

---

**Назар Вовченко,**  
*здобувач вищої освіти (бакалаврського рівня),*  
*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

**Оксана Пащенко,**  
*к.е.н., доцент, доцент кафедри економічної теорії,*  
*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

## **ВИРОБНИЦТВО БІОВОДНЮ З ВІДХОДІВ ДЕРЕВИНИ**

Дефіцит палива, підвищення вартості енергоносіїв, викид у повітря технічно небезпечних газів (CO<sub>2</sub>) зумовили зацікавленість до отримання енергетичної незалежності і це спонукало вчених до пошуку альтернативних способів використання цих відходів. У світі щодо енергетичного забезпечення особливої актуальності набуває використання деревної біомаси. Вона складається з лігніну, целюлози, смол й вологи. Розклад деревини на основні енергетичні елементи дає можливість отримати близько 50% вуглецю, 6% водню та 44% кисню [1]. Теплотворна здатність деревини становить 14-17 МДж/кг. Світові запаси деревини становлять 360·10<sup>9</sup> м<sup>3</sup>, що майже відповідає енергетичному вмісту 175·10<sup>9</sup> т умовного палива [1]. У процесі виробництва меблів, утилізації піддонів і знесення будівель утворюються значні обсяги відходів деревини, які раніше просто спалювали або вивозилися на сміттєзвалища. Стара деревина містить консерванти, які заборонені через їхню шкоду для здоров'я, очищення димових газів потребувало великих витрат. Відсутність технологій утилізації відходів деревини призводить до енергетичних втрат та супроводжується цілою низкою екологічних проблем (забруднення водоймищ та ґрунтів у районі звалищ, розповсюдження збудників захворювань тощо), які потребують невідкладного вирішення. Використання сучасних технологій утилізації деревних відходів може мати суттєвий екологоекономічний ефект.

Так, дослідники у проєкті H2Wood – BlackForest, започаткованого ще у 2021 р., використовують цукри, отримані з деревини, які переробляються бактеріями у водень. Вивільнений CO<sub>2</sub> служить джерелом живлення для мікрободоростей, що виробляють водень [2,3]. У реалізації проєкту беруть участь Інституті Фраунгофера IGB і IPA, Університет Stuttgart та Campus Schwarzwald, а фінансування в розмірі 12 млн євро забезпечує Міністерство освіти і науки Німеччини, а в 2025 р. планується запуск пілотної установки [4,2]. Сам процес розпочинається із попередньої обробки відходів деревини, які подрібнюють, під тиском нагрівають до 200°C у суміші етанолу і води. Це дозволяє виділити целюлозу та очистити деревину від розчинених у спирті домішок – клеїв, розчинників і фарб. Далі целюлоза та геміцелюлоза розщеплюються на окремі

молекули цукру (глюкози та ксилози), які стають живильним середовищем для воднеутворювальних бактерій. У процесі ферментації отримується водень і CO<sub>2</sub>, який потім використовується мікрободоростями у фотобіореакторі для синтезу корисних побічних продуктів, зокрема пігментів і крохмалю. Окрім водню, під час біотехнологічної переробки деревини утворюються інші корисні речовини. Зокрема, у процесі попередньої обробки виділяється лігнін, а під час мікробного розщеплення деревини вивільняється водень і CO<sub>2</sub>. Останній використовується для виробництва крохмалю та каротиноїдів у мікрободоростях.

Довгі ланцюги целюлози розщеплюються на глюкозу, яку додають у ферментер, де вона слугує джерелом вуглецю для росту бактерій, які виробляють водень і CO<sub>2</sub>. Після розділення газової суміші CO<sub>2</sub> надходить у фотобіореактор, де ним живляться мікрободорості. На відміну від бактерій, водорості не потребують цукру, використовують CO<sub>2</sub> для свого росту та синтезу корисних пігментів, таких як каротиноїди. На другому етапі водорості переміщують у спеціально розроблений реактор, де вони виділяють водень через пряму фотолізу. Очікується, що процес матиме високу продуктивність, з одного кілограма старої деревини можна отримати приблизно 0,2 кг глюкози, що дає змогу синтезувати 50 літрів водню [2]. Під час ферментації бактерії виділяють рівну кількість водню та CO<sub>2</sub>. Коли водень відокремлюють із газової суміші, два кілограми CO<sub>2</sub> у фотобіореакторі можуть бути перетворені на один кілограм біомаси мікрободоростей, що містить до 50% крохмалю та цінний пігмент лютеїн. Отримана біомаса водоростей може використовуватися у виробництві пластикових компонентів за участі бактерій.

Нині триває будівництво пілотного біопереробного заводу з трьома біореакторами, запуск якого запланований у 2025 р. [2]. Його модульна структура дозволить комбінувати різні процеси, що стане основою для випробування нових технологій.

Дослідники працюють над "водневою дорожньою картою" для BlackForest, де оцінюються регіональні потреби у водні для промисловості, транспорту та побутових потреб, а також доступні ресурси для його виробництва. Також містяться рекомендації розвитку водневої економіки, розширення інфраструктури та інтеграції водневих технологій в енергетичну систему. На думку науковців, BlackForest має значний потенціал для виробництва водню, проте для його повного використання необхідно розвивати технології та інфраструктуру, який підтримає як навколишнє середовище, так і економіку.

## Література

1. Утилізація деревних відходів, як елемент підвищення рівня екологічної безпеки гірських екосистем. UPL: [https://ldubgd.edu.ua/sites/default/files/8\\_konferezii/robota\\_bezpeka\\_gir\\_0.pdf](https://ldubgd.edu.ua/sites/default/files/8_konferezii/robota_bezpeka_gir_0.pdf)

2. Біоводень з деревних відходів. UPL: <https://www.igb.fraunhofer.de/en/press-media/press-releases/2024/biohydrogen-from-wood-waste.html>

3. Використання деревних відходів: Зелена воднева революція Шварцвальду. UPL: <https://www.innovationnewsnetwork.com/harnessing-wood-waste-the-black-forests-green-hydrogen-revolution/54231/>

4. H2Wood – BlackForest: Wasserstoffherzeugung aus Rest- und Altholz in der Region Schwarzwald. UPL: <https://www.ipa.fraunhofer.de/de/Publikationen/>



**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
КАФЕДРА ЕКОНОМІЧНОЇ ТЕОРІЇ**

**МАТЕРІАЛИ ДОПОВІДЕЙ  
МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**

**РОЗВИТОК БІОЕНЕРГЕТИЧНОГО  
ПОТЕНЦІАЛУ В СІЛЬСЬКОМУ  
ГОСПОДАРСТВІ**

**07 - 08 березня 2025 р.**

**м. Київ**

УДК 620.9:63

**Розвиток біоенергетичного потенціалу в сільському господарстві: матеріали доповідей Міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ., 07-08 березня 2025 р.). – К.: Видавництво «Наукова столиця», 2025 – 172 с.**

Відповідальний за випуск д. е. н., професор **М. П. Талавира**

**Відповідальність за достовірність матеріалів несуть автори.**

© Національний університет біоресурсів і  
природокористування України, 2025