

# ВОДНЕВА ЕКОНОМІКА ТА ЕНЕРГЕТИКА

Дудник Олексій Миколайович  
провідний науковий співробітник

Інститут теплоенергетичних технологій  
Національної академії наук України,  
вул. Андріївська 19, м. Київ, 04070, Україна

E-mail: [aldudnyk2018@gmail.com](mailto:aldudnyk2018@gmail.com)

Онлайн-дискусія

“МОЖЛИВОСТІ РОЗВИТКУ ВОДНЕВОЇ ЕКОНОМІКИ  
В СЕКТОРІ ХІМІЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ”

м. КИЇВ, 23.06.2022



# СТВОРЕННЯ ОСНОВ ВОДНЕВОЇ ЕКОНОМІКИ

В травні 2021 р. в Німеччині в рамках виконання спільного європейського «Важливого проекту загальноєвропейського інтересу, IPCEI», Міністерством економіки та Федеральним міністерством транспорту Німеччини обрано 62 великомасштабних проекти з вартістю виконання для німецької сторони 8 млрд Євро за чотирма основними напрямками: виробництво водню (19 проектів), воднева інфраструктура (15 проектів), промислове використання водню (16 проектів) та використання водню на транспорті (12 проектів). В програмі задіяні як провідні німецькі, так і закордонні корпорації та фірми (RWE, Air Liquide, Siemens, Thyssengas, BASF, Bosch, STEAG, Linde, Total, Hydrogenious, Arcelor Mittal, Thyssenkrupp Steel, DOW Deutschland Anlagengesellschaft mbH, Shell, Mitsubishi, BMW, Daimler Truck, Airbus та ін.).

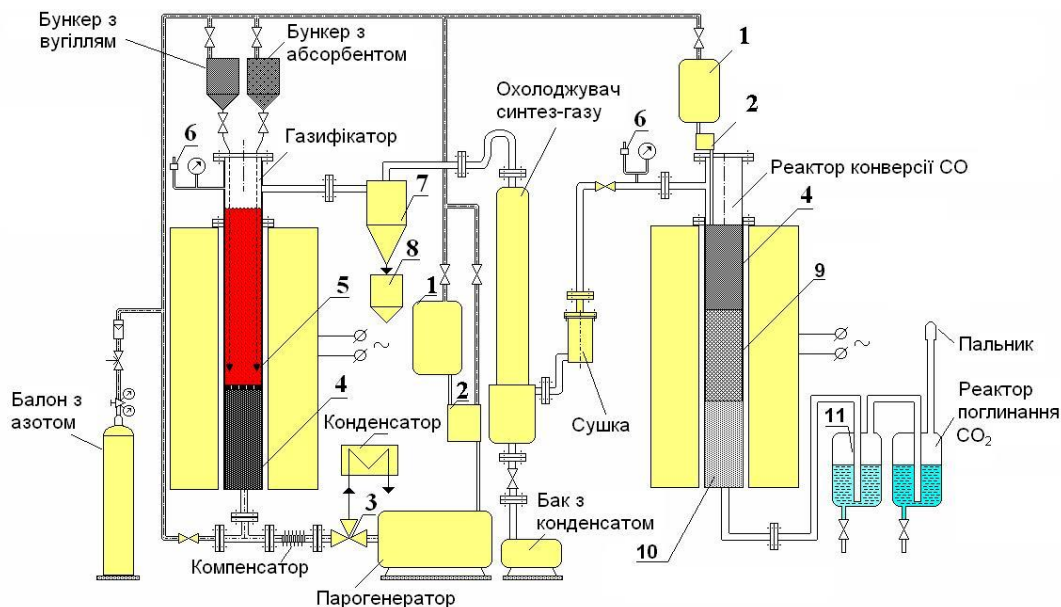
Використання водню у хімічній промисловості заплановано для виробництва амоніаку для виробництва добрив та синтетичного моторного палива для вантажних та повітряних перевезень.

**НАЙВИЩА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЕКТІВ ДЛЯ ХІМІЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ ДОСЯГАЄТЬСЯ ЗАВДЯКИ ОДНОЧАСНОМУ ВИРОБЛЕННЮ НЕ ТІЛЬКИ ХІМІЧНИХ ПРОДУКТІВ, А Й ТЕПЛОВОЇ І ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЙ ТА СТАЛІ – РЕАЛІЗАЦІЇ КОМПЛЕКСНИХ ПРОЕКТІВ (проект «Чистий енергетичний дріт» в м. Гамбург та спільний проект хімічної компанії DOW Deutschland Anlagengesellschaft mbH та енергетичної корпорації Siemens).**

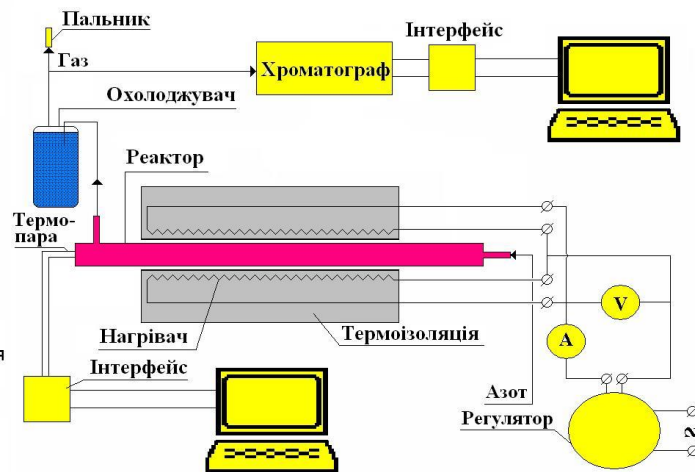


В ІТЕТ НАН України (до 2021 р. – Інститут вугільних енерготехнологій НАН України) в рамках виконання водневих комплексних програм наукових досліджень НАН України з 1996 по 2022 р. виконано та продовжуються науково-дослідні роботи з виробництва «зеленіше зеленого» водню та використання «зеленого» водню для хімічної промисловості та енергетики. **ЗАГАЛЬНИЙ ПІДХІД ЩОДО РОЗРОБЛЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ: ОДЕРЖАННЯ ВОДНЮ ТА ВУГЛЕКИСЛОГО ГАЗУ З ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ ТА ВИРОБНИЦТВО ПРОДУКТІВ З ДОДАНОЮ ВАРТІСТЮ З ВИКОРИСТАННЯМ ВУГЛЕКИСЛОГО ГАЗУ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ПАРНИКОВОГО ЕФЕКТУ.** Створено нові установки та проведені дослідження.

**Установки для одержання водню з біометану з низькотемпературною сорбцією CO<sub>2</sub> та з твердої органічної сировини з високо- та низькотемпературною сорбцією CO<sub>2</sub>.** Водень одержувався з вугілля з використанням для зв'язування CO<sub>2</sub> вапна та водного розчину моноетаноламіну та відходів деревини з використанням для зв'язування CO<sub>2</sub> кальцинованого доломіту та водного розчину моноетаноламіну. З відходів берези одночасно вироблявся водень та активоване вугілля.

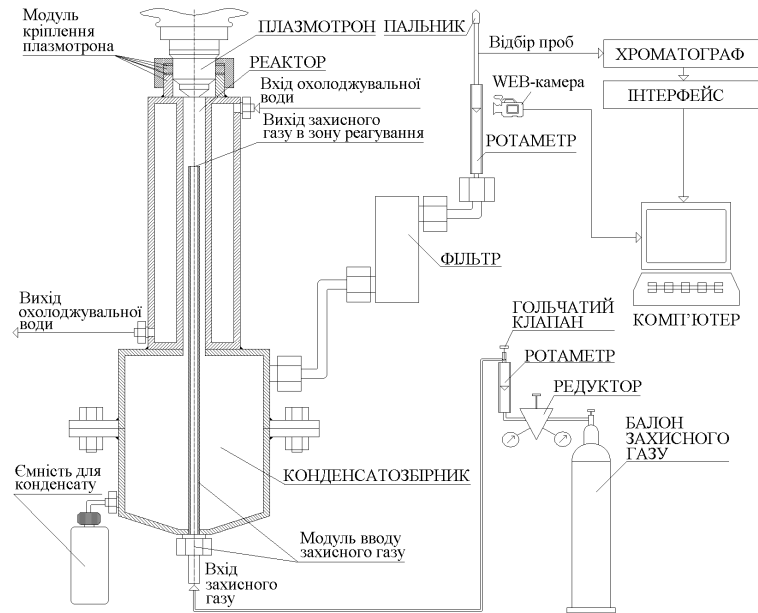


### Установка для перевірки каталізаторів конверсії летучих біомаси у водень



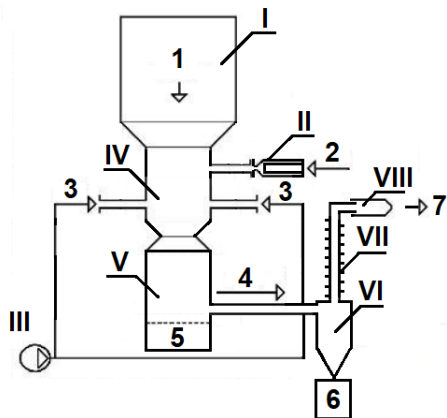
З використанням установки розроблено нову технологію «Водневий брикет» для одержання газу з вмістом водню більше 80 об. % та метану більше 10 об. % з використанням суміші пластику та деревини, Ni-каталізатора та гашеного вапна. Спільна робота ІТЕТ НАНУ та ІФХ НАНУ.

## Установка парової плазмової конверсії біоетанолу



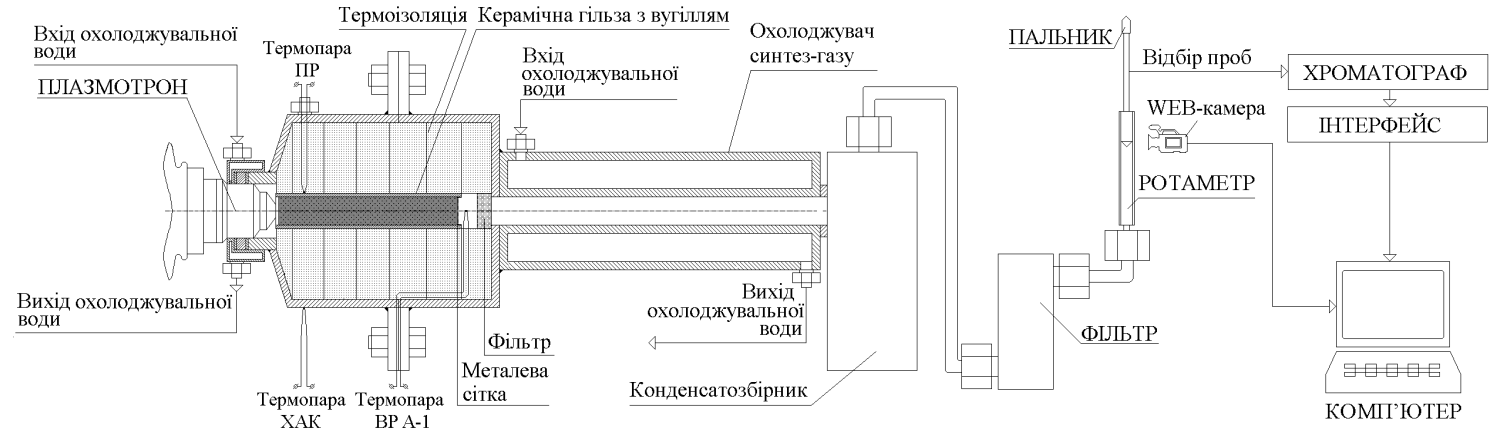
З використанням водного розчину етанолу одержано синтез-газ з вмістом водню 65-70 %.

## Установка плазмової пароповітряної газифікації твердих органічних відходів



I – бункер твердих органічних відходів, II – паровий плазмотрон, III – компресор, IV – зони піролізу та парціального окиснення газифікатора, V – зона газифікації газифікатора, VI – циклон з бункером летучої золи, VII – охолоджувач, VIII – ежекційний пальник;  
1 – тверді органічні відходи, 2 – вода, 3 – повітря, 4 – одержаний газ, 5 – донна зола, 6 – летюча зола, 7 – продукти згоряння

## Установка плазмопарової газифікації твердих палив та відходів зі з'ємним керамічним картриджем



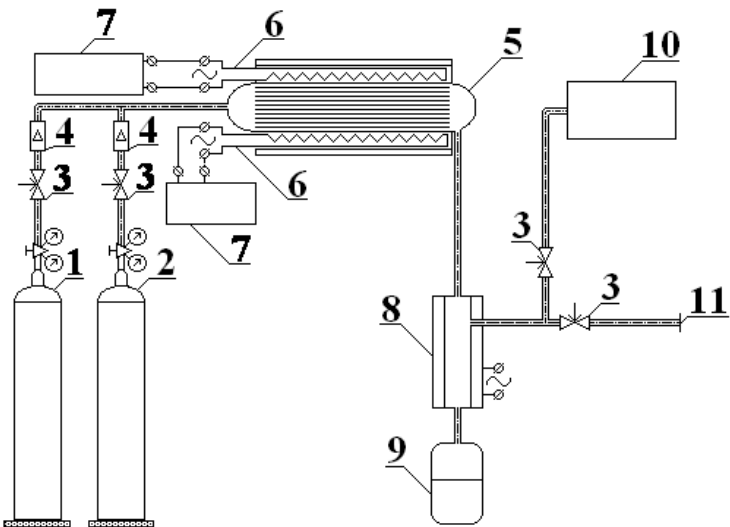
Проведено дослідження парової газифікації ТПВ, донного мулу, багасси, торфу та швидкозростаючих водоростей. Вміст водню в сухому одержаному газі, об. %: 45,3-64,4 в разі конверсії ТПВ; 60,6-79,7 для донного мулу; 50,2-64,9 для відходів кукурудзи; 57,8-61,3 для багасси; 45,2-57,9 для торфу; 57,8-61,3 в разі використання швидкозростаючих водоростей.

В рамках розроблення технологій конверсії твердих органічних відходів в газифікаторі-трансформері для використання в автономних когенераційних енергетичних установках та виробництва цінних рідинних органічних сполук проведено дослідження повітряної і плазмової пароповітряної газифікації донного мулу аераційної станції м. Києва та плазмової пароповітряної газифікації суміші пеллет з донного мулу аераційної станції м. Івано-Франківськ та гумової крихти з використаних автомобільних шин.

Завдяки використанню парового плазмотрона для пароповітряної газифікації відходів одержано збагачений воднем газ, який можна використати для синтезу цінних органічних сполук.

НДР проводились спільно зі співробітниками Інституту газу НАН України

## Мікроканальний реактор синтезу рідинного моторного палива методом Фішера-Тропша з використанням синтез-газу



1 – балон з воднем, 2 – балон з СО, 3 – клапан, 4 – витратомір, 5 – мікроканальний реактор, 6 – електричний нагрівач, 7 – регулятор напруги, 8 – сепаратор, 9 – ємність для збору рідкого моторного палива, 10 – хроматограф, 11 – вихлопна труба

Об'ємна швидкість газу мл/(г <sub>кат</sub> ·год)	Температура конверсії °С	Ступінь конверсії	
		водню	СО
		мас. %	
899	280	75,46	53,88
1609	300	89,43	73,88
2246	310	81,55	63,32

Визначено оптимальні вимоги для конверсії синтез-газу в рідкі органічні сполуки в мікроканальному реакторі: склад каталізатору –  $\text{Co}_3\text{O}_4 = 16$  мас. %,  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 84$  мас. %; метод нанесення каталізатора в мікроканали – термічна обробка плати, нанесення  $\text{Al}_2\text{O}_3$  способом занурення, заповнення каналів Со-каталізатором та кальцинування; тиск в реакторі – 20 атм, температура конверсії – 280 °С; склад вихідного газу –  $\text{H}_2 = 61,38$  об. %,  $\text{CO} = 38,62$  об. %; об'ємна швидкість газу 899 мл/(г<sub>кат</sub>·год); склад одержаних рідинних продуктів – бензин = 23,4 мас. %, керосин = 49,5 мас. %, дизельне пальне = 14,6 мас. %, віск = 12,5 мас. %; ступінь конверсії водню – 89,43 %; ступінь конверсії СО – 73,88 %.

НДР проводились спільно з науковими співробітниками Індійського інституту нафти.

**Інститут  
теплоенергетичних  
технологій  
НАН України**

**Дякую за увагу**

# Аналіз можливості використання побічного продукту конверсії ( $\text{CO}_2$ ) для роботи полігенераційних водневих енергоустановок

## ОДЕРЖАННЯ $\text{CO}_2$

Після стандартних котлів

Після котлів, що працюють на суміші  $\text{O}_2/\text{CO}_2$

З газу після газифікатора, риформера чи ферментатора

## ПРОМИСЛОВЕ ВИКОРИСТАННЯ $\text{CO}_2$

Для збільшення продуктивності нафтогазових свердловин

Робоче тіло в сучасних енергоустановках

Вироблення продуктів з доданою вартістю

## ВИДІЛЕННЯ ТА ОЧИЩЕННЯ $\text{CO}_2$

Адсорбція зі зміненням тиску (PSI)

Очищення в водяних скруберах

Фізичне поглинання в органічних розчинниках

Хімічне поглинання в органічних розчинниках

Мембранне розділення

Розділення за низької температури

## ТЕХНОЛОГІЇ КОНВЕРСІЇ $\text{CO}_2$ ДЛЯ ОДЕРЖАННЯ ПРОДУКТІВ З ДОДАНОЮ ВАРТІСТЮ

Електрохімічна

Фото-каталітична

Фото-термічна каталітична

Каталітична

Біологічна

Сополімеризаційна

Мінерально-карбонізаційна

В світі більшість технологій одержання, очищення та утилізації вуглекислого газу вже перевірено в різних галузях промисловості в комерційному масштабі. Подальше впровадження цих технологій в новітніх енергохімічних комбінованих комплексах для виробництва енергії та хімічних продуктів з урахуванням властивостей вихідних органічних палив дозволить значно знизити вплив вуглекислого газу на навколишнє середовище та змінення клімату на Землі. Огляд технологій та пропозиції щодо одержання, виділення, очищення та використання вуглекислого газу наведено в спільній роботі Інституту вугільних енерготехнологій та Інституту фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАНУ

<https://doi.org/10.48126/conf2020#page=47>