



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції  
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference  
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.305351>

## THERMODYNAMIC PROGNOSIS FOR THE CREATION OF UNIVERSAL BIOENERGY AND ENVIRONMENTAL BIOTECHNOLOGIES

Oleksandr TASHYREV<sup>1,2</sup>, Vira HOVORUKHA<sup>1,2</sup>, Olesia HAVRYLIUK<sup>1</sup>,  
Galyna GLADKA<sup>1</sup>, Iryna BIDA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Zabolotny Institute of Microbiology and Virology of the National Academy of Sciences of Ukraine  
154 Zabolotny str., 03143, Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup>Institute of Environmental Engineering and Biotechnology, University of Opole  
ul. Kardynała Kominka 4 45-035, Opole, Poland

e-mail: [tach2007@ukr.net](mailto:tach2007@ukr.net)

### Abstract:

*The work describes the creation on the basis of thermodynamic calculations of the complex approach for the simultaneous treatment of solid and liquid organic waste, obtaining of molecular hydrogen and removal of metals based of the spatial succession of microorganisms in direct flow installation. A complex system consisting of an anaerobic bioreactor for the degradation of solid organic waste, an aeration tank for the oxidation of dissolved organic compounds and the reduction of the concentration of microorganisms and an aquarium for the final purification of the filtrate was created. Such installation provided simultaneous and accelerated waste treatment. Thus, the proposed approach based on the thermodynamic calculations and spatial succession of microorganisms provided simultaneous effective treatment of the wide range of hazardous compounds such as solid and liquid organic waste, toxic metals as well as obtaining of green energy molecular hydrogen.*

**Key words:** *spatial succession, organic waste, toxic metals, biotechnologies, hydrogen.*

There are three worldwide problems requiring urgent effective solution. The first one is the production of millions of tons of organic waste, causing landfill growth and environment pollution by toxic products of waste decay [1, 2]. The second problem is obtaining of ecofriendly energy carrier hydrogen for the development of Carbon free alternative energy [3]. The third problem is the removal of toxic waste from industrial sewage to avoid the pollution of natural ecosystems [4].

In this regard, the goal of the work was to develop the complex approach for the simultaneous treatment of solid and liquid organic waste, obtaining of molecular hydrogen and removal of metals based of the spatial succession of microorganisms in direct flow installation.

Spatial succession is a gradual change of the physiological groups of microorganisms in space under the condition of their simultaneous syntrophic functioning. As a result, a complex system consisting of an anaerobic bioreactor for the degradation of solid organic waste, an aeration tank for the oxidation of dissolved organic compounds and the reduction of the concentration of microorganisms and an aquarium for the final purification of the filtrate was created. Such installation provided simultaneous and accelerated waste treatment.

At the first stage, the anaerobic bioreactor provided effective hydrogen fermentation of solid organic waste. The effect took place due to the maintenance of optimal conditions  $\text{pH} = 7.0$  and  $E_h = -350 \dots -250 \text{ mV}$  established according thermodynamic calculations. Thus, the weight of waste 90-fold decreased ( $K_d$ ) during 4 days ( $T$ ). Hydrogen yield ( $V_{H_2}$ ) reached 80-90 L/kg of waste. Moreover, hydrogen-synthesizing microorganisms create the lowest redox potential ( $E_0' = -414 \text{ mV}$ ) in the environment providing the reduction of high potential toxic metals such as  $\text{CrO}_4^{2-}$  ( $E_0' = +555 \text{ mV}$ ) to insoluble non-toxic  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ .

At the second stage, the filtrate was purified from dissolved organic compounds in the aeration tank. Along the length of the installation, a change of the dominant groups of bacteria from coprotrophic to oligocarbophilic, protozoa, etc. was observed. The concentration of dissolved organic compounds 100-fold decreased from 500 mg/L to 5 mg/L counting to total Carbon.

At the third stage, the purified filtrate was fed to the model natural ecosystem of the aquarium, where it was finally purified and did not reveal a negative impact on aquatic organisms.

Thus, the proposed approach based on the thermodynamic calculations and spatial succession of microorganisms provided simultaneous effective treatment of the wide range of hazardous compounds such as solid and liquid organic waste, toxic metals as well as obtaining of green energy molecular hydrogen. This approach is promising for further improvement and industrial implementation for environment protection and alternative energy development.

### References

1. Tashyrev, O.; Hovorukha, V.; Havryliuk, O.; Sioma, I.; Gladka, G.; Kalinichenko, O.; Włodarczyk, P.; Suszanowicz, D.; Zhuk, H.; Ivanov, Y. Spatial Succession for Degradation of Solid Multicomponent Food Waste and Purification of Toxic Leachate with the Obtaining of Biohydrogen and Biomethane. *Energies* **2022**, *15*, 911. <https://doi.org/10.3390/en15030911>
2. Siddiqua, A.; Hahladakis, J.; Al-Attiya, W. An overview of the environmental pollution and health effects associated with waste landfilling and open dumping. *Environmental Science and Pollution Research* **2022**, *29*, 1-23. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-21578-z>
3. Qusay, H., Abdulateef A.M., Hafedh S.A., Al-samari A., Abdulateef J., Sameen A.Z., Salman H.M., Al-Jiboory A.K., Wieteska S., Jaszczur M. Renewable energy-to-green hydrogen: A review of main resources routes, processes and evaluation. *International Journal of Hydrogen Energy* **2023**, *48*(46), 17383-17408. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.01.175>
4. Sathya, K., Nagarajan, K., Carlin Geor Malar, G. et al. A comprehensive review on comparison among effluent treatment methods and modern methods of treatment of industrial wastewater effluent from different sources. *Appl Water Sci* **2022**, *12*(70). <https://doi.org/10.1007/s13201-022-01594-7>.

**ТЕРМОДИНАМІЧНИЙ ПРОГНОЗ ДЛЯ СТВОРЕННЯ УНІВЕРСАЛЬНИХ  
БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ ТА ЕКОЛОГІЧНИХ БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ**

***Олександр ТАШИРЕВ***

Інститут екологічної інженерії та біотехнології, Польща, Інститут мікробіології та вірусології  
НАН України, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-7698-5155>

***Віра ГОВОРУХА***

Інститут екологічної інженерії та біотехнології, Польща, Інститут мікробіології та вірусології  
НАН України, Україна  
<https://orcid.org/0000-0003-4265-5534>

***Олеся ГАВРИЛЮК***

Інститут мікробіології та вірусології НАН України, Україна  
<https://orcid.org/0000-0003-2815-3976>

***Галина ГЛАДКА***

Інститут мікробіології та вірусології НАН України, Україна  
<https://orcid.org/0000-0003-3855-1847>

***Ірина БІДА***

Інститут мікробіології та вірусології НАН України, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-7044-3339>

**DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.305351>**

**Ключові слова:** *просторова сукцесія, органічні відходи, токсичні метали, біотехнології, водень.*

**Анотація**

Робота описує створення на основі термодинамічних розрахунків комплексного підходу до одночасної обробки твердих і рідких органічних відходів, отримання молекулярного водню та видалення металів на основі просторової сукцесії мікроорганізмів у прямооточній установці. Створена комплексна система, що складається з анаеробного біореактора для зброджування твердих органічних відходів, аеротенка для окислення розчинених органічних сполук і зниження концентрації мікроорганізмів і акваріума для остаточного очищення фільтрату. Таким чином, запропонований підхід, заснований на термодинамічних розрахунках і просторовій сукцесії мікроорганізмів, забезпечив одночасну ефективну очистку широкого спектру небезпечних сполук, таких як тверді та рідкі органічні відходи, токсичні метали, а також отримання зеленої енергії молекулярного водню.