

УДК 633.002.68:620.9

ANALYSIS OF METHODS OF OBTAINING ALTERNATIVE SOURCES OF ENERGY

V. Kalita, O. Osmak

National University of Food Technologies

Key words:plant biomass,
pyrolysis,
hydrogen,
biogas**Article history:**

Received 25.03.2021

Received in revised form
10.04.2021

Accepted 16.05.2021

Corresponding author:

ingmex@ukr.net

ABSTRACT

The expediency of using biomass of plant origin, as well as municipal waste (solid and liquid), waste from food, agricultural and wood processing enterprises as renewable energy sources has been studied. Technological aspects and chemical processes of transformation of the above-mentioned raw materials into energy are studied.

The mechanism of the process of thermal processing (pyrolysis) of biomass of plant origin with the help of special equipment — pyrolysis boiler (gasifier) is described. The description of the movement of raw materials in the internal space of the boiler under the action of its own weight and the consistent passage of all stages of technological transformation.

Methods of obtaining energy from biomass by anaerobic fermentation have been studied. The advantages and disadvantages of the process of decomposition of complex organic substances obtained without the access of air — biogas obtained by the course of the microbiological process are given.

The method of obtaining energy from biomass is alcohol anaerobic fermentation. The end product of this process is the production of ethanol (ethyl alcohol) C_2H_5OH . The advantages and disadvantages of different methods of obtaining ethanol.

A special place of hydrogen as an energy source is described. The study of the peculiarities of chemical processes of obtaining energy from hydrogen. The advantages and disadvantages of different methods of obtaining energy from hydrogen are considered. Also, a variant of a hybrid method of splitting water molecules, based on the sequential processes of different physicochemical nature.

Prospects for the use of geothermal energy or other thermal energy of the earth's crust are considered. Hydrothermal georesources are not only a source of thermal energy, but can also be a raw material base for chemical enterprises.

It is concluded that unconventional energy on renewable raw materials is more environmentally friendly than traditional. Energy production is either combined with the utilization of waste from other industries, or gives less harmful emissions, or is not accompanied by chemical processes at all.

DOI: 10.24263/2225-2916-2021-29-17

АНАЛІЗ СПОСОБІВ ОТРИМАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

В. С. Калита,
О. О. Осьмак

Національний університет харчових технологій

У статті досліджено доцільність використання біомаси рослинного походження, а також міських відходів (твердих і рідких), відходів харчових, сільськогосподарських і деревопереробних підприємств як поновлюваних джерел енергії. Описано технологічні аспекти та хімічні процеси перетворення вищевказаної сировини в енергоносії. Доведено перспективність використання водневої та геотермальної енергетики.

Ключові слова: рослинна біомаса, піроліз, водень, біогаз.

Постановка проблеми. На сьогодні все більше застосовуються нетрадиційні способи отримання енергії. На відміну від традиційної енергетики, що використовує органічне паливо та забруднює атмосферу викидами та водою скидами, нетрадиційна енергетика використовує відновлювані джерела енергії і є порівняно екологічно чистою й нешкідливою для людини і навколишнього природного середовища [1; 2].

Мета статті: дослідити технологічні аспекти та хімічні процеси при використанні природних, поновлюваних джерел біомаси, що використовується як енергоносії. Визначити вплив хімічних процесів на навколишнє середовище на етапах перетворення сировини в енергоносії.

Матеріали і методи. Первинні та вторинні друковані джерела інформації за обраною тематикою. Аналіз, обробка й узагальнення наукової інформації з теми дослідження.

Результати дослідження. Найбільший інтерес в дослідженні хімічних процесів, що відбуваються при отриманні альтернативних джерел енергії, є способи їх отримання.

Енергія біомаси. В основі використання покладено процес фотосинтезу і перетворення біологічної енергії. Необхідною умовою здійснення фотосинтезу є підведення потоку світлового випромінювання (енергії) до рослини, а саме до хлорофілу, який, поглинаючи світло всього видимого спектра сонячного випромінювання, активізується і передає свою енергію воді. Вода в результаті цього виділяє атом водню для реакції з CO_2 . Реакція проходить за схемою:



Кисень надходить в атмосферу, а утворене вуглеводневе з'єднання $n (\text{CH}_2\text{O})$, де n — число атомів вуглецю в з'єднанні, йде на побудову інших органічних речовин — жирів, білків і вуглеводів, які утворюють органічну речовину біомаси. При окисленні біомаси або продуктів її переробки виділяється теплова енергія, еквівалентна поглиненій нею в процесі фотосинтезу світловій енергії.

Джерелами біомаси також можуть бути міські відходи — тверді й рідкі; відходи харчових, сільськогосподарських і деревопереробних підприємств — залишки процесів переробки органічної сировини, рослинні залишки, відходи тваринництва, інші відходи промисловості, деревина, водорості тощо [3]. Також вагомим, позитивним чинником, виступає сам факт переробки (утилізація) побутових, промислових і сільськогосподарських відходів, їх перетворення в енергоносії [6].

Одним із способів отримання енергії з біомаси є термохімічна обробка (конверсія) останньої. Основу термохімічної конверсії складає процес піролізу, тобто термічний розклад органічної біомаси відходів при їх нагріванні. Процес піролізу здійснюється за допомогою спеціального обладнання — піролізного котла (газифікатора) [7]. Газифікатор — це котел у вигляді вертикальної шахти, як правило, циліндричної форми. Сировина рухається зверху вниз у внутрішньому просторі котла під дією власної ваги і послідовно проходить усі стадії технологічного перетворення: нагрівання і сушіння в зоні I, видалення летючих фракцій побічних продуктів піролізу в II зоні, власне піроліз у III зоні, відновні реакції в IV зоні і накопичення шлаків у нижній V зоні (рис. 1). У III зоні піролізу біосировина розкладається на тверду частину — вуглецевмісна речовина, газ: CO , CO_2 , H_2 , H_2O , CH_4 , C_3S , C_4S , C_5H і низько- і середньомолекулярні органічні рідини і кислоти [8]. В результаті термохімічної обробки біомаси отримують паливний газ (генераторний газ), рідке і тверде паливо — вуглецевмісна речовина. Загальний енергетичний ККД газифікації біомаси становить від 50 до 70%. Теплотворна здатність генераторного газу становить 800—1200 ккал/м³, причому заміна повітря на кисень при його отриманні веде до значного збільшення частки оксиду вуглецю і, відповідно, до збільшення теплотворної здатності [10; 11].

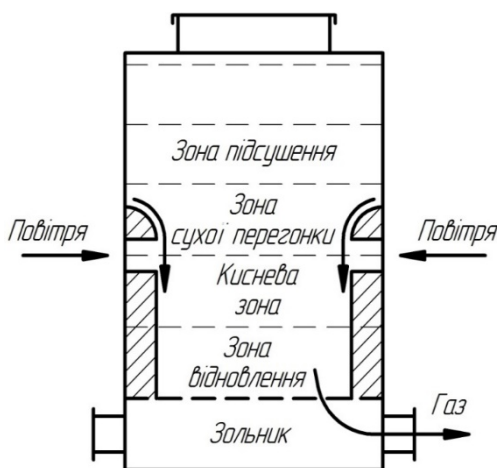


Рис. 1. Схема газогенератора зворотного процесу газифікації

Ще один спосіб отримання енергії з біомаси — анаеробна ферментація. Це мікробіологічний процес розкладання складних органічних речовин без доступу повітря. При ферментації відбувається перетворення вуглеводнів (бродіння) і білків (гниття) в біогаз — суміш метану CH_4 (до 60...70%), діоксиду вуглецю CO_2 , азоту N_2 , водню H_2 і кисню O_2 (разом — 0,4...6%), і утворюється стабілізований осад (перероблена біомаса). Отриманий біогаз має високу питому теплоту згоряння, рівну 17...21 МДж/м³ і є висококалорійним, зручним для практичного використання паливом, а стабілізований осад — хорошим органічним добривом. У процесі ферментації біомаса втрачає неприємний запах, сухі тверді відходи стають менш привабливими для гризунів, при цьому гине патогенна мікрофлора. Тож при анаеробній ферментації вирішуються і енергетичні, і екологічні питання, зокрема і проблема складування та зберігання відходів [9].

Крім метанової ферментації, відомо також спиртове анаеробне бродіння біомаси. Кінцевим продуктом цього процесу є отримання етанолу (етилового спирту) C_2H_5OH . Для харчових цілей етанол виробляється з давніх часів. Останнім часом значного поширення набула тенденція використання етанолу як рідкого палива. Існують різні біологічні методи виробництва етанолу. Один з них передбачає спочатку перетворення вуглеводів у глюкозу, а потім, шляхом анаеробної ферментації, перетворення її в етанол; другий, кислотний метод, полягає в тому, що сировину для отримання етанолу — целюлозу, шляхом гідролізу перетворюють у цукор, а останній у результаті анаеробного розкладання трансформується в етанол; третій метод — метод прямого перетворення цукру в етанол.

До переваг використання другого методу слід віднести те, що він базується на використанні для етанолу непридатної сировини — тирси, сільськогосподарських відходів і продуктів низької якості, непридатних для вживання. Але другий і перший методи — двостадійні, технологічно більш складні, також потрібно врахувати той факт, що вміст діючого компонента в проміжному продукті — цукру і глюкози, не завжди високий. З огляду на це перевагу слід віддати третьому методу: він одностадійний, а підвищений вміст цукру у вихідному матеріалі можна забезпечити підбором відповідної сировини.

Воднева енергетика. Серед численних речовин, реакція окислення яких супроводжується виділенням тепла, особливе місце займає водень. Він відповідає численним вимогам, що висуваються до енергоносіїв, оскільки володіє високою питомою теплотою згоряння. Але головна перевага водню полягає в тому, що це екологічно чисте паливо. І сам водень, і утворена при його спалюванні вода нешкідливі ні для людини, ні для навколишнього середовища. Жодні інші продукти при окисленні водню не утворюються, в той час як при окисленні вуглеводнів у число продуктів реакції входять CO і CO_2 , що забруднюють атмосферу.

Однак у чистому вигляді водень у природі зустрічається в дуже невеликих кількостях. Уся величезна кількість цього елемента перебуває в природних умовах у зв'язаному вигляді — в основному у воді. Щоб виділити водень із води, треба розірвати його валентний зв'язок з атомами кисню виду $H-O-H$. Розрив водневих зв'язків можна здійснити як прямими, так і непрямыми методами. У першому випадку до молекул води ззовні підводиться енергія будь-якого виду: теплової, електричної, хімічної, радіаційної. Непрямі методи передбачають багатоступінчаті перетворення вихідної речовини за участю допоміжних реагентів.

Термічний спосіб (термоліз) полягає у високотемпературному впливі на воду. Термодинамічні розрахунки показують, що для здійснення термолізу необхідно підтримувати температуру близько $3500^{\circ}C$. Вести такий процес у виробничих умовах практично неможливо, тому термічний спосіб представляє лише теоретичний інтерес [5].

Електрохімічний спосіб (електроліз) полягає в розкладанні води електричним струмом. На перший погляд, електрохімічний спосіб отримання водню явно нееконічний. Адже навіть в ідеальному випадку при спалюванні водню можна отримати стільки тепла, скільки електроенергії було витрачено на розкладання води. Але це не зовсім так. По-перше, на видобуток традиційного палива доводиться витрачати чималі кошти, до яких додається вартість очищення димових газів від шкідливих компонентів і золи, тобто ті витрати, які відсутні при спалюванні водню. По-друге, існують такі режими роботи теплових електростанцій, коли вироблена електроенергія виявляється зайвою. Мова йде про роботу електростанцій у нічний час,

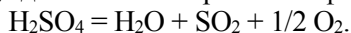
коли споживання електроенергії різко скорочується, а зупиняти електростанцію або істотно знижувати її потужність економічно не вигідно. Тоді надлишок цієї електроенергії доцільно направляти на вироблення водню.

Термохімічні способи полягають у послідовному проведенні декількох хімічних реакцій, одним з кінцевих продуктів яких є водень (табл. 1). Багато-стадійність процесу дуже ускладнює його великомасштабне промислове впровадження. Перевагою є те, що не потрібне підведення енергії і весь процес відбувається при відносно невисоких температурах.

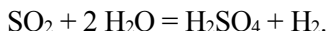
Таблиця 1. Термохімічні способи отримання водню

Термохімічний процес	Оптимальна температура перебігу реакції, °C	Стадії перетворення
$3 \text{ FeCl}_3 = 3 \text{ FeCl}_2 + 3/2 \text{ Cl}_2$	420	I
$\text{Fe}_3\text{O}_4 + 3/2 \text{ Cl}_2 + 6 \text{ HCl} = 3 \text{ FeCl}_3 + 3 \text{ H}_2\text{O} + 1/2 \text{ O}_2$	120	
$3 \text{ FeCl}_2 + 4 \text{ H}_2\text{O} = \text{Fe}_3\text{O}_4 + 6 \text{ HCl} + \text{H}_2$	650	
$\text{LiNO}_3 = \text{LiNO}_2 + 1/2 \text{ O}_2$	473	II
$\text{LiNO}_2 + \text{J}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{LiNO}_3 + 2 \text{ HJ}$	20	
$2 \text{ HJ} = \text{J}_2 + \text{H}_2$	423	

Гібридні методи розщеплення молекул води базуються на послідовному проведенні процесів різної фізико-хімічної природи. Серед таких методів, досить привабливим є двостадійний термо-електрохімічний сірчано-кислотний цикл. На першому етапі, при температурі 850°C, здійснюється термоліз за формулою:



Потім проводиться електроліз:



При цьому витрата електроенергії становить близько 15% від тієї кількості, яка необхідна для електролізу води звичайним способом.

Геотермальна енергія. Геотермальною енергією називають теплову енергію земної кори. Геотермальна енергія виробляється за рахунок радіоактивного розпаду ізотопу калію та інших елементів, таких як Na, Li, Mg, Ca, розсіяних у земній корі. Величина мінералізації термальної води залежить від геологічних та гідрологічних умов родовища і знаходиться в межах від 1 до 6235 грамів на літр. У термальних водах, зазвичай, розчинені гази — CO_2 , H_2S , H_2 , CH_4 , N_2 тощо, іноді в досить великих кількостях [4]. Гідротермальні георесурси є не тільки джерелом теплової енергії, але й можуть бути також сировинною базою гірничо-хімічних підприємств, які виробляють сірку, бром, бор, рідкоземельні елементи та інші речовини, що містяться у воді.

Висновки. Підсумовуючи, слід зазначити, що нетрадиційна енергетика на відновлюваній сировині є екологічно чистішою порівняно з традиційною. Виробництво такої енергії або поєднується з утилізацією відходів інших виробництв, або продукує менше шкідливих викидів, або взагалі не супроводжується хімічними процесами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Нетрадиційні джерела енергії: теорія і практика: монографія / Й. С. Мисак, І. М. Озарків, М. Г. Адамовський та ін.; М-во освіти і науки, молоді та спорту України, Нац. ун-т «Львів. політехніка», Нац. лісотехн. ун-т України. — Л.: НВФ «Укр. технології», 2013. — 356 с.

2. Екологічний моніторинг: альтернативні джерела енергії: навч. посіб. / [В. Г. Сліпченко, О. В. Коваль, Л. Г. Полягушко та ін.]. — Київ: КПІ ім. І. Сікорського: Політехніка, 2019. — 368 с.
3. Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії / О. І. Соловей, Ю. Г. Лєга, В. П. Розен та ін. / За заг. ред. О. І. Солов'я. — Черкаси: Вид. ЧДТУ, 2007.
4. Геотермальна енергетика: виробництво електричної і теплової енергії / А. А. Долінський, А. А. Халатов // Вісник Національної академії наук України. — 2016. — № 11. — С. 76—86.
5. National Academy of Engineering, “The Hydrogen Economy: Opportunities, Costs, Barriers, and R&D Needs” 2004.
6. Гелетука Г. Г. Сучасний стан та перспективи розвитку біоенергетики в Україні / Г. Г. Гелетука, Т. А. Железна, П. П. Кучерук, Є. М. Олійник // Аналітична записка БАУ. — 2014. — № 9. — С. 32.
7. Kirjavainen M. Small- scale biomass CHP technologies situation in Finland, Denmark and Sweden / M. Kirjavainen, T. Savola. — Espoo, 2004.
8. Шевченко Г. Л. Комплексная технология термической переработки биомассы / Г. Л. Шевченко, Ю. В. Шишко, Е. В. Кремнева // Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика: збірник наукових праць. — 2010. — Вип. 2. — С. 217—227.
9. Калюжный С. В. Высокоинтенсивные анаэробные технологии очистки промышленных сточных вод / Катализ в промышленности. — 2004. — № 6. — 42—50 с.
10. Осьмак О. О., Серьогін О. О. Системний підхід до вирішення проблеми газифікації рослинної біомаси / Харчова промисловість, Київ НУХТ — № 10—11, 2011. — С. 302—308.
11. Осьмак О. О., Серьогін О. О. Газогенерація — безвідходна і авто енергетична технологія утилізації промислових відходів Збірник наукових праць / Вінницького національного аграрного університету, Вінниця — випуск 8, 2011. — С. 87—91.

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПОЛУЧЕНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

В. С. Калита, А. А. Осьмак

Национальный университет пищевых технологий

Исследована целесообразность использования биомассы растительного происхождения, а также городских отходов, отходов пищевых, сельскохозяйственных и деревоперерабатывающих предприятий как возобновляемых источников энергии. Описаны технологические аспекты и химические процессы преобразования вышеуказанного сырья в энергоносители. Доведена перспективность использования водородной и геотермальной энергетики.

Ключевые слова: *растительная биомасса, пиролиз, водород, биогаз.*