктів [10]. Тому автори [9] пропонують здійснювати процес при незначному розрідженні і температурах не вище 650 °C, що за їх твердженням сприяє більшому виходу паливних компонентів.

Також присутність кисню негативно впливає на вихід продуктів піролізу та погіршує якість одержаних паливних компонентів, внаслідок утворення побічних кисневмісних сполук (фенолів, кислот). А тому пропонується вести процес без доступу кисню в атмосфері паливного газу при незначному розрідженні [11]. Для підвищення якості паливних компонентів продуктів піролізу автори [12] пропонують проводити високотемпературний процес під дією газового теплоносія, в склад якого входить не лише очищений паливний газ, але й рідкі вуглеводні. Сировину при цьому попередньо продувають від кисню цим же теплоносієм.

Ефективність піролізу зростає в присутності каталізаторів. Прикладом ефективного каталітичного зрідження рослинної сировини при підвищених тисках є метод отримання суміші рідких вуглеводнів в розчині гідролізованого лігніну в метанолі [13]. Некаталітичне зрідження лігніну в метанолі здійснюється важко, проте вихід рідких продуктів зростає в 5...10 раз в присутності Fe-Zn-Cr оксидного каталізатора. В присутності каталізатора прискорюється реакція розкладання метанолу до H_2 і CO_2 та гідрування утвореним воднем фрагментів лігніну. При цьому також відбуваються реакції алкілування рідких продуктів метанолом.

Досліджені також процеси зрідження деревної сировини у водному середовищі в присутності CO чи синтез-газу. Каталізатори цих процесів — сполуки лужних і лужноземельних металів, кобальту, нікелю та інші. Очевидно, що каталітичний ефект у разі використання CO як відновлювача досягається внаслідок утворення при підвищених тисках (4...10 МПа) форміатів, які є відновлювальними агентами.

Встановлено, що розплави форміатів і лугів забезпечують ефективне зрідження деревини, навіть за атмосферного тиску [14]. Максимальний вихід масел досягається при зрідженні деревини ялини розплавом $HC(O)ONa$ і KOH за температури 480 °C.

В останні роки виріс інтерес до досліджень спільного перетворення рослинної біомаси та техногенних органічних відходів. Синтетичні полімери, зокрема поліетилен мають високе атомне співвідношення H/C і тому їх використання дозволяє знизити затрати на подачу газу-водню в процесах прямого зрідження деревної біомаси. Крім того, утворення радикалів при термічному розпаді синтетичних полімерів сприяє підвищенню виходу рідких продуктів.

Використання активованих залізорудних каталізаторів в процесах гідропіролізу суміші поліетилену і відходів деревини сосни дозволяє підвищити конверсію і вихід рідких продуктів [15]. Зі збільшенням вмісту поліетилену спостерігається зростання конверсії суміші і виходу фракції рідких продуктів з температурою кипіння >200 °С, зменшується вихід газів і рідкої фракції з температурою кипіння <200 °С. Залежність ступеня перетворення суміші поліетилен-деревина від температури має екстремальний характер в інтервалі 360...455 °С. Максимальна конверсія (90 %) досягається за температури гідропіролізу 390 °С.

Подальший прогрес у підборі каталізаторів і вивченні механізму їх дії в реакціях деполімеризації природних органічних полімерів стримується складним нерегулярним складом останніх. Тому доцільно використовувати дешеві каталізатори одноразового використання.

В патенті [9], повідомляється про отримання рідкого палива з рослинної сировини в процесі спільного піролізу подрібнених рослинних відходів (розмір частинок 1 мм, вологість 10 %) та вуглевмісної шихти при 450 °С та тиску 15 МПа. Утворена парогазова суміш складає до 60 % від маси вихідної сировини. Хімічно активні гази піролізу CH_4 , C_2H_4 , C_nH_m , CO , H_2 , CO_2 використовуються на стадії подальшого фототермолізу, що відбувається за температур 200...240 °С і атмосферному тиску. Для отримання нафтоподібного рідкого палива фототермолізовану газову суміш пропускають через парафіновий шар з каталізатором Fe в шламовому реакторі. Вихід рідкого палива від вихідної біомаси не вказується.

Доцільним є також розгляд інформації про деякі найновіші наукові та технічні опрацювання в галузі використання біомаси, особливо для одержання рідких палив [6]. Так в США [16—18] проводяться роботи з освоєння водно-фазового реформінгу (APR), в якому із поліспиртів, в тому числі сорбітолу чи гліцерину, під тиском 2,9...5,2 МПа за температур близьких 225 °С в присутності платинового або нікелевого каталізаторів, нанесених на оксид алюмінію, з високим виходом одержують газ, що містить 50...60 % водню, який запропоновано використовувати, як пальне для паливних батарей. Фірма «Virent Energy Systems» запустила пілотну установку за схемою «біоформінг», в якій у водяній фазі на біфункціональних каталізаторах одержують із поліспиртів не лише гази, переважно водень, але також і рідкі вуглеводні в тому числі ароматичні, які можна використовувати як компоненти палив, а також їх кисневі похідні — альдегіди, кетони, кислоти [19, 20].

У низці нових робіт описані дослідження та вдосконалення згаданих процесів швидкого піролізу біомаси, особливо деревини, з метою одержання рідких моторних палив. Цей метод полягає у швидкому нагріванні дрібних частинок сировини, як правило, у флюїдальній фазі до температур 450...550 °С і так само швидкому виведенні реакційних газів із зони реакції. Тоді основними стають рідкі продукти, які не встигають розкладатися. Їх вихід сягає 60...75 % з одночасним утворенням 10...20 % газів та 15...25 % деревного вугілля. Ці, так звані, піролітичні олії, в основному кисневмісні речовини, змішані з великою кількістю (до 50 %) води, утвореній в процесі термічної дегідратації целюлози та лігніну. Після розділення одержаних емульсій органічну фазу піддають каталітичному реформінгу [21, 22].

Оскільки проведення піролітичних процесів є дуже енергозатратним через необхідність випаровування значної кількості води, тепер розробляються схеми процесу розкладання біомаси в суспензії в рідкій фазі під високим тиском і за температур 300...450 °С при одночасній подачі газу-відновника CO або H_2 . Як розчинники використовують воду, водні розчини солей, етиленгліколь, креозотову або циркулюючу реакційну олію. Реакції сприяє наявність каталізаторів — оксидів або солей лужних металів, міді, нікелю та ін. [23, 24].

Висновки

1) Літературний огляд новітніх джерел інформації вказує на зростаючий інтерес до проблеми отримання рідкого палива з відходів рослинної біомаси.

2) Відомі способи перетворення рослинної біомаси в рідке паливо характеризуються багатостадійністю процесу, проходять при високих тисках і температурах, що ускладнює їх практичну реалізацію. Вдосконалення існуючих та пошук нових ефективних методів переробки рослинної біомаси є актуальним, оскільки, зменшення запасів нафти та газу приведе до того, що значна частина хімічної промисловості буде змушена працювати на відновлювальній сировині.

3) Розвиток та вдосконалення сучасних технологічних засобів переробки відходів рослинної біомаси одночасно вирішують і важливі екологічні проблеми.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Энергетическая альтернатива // Свобода. — 2009. — № 39(450). — С. 6.
2. Taraban'ko V. E. Wood-biomass conversions into fine chemicals in the presence of acidic and oxidative catalysts / V. E. Taraban'ko, A. V. Kudryashev, B. N. Kuznetsov, G. R. Gulbis // Book of Proc. 8th Int. Symp. on Wood and Pulping Chemistry, Helsinki, Finland, 1995. — V. 3. — P. 319.
3. Суханов В. Древесное топливо — ресурс будущего // Энергополис. — 2010. — № 9(37). — С. 46—47.
4. Применение биомассы в энергетике [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <http://www.wikipedia.org/wiki>.
5. Ракитная О. Жидкое моторное биотопливо [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <http://www.pellets.ru>.
6. Burczyk V. Biorafineries : How much chemistry is there? / V. Burczyk // Wiadomości chemiczne, 2009. — № 10. — P. 741.
7. Ягодин В. И. Проблема лесохимического и биоэнерготехнологического использования биомассы дерева / В. И. Ягодин, В. А. Соколова // Изв. СПбЛТА. — 2009. — Вып. 188. — С. 246—252.
8. Пат. 2265625 Россия, МПК7 C08J11/00; F23G5/027 (+1). Способ и установка для переработки органических веществ в газообразное жидкое топливо / И. А. Порев, М. В. Ерхов, В. Г. Чирков. — № 20040115654 ; заявл. 24.05.2004 ; опубл. 10.12.2005.
9. Пат. 2277119 Россия, С МПК7 F23G5/027 ; F23G7/00. Способ и солнечная установка для получения искусственного жидкого топлива из углеродсодержащих материалов / Э. Иванчевская, Р. Т. Раббимов, Д. С. Стребков, С. Н. Трушевский. — № 20050106913 ; заявл. 15.03.2005 ; опубл. 27.05.2006.
10. Пат. Россия, МПК7 F23G5/027; F23G7/00. Установка и способ переработки органического сырья в топливные компоненты / Куликов Н. В., Лозовой П. С., Сосов С. И. — № 20000115972 ; заявл. 16.06.2000 ; опубл. 20.05.2002.
11. Пат. 2275416 С Россия, МПК7 C21 B5/00. Способ термохимической переработки органического сырья в топливные компоненты и установка для его осуществления / В. А. Лихоманенко, С. Е. Терещенко, И. В. Цветкова, А. Н. Пауков. — № 20050108735 ; заявл. 28.03.2005 ; опубл. 27.04.2006.
12. Пат. 2265625 С Россия, МПК7 C08J11/00 ; F23G5/027 ; F23G7/00. Способ и устройство для переработки твердых органосодержащих веществ и отходов в газообразное и жидкое топливо / Д. С. Стребков, М. В. Ерхов, И. А. Порев. — № 20040115654 ; заявл. 14.09.2004 ; опубл. 10.12.2005.
13. Кузнецова Светлана Алексеевна. Получение химических продуктов из древесной биомассы с применением катализаторов и активирующих воздействий : дис. ... д-ра. хим. наук : 05.21.03 / Кузнецова Светлана Алексеевна. — Красноярск, 2005. — 356 с.
14. Совместное термokatалитическое превращение растительной биомассы и полиэтилена / А. Н. Дорогинская, В. И. Шарыпов, Н. Г. Береговцова, В. Н. Пармон, Б. Н. Кузнецов // Катализ в превращениях угля : III Междунар. симпозиум (Новосибирск, 10—13 июля 1997) : труды. — Новосибирск, 1997. — Ч. 2. — С. 319—324.
15. Пат. 2206387 Россия, МПК7 B01J10/00; C10G7/00. Установка и способ переработки органического сырья в топливные компоненты / Стребков Д. С., Рачук В. С., Важенин Ю. И., Иванов В. А., Сухов А. И., Бурганов Ф. С., Улько Б. Н. — № 20020103051 ; заявл. 02.07.2002 ; опубл. 20.06.2003.
16. Cortright R. D. Hydrogen from catalytic reforming of biomass-derived hydrocarbons in liquid water / R. D. Cortright, R. R. Davda., J. A. Dumesic // Nature, 2002. — Vol. 418, No. 6901. — P. 964.
17. Huber G. W. Raney Ni-Sn Catalyst for H₂ from Biomass-Derived Hydrocarbons / G. W. Huber, J. W. Shabaker, J. A. Dumesic // Science, 2003. — № 300. — P. 2075—2078.
18. Jacobsen H. Heterogeneous, Chemistry: Catalysts for Hydrogen Production from Biomass / H. Jacobsen // Angewandte Chemie International Edition, 2004. — № 43. — P. 1912—1914.
19. Huber G. W. Renewable Alkanes by Aqueous-Phase Reforming of Biomass Derived Oxygenates / G. W. Huber, R. D. Cortright, J. A. Dumesic // Chemie International Edition, 2004. — No. 43. — P. 1549—1551.
20. Ritter S. K. Ionic liquids go to market / S. K. Ritter // Chem. Eng. News, 2008. — No. 86 (46). — P. 57.
21. Biomass to hydrogen via fast pyrolysis and catalytic steam reforming of the pyrolysis oil or its fractions / D. Wang, S. Czernik, D. Montane, M. Mann, E. Chornet // Ind. Eng. Chem. Res. 1997. — No. 36. — P. 1507—1518.
22. Hydrogen from biomass: steam reforming of model compounds of fast-pyrolysis oil / M. Markevich, S. Czernik, E. Chornet, D. Montane // Energy Fuels, 1999. — № 13. — P. 1160—1166.
23. Huber G. W. Synthesis of transportation fuels from biomass : chemistry, catalysts, and engineering / G. W. Huber, S. Iborra, A. Corma // Chemical Reviews, 2006. — № 106. — P. 4044—4098.
24. Mohan D. Pyrolysis of wood/biomass for bio-oil: a critical review / D. Mohan, C. U. Pittman, P. H. Steele // Energy and Fuels, 2006. — № 20(3). — P. 848—889.

Рекомендована кафедрою хімії та хімічної технології ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 17.06.2014

Романюк Ольга Іванівна — старший науковий співробітник, канд. хім. наук, старший науковий співробітник Відділення фізико-хімії горючих копалин, e-mail: romaniuk@ua.fm;

Шевчик Леся Зеновівна — аспірантка Відділення фізико-хімії горючих копалин.

Інститут фізико-органічної хімії і вуглехімії ім. Л. М. Литвиненка НАН України, Львів;

Ощановський Ігор Валентинович — молодший науковий співробітник кафедри неорганічної хімії.

Львівський національний університет ім. Івана Франка, Львів

O. I. Romaniuk¹
I. V. Oshchapovskyi²
L. Z. Shevchyk¹

Plant biomass as perspective raw material for obtaining synthetic liquid fuels

¹L. M. Lytvynenko Institute of Physical-Organic Chemistry and Coal Chemistry of NAS of Ukraine, Lviv;
²Ivan Franko National University of Lviv

A number of works concerning the obtaining of synthetic fuels from plant materials waste have been considered. The potential of the processes of catalytic pyrolysis for utilization of plant biomass as well as for obtaining synthetic liquid fuels have been shown in the paper.

Keywords: pyrolysis, wood waste, biomass, fuel.

Romaniuk Olga I. — Cand. Sc. (Chem.), Senior Research Assistant, Senior Research Assistant of the Department of Physical Chemistry of Combustible Minerals, e-mail: romaniuk@ua.fm;

Oshchapovskyi Ihor V. — Junior Research Assistant of the Chair of Inorganic Chemistry;

Shevchyk Lesia Z. — Post-Graduate Student of the Department of Physical Chemistry of Combustible Minerals

О. І. Романюк¹
И. В. Ощеповский²
Л. З. Шевчик¹

Растительная биомасса — перспективное сырье для получения синтетических жидких топлив

¹Институт физико-органической химии и углехимии им. Л. М. Литвиненка НАН Украины, Львов;
²Львовский национальный университет им. Ивана Франко

Проанализированы литературные источники по проблеме переработки отходов растительных материалов в горючее. Показана перспектива использования процессов каталитического пиролиза для утилизации растительной биомассы и получения синтетических жидких топлив.

Ключевые слова: пиролиз, отходы древесины, биомасса, топливо.

Романюк Ольга Ивановна — старший научный сотрудник, канд. хим. наук, старший научный сотрудник Отделения физико-химии горючих ископаемых, e-mail: romaniuk@ua.fm;

Ощеповский Игорь Валентинович — младший научный сотрудник кафедры неорганической химии;

Шевчик Леся Зеновьевна — аспирант отделения физико-химии горючих ископаемых