

10. Rabha S. The Impact of Heavy Metal Accumulation on Agricultural Soils and Its Mitigation. *Uttar Pradesh Journal of Zoology*. 2024. DOI: 10.56557/upjoz/2024/v45i204567.

11. Sarma H. P., Rajkumar A., Baró B. C., Das N. C., Talukdar N. C. Impact of Heavy Metal Contamination on Soil and Crop Ecosystem with Advanced Techniques to Mitigate Them. *Journal of Advances in Biology & Biotechnology*. 2024. DOI: 10.9734/jabb/2024/v27i6865.

12. Tripathi K. M., Kumar D., Mishra S. Effect of Contamination of Heavy Metals in Soil and Its Mitigation Strategies: A Review. *International Journal of Plant and Soil Science*. 2024. DOI: 10.9734/ijpss/2024/v36i74715.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-521-1-7>

GASIFICATION OF COAL-CONTAINING WASTE

ГАЗИФІКАЦІЇ ВУГЛЕВМІСНИХ ВІДХОДІВ

Lysy N. R.

*Postgraduate Student at the Department
of Environmental Safety
Lviv State University of Life Safety
Lviv, Ukraine*

Лисий Н. Р.

*аспірант кафедри екологічної безпеки
Львівський державний університет
безпеки життєдіяльності
м. Львів, Україна*

Helesh A. B.

*Doctor of Technical Sciences, Professor,
Professor at the Department of
Chemistry and Technology of Inorganic
Substances Lviv Polytechnic National
University
Lviv, Ukraine*

Гелеш А. Б.

*доктор технічних наук, професор,
професор кафедри хімії і технології
неорганічних речовин
Національний університет
«Львівська політехніка»
м. Львів, Україна*

Popovych V. V.

*Doctor of Technical Sciences, Professor,
Vice-Rector for Research
Lviv State University of Life Safety
Lviv, Ukraine*

Попович В. В.

*доктор технічних наук, професор,
проректор з наукової роботи
Львівський державний університет
безпеки життєдіяльності
м. Львів, Україна*

У попередніх роботах [1–3] було обґрунтовано необхідність переробки вуглецевмісних відходів. Зокрема було показано, що для перероблення крупнотонажних відходів вуглевидобутку та дерев'яних залізничних шпал економічно доцільно та технологічно можливо

використати метод піролізного розкладу за двостадійною схемою. Першу стадію проводити в температурному діапазоні від 200 до 400 °С (низькотемпературний піроліз), а другу стадію за високих температур 600–1000 °С. Для забезпечення автотермічності процесу необхідно було провести термодинамічні розрахунки, які повинні були встановити термодинамічну ймовірність перебігу процесів у досліджуваному діапазоні температур. Тобто, розрахувати енергію Гіббса та константи рівноваги усіх головних реакцій процесу газифікації [3].

Метою цих досліджень було розрахувати склади і об'єми газів конверсії

Вихідними даними для розрахунку є технологічні параметри, за яких відбувається процес: температура, тиск, склад вихідної газової суміші, числове значення константи рівноваги хімічної реакції при заданих технологічних параметрах. Розрахунок складу рівноважної суміші полягає у визначенні концентрації вихідних речовин і продуктів реакції при досягненні системою стану рівноваги. Суть розрахунку полягає в розв'язуванні рівняння закону діючих мас, коли відомі вихідні дані.

За законом діючих мас, константу рівноваги K_p для типової реакції записують рівнянням (1), оскільки інертні домішки безпосередньо в хімічній реакції участі не беруть їх не враховують

$$K_p = \frac{p_R^r \cdot p_S^s}{p_A^a \cdot p_B^b}, \quad (1)$$

де p_R , p_S , p_A , p_B – рівноважні парціальні тиски відповідно продуктів реакції і вихідних речовин.

У поданому вигляді з чотирма невідомими рівняння закону діючих мас нерозв'язане. Однак, відповідно до закону Дальтона, для ідеальних газів справджується співвідношення

$$p_i = N_i P = \frac{n_i}{\sum n_i} P. \quad (2)$$

Підставляючи (2) в (1), дістанемо:

$$K_p = \frac{N_R^r N_S^s}{N_A^a N_B^b} P^{\Delta v}, \quad (3)$$

де N_i – молярна частка i -го компонента; P – загальний тиск у системі (відомий технологічний параметр); Δv – сума стехіометричних коефіцієнтів рівняння реакції. $\Delta v = r + s - a - b$.

За допомогою стехіометричного рівняння встановлювали функціональну залежність між прореагованою кількістю довільно вибраного компонента і прореагованими кількостями інших компонентів реакції.

Розрахунки проводили для головних реакцій газифікації в температурному діапазоні 660–960 °С для 1 кг вуглецю. Для порівняння

розрахунок проводили за тиску 2,5 атм, що пов'язано з конструкцією діючої установки, на якій в перспективі будуть проводити експериментальні дослідження.

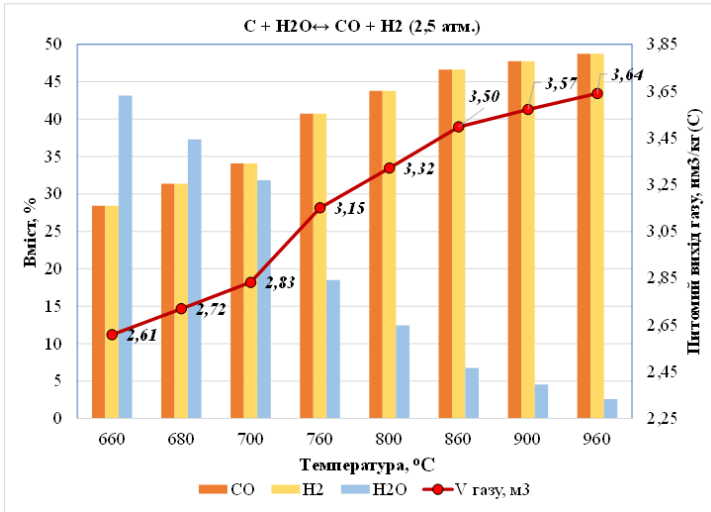


Рис. 1. Залежність рівноважного складу і об'єму газу від температури за тиску 2,5 атм для процесу $C + H_2O \leftrightarrow CO + H_2$

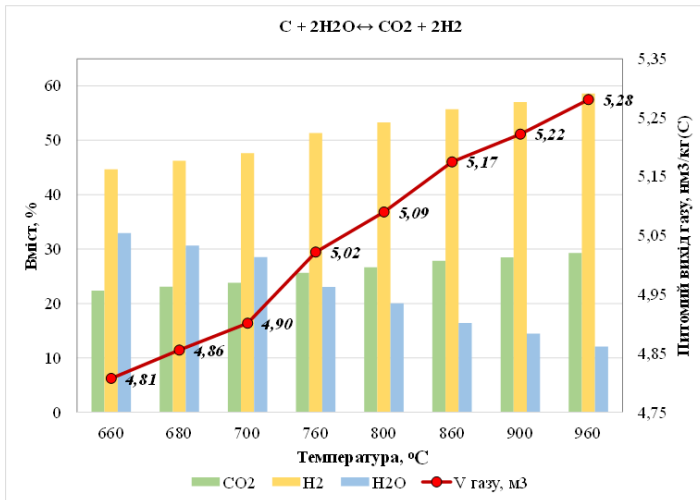


Рис. 2. Залежність рівноважного складу і об'єму газу від температури за тиску 2,5 атм для процесу $C + 2H_2O \leftrightarrow CO_2 + 2H_2$

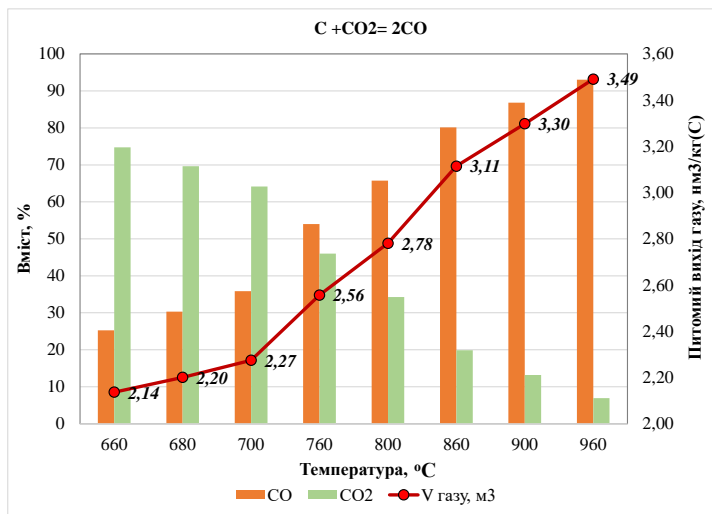


Рис. 3. Залежність рівноважного складу і об'єму газу від температури за тиску 2,5 атм для процесу $C + CO_2 \leftrightarrow 2CO$

Встановили, що зростання температури позитивно впливає на ендотермічні процеси одержання водневого газу (рис. 1, рис. 2, рис. 3).

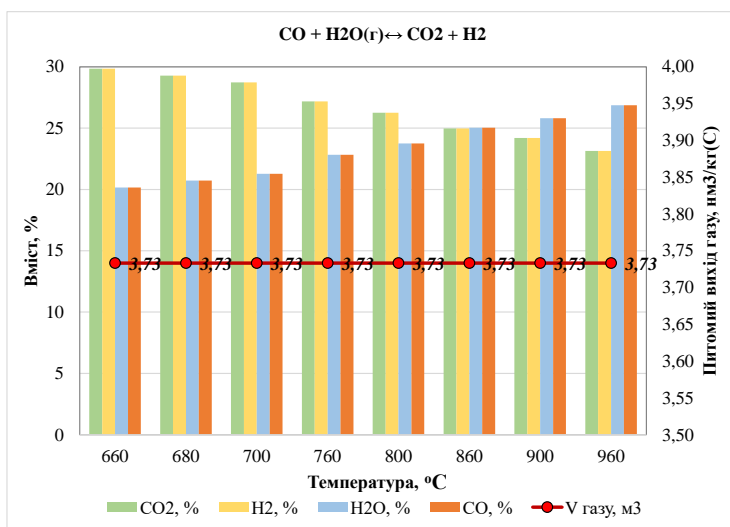


Рис. 5. Залежність рівноважного складу і об'єму газу від температури за тиску 2,5 атм для процесу $C + H_2O \leftrightarrow CO + H_2$

Відбувається позитивний вплив одразу на два чинники: збільшується об'єм газів отриманих з 1 кг вуглецю (зростає ступінь перетворення C), крім того зростає вміст горючих газів H_2 та CO.

Реакція $CO + H_2O \leftrightarrow CO_2 + H_2$ визначає рівноважний склад конвертованих газів. В результаті при зростанні температури збільшується вміст CO і пропорційно зменшується вміст H_2 . Сумарний об'єм газів залишається незмінним $3,73 \text{ м}^3/\text{кг}$ (C). Відтак, суттєвого впливу на енергетичні показники цього процесу температура не буде чинити (рис. 4).

Література:

1. Лисий Н., Гелеш А., Попович В. Газифікації вуглевмісних відходів. *Екологічна безпека в умовах війни* : зб. тез доп. V Міжнар. науково-практ. конф., м. Львів, 21 листоп. 2024 р. Львів, 2024. С. 60–62. URL: <https://indico.ldubgd.edu.ua/event/54/>
2. Лисий Н., Гелеш А., Попович В. Економічно ефективна технологія утилізації залізничних шпал. *International scientific-practical conference "Economics, finance, accounting and law in the context of globalization"* : conference proceedings, м. Aarhus, 10 верес. 2024 р. Aarhus. С. 29–30. URL: <https://www.economics.in.ua/2024/10/15.html>
3. Лисий Н., Гелеш А., Попович В. Термодинамічні дослідження процесів газифікації відходів видобутку вугілля. м. Східниця, 30 верес. – 5 жовт. 2024 р. 2024. С. 49–50. URL: <https://doi.org/10.33271/usme17.049>