

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»  
Інститут ботаніки імені М. Г. Холодного НАН України  
University of Natural Resources and Life Sciences Vienna (BOKU), Austria  
Bialystok University of Technology, Faculty of Civil Engineering and Environmental  
Sciences, Department of HVAC Engineering  
Sindh Madressatul Islam University, Karachi, Pakistan  
Deutsche Gesellschaft Für Internationale  
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH  
Gemeinde Filderstadt, Deutschland  
Національний технологічний інститут, Делі  
Муніципалітет м. Фільдерштадт, Німеччина  
Сільськогосподарський коледж, Університет Волайта Содо  
Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління  
Національний університет «Львівська політехніка»  
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені  
Ігоря Сікорського»  
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова  
Сумський національний аграрний університет  
Сумський державний університет  
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»  
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна  
Вінницький національний технічний університет  
Запорізький національний університет  
Національний університет кораблебудування імені Адмірала Макарова  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет  
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського  
ТОВ «НЬЮФOLK НТЦ»  
ПрАТ «Природні ресурси»  
СП «Полтавська газонафтова компанія»  
ТОВ «Системейр»  
ТОВ «Інвертер Експерт»  
ТОВ «Вентсервіс»  
Енергоконсалтингова компанія «АЙТІКОН»  
Компанія A-Clima

## **V Міжнародна науково-практична конференція «Екологія. Довкілля. Енергозбереження»**



**Полтава, НУПП, 19 грудня 2024 року**

УДК 502/504+620.9](2.064)  
Е40

Відповідальна за випуск: завідувачка кафедри прикладної екології та природокористування,  
к.т.н., доцент Оксана ІЛЛЯШ

«Екологія. Довкілля. Енергозбереження» – 2024»: Збірник матеріалів V Міжнародної науково-практичної конференції «Екологія. Довкілля. Енергозбереження» (19 грудня 2024 року, Полтава). Полтава: НУПП, 2024. 201 с.

Учасники конференції – міжнародні експерти, почесні гості, науковці, шкільна й студентська молодь та освітяни – розглядають проблеми раціонального використання природних ресурсів, захисту довкілля та енергозбереження, подолання екологічних ризиків та загроз для довкілля в умовах надзвичайних ситуацій та воєнних дій.

Матеріали подано мовами оригіналів. За викладення, зміст і достовірність матеріалів відповідають автори.

Оргкомітет конференції.

# УПРАВЛІННЯ ГЛОБАЛЬНОЮ ТА РЕГІОНАЛЬНОЮ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ ТА АДАПТАЦІЯ ДО ЗМІН КЛІМАТУ

---

УДК 502/504

## IMMOBILIZATION OF Ni, Cu, Pb AND Cr IN SOIL BY IMPROVED BIOCHAR MODIFICATION

*Altaf Hussain Lahori, PhD, Assistant Professor, Department of Environmental Sciences, Sindh Madressatul Islam University, Karachi 74000, Pakistan*

*Monika Mierzwa-Hersztek, Prof. Dr. hab. eng., Department of Agricultural and Environmental Chemistry, University of Agriculture in Krakow, al. Mickiewicza 21, 31-120 Krakow, Poland*

*Irfan Saleem, Department of Environmental Sciences, Sindh Madressatul Islam University, Karachi 74000, Pakistan*

*Ambreen Afzal, PhD, Senior researcher, National Institute of Maritime Affairs, Bahria University Karachi Campus, Karachi 75260, Pakistan*

*Maria Taj Muhammad, PhD, Assistant Professor, Department of Chemistry, Jinnah University for Women, Karachi 74600, Pakistan*

*Viola Vambol, Prof., Dr. of Eng. Sc., Department of Applied Ecology and Nature Management, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Poltava, Ukraine*

Any man-made activity, including mining, has a negative impact on the environment. This is especially evident in the accumulation of toxic metals in the soil, such as nickel, copper, lead and chromium [1-3]. Excessive accumulation of these metals in the soil, in terms of impact on the population, through the food chain contributes primarily to the development of anaemia, as well as damage to the kidneys and nervous system [4, 5]. In terms of impact on plants, excess heavy metals interfere with ecosystem processes, contribute to stress conditions of vegetable plants and reduce the efficiency of agricultural activities [6]. Violations of the physiological and biochemical aspects of plants due to poisoning with toxic metals makes these plants dangerous for consumption, which contradicts the principles of industrial safety [7].

Researchers from different countries around the world are interested in studying the methods and possibilities of remediation of the negative impact of mining activities in the form of the spread and accumulation of toxic metals in the environment, and much attention from researchers in this problem is attracted by the study of the role of biochar for soil restoration [8]. The use of MgO-modified biochars has been mainly studied for the treatment of water bodies and wastewater

[9, 10], and has not been sufficiently studied for the restoration of metals from soil [11]. At the same time, the properties of biochar and, accordingly, its effectiveness depend on the raw materials for its creation.

A group of authors in [12] investigated the efficiency of different MgO-modified biochars in immobilizing Ni, Cu, Pb and Cr in soil contaminated by rock crushing and mining, as this has not been properly studied.

The main objective of the study was to investigate MgO-modified biochars at 0.5 and 1% concentrations for the immobilization of Ni, Cu, Pb and Cr in rock crush contaminated soil, mining contaminated soil, and the reduction of the uptake of these metals by pearl millet. The biochars used were:

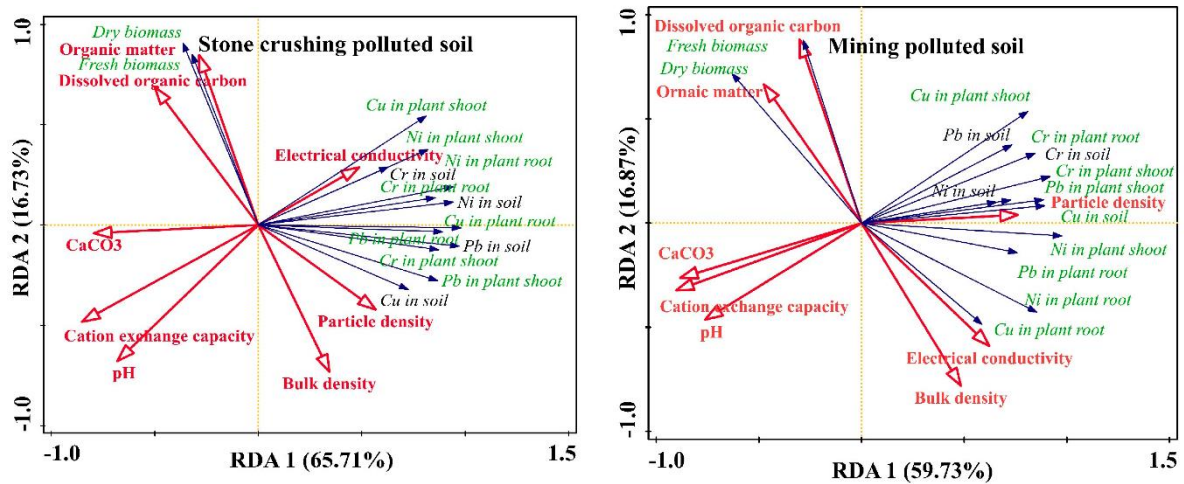
- from tea waste;
- from wood waste;
- from water lily peel;
- from pomegranate peel.

In addition, an attempt was made to evaluate the effect of the above mentioned biochars on soil EC, pH, CaCO<sub>3</sub>, CEC, OM, PD, BD, and DOC.

Soil samples were collected from different locations in the contaminated areas from a depth of 0–20 cm to determine the physicochemical properties and contamination levels. Sample preparation for analysis and experimental determination of the studied parameters were carried out in accordance with traditional practices.

The most effective for reducing the mobility of Ni and Pb in soil contaminated by mining activities was wood waste MgO-modified biochar (1%), which provided 70.71 and 76.67% for Ni and 76.78 and 74.21% for Pb, although the stabilization of Cu was recorded at 59.73%, while the use of water chestnut peel MgO-modified biochar provided 73.45%. Water chestnut peel MgO-modified biochar (1%) was the most effective for stabilizing Cr, which provided the result of 76.78 and 74.21%.

According to the Redundancy analysis, the soil pH, cation exchange capacity and calcium carbonate were negatively correlated with the soil Cu, Pb and Cr, and the shoot and root biomass of switchgrass in the mining-disturbed soil; it was found that the soil pH, cation exchange capacity and calcium carbonate were negatively correlated with the soil Cu, Pb and Cr, and the shoot and root biomass of switchgrass in the mining-contaminated soil.



**Figure 2. Results of the redundancy analysis among the studied parameters after the addition of biochar modified with MgO [12]**

The study demonstrates the positive effect of MgO-modified biochar as an additive for immobilization of Ni, Cu, Pb and Cr in contaminated soil. At the same time, different types of MgO-modified biochar show high potential for different purposes, such as: from tea waste at a concentration of 1% – to increase fresh and dry biomass of millet; from wood chips at a concentration of 1% and from water chestnut at a concentration of 1% – for immobilization of Ni, Cu, Pb and Cr in the soil of the mining industry. This study provides original findings that are practically important for farming activities, as well as for researchers and scientists in the field of environmental science and technology.

#### Used information sources:

1. Omoyajowo, K. O., Adewunmi, M. A., Omoyajowo, K. A., Ogunyebi, A. L. Njoku, K. L., Makengo, B. M., Babalola, O. O., & Ojo-Emmanuel, G. (2024). Transitioning to a Climate-Resilient Society: Empirical Evidence on What Drives the Adoption of Green Computing Policies in Nigerian Organisations. *Trends in Ecological and Indoor Environment Engineering*, 2(1), 28–34. <https://doi.org/10.62622/TEIEE.024.2.1.2–34>.
2. Helios-Rybicka, E., & Wójcik, R. (2012). Competitive sorption/desorption of Zn, Cd, Pb, Ni, Cu, and Cr by clay-bearing mining wastes. *Applied Clay Science*, 65, 6-13. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2012.06.006>.
3. Yerima, E. A. & Atoshi, M. A. (2023). Assessment of Drugs Production Operations Impact on Minerals and Heavy Metals Levels of Soils Around the Facilities. *Trends in Ecological and Indoor Environment Engineering*, 1(1), 1–6. <https://doi.org/10.62622/TEIEE.023.1.1.01-06>.
4. Sebei, A., Helali, M. A., Oueslati, W., Abdelmalek-Babbou, C., & Chaabani, F. (2018). Bioavailability of Pb, Zn, Cu, Cd, Ni and Cr in the sediments of the Tessa River: a mining area in the North-West Tunisia. *Journal of African Earth Sciences*, 137, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2017.09.005>.
5. Paithankar, J. G., Saini, S., Dwivedi, S., Sharma, A., & Chowdhuri, D. K. (2021). Heavy metal associated health hazards: An interplay of oxidative stress

and signal transduction. *Chemosphere*, 262, 128350. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128350>.

6. Alazaiza, M. Y., Albahasawi, A., Coptly, N. K., Bashir, M. J., Nassani, D. E., Al Maskari, T., ... & Abujazar, M. S. S. (2022). Nanoscale zero-valent iron application for the treatment of soil, wastewater and groundwater contaminated with heavy metals: a review. *Desalination and Water Treatment*, 253, 194-210. <https://doi.org/10.5004/dwt.2022.28302>.

7. Aborisade, M. A., Oba, B. T., Kumar, A., Liu, J., Chen, D., Okimiji, O. P., & Zhao, L. (2023). Remediation of metal toxicity and alleviation of toxic metals-induced oxidative stress in *Brassica chinensis* L using biochar-iron nanocomposites. *Plant and Soil*, 493(1), 629-645. <https://doi.org/10.1007/s11104-0238-06256-4>.

8. El-Naggar, A., Shaheen, S. M., Ok, Y. S., & Rinklebe, J. (2018). Biochar affects the dissolved and colloidal concentrations of Cd, Cu, Ni, and Zn and their phytoavailability and potential mobility in a mining soil under dynamic redox-conditions. *Science of the total environment*, 624, 1059-1071. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.12.190>.

9. Garcia, M.A.; Chimenos, J.M.; Fernández, A.I.; Miralles, L.; Segarra, M.; Espiell, F. Low-grade MgO used to stabilize heavy metals in highly contaminated soils. *Chemosphere* 2004, 56, 481–491. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2004.04.005>.

10. Ahmed, M. B., Zhou, J. L., Ngo, H. H., Guo, W., & Chen, M. (2016). Progress in the preparation and application of modified biochar for improved contaminant removal from water and wastewater. *Bioresource technology*, 214, 836-851. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.05.057>.

11. Yang, X., Zhang, S., Ju, M., & Liu, L. (2019). Preparation and modification of biochar materials and their application in soil remediation. *Applied Sciences*, 9(7), 1365. <https://doi.org/10.3390/app9071365>.

12. Saleem, I., Lahori, A. H., Mierzwa-Hersztek, M., Afzal, A., Muhammad, M. T., Ahmed, M. S., ... & Vambol, S. (2024). The Application of MgO-Modified Biochars for the Immobilization of Ni, Cu, Pb, and Cr in Stone Crushing and Mining-Polluted Soil. *Agronomy*, 14(7), 1423. <https://doi.org/10.3390/agronomy14071423>.

UDC 502.174:628.4,02(477)''364''

## **MARTIAL LAW AND THE WASTE MANAGEMENT SYSTEM IN UKRAINE – CURRENT SITUATION**

<sup>1,2</sup>*Hanoshenko O., Dr.Univ.,* <sup>2</sup>*Huber-Humer M., Prof. DI Dr.,*  
<sup>1</sup>*Hanoshenko H., PhD-student*

<sup>1</sup>*National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Poltava, Ukraine*

<sup>2</sup>*BOKU-University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna, Austria*

The impact of military actions on the infrastructure of Ukrainian cities has resulted in the partial or complete destruction of buildings and structures across a large part of Ukraine. Residential buildings have suffered the most, and it is worth noting that the facts of devastation due to constant shelling are still recorded almost daily [1-3]. The waste left after the destruction caused by military aggression differs from «ordinary» construction waste, as it consists of (potentially dangerously contaminated) residues of materials of different structures and origins, making it difficult to sort and reuse them. We can find metal and glass, facade decoration materials, reinforcing mesh, mineral wool, interior decoration materials, wall materials, roofing, household items, and wood fragments. Individually, all of these residues could be used, but in their current state, they require very careful sorting. This is quite problematic in the current conditions and volumes [4, 5].

The problem of uncontrolled waste management in Ukraine existed partly already before the war. The current practice of handling household waste is focused on its removal and disposal in landfills and dumps, most of which do not meet the requirements of environmental safety, and are also uncontrolled «temporary» landfills of household waste. In addition, the lack of recycling systems leads to the loss of large volumes of resource-intensive (valuable) materials. With the outbreak of war, this situation has worsened, despite the adoption of very important regulations on the waste management system after February 2022.

It must be noted that the data on the amount of construction waste is constantly changing, and the final estimates will be possible only after the war is over. An important aspect of the study was the consequences of the impact of military actions on the waste management system and construction waste in particular [6,7]. Considering the state of destruction and the number of destroyed facilities, the country has an urgent problem of generating a huge amount of construction waste.

Step-by-step instructions for handling demolition waste [8] have already been developed for Ukrainian communities affected by military actions. In most of these areas, special sites have been set up to store «sorted» waste. However,

there is an urgent need to assess the generation, sorting effectiveness, and composition of such waste. Moreover, due to the change in daily lifestyle and consumption behavior, municipal solid waste (MSW) generation and composition are expected to change. Finally, a lot of infrastructure in the waste management sector has been destroyed, which means that large amounts of unsorted and untreated waste currently end up in landfills, most of which are uncontrolled.

*Destruction of infrastructure and building sector caused by the war*

As of January 2024, the total amount of direct damage to Ukraine's infrastructure during the two years of war was about \$155 billion [9]. This estimate also includes the damage caused by the destruction of the Kakhovka hydroelectric power plant in June 2023. However, it is worth noting that the increase in the number of damaged and destroyed infrastructure, housing, industry, energy, education, and healthcare facilities is still going on.

Ukraine's housing fund has suffered the most losses, and the number of damaged and destroyed residential buildings is increasing every day due to hostilities and shelling. As of 2024, the number of such buildings exceeds 250,000, including 222,000 private houses, more than 27,000 apartment buildings, and 526 dormitories. It is estimated that the direct damage from the destruction of these facilities is \$58.9 billion, which is \$4.8 billion more than at the end of 2023.

The information is based on media reports, supplemented by information from government agencies, academic and non-governmental organizations, and other sources.

*Current Waste Management organization and situation in Ukraine*

Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 1073 of September 27, 2022, approved the Procedure for Waste Management resulting from damage (destruction) of buildings and structures as a result of hostilities, terrorist acts, sabotage, or work to eliminate their consequences (hereinafter referred to as the Procedure) [8]. It is aimed at carrying out recovery work to eliminate the consequences of armed aggression and hostilities during martial law and the reconstruction period within 90 calendar days after its termination or cancellation. Local self-government bodies are responsible for identifying and accounting for destruction waste, as well as organizing the management of such waste.

Following the Procedure, the operations of handling demolition waste include:

- 1) primary clearing of territories (collection of demolition waste, including, if possible, sorting of individual components of demolition waste)
- 2) transportation of demolition waste from the place of its generation to waste management facilities or temporary storage facilities;
- 3) final (after dismantling of damaged (destroyed) objects) clearing and cleaning of the territories (if necessary);
- 4) storage of destruction waste at temporary storage sites or other waste management facilities (until their utilization or disposal);



5) treatment (processing) of demolition waste and/or its neutralization (if necessary);

6) utilization of demolition waste (use of waste as secondary material or energy resources);

7) removing residual demolition waste, including its disposal.

In addition to the Procedure, which contains step-by-step instructions, experts from the U-LEAD program (Ukraine – Local Empowerment, Accountability, and Development, which is a program of cooperation between the Ukrainian government, the European Union and its member states Germany, Poland, Denmark, and Slovenia) created a brochure – a guide to managing demolition waste [10]. It contains the basic information in a clear and understandable form. Accordingly, now every community on the ground can properly organize the disassembly and dismantling of damaged or destroyed objects, know how to sort and store demolition waste, and how to keep records of such waste.

The authorized bodies shall submit information on construction and demolition waste to the regional state administrations monthly. Thus, there is a certain algorithm for post-war waste management, which includes information on the types of waste, possible problems and threats in their management, rules for separation and sorting, and measures to organize temporary storage facilities.

It is worth distinguishing two groups of waste left behind after the destruction caused by military actions, as they differ from the usual construction waste.

1. Typical waste:

- structural materials, such as bricks, concrete, steel, wood, plasterboard, slate, roofing material, etc;
- parts from water supply and sewage systems
- parts of electrical networks, including electrical poles, wires, electrical equipment, and transformers;
- waste, soil, fallen trees, branches, etc;
- damaged vehicles and military equipment.

2. Specific waste:

- furniture, household appliances, household chemicals, carpets, etc., including burnt and damaged ones
- office furniture, office equipment, including burnt and damaged furniture
- chemicals, industrial waste, raw materials and products, production equipment
- road surface;
- medical waste, including epidemically dangerous waste
- chemical plant protection products and fertilizers.

An important aspect is the duration of response and recovery phases after the destruction of infrastructure, as they are crucial in making decisions on waste management after the war:

1. Emergency phase – 0-72 hours after the destruction.
2. Early recovery phase – approximately 72 hours after the destruction.
3. Recovery phase – after the end of armed aggression or military danger.

During each phase, the actions to be taken and the key issues to be resolved are clearly defined, with mandatory compliance with safety requirements. The result of these actions should be the elimination of all waste left after the destruction and the sustainable operation of the waste management system.

According to local governments, as of the beginning of 2024, about 600 thousand tons of demolition waste have been accumulated at temporary storage sites and landfills. These are the volumes accumulated only in the territory controlled by Ukraine, excluding waste generated in the temporarily occupied territories and territories of active hostilities [11].

In general, such accounting should be carried out at temporary storage sites for the destruction of waste. However, the following situation is observed in practice: the authorized bodies do not properly keep records of waste generated on the territory of their communities. Such records are kept only in the process of removing waste at the places of its temporary storage, while many wastes remain at the places of their generation and thus are not included in official statistics, since they are not recorded at the place of generation. Consequently, sorting is not carried out properly, so it is currently difficult to obtain high-quality secondary raw materials for further processing [12].

Currently, Ukraine does not have clear, understandable, and informative statistics on the quantitative and qualitative composition of demolition waste, and the existing data is not complete and does not allow for a correct assessment of the situation. To do this, it is necessary to characterize the housing stock by certain indicators, such as the distribution of houses by year of construction, data on the area, and a number of stories of houses, as well as to analyze the classification of residential buildings depending on the quality of housing and available engineering equipment [13].

Thus, waste management in Ukraine is currently a priority area of work for local governments, and most territorial communities need to improve their understanding of the role and responsibility of waste management. Therefore, this issue is becoming increasingly relevant and requires the development of a high-quality waste management system at the local level.

An important and necessary step may be the assistance of other countries, through the introduction of European practices and experience in reforming and improving the waste management system in Ukraine. The process of post-war economic development should be used for Ukraine's fundamental transition to a green and clean economy and should be built on modern circular economy principles to preserve resources.

*Acknowledgments*

We would like to express our gratitude to the MSCA4Ukraine team for the support of researchers who moved from Ukraine and the funding of the conducted research (Grant: MSW – PostWar, № 7813015388).

#### **Used information sources:**

1. United Nations Ukraine. Rapid Damage and Needs Assessment. Available at: <https://ukraine.un.org/en/224376-ukraine-rapid-damage-and-needs-assessment>

2. OECD. Environmental impacts of the war in Ukraine and prospects for a green reconstruction. Available at: <https://www.oecd.org/ukraine-hub/policy-responses/environmental-impacts-of-the-war-in-ukraine-and-prospects-for-a-green-reconstruction-9e86d691/>

3. KSE. Direct damage caused to Ukraine's infrastructure during the war has reached over USD 105.5 billion. Available at: <https://kse.ua/about-the-school/news/direct-damage-caused-to-ukraine-s-infrastructure-during-the-war-has-reached-over-105-5-billion/>

4. Ivaniuta S. On the organization of waste management resulting from the war. National Institute for Strategic Studies. Available at: <https://niss.gov.ua/en/node/4871>

5. Decentralization. Waste management in hromadas destroyed by armed aggression – U-LEAD experts provided recommendations. Available at: <https://decentralization.gov.ua/news/15081>

6. Kolesnichenko O. A trillion-dollar problem. What Ukraine will do with hundreds of thousands of tons of garbage created by Russians. Available at: <https://www.epravda.com.ua/publications/2023/06/19/701281/>

7. Hubareva V. Waste from the war: what is it and how to deal with it? Available at: <https://rubryka.com/article/waste-from-war/>

8. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 1073 of September 27, 2022 «On Approval of the Procedure for Waste Management Generated in Connection with Damage (Destruction) of Buildings and Structures as a Result of Hostilities, Terrorist Acts, Sabotage or Works to Eliminate Their Consequences and Amendments to Certain Resolutions of the Cabinet of Ministers of Ukraine».

9. KSE. Report on direct infrastructure damage from the destruction caused by Russia's military aggression against Ukraine as of the beginning of 2024. Available at: [https://kse.ua/wp-content/uploads/2024/04/01.01.24\\_Damages\\_Report.pdf](https://kse.ua/wp-content/uploads/2024/04/01.01.24_Damages_Report.pdf)

10. Kucherenko S. Raise from the ruins: what to do with the remains of bombed-out buildings and why construction waste can't just be «buried» in a landfill. Available at: <https://mind.ua/publications/20242694-pidnyati-z-ruyishcho-roboti-iz-zalishkami-rozbomblenih-budinkiv>

11. The Ministry of Development of Communities, Territories and Infrastructure, together with representatives of local self-governments, discussed

the principles of waste management from destruction. Available at: <https://mtu.gov.ua/news/35389.html>

12. EPL. Status of Demolition Waste Management in Ukraine as of April 2024. Available at: <https://epl.org.ua/announces/stan-povodzhennya-z-vidhodamy-vid-rujnuvan-v-ukrayini-stanom-na-kviten-2024-roku/>

13. Order of the State Committee for Construction, Architecture and Housing Policy of Ukraine No. 215 of September 30, 1998. On the approval of the Unified Classifier of residential buildings depending on the quality of housing and available engineering equipment.

UDC 551.583:581.55

## **DYNAMICS OF NATURAL ECOSYSTEMS UNDER THE PRESSURE OF CLIMATE CHANGES AND ADAPTATION OF THEIR AGRICULTURAL POTENTIAL**

*Radomska M. M., PhD, Associate Professor*

*State university «Kyiv Aviation Institute»  
Kyiv, Ukraine*

Global climate change affects Ukraine as well as other countries. The average annual temperature has risen in our country by 1.2 ° C. Since 1991, each subsequent decade has been warmer than the previous one: 1991-2000 – by 0.5°C, 2001-2010 – by 1.2°C, 2011-2019 – by 1.7°C.

The expected outcome is increasing number of droughts and expansion of areas prone or exposed to desertification. Already, the climate has become drier throughout Ukraine and there is a tendency to expansion of the area with insufficient rainfall.

But at the same time, since 1990, Ukraine has seen a real reduction in greenhouse gas emissions. This reduction is not a consequence of targeted climate policy, but a reduction in the use of energy resources due to the decline in GDP, population decline and economic restructuring. This will be further intensified due to military aggression in Ukraine, which has already led to destruction of a range of industrial facilities, previously included into the list of top greenhouse emitters of Ukraine.

During the last decades (in comparison with the base period of 1961-1990) there was a redistribution of precipitation by regions of Ukraine and by seasons. In general, the average annual rainfall has not changed much, but there are changes in the intensity and nature of precipitation: for example, when half of the monthly rainfall may fall in a few hours.

Rising temperatures and changes in the precipitation patterns will lead to further changes in the water flow of rivers, and, accordingly, the water supply of some regions. According to Ukrainian scientists, in the Dnieper River for the period 2030-2040 will be less water by 29%, and in the Dniester River – by 37%. As a results conditions for agriculture will gradually change during the XXI century around the whole country. The increase in surface air temperatures and subsequent increase in evaporation will modify the structure of natural phytocenosis and set limits for crops, which could be successfully grown in traditional agricultural areas of Ukraine.

In combination with more frequent downpours and floods temperature extremes and periods of water scarcity can cause dramatic reduction of bioproductivity in both natural and man-made plantations. This calls for

developing adaptation strategies for these ecosystems, even though their level of vulnerability is different.

Taking into account all the above possible consequences of warming, it can be concluded that the most vulnerable areas will be the coastal areas of the Black and Azov Seas, the Crimean and Carpathian Mountains, as well as the steppe regions of Ukraine. Climate change will primarily affect their flora (due to the inability to move to a more habitable site as needed), and will open the way for to a smaller variety of invasive species. This will further depress the diversity, productivity and functional ability of ecosystems.

To avoid the degradation of productivity, especially the one provided by cropping systems, it is necessary to study and trace the dynamics of natural zones and start introduction of new crops. The general trend should follow the sequence from trying niche crops to the gradual substitution of vulnerable cultural plants with more resistant and productive and changing and expected stabilized conditions in the future.

The current situation in natural zones of Ukraine could be evaluated based on the changes observed in protected areas, since their structure and status are studied and controlled on a regular basis.

Polissya is characterized by extremely wet, wooded and swampy terrain, dense river network, low population density. The major threats from climate change for the given region are soil and atmospheric droughts in summer, increased precipitations in winter, increased average temperature, and more dramatic fluctuations of water tables in local water systems. This area is traditionally used for medium to small farming with prevalence of root vegetables, flax and grains. The perspective culture for the area could be soy, but it needs careful planning to avoid overconsumption of soil nutrients and fertility degradation. Tomatoes and corn can gradually shift to this area from growing dryness of their traditional cultivation regions.

The forest-steppe is a transitional natural zone between the zones of mixed forests and steppe, where forest and steppe areas alternate. The major threats from climate change for the given region are growing continental character of climate, increasing average temperature, change of air circulation, change of correlation between types of precipitations in favor of rains. Typically, objects, which include wooded areas, are more affected, while those with typical transitional landscapes and more cultural importance are less threatened.

This area can offer more suitable conditions for vegetables, like aubergine, bitter melon, lentil, and chickpeas, which are more resistant to fluctuating provision of humidity, but need moderate temperatures.

Ukrainian steppe is almost completely plowed; the remnants of former vegetation are preserved in reserves and partly on the slopes of beams and river valleys. Due to its flat terrain it is very hot in summer and very cold in winter.

The major threats from climate change for the given region are irregularity of precipitation patterns and increased rainfall, growing temperatures and

intensified evaporation, causing droughts; rising sea level at the coast. Thus, this region is potentially the most affected by climate changes and the signs of desertification are the characteristic attribute of the region.

Being the most intensive agricultural region, it should be provided with the most detailed adaptation and transition strategy. Wheat, highly prone to heat stress damage could be substituted with sorghum or millet, which are more tolerant to dry conditions and high temperatures. Corn will be moved further to the north and vacant areas could be occupied by triticale, tolerant to moisture deficits and extreme temperatures.

Potato is a staple food for Ukrainians, but more successful under changing climate will be growing sweet potato and cassava. The others deeply traditional cultural plants of the area are apples and merry, they will also be depressed by new climatic conditions and their alternatives should be considered, in particular, pomegranate, persimmon, fig and almond.

It will be also possible to expand the areas used for growing olives and grape of the vine quality, which opens additional economic opportunities for the region.

Since many of these crops are exotic for Ukraine, it is necessary to develop and implement special adaptation plans for the area, and create adaptation plantations of these plants in the area, promote their consumption among population and develop agronomic practices for their growth in local conditions. National natural parks could be used as reference facilities for all these actions. Simultaneously, considering the fact that agricultural plantations depend on ecosystems services, provided by natural plant associations, the adaptation efforts in agriculture must be coupled with those for natural communities, which could be also developed there.

УДК 630.43(477): 551.583

## **ІНТЕГРОВАНА СТРАТЕГІЯ УПРАВЛІННЯ ЛАНДШАФТНИМИ ПОЖЕЖАМИ В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ**

*Андрусак Д. В., PhD з екології, науковий співробітник*

*Інститут агроекології і природокористування НААН України,  
м. Київ, Україна*

У результаті глобального потепління збільшилися площі, охоплені ландшафтними пожежами. Вони посилились, розповсюдились на території, які не були пристосовані до такого рівня пірогенного впливу через що постали проблеми з відновленням природних екосистем, зменшенням здатності перехоплювати та утримувати дощову воду, зниженням родючості ґрунту.

До цього часу 64% великих пожеж відбувалися у літні місяці [1]. Але згідно з дослідженнями десезонізація великих пожеж подовжила сезон пожеж у всьому світі на 27% починаючи з 80-х років ХХ століття. Їх найчастіше пов'язують з регіонами Середземного моря (55%), західних лісів Північної Америки (70%) і Амазонки (94%) [1], де відбулось значне збільшення кількості пожежних днів і рідше з регіонами помірною клімату. Хоча варто внести правки в таке бачення, оскільки зміна клімату в останні роки вже дала про себе знати збільшенням ризиків виникнення лісових пожеж у регіонах з помірною кліматом [2].

Пожежі у помірному кліматі часто не такі значні, через що супутниковим моніторингом не ідентифікуються, а наземні статистичні дані не є обов'язковими для систематичного фіксування [3].

Європейська практика збору статистичних даних про пожежі, що включає умови та причини виникнення, їх розмір, базується на зборі окремими країнами, даних, що пізніше зіставляються з Європейською інформаційною системою лісових пожеж Коперніка (EFFIS) і обговорюються Експертною групою ЄС з лісових пожеж (EGFF). Така практика діє з 1998 року у Південній Європі. Наразі до неї приєднані 43 країни Європи, Близького Сходу та Північної Африки [4].

Хоча, згідно назви, EFFIS і EGFF орієнтовані на лісові пожежі, країни – члени програми, також повідомляють про пожежі в нелісових районах (чагарниках, сільськогосподарських угіддях тощо).

Поза європейською практикою збору даних про пожежі, в тому числі в природних екосистемах, перебувають Нідерланди, що є незрозумілим із огляду на внесок цієї країни у захист довкілля. У 1994 році Нідерланди припинили збір статистичних даних про «лісові та природні пожежі» тому



звіти про стан пожежної безпеки в природних екосистемах базується на історичних даних за період 1980-1992 роки, який характеризується іншими умовами, в тому числі кліматичними [3].

Нідерланди не ведуть офіційну статистику лісових та ландшафтних пожеж і у цьому вони не єдині. Ще шість європейських країн (Данія, Люксембург, Андорра, Ліхтенштейн, Молдова, Білорусь) не є частиною мережі EFFIS. Німеччина входить до EFFIS, але обмежує свою статистику лісовими пожежами [4].

У минулому в Нідерландах з 1922 по 1994 роки велась статистика пожеж [2], із реєстрацією випадків лісових пожеж, вигорілої площі, типу рослинності, передбачуваних причин, місця розташування та розміру. У подальшому вирішили не витрачати зусилля на збір інформації мотивуючи зменшенням кількості пожеж та практикою перетворення хвойних лісів на менш пожежонебезпечні листяні ліси [2]. До уваги не взяли, що більшість пожеж відбуваються на незаліснених ділянках.

Тодішнє Європейське законодавство вимагало плани запобігання лісовим пожегам, але ці плани були обов'язковими лише для регіонів із середнім та високим ризиком пожеж. Класифікація була покладена на самі країни, і як результат, – було припинено збір спеціальної статистики ландшафтних пожеж.

У реаліях, і з 2017 по 2022 роки щорічно виникало 611 лісових пожеж і вигоріло 405 га. Проте пожежі випалювали більше пустищ, ніж лісів, були невеликими (в середньому до 1,5 га), спричинені людьми і часто горіли одночасно навесні та влітку [5].

Важливо визнати, що ландшафтні пожежі є відносно новою небезпекою в Європі з помірним кліматом, особливо у порівнянні з іншими загрозами, такими як повені, зливи та урагани (у часовому вимірі), проте, це не завадить їм стати у близькому майбутньому «нарівні» за наслідками негативного впливу.

У цьому контексті вкрай необхідною для оцінки наслідків зміни клімату та підвищення обізнаності про пожежу, як про небезпеку, є точна інформація про те, де, коли, як і чому виникають пожежі. Існує велика потреба у статистичних даних щодо пожеж для аналізу участі антропогенних факторів та з метою вжиття необхідних заходів протидії пожегам [4, 6, 7].

Розроблені методи оцінки походження пожежі (NWCG 2016) [8], тоді як причини виникнення пожежі залишаються недостатньо вивченими.

Отже, необхідністю постає розробка інтегрованої стратегії управління ландшафтними пожежами в умовах зміни клімату з використанням підходу, що ґрунтується на оцінці ризиків їх виникнення та оцінці наслідків пірогенного впливу на населення та природні екосистеми. Це вимагає систематичного збору та аналізу даних щодо готовності протидіяти

пожежам, інформації щодо реагування на них та постпірогенного відновлення.

Слід підкреслити важливість:

- збору саме наземних даних для адекватного фіксування пірогенних ризиків;
- фіксування та обробки даних усіх пожеж, незалежно від розмірів, оскільки кожна невелика пожежа може перерости у велику, навіть у фрагментованому ландшафті;
- фіксування та обробки даних усіх пожеж незалежно від типу (лісова, степова тощо);
- виділення в окрему звітність пожеж у природних екосистемах та в межах об'єктів природно-заповідного фонду.

### **Використані інформаційні джерела:**

1. Cristina Santín. Incendios forestales. URL: <https://climatica.coop/cristina-santin-incendios-forestales/>
2. Arnell N, Freeman A, Gazzard R. The effect of climate change on indicators of fire danger in the UK. Environmental Research Letters. 2021. P.16 DOI: 10.1088/1748-9326/abd9f2.
3. Stoof CR, Kok E, Cardil Forradellas A, van Marle MJE. In temperate Europe, fire is already here: The case of The Netherlands. 2024. № 53(7). P. 1092. DOI: 10.1007/s13280-024-02025-4.
4. San-Miguel-Ayanz, J., T. Durrant, R. Boca, P. Maianti, G. Libertá, T. Artés-Vivancos, D. Oom Forest Fires in Europe, Middle East and North Africa 2021. URL: [https://effis-gwis-cms.s3.eu-west-1.amazonaws.com/effis/reports-and-publications/annual-fire-reports/Annual\\_Report\\_2021\\_final\\_topdf1.pdf](https://effis-gwis-cms.s3.eu-west-1.amazonaws.com/effis/reports-and-publications/annual-fire-reports/Annual_Report_2021_final_topdf1.pdf).
5. Boosten, M., de Groot, C., & van den Briel, J. Inventarisatie van de ontstaans-en escalatierisico's van natuurbranden op de Veluwe. Stichting ProBos. 2009. URL: [https://www.probos.nl/images/pdf/rapporten/Rap2009\\_Inventarisatie\\_van\\_de\\_ontstaans\\_en\\_escalatierisicos\\_van\\_natuurbranden\\_op\\_de\\_Veluwe.pdf](https://www.probos.nl/images/pdf/rapporten/Rap2009_Inventarisatie_van_de_ontstaans_en_escalatierisicos_van_natuurbranden_op_de_Veluwe.pdf)
6. Keeley JE, Syphard AD. Historical patterns of wildfire ignition sources in California ecosystems. International Journal of Wildland Fire. 2018. pp 781–799. DOI: 10.1071/WF18026.
7. Gazzard R, McMorrow J, Aylen J. Wildfire policy and management in England: An evolving response from Fire and Rescue Services, forestry and cross-sector groups. Philosophical Transactions of the Royal Society B. 2016. P. 371 DOI: 10.1098/rstb.2015.0341. URL: <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rstb.2015.0341>
8. Guide to Wildland Fire Origin and Cause Determination. National Wildfire Coordinating Group. 2016. P. 337. URL: <https://fs-prod-nwcg.s3.us-gov-west-1.amazonaws.com/s3fs-public/publication/pms412.pdf>

УДК 574.4:631

## **ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГО-ЕНЕРГЕТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ В ПЕРІОД ПОВНОМАСШТАБНОЇ ВІЙНИ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕХАНІЗМІВ ЕКОЛОГІЧНОГО ІНСПЕКТУВАННЯ**

*Батій І. В., здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти,  
Шмандій В. М., д.т.н., професор, професор кафедри екології та  
біотехнологій, Ригас Т. Є., к.т.н., доцент, доцент кафедри екології  
та біотехнологій*

*Кременчуцький національний університет імені М. Остроградського,  
м. Кременчук, Україна*

Актуальним завданням для сучасного суспільства є досягнення екологічної безпеки [1]. Стрімкий розвиток промисловості спричинив досить складну ситуацію, пов'язану з використанням енергетичних ресурсів [2].

Військова агресія росії проти України завдала, й завдає, величезні збитки країні. Противник методично і цілеспрямовано завдає удари по об'єктам критичної інфраструктури, особливо по об'єктах Об'єднаної енергетичної системи України (ТЕС, ТЕЦ, ГЕС, трансформаторних підстанцій, ЛЕП), намагаючись знизити нашу економічну та моральну спроможність до супротиву.

На початку жовтня 2022 року ракетні обстріли цивільної енергетичної інфраструктури, призвели до аварійних вимкнень електроенергії на переважній частині країни. Почали застосовувати графіки віялових вимкнень електроенергії. У подальшому сталося значніше погіршення становища в енергосистемі і аварійного вимкнення напруги майже по всій країні, коли енергетична система України надмірно розбалансувалася [3].

Все це, ставить перед суспільством, органами державної влади та органами місцевого самоврядування невідкладні задачі по впровадженню комплексних рішень із енергозбереження, енергоефективності та диверсифікації енергетичної галузі України.

Диверсифікацію енергетичної галузі України ми бачимо як комплекс заходів, спрямованих на підвищення енергетичної безпеки, як складової національної безпеки України. Головними напрямками диверсифікації ми вважаємо:

- збільшення кількості постачальників та каналів поставок енергоносіїв;
- збільшення долі використання відновлюваних енергоресурсів;

- широке впровадження запозичених та розробка власних інноваційних технологій із генерування, використання енергоресурсів та енергозбереження;

- впровадження програми «соціальної енергетичної незалежності» на рівні держава-регіон-громада-людина;

- наукові дослідження, розробка та впровадження принципово нових, екологічних способів видобутку відновлювальних енергоносіїв;

- технічна розробка та впровадження «систем накопичення енергії» на рівні регіон-громада-ОСББ-власник будинку;

- створення принципово нової Системи балансування енергетичної системи, що дозволить гнучко керувати навантаженням енергосистеми в сучасних умовах.

Під програмою соціальної енергетичної незалежності на рівні держава-регіон-громада-людина, ми маємо на увазі комплекс заходів спрямованих на створення системи генерації, циркуляції та збереження електроенергії відповідного рівня. Акумуляторна батарея є найшвидшим диспетчеризованим джерелом живлення в електричних мережах і використовується для регулювання цих мереж [4].

Питання енергоефективності є ключовим питанням зростання економіки. На жаль, показник енергоємності ВВП України досі знаходиться на високому рівні, що обумовлює низьку конкурентну спроможність продукції на європейському та світовому ринках.

Енергоємність ВВП України є однією з найвищих у світі – у 2,7 рази вища, ніж у Польщі й у 3,3 рази вища, ніж у Німеччині [5].

Потенціал енергоефективності приблизно складає 7,5 млрд. доларів США, із них виробництво – 30%, житлово-комунальна сфера – 50%, транспорт – до 10%. Вирішення цієї проблеми потребує комплексних заходів (модернізація обладнання, прогресивні технології та технологічні процеси, економія енергоносіїв, застосування енергозберігаючих матеріалів та інше) на всіх етапах споживання енергоресурсів – виробництво, транспортування, використання.

Енергозбереження, в реаліях часу, є найбільш доступним і вагомим економічним фактором. Але це потребує суттєвого зростання соціальної обізнаності й відповідальності кожного члена суспільства. А також потрібна державна підтримка в вигляді:

- гнучкої системи фінансування та кредитування підприємств, громад, домогосподарств для утеплення енергозберігаючими матеріалами житлових та виробничих приміщень;

- створення мережі регіональних ринків «зеленої енергетики», з доступом на нього як українського бізнесу, так і міжнародних партнерів;

- створення загальнодержавної програми екологічної та енергетичної обізнаності для формування в суспільстві відповідального становлення до енергозбереження;

– залучення науковців для створення науковообґрунтованої бази для досліджень, впровадження нових та модернізації існуючих технологій в сфері енергозбереження та енергоефективності.

Питання енергоефективності та енергозбереження повинні вирішуватися з дотриманням норм екологічної безпеки. Це може забезпечуватися у тому числі ефективною організацією системи екологічного інспектування об'єктів генерації та передачі енергії, особливо тих, які зазнали пошкодження у наслідок бойових дій. При цьому вважаємо за доцільне здійснення суворого контролю за охороною та раціональним використанням водних ресурсів, охороною атмосферного повітря, охороною земель та використанням надр.

Резюмуючи, зауважемо, що шлях до сильної економіки не можливий без розумного ставлення до енергетики і екологічної безпеки як вагомих складових сталого розвитку.

### **Використані інформаційні джерела:**

1. Анна Олегівна Тітова, Володимир Михайлович Шмандій, Олена Володимирівна Харламова, Тетяна Євгеніївна Ригас. Формування номенклатури відходів для видалення на полігон. *IX Міжнародний з'їзд екологів*, 25-27 вересня, 2024 : Збірник наукових праць [Електронний ресурс]. Вінниця : ВНТУ, 2024. С. 373–375.

2. Titova, A., Kharlamova, O., Shmandiy, V., Bezdeneznych L., Rigas, T. (2023). Modeling and forecasting of the state of the environment in the waste management and management system consumption of Kremenchuk urban territorial community in Wartim. *Journal Environmental Problems*. 2023. 8(3), 178–184. DOI: <https://doi.org/10.23939/ep2023.03.178>

3. Об'єднана енергетична система України. Вікіпедія – URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%B1%27%D1%94%D0%B4%D0%BD%D0%B0%D0%BD%D0%B0\\_%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B0\\_%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0\\_%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D0%B8](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%B1%27%D1%94%D0%B4%D0%BD%D0%B0%D0%BD%D0%B0_%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B0_%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0_%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D0%B8)

4. Акумуляторна установка зберігання енергії. Вікіпедія - URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BA%D1%83%D0%BC%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D0%B0\\_%D1%83%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D0%B0\\_%D0%B7%D0%B1%D0%B5%D1%80%D1%96%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F\\_%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D1%96%D1%97](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BA%D1%83%D0%BC%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D0%B0_%D1%83%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D0%B0_%D0%B7%D0%B1%D0%B5%D1%80%D1%96%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D1%96%D1%97)

5. Виступ на Investors Annual Meeting. UkraineInvest. URL: <https://ukraineinvest.gov.ua/news/01-12-2023/>

УДК 504.03:631.95

## **АКТУАЛЬНІСТЬ УДОСКОНАЛЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ ПОЛІТИКИ АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВ УКРАЇНИ**

*Бредун В. І., к.т.н., доцент, Миколайчик М. В., здобувачка другого (магістерського) рівня вищої освіти*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна*

Військові дії 2022-2024 років спричинили значні руйнування інфраструктури, що ускладнило транспортування сільськогосподарської продукції. Знищення промислових об'єктів, доріг, мостів та залізничних шляхів порушило виробничі та експортні можливості України [1]. До початку повномасштабного вторгнення Україна займала передові позиції у світових обсягах виробництва основних сільськогосподарських культур, таких як соняшник, ріпак, ячмінь, кукурудза, пшениця та соя. Однак, знищення інфраструктури, зокрема доріг, мостів, залізничних шляхів та портів, ускладнило транспортування продукції як всередині країни, так і за її межами. Наприклад, до війни морські перевезення забезпечували майже 95% аграрного експорту України. Блокування портів та руйнування морської інфраструктури не тільки значно обмежили можливості експорту, але й привели до перерозподілу екологічного навантаження по регіонах країни й загального погіршення екологічного стану.

Забезпечення продовольчої безпеки також включає підтримку місцевих громад та розвиток сільських територій. Аграрні підприємства, такі як ТОВ СП «НІБУЛОН», група компаній «Кернел», агропромисловий холдинг «Астарта-Київ» активно підтримують місцеві громади, надаючи допомогу у відновленні інфраструктури та забезпеченні продовольством.

Однак, ці підприємства зазнали значного впливу у наслідок війни. Так, наприклад, більшість філій ТОВ СП «НІБУЛОН», розташованих у Луганській області, на даний час виведено з господарської діяльності, зазнали пошкоджень філії Миколаївської та Херсонської областей, припинено транспортування зернових по річці Дніпро нижче міста Запоріжжя та по Дніпровській затоці, значні території Херсонської області зазнали руйнівних наслідків затоплення в результаті руйнування Каховської ГЕС [2].

Таким чином, військові дії 2022-2024 років створили нові проблеми для аграрних підприємств України, що вимагають адаптації до змінених умов. Впровадження стійких агротехнологій та розвиток системи екологічного моніторингу стали ключовими аспектами для зменшення негативного впливу на довкілля. Розвиток системи екологічного моніторингу є

важливим для оперативного реагування на екологічні загрози та забезпечення стійкого розвитку аграрного сектору. Впровадження сучасних технологій, таких як дистанційне зондування Землі та геоінформаційні системи (ГІС), дозволяє здійснювати постійний моніторинг стану ґрунтів, водних ресурсів та атмосферного повітря. Це сприяє своєчасному виявленню та усуненню екологічних проблем, що виникають внаслідок військових дій, оперативному корегуванню екологічних стратегій підприємств.

Таким чином, удосконалення екологічної політики аграрних підприємств України як основоположної концепції збереження і відновлення промислового потенціалу шляхом вирішення екологічних проблем є актуальним завданням в умовах військових дій та сприяє стійкому розвитку аграрного сектору та зменшенню негативного впливу на довкілля. Відповідно до вище означених проблем виникає необхідність у перегляді основних положень екологічної політики компанії з урахуванням реалій сьогодення. У межах нашого дослідження передбачено кілька етапів, які спрямовані на всебічний аналіз екологічної політики аграрних підприємств, зокрема ТОВ СП «НІБУЛОН», а також розробку рекомендацій для її вдосконалення.

Перший етап дослідження зосереджено на аналізі проблем, які постали перед аграрним сектором України внаслідок війни. Другий етап присвячено вивченню екологічної політики як концепції сталого розвитку. Третій етап стосується конкретного аналізу екологічної політики ТОВ СП «НІБУЛОН». Четвертий етап зосереджується на аналізі екологічних політик інших провідних представників аграрної галузі в Україні та світі. На п'ятому етапі здійснюється порівняльний аналіз сильних і слабких сторін екологічних політик компаній, що були розглянуті на попередніх етапах. На завершальному, шостому етапі дослідження передбачається розробка рекомендацій для вдосконалення та актуалізації екологічної політики ТОВ СП «НІБУЛОН» із урахуванням отриманих результатів порівняльного аналізу та сучасних викликів, зокрема пов'язаних із впливом війни.

#### **Використані інформаційні джерела:**

1. План для Ukraine Facility 2024-2027. Режим доступу: <https://www.ukrainefacility.me.gov.ua/wp-content/uploads/2024/03/plan-ukraine-facility.pdf>

2. Дослідження руйнування Каховської греблі та його наслідки для екосистеми, аграріїв, цивільного життя та міжнародного правосуддя. Режим доступу: <https://truth-hounds.org/cases/zatopleno-vijnoyu-doslidzhennya-rujnuvannya-kahovskoyi-grebli-ta-jogo-naslidky-dlya-ekosystemy-agrariyiv-czyvilnogo-zhyttya-ta-mizhnarodnogo-pravosuddya/>

УДК 502.7

## ДО ПИТАННЯ РОЗПОДІЛУ КОНЦЕНТРАЦІЙ ЗАБРУДНЮВАЛЬНИХ РЕЧОВИН ВЗДОВЖ ДОРІГ НА ПРИКЛАДІ ЗОНИ «ПОЛТАВСЬКА»

*Вадурін К. О., асистент, Корцова О. Л., к.т.н., доцент,  
Перекрест А. Л., д.т.н., професор, Бахарєв В. С., д.т.н., професор*

*Кременчуцький національний університет  
імені Михайла Остроградського, м. Кременчук, Україна*

Як відомо відповідно до вимог [1] обласні ради (обласні військові адміністрації) були зобов'язані розробити та затвердити програми державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря для зон та агломерацій (далі – Програма). Керуючий документ щодо розробки Програм [2], зокрема, передбачав у структурі документу наявність додатку 4 під назвою: «Попередня оцінка якості атмосферного повітря в зоні, агломерації». У структурі вищезазначеного додатку було передбачено розділ: «Статистика розподілу концентрацій забруднювальних речовин вздовж доріг у зоні, агломерації». Формування Програми саме з огляду на останнє стало проблемним для багатьох зон та агломерацій в країні, оскільки подібні дослідження не були системними чи пріоритетними в діючих програмах моніторингу якості атмосферного повітря. Отже, там де була наявна статистика руху автотранспорту, була відсутня інформація щодо розподілу концентрацій і навпаки. Подібна проблема мала місце й під час розробки Програми для зони «Полтавська».

Таким чином, метою проведених досліджень було розв'язання актуальної задачі з визначення статистики розподілу концентрацій забруднювальних речовин уздовж доріг у зоні, агломерації на прикладі зони «Полтавська».

Для зони «Полтавська» в цілому були наявні статистичні матеріали з інтенсивності руху автотранспорту на окремих ділянках доріг Полтавської області (за даними ДП «Агентство місцевих доріг Полтавської області»). Ці дані не враховували автомобільні шляхи міст зони, а також не мали даних щодо рівня забруднення атмосферного повітря, що створюється транспортними потоками.

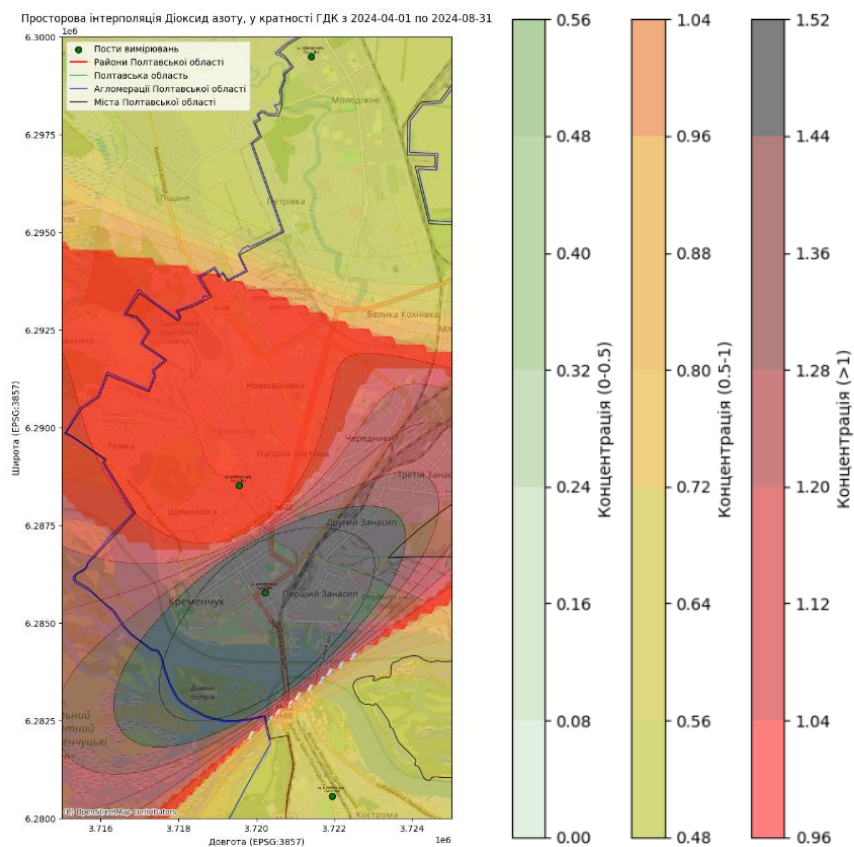
У місті Кременчук, що входить до складу зони «Полтавська» в структурі «Лабораторії спостереження за станом забруднення атмосферного повітря» ДСНСУ в Полтавській області є транспортно-орієнтований Пост №4, що знаходиться на перетині автомобільних доріг з інтенсивним рухом в центрі міста. Проте статистичні дані щодо інтенсивності руху транспорту офіційно не фіксуються. У процесі підготовки до проведення дослідження



було з'ясовано, що відповідні ділянки доріг міста потрапляють до відеосистем інформаційно-аналітичної системи «Безпечна громада», що функціонує в Кременчуці. Встановлено, що однією з неосновних функцій системи є автоматизований підрахунок інтенсивності руху транспорту, що є вбудованим функціоналом усіх аналогічних систем. Таким чином, провести порівняння рівнів концентрацій з інтенсивністю руху транспорту є можливим для окремих ділянок міста.

Отже, охарактеризувати вплив автотранспорту на забруднення всієї зони можливо лише опосередковано, наприклад за кількістю транспортних засобів та аналізу інтенсивності руху на основних автошляхах.

Із цією метою використано максимальне значення інтенсивності руху автомобільного транспорту за період квітень-серпень 2024 року на ділянці автомобільної дороги в районі розташування пункту фіксованих вимірювань Пост №4 Лабораторії спостережень за забрудненням атмосферного повітря міста Кременчука. Значення інтенсивності руху транспорту (автомобілів за добу) одержано на основні даних інформаційно-аналітичної системи «Безпечна громада», що функціонує в Кременчуці. За аналогічний період – квітень-серпень 2024 року – було встановлено максимальні значення концентрації діоксиду азоту по Пост №4. Просторовий розподіл концентрацій діоксиду азоту за відповідний період показано на рис. 1.



**Рисунок 1. Просторова інтерполяція концентрацій діоксиду азоту в місті Кременчук за квітень-серпень 2024 року**

Для подальшого аналізу використано припущення:

*максимальний рівень концентрації забруднювальної речовини в атмосферному повітрі придорожного простору = максимальній інтенсивності руху транспорту на ділянки дороги, де визначним забрудником є транспортні засоби.*

Встановлено відповідні максимальні значення: концентрація діоксиду азоту 1,5 ГДКс.д.; максимальна інтенсивність руху транспорту 8336 автомобілів за добу.

Використовуючи визначені дані, а також статистичні матеріали щодо інтенсивності руху автотранспорту на окремих ділянках доріг Полтавської області (за даними ДП «Агенство місцевих доріг Полтавської області») із застосуванням методу лінійної апроксимації визначено ймовірний рівень забруднення атмосферного повітря на дорогах зони «Полтавська».

Для більш якісного сприйняття інформації усі дороги було розподілено на три категорії за інтенсивністю руху та рівнем забруднення: червоні – ймовірна концентрація більша за 1 ГДК; жовті – ймовірна концентрація від 0,5 до 1 ГДК та зелені – концентрація менше за 0,5 ГДК.

Результати апроксимації подано на рис. 2.



**Рисунок 2. Зв'язок між протяжністю дороги та ймовірним забрудненням у частках ГДК залежно від інтенсивності руху**

Одна ділянка дороги, що потрапила у червону зону, знаходиться у районі Великобагачанський та Миргородський: Назва дороги: Миргород – Велика Багачка – Байрак – Поділ, протяжність: 35,6 км, забруднення: 1.158 ГДК; 24 дороги віднесено до жовтої категорії та 1112 до зеленої.

У таблиці 1 наведео приклад розв'язання задачі з визначення статистики розподілу концентрацій забруднювальних речовин вздовж доріг у зоні, агломерації на прикладі зони «Полтавська». Подано частину доріг, що увійшли в категорію «жовті».

Таблиця 1. «Жовті» дороги

Назва району	Ін-декс доро-ги	Назва дороги	Про-тяж-ність	Сере-дньо-річна добо-ва інтен-сивні-сть руху, авт./ доба	Ймовірне забруднення в частках ГДК
Котелевський та Полтавський	01710369	/Н-12/ – Мала Рублівка- Рунівщина – /м-оз/	47,8	5224,0	0,940
Лубенський та Чорнухинський	01723375	Чорнухи – Лубни	34,7	4884,0	0,878
Полтавський	01719274	/Суми – Полтава/ – Сем'янівка – Надержинщина	12,7	4757,0	0,855
.....					
Диканьський	С170514	Стасі – Гавронці	2,2	3568,0	0,642
Кобеляцький	01708111	/Селещина – Світлогірське/ – Василівка – Кам'янське	32,2	3310,0	0,595
Полтавський, Машівський та Карлівський	01719372	Від а.д. М-03 – Машівка – Карлівка	38,1	3270,0	0,588
Шишацький	01715218	Великі Сорочинці – Ковалівка – Воскобійники – Михайлики	19,5	3058,0	0,550

Наведений приклад розв'язання задачі з вивчення статистики розподілу концентрацій забруднювальних речовин вздовж доріг у зоні «Полтавська» може бути застосований для інших зон і агломерацій країни.

#### Використані інформаційні джерела:

1. Деякі питання здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря. Постанова КМУ № 827 від 14.08.2019. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/827-2019-%D0%BF#Text>

2. Про затвердження форми Програми державного моніторингу у галузі охорони атмосферного повітря. Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України № 147 від 25.02.2021. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0543-21#Text>

УДК 504.064.4

## **ОЦІНКА ВПЛИВУ АВТОТРАНСПОРТУ НА СТАН АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ІСНУЮЧИХ МОДЕЛЕЙ ПРОГНОЗУВАННЯ**

*Галактіонов М. С., аспірант, Бредун В. І., к.т.н., доцент*

*Національний університет «Полтавська політехніка  
імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна*

Якість атмосферного повітря значно впливає на добробут та здоров'я населення особливо в великих містах. У промислових містах повітря часто не відповідає нормативним показникам гранично допустимих концентрацій (ГДК) через викиди від підприємств і автотранспорту. Зростання кількості автомобілів у міських умовах робить автотранспорт основним джерелом забруднення повітря. Крім того, збільшення автопарку створює додаткове навантаження на міську інфраструктуру, спричиняє затори на дорогах і перехрестях, що підвищує обсяги викидів. У зв'язку з цим виникає нагальна потреба у прогнозуванні викидів з метою розробки дієвих заходів для зменшення рівня забруднення повітря.

Для оцінки впливу автотранспорту на якість повітря застосовуються різноманітні математичні моделі, які враховують такі параметри, як інтенсивність руху, вид транспорту, тип палива, погодні умови та рельєф місцевості [1, 2].

Спеціалізовані програмні засоби, такі як MOVES, EMFAC та COPERT, забезпечують можливість розрахунку викидів забруднюючих речовин і парникових газів. Ці інструменти сприяють ефективному плануванню транспортних стратегій із метою мінімізації впливу на довкілля. Кожна модель має специфічні особливості, що робить її оптимальною для використання в окремих регіонах чи умовах [3-5].

Для визначення концентрацій забруднювачів в атмосфері застосовуються як польові вимірювання, так і математичне моделювання. Зокрема, дисперсійні моделі дозволяють оцінювати розподіл забруднюючих речовин у просторі, враховуючи метеорологічні умови, топографічні особливості території та характеристики джерел викидів.

До прикладів дисперсійних моделей, що застосовуються для оцінки впливу автотранспорту на якість повітря, належать CALRoads View (Lakes Environmental), CALINE4, AERMOD (Lakes Environmental), ADMS та EOL+. Ці моделі дають змогу прогнозувати концентрації забруднювальних речовин у певних точках, що є ключовим для розробки екологічно безпечної інфраструктури та зменшення негативного впливу на здоров'я населення [7].

Для дослідження впливу автотранспорту на забруднення атмосферного повітря в місті Кривий Ріг були визначені ділянки з найбільшою інтенсивністю руху та побудовані моделі поширення забруднюючих речовин. Виокремлено три ключові транспортні вузли Кільце 95 кварталу, Вул. Вільної Ічкерії, Перехрестя пр. Металургів і Нікопольського шосе. Ці ділянки визначені як ключові для аналізу розсіювання забруднюючих речовин через їхню високу транспортну завантаженість.

Для оцінки впливу автотранспорту застосовано програмний комплекс CALRoads View з використанням моделі CALINE4. Ця модель була обрана завдяки її високій точності в моделюванні розповсюдження забруднювальних речовин, які утворюються в результаті діяльності транспортних засобів на дорожніх мережах. За допомогою моделі CALINE4 можливо рахувати різноманітні фактори: швидкість та напрямок вітру, топографічні особливості місцевості, інтенсивність транспортного потоку. Завдяки цьому модель забезпечує точні результати, необхідні для аналізу впливу транспорту на якість атмосферного повітря.

Максимальні концентрації забруднюючих речовин, отримані в результаті моделювання на досліджуваних ділянках, представлені у таблиці 1. Ці дані відображають пікові значення концентрацій в атмосферному повітрі на кожному із проаналізованих перехресть.

**Таблиця 1. Результати розрахунків концентрацій забруднюючих речовин**

Ділянка дослідження	Забруднююча речовина	Максимальна концентрація ЗР мг/м <sup>3</sup>	ГДК	Доля ГДК
Кільце 95 кварталу	Оксид вуглецю	1,9	5	0,38
	Діоксид азоту	1,09	0,2	5,49
Вул. Вільної Ічкерії	Оксид вуглецю	2,21	5	0,44
	Діоксид азоту	1,15	0,2	5,75
Перехрестя пр. Металургів і Нікопольське шосе	Оксид вуглецю	2,21	5	0,44
	Діоксид азоту	1,16	0,2	5,78

Результати розрахунків дозволяють оцінити рівень забруднення в місцях із найбільш інтенсивним рухом транспорту. Вони є важливими для ідентифікації зон із підвищеним екологічним ризиком, що потребують впровадження додаткових природоохоронних заходів. Зокрема, це може включати обмеження транспортного потоку, оптимізацію руху, впровадження сучасних екологічно безпечних транспортних технологій або удосконалення міської інфраструктури.

Аналіз максимальних концентрацій також є важливим етапом для порівняння отриманих даних із гранично допустимими концентраціями (ГДК) забруднюючих речовин. Це дозволяє виявити перевищення екологічних нормативів, оцінити ризики для здоров'я населення і

спланувати стратегії зниження негативного впливу автотранспорту на довкілля.

На усіх досліджуваних ділянках значення оксиду вуглецю не перевищують затверджених ГДК, при цьому по діоксиду азоту спостерігаються перевищення на всіх перехрестях.

Для ефективного управління якістю повітря важливо застосовувати комплексний підхід, який включає використання прогностичних моделей для оцінки впливу транспорту, розробку та впровадження природоохоронних заходів, а також оптимізацію транспортних потоків. Прогностичні моделі, зокрема такі як CALINE4, дозволяють отримувати точні дані про концентрації забруднюючих речовин в атмосфері, що виникають через транспортні засоби. Це дає змогу прогнозувати зміну ситуації в майбутньому в залежності від різних сценаріїв розвитку транспортної інфраструктури та зміни транспортних потоків.

Використання таких моделей сприяє виявленню зон з найбільшим екологічним навантаженням, що дозволяє органам місцевого управління розробляти цілеспрямовані заходи для покращення якості повітря. Наприклад, це може бути модернізація дорожньої інфраструктури для зменшення заторів, розвиток громадського транспорту, впровадження електричних або гібридних транспортних засобів, що мають менше викидів, а також стимулювання використання альтернативних видів палива.

Оптимізація транспортних потоків також є важливою частиною стратегії зниження забруднення. Застосування інтелектуальних систем управління трафіком може допомогти зменшити кількість заторів і час простою транспорту, що, у свою чергу, знижує рівень викидів шкідливих газів. Крім того, врахування екологічних факторів при плануванні нових транспортних маршрутів або реконструкції існуючих допомагає мінімізувати вплив на найбільш уразливі райони, зокрема житлові та природоохоронні зони.

### **Використані інформаційні джерела:**

1. Бабков В. С., Ткаченко Т. Ю. Аналіз математичних моделей поширення домішок від точкових джерел. *Наукові праці Донецького національного технічного університету*. Серія : Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка. 2011. Вип. 13. С. 147–155.

2. Петросян А. А., Маремуха Т. П., Моргульова В. В.. Порівняльний аналіз моделювання усереднених концентрацій забруднюючих речовин у приземному шарі атмосфери LAYER. *«Молодий вчений»*. 2020. Т. 7, №83. URL: <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2020-7-83-2>.

3. MOVES and Related Models. EPA. URL: <https://www.epa.gov/moves/latest-version-motor-vehicle-emission-simulator-moves>.

4. On-Road (EMFAC). California Air Resources Board. URL: <https://ww2.arb.ca.gov/our-work/programs/msei/on-road-emfac>.
5. COPERT The industry standard emissions calculator. COPERT. URL: <https://copert.emisia.com/>.
6. SOFTWARE PRODUCTS. Lakes Software. URL: <https://www.weblakes.com/software/>.
7. CERC Cambridge Environmental Research Consultants Environmental Software and Services URL: <https://www.cerc.co.uk/environmental-software/ADMS-Roads-model.html>

УДК 574.4:631

## **ІНТЕГРАЦІЯ ДО ЄВРОПЕЙСЬКОГО ЗАКОНОДАВСТВА ЩОДО УТИЛІЗАЦІЇ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ МОДУЛІВ, ЯКІ ФОРМУЮТЬ БІОГЕОХІМІЧНУ ЕКОЛОГІЧНУ НЕБЕЗПЕКУ**

*Лініх А. В., аспірант, Шмандій В. М., д.т.н., професор,  
Ригас Т. Є., к.т.н., доцент, Харламова О. В., д.т.н., доцент,  
Безденєжних Л.А., к.т.н., доцент*

*Кременчуцький національний університет  
імені Михайла Остроградського, м. Кременчук, Україна*

Управління екологічною безпекою в теперішній час є актуальним завданням для сучасного суспільства [1]. Науково-технічний прогрес спричинив складну ситуацію в енергетичній сфері [2]. Ефективна реалізація досягнень у сфері утилізації сонячних панелей є важливим для розробки ефективних екологічних політик та адаптації до глобальних стандартів. Різні країни мають унікальний досвід регулювання, впровадження технологій переробки та стимулювання відповідального поводження з відходами. Аналіз цих підходів дозволяє визначити найкращі практики, які можуть бути адаптовані до місцевих умов, і сприяє гармонізації законодавчих норм із міжнародними зобов'язаннями у сфері охорони довкілля.

Ми впевнені, що глобальна взаємодія у вирішенні проблеми відходів сонячних панелей є необхідною через зростаючий попит на відновлювану енергію. Ефективне управління «сонячними відходами» допомагає зменшити негативний вплив на довкілля, повернути у виробництво рідкісні метали та сприяти розвитку циркулярної економіки. Використання міжнародного досвіду також сприяє розробці інноваційних підходів, таких як екологічний дизайн панелей, який полегшує їх переробку, та створення стимулів для бізнесу інвестувати у сталий розвиток. Україна повинна інтегруватися до європейського законодавства. Директива 2012/19/EU Європейського Парламенту (WEEE) [3], встановлює рамки для збору, обробки та утилізації відходів електричного та електронного обладнання в Європейському Союзі. Метою цієї директиви є зменшення негативного впливу відходів на довкілля та здоров'я людей шляхом сприяння повторному використанню, переробці та іншими формами відновлення таких відходів.

Сонячні панелі, або фотоелектричні модулі, підпадають під дію цієї директиви. Згідно з Додатком I до Директиви, вони класифікуються як «побутова апаратура та фотоелектричні панелі», що входять до категорії 4.



Це означає, що виробники сонячних панелей зобов'язані дотримуватися вимог щодо збору та утилізації відходів, встановлених директивою.

Директива WEEE покладає на виробників відповідальність за організацію та фінансування збору та обробки відходів електричного та електронного обладнання. Це включає створення систем збору відходів від кінцевих користувачів, забезпечення належної обробки та утилізації, а також досягнення встановлених цілей із переробки та відновлення матеріалів. Для сонячних панелей встановлені конкретні цілі з переробки. Згідно з Директивою, для категорії 4, до якої належать фотоелектричні панелі, мінімальний рівень відновлення становить 80%, а рівень підготовки до повторного використання та переробки – 70%. Ці показники спрямовані на максимальне повернення цінних матеріалів у виробничий цикл та зменшення кількості відходів, що підлягають захороненню.

Важливим аспектом Директиви є вимога до виробників забезпечувати екологічно безпечний дизайн продукції. Це означає, що сонячні панелі повинні бути спроектовані таким чином, щоб полегшити їх демонтаж, повторне використання та переробку після закінчення терміну служби. Такий підхід сприяє зменшенню негативного впливу на довкілля та підвищенню ефективності використання ресурсів.

Директива також встановлює вимоги до маркування продукції. Сонячні панелі повинні мати спеціальне маркування, яке вказує на те, що продукт підлягає окремому збору та утилізації. Це допомагає споживачам правильно утилізувати відпрацьовані панелі та сприяє ефективному збору відходів. Зауважимо, що Директива зобов'язує держави-члени ЄС забезпечувати належний моніторинг та звітність щодо збору та обробки відходів електричного та електронного обладнання. Це включає подання регулярних звітів до Європейської Комісії про досягнуті результати та вжиті заходи. Такий підхід дозволяє контролювати виконання вимог директиви та вчасно виявляти проблемні аспекти.

Звертаємо увагу, що Директива WEEE є частиною ширшої політики ЄС у сфері управління відходами та ресурсоефективності. Вона доповнює інші нормативні акти, такі як Директива про обмеження використання небезпечних речовин та Директива про екодизайн, спрямовані на зменшення негативного впливу продукції на довкілля протягом усього життєвого циклу.

У підсумку, Директива 2012/19/EU встановлює чіткі вимоги до виробників сонячних панелей щодо їх збору, обробки та утилізації після закінчення терміну служби. Виконання цих вимог сприяє зменшенню негативного впливу на довкілля, підвищенню ефективності використання ресурсів та розвитку циркулярної економіки в Європейському Союзі. Директива 2009/125/ЄС Європарламенту [4], передбачає встановлення вимог до екодизайну продукції, пов'язаної з енергоспоживанням, зокрема сонячних панелей. Одним із ключових аспектів є утилізація цих панелей,

яка включає зменшення їхнього екологічного впливу після завершення терміну експлуатації. Директива наголошує на важливості врахування етапу утилізації ще на стадії розробки, забезпечуючи легкість демонтажу та переробки матеріалів, що входять до складу сонячних панелей. Згідно з Директивою, виробники зобов'язані впроваджувати принципи сталого дизайну, які сприяють повторному використанню компонентів і мінімізують утворення відходів. Особлива увага надається біогеохімічному розподілу хімічних забруднювачів за їх рухливістю, ступенем небезпечності для довкілля, наприклад, свинцю чи кадмію.

Відповідно до імплементаційних заходів, виробники повинні розробляти сонячні панелі з можливістю безпечного вилучення цих матеріалів, забезпечуючи їх подальшу переробку або екологічно безпечну утилізацію. Також Директива сприяє створенню систем збирання відпрацьованих сонячних панелей та стимулює розвиток переробної інфраструктури. Це дозволяє досягти високого рівня повторного використання матеріалів, таких як кремній, скло та алюміній, які становлять основу панелей. Гармонізовані вимоги, встановлені Директивою, забезпечують ефективну переробку панелей, зменшуючи потребу у видобутку первинних ресурсів і знижуючи негативний вплив на екосистеми.

Директива 2011/65/ЄС Європарламенту [5], встановлює обмеження на використання небезпечних речовин в електричному та електронному обладнанні, включаючи сонячні панелі. Основна мета Директиви полягає у зменшенні негативного впливу токсичних матеріалів, таких як свинець, кадмій, ртуть, шестивалентний хром та інші, на довкілля і здоров'я людей. Це досягається шляхом визначення ступеня небезпеки розвитку негативних біогеохімічних явищ за допомогою біоіндикаторів, обмеження використання цих речовин у виробництві сонячних панелей та компонентів, що сприяє екологічній безпеці протягом життєвого циклу панелей.

Для сонячних панелей Директива зосереджується на зниженні вмісту небезпечних матеріалів у складі фотоелементів, контактних шарів та інших елементів конструкції. Це дозволяє зменшити токсичність відходів після завершення їх експлуатації, полегшуючи утилізацію та повторне використання цінних матеріалів, таких як кремній, скло та метали.

Більшість членів ЄС інтегрували Директиву WEEE [3] у свої національні законодавства. Виробників та імпортерів сонячних панелей зобов'язали реєструватися в національних реєстрах та забезпечувати збір і переробку відходів. Деякі запровадили систему, за якою виробники фінансують утилізацію відходів через екологічні збори. Крім того, багатьма активно підтримується дослідження та розвиток технологій переробки сонячних модулів.

Адаптація національного законодавства до вимог ЄС сприятиме розвитку відповідальних практик поводження з відходами, що відповідатиме сучасним принципам циркулярної економіки, за якої ресурси

залишаються в обігу якомога довше, що не лише захищає екосистеми, але й стимулює інновації у виробничих процесах і створює нові робочі місця в галузі переробки. Без сумніву це стимулюватиме створення інфраструктури для збору, сортування та переробки сонячних панелей, а також залучить інвестиції у розвиток інноваційних технологій у цій галузі. Крім того, дотримання європейських стандартів дозволить країні брати участь у спільних проектах і програмах, забезпечуючи технічну підтримку та фінансування. Таким чином, гармонізація законодавства з європейськими нормами не лише вирішить екологічні виклики, а й створить умови для економічного зростання та зміцнення міжнародного співробітництва. Розробка законодавства відповідно до європейських директив щодо утилізації сонячних панелей є важливою складовою інтеграції до міжнародних стандартів охорони довкілля. Сонячні панелі, як і будь-яке електронне обладнання, мають обмежений термін служби, після якого стають відходами. Утилізація таких відходів без належного регулювання може спричинити значні екологічні проблеми, оскільки панелі містять цінні, але водночас токсичні матеріали, такі як кремній, кадмій і свинець. Європейські директиви, зокрема Директива WEEE [3], спрямовані на зменшення негативного впливу таких відходів на довкілля та стимулювання повторного використання ресурсів.

Загалом, світова спільнота беззаперечно визнає важливість належного управління відходами від сонячних панелей для забезпечення стійкого розвитку відновлюваної енергетики.

### **Використані інформаційні джерела:**

1. Titova, A., Kharlamova, O., Shmandiy, V., Bezdeneznych L., Rigas, T. (2023). Modeling and forecasting of the state of the environment in the waste management and management system consumption of Kremenchuk urban territorial community in Wartim. *Journal Environmental Problems*. 2023. 8(3), 178–184. DOI: <https://doi.org/10.23939/ep2023.03.178>.

2. Володимир Шмандій, Віктор Андрєєв, Олена Харламова, Тетяна Ригас, Лілія Безденежних, Софія Юзефович. До питання створення та експлуатації річкових берегових гідроелектростанцій без будівництва гребель і накопичувальних водосховищ. *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*, 2023. Випуск 1/2023 (138). С.55–60.

3. Directive - 2012/19 - EN - EUR-Lex.

URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:32012L0019>

4. Directive - 2009/125 - EN - EUR-Lex.

URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:32009L0125>

5. Directive - 2011/65 - EN - rohs 2 - EUR-Lex. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32011L0065>

УДК 502/504(477.54-21)

## ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ МАЛИХ МІСТ НА ХАРКІВЩИНІ

*Некос А. Р., д.геог.н., професор, Щокіна М. М., аспірантка*

*Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна  
м. Харків, Україна*

При дослідженнях і аналізі загального екологічного стану України та стану, компонентів довкілля часто обговорюють питання, які пов'язані або з регіональними проблемами, або з великими містами такими як Київ, Харків, Львів, Одеса. Це й зрозуміло, адже великі підприємства, розгалужена транспортна інфраструктура, об'єкти енергетики і загальне значне антропогенне навантаження пов'язано, у більшості випадків, з регіонами, великими і середніми містами України, де формуються економічні та соціальні показники розвитку країни. І на фоні вирішення екологічних проблем держави, дуже рідко обговорюється екологічні проблеми малих міст України. В населених пунктах такої категорії менша чисельність населення, менше розвинена соціальна інфраструктура, мала чисельність промислових підприємств.

Малі міста – це міста, які мають чисельність населення до 50 тис. осіб згідно з Наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 26 квітня 2019 року № 104 [1]. Державний комітет статистики України надав на свій інтернет-ресурс статистичний збірник про кількість населення країни станом на 1 січня 2024 р. Відповідно до цього видання в Україні налічується 461 місто, із яких 374 міста мають чисельність населення не більше 50 тис. осіб [2].

Малі міста, як і інші міста країни, приймають участь у соціально-економічному розвитку держави. У таких містах зосереджено небагато, але працюючих підприємств, що забезпечує робочі міста, функціонує малий приватний бізнес, розвивається аграрна сфера. Також малі міста впливають на зниження урбанізації, зменшують навантаження на великі міста за рахунок територіального розселення населення. Часто малі міста сприяють збереженню навколишнього середовища, природних та історичних пам'яток, виконують культурну, рекреаційну, оздоровчу функції для жителів країни. Такий погляд говорить про суттєве значення, яке відіграють малі міста для економічного та соціального розвитку України.

Одним із таких міст є Люботин (Харківська область), на прикладі якого можна показати функціональне значення малих міст для держави та дослідити екологічні проблеми у такого роду населених пунктах. Люботин розташовано у 24 км на захід від Харкова. Станом на 2021 рік має чисельність населення 26776 осіб [2]. Загальна площа територіальної

громади 110,74 км<sup>2</sup>. Територія населеного пункту розташована в лісостеповій зоні й входить до озелененої зони Харкова. Місто приваблює мешканців та гостей розвинутою зелено-блакитною інфраструктурою, яка використовується для рекреації на природі, покращення фізичного та ментального здоров'я, активного та зеленого туризму, рибальства та пляжного відпочинку. До Люботинської громади відноситься 30 водних об'єктів, які розташовані у долинах річок Мерефа та Люботинка; 3050 га лісних масивів та 310 га зелених парків загального використання у межах міста. Люботин має значну кількість історичних пам'яток: 505 скіфських курганів, селища городища, 11 пам'яток історичної культурної спадщини, ландшафтний парк на 30 га, та інше. Постановою Кабінетів Міністрів України від 26 липня 2001 р. №878 місто Люботин внесено до Списку історичних населених місць України [3].

На території Люботина працюють підприємства: ВП «Моторовагонне депо Люботин» ДП ПЗ, Служба колії РФ ПЗ АТ «Укрзалізниця», ВП «Люботинська авторемонтна майстерня», ПрАТ «Люботинський завод «Продтовари»», ТОВ «Люботинський Хлібзавод», ТОВ «Караванський завод кормових дріжджів», мережа роздрібної торгівлі, ресторанного та побутового малого бізнесу [4].

Люботин має значний економічний потенціал та розвинуту інфраструктуру, але поряд із цим, наявні й екологічні проблеми у кожній сфері. Недостатнє фінансування для збереження довкілля та покращення екологічного стану посилюють погіршення екологічної ситуації у місті.

Практичні дослідження та аналіз життєдіяльності міста Люботина виявив перелік нагальних екологічних проблем:

- незадовільний стан води у водних об'єктах міста;
- незадовільний стан питної води у колодязях та у системі централізованого водопостачання;
- незадовільний стан сміттєзвалища «Вороній яр», що знаходиться у межах міста;
- наявність несанкціонованих сміттєзвалищ у лісових масивах, біля рекреаційних зон, водойм;
- наявність злива стоків приватних септиків у поверхневій водоймі;
- антропогенне навантаження на рекреаційні зони міста;
- низький рівень усвідомлення населенням наявних екологічних проблем.

Враховуючи, що водні об'єкти – це важливий ресурс навколишнього середовища, було доцільним провести гідрохімічний аналіз водойм, які входять у систему унікальних каскадних водойм, що знаходяться у місті. Першим об'єктом дослідження було обрано ставок під назвою «Четвертий». Площа ставка – 25,3852 га, об'єм води – 6,25 тис. м<sup>3</sup>, лівий берег ставка – пологий, поза яким зростає дубовий ліс, правий берег має крутий схил, вище бровки якого розташовані сільськогосподарські угіддя.

Узбережжя ставка щільно вкрито водною рослинністю. Майже на березі, на відстані 60 м від ставка, наявна забудова приватного сектору.

Дослідження якості води у ставках каскаду проводились на початку осені 2023 року, коли було відібрано проби води у двох створах. Перша точка відбору – це вершина ставка, куди впадають води зі ставка «Певний». Другий створ – точка урізку води, там де вода зі ставка «Четвертий» струмком перетікає до іншої водойми «Гієвський».

Гідрохімічні дослідження зразків води із водойми «Четвертий» проводились у навчально-дослідній лабораторії аналітичних екологічних досліджень ННІ екології Каразінського університету. Визначалися показники: рН, каламутність, жорсткість, аміак, нітрити, нітрати, хлориди, лужність та на вміст важких металів (Fe, Zn, Cu, Mn, Cd, Cr). Отримані результати дослідження [5] показали незначне перевищення показників вмісту хлоридів (перша точка відбору – 344 мг/дм<sup>3</sup>, друга – 352 мг/дм<sup>3</sup> при 350 мг/дм<sup>3</sup>), лужності – (перша точка відбору – 7,4 мг/дм<sup>3</sup>, друга – 5,3 мг/дм<sup>3</sup> при нормативі 0,5-6,5 мг/дм<sup>3</sup>), жорсткості – (перша точка відбору – 8,4 мг/дм<sup>3</sup>, друга – 5,4 мг/дм<sup>3</sup> з нормативом жорсткості <7,0 мг/дм<sup>3</sup>), каламутності – (перша точка відбору – 2,5 мг/дм<sup>3</sup>, друга – 1,5 мг/дм<sup>3</sup> з нормативом каламутності <1,0 мг/дм<sup>3</sup>) [6]. Такі показники відповідають третій категорії («задовільно») якості води у водоймі згідно з методикою віднесення масиву поверхневих вод [7].

Перший етап досліджень виявив наявність перевищень нормативних показників, тому доцільним було дослідити сезонну динаміку змін. Другий етап досліджень виконувався навесні 2024 року у тих самих токах. Результати повторного аналізу води показали перевищення нормативних значень за показником лужності у верхньому та нижньому створах у 1,66-1,86 відповідно; каламутності у 1,5 рази у обох створах; незначні перевищення показників жорсткості (у верхньому створі – 8,0 мг/дм<sup>3</sup>, у нижньому створі – 7,8 мг/дм<sup>3</sup> при нормі <7,0 мг/дм<sup>3</sup>), концентрація хлоридів була у межах норми

Аналіз динаміки отриманих результатів показав, що забруднення води у водоймі «Четвертий» має постійний характер. Тому, з метою виявлення джерела забруднення, було проведено наступний етап досліджень якості води у ставку «Певний», що знаходиться вище за течією від ставка «Четвертий». Навесні 2024 рїре було відібрано зразки води із ставка «Певний» у місці, де течія виходить із «Певного» до ставка «Четвертий». Результати хімічного аналізу води показали знов наявність незначних перевищень ГДК за показниками лужності у 1,6 рази, каламутності – у 1,5 рази, жорсткості – у 1,1.

Отримані результати аналізів зразків води із ставка «Певного» співпадають з показниками аналізів води із ставка «Четвертого», відповідно забруднення надходять з водами зі ставка, що знаходиться вище за течією.

На даному етапі досліджень було складно виявити джерела забруднення водойми «Певний», бо цей ставок оточений лісовими масивами.

Польові дослідження надали можливість виявити струмок, який впадає у ставок «Певний». Цей струмок витікає із ставка «Караванський». Восени 2024 року зі ставка «Караванський» були відібрані зразки води для хімічного аналізу. Результати показали перевищення ГДК за двома показниками за вмістом хлоридів у 1,3 рази (458 мг/дм<sup>3</sup>), жорсткості – у 1,3 рази (9,6 мг/дм<sup>3</sup>) та за органолептичними показниками відчувалась наявність неприємного запаху. За територіальним розміщенням відомо, що вище ставка «Караванський» на відстані 60 м розташовано завод кормових дріжджів. Ще подалі на відстані 200 м знаходяться очисні споруди цього заводу, що надає можливість припустити про наявність саме цього відкритого джерела забруднення, де скидаються недоочищені стічні води.

Таким чином, аналіз якості води з водойм каскаду показує відхилення показників від значень ГДК за вмістом хлоридів, показниками лужності, каламутності, жорсткості та визначеним органолептичним показником неприємного запаху, що свідчить про наявність забруднюючих речовини у воді та незадовільний екологічний стан водойм. Можна припустити, що підвищені показники вмісту хлоридів, жорсткості та наявність запаху у ставку «Караванський» пов'язано з діяльністю «Заводу кормових дріжджів» та очисних споруд цього ж заводу. Враховуючи, що у каскаді водойма «Караванський» струмком пов'язано з водоймою «Певний», а «Певний» відповідно з «Четвертим», то можна припустити, що забруднюючі речовини поширюються всім водотоком річки Мерефа. Але для обґрунтованого висновку щодо негативного впливу заводу кормових дріжджів на компоненти довкілля, необхідно провести додаткові моніторингові дослідження.

#### **Використані інформаційні джерела:**

1. Планування та забудова територій ДБН Б.2.2-12:2019. Державні будівельні норми України. [Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України № 104 від 26 квітня 2019 року. Київ. <https://ips.ligazakon.net/document/DBN00017>](https://ips.ligazakon.net/document/DBN00017)

2. Статистичний збірник «Чисельність наявного населення України» Державний комітет статистики України. [Електронний ресурс]. Режим доступу :

[https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat\\_u/2021/zb/05/zb\\_chuselnist%202021.pdf](https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2021/zb/05/zb_chuselnist%202021.pdf)

3. Про затвердження Списку історичних населених місць України. Постанова Кабінету Міністрів України № 878 від 26 липня 2001 р. Київ.

<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/878-2001-%D0%BF#Text>

4. Стратегічний план розвитку Люботина. Люботинська міська Рада. [Електронний ресурс]. Режим доступу :

[https://rada.info/upload/users\\_files/04058717/86984238d64e2d1956e637e4122fc6b4.pdf](https://rada.info/upload/users_files/04058717/86984238d64e2d1956e637e4122fc6b4.pdf)

5. A. N. Nekos, Yu. Yu. Shamaeva, M. M. Shchokina. Peculiarities of water quality in the reservoir of the cascade system Lyubotyn lakes in Kharkiv region. Охорона довкілля : зб. наук. статей XX Всеукраїнських наукових Таліївських читань. (м. Харків, 25 жовтня 2024 р.). Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна. 2024. С. 218–223.

6. Про затвердження Гігієнічних нормативів якості води водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення. Наказ Міністерства охорони здоров'я України № 721 від 02.05.2022. Київ. [Електронний ресурс]. Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0524-22#Text>

7. Про затвердження Методики віднесення масиву поверхневих вод до одного з класів екологічного та хімічного станів масиву поверхневих вод, а також віднесення штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод до одного з класів екологічного потенціалу штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод. Наказ Міністерства екології та природних ресурсів України № 127/33098 від 05.02.2019. [Електронний ресурс]. Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0127-19#n93>.



УДК: 502/504

## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ДЕЯКИХ МЕТОДІВ ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

*Петряшев І. І., Маланюк Н. І., здобувачі вищої освіти освітнього ступеня «доктор філософії», Харламова О. В., д.т.н., доцент, Ригас Т. Є., к.т.н., доцент*

*Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м. Кременчук, Україна*

На сучасному етапі розвитку екології як науки, встановлення коректної оцінки рівня екологічної безпеки (ЕБ) дозволить не лише аналізувати структуру та динаміку змін останньої, але й надає можливості для прогнозування її станів в залежності від змін у кількісних параметрах пов'язаних із нею чинників. На нашу думку, це дозволяє зменшити суб'єктивність суджень, помилки у висновках та розробити ефективні стратегії поліпшення станів ЕБ [1].

Сучасні методи визначення рівня ЕБ різняться між собою в залежності від значної кількості взаємопов'язаних факторів. Вибір того чи іншого способу зумовлюється умовами, такими як: масштаб території, на якій планується проведення визначення, типи проведених досліджень, об'єкт, по відношенню до якого визначають рівень ЕБ, предмет дослідження, показники на які спираються, види допоміжних методів, якими користуються, кінцева мета дослідження, тощо.

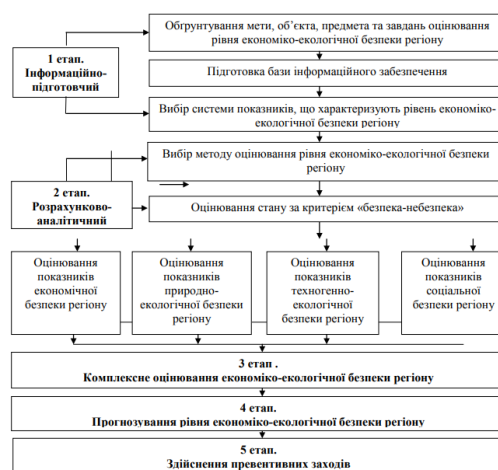
Приклад конкретно-спрямованого методу визначення рівня ЕБ освітлено в [2]. У даному випадку об'єктом дослідження виступає екосистема гирлового комплексу річки Південний Буг. Дослідження містить результати як лабораторних так і польових дослідів. Допоміжними в даному дослідженні виступають методи математичного моделювання та статистичного аналізу, які використовувались для опрацювання даних отриманих у ході експериментальних досліджень, та визначення перспектив.

Результати охарактеризованого вище дослідження, були впроваджені у роботу певною кількістю закладів, комунального, природоохоронного та учбового типів, що свідчить, про ефективність задіяного в ньому методу визначення рівня ЕБ. Ми вважаємо, що використання подібних способів є цілком ефективним та доцільним, особливо коли мова йде про поліпшення станів ЕБ на регіональному рівні. Проте, на нашу думку, використання такого методу буде малоефективним при проведенні глибокого, загального аналізу стану ЕБ регіону. В першу чергу, ми пояснюємо це тим, що будучи сфокусованим на гідрологічних об'єктах, метод «токсико-енергетичного

відгуку біотичних компонентів водної екосистеми» не дає можливості робити конкретні ствердження, у контексті ЕБ регіону, що до об'єктів іншого типу. В свою чергу, це робить неможливим проведення аналізу взаємозв'язків між пов'язаними елементами довкілля і тим самим виступає чи найголовнішим недоліком даного методу.

Говорячи про взаємопов'язані елементи, ми не можемо не згадати той факт, що сфера розвитку сучасної екології тісно пов'язана з економічною та соціальною сферами. Саме це зумовлює необхідність проведення досліджень, в ході яких використовуються методи визначення рівня безпеки суміжних сфер.

Загальний принцип таких методів дослідження описано у [3]. Зі слів автора «Процес оцінювання економіко-екологічної безпеки регіону передбачає встановлення сукупності стабілізуючих та дестабілізуючих чинників впливу на економіко-екологічну безпеку регіону, розкриття механізму їх впливу та визначення кількісних меж такого впливу» Запропоновані автором етапи оцінювання рівня економіко-екологічної безпеки наведено на рис. 1.



**Рисунок 1. Етапи оцінювання рівня економіко-екологічної безпеки**

Проаналізувавши дану методiku та спираючись на запропоновану схему ми цілком можемо говорити про модульність цього методу, оскільки кожен із запропонованих етапів виконує власне завдання. Таким чином, ключовими із них є: аналіз та оцінка кількісних і якісних показників; обрання узагальнюючого показника який відображатиме рівень розвитку регіону; здійснення порівняльної характеристики районів регіону за обраним узагальнюючим показником та формування об'єктивних висновків про стан розвитку регіону у відповідній сфері.

Опрацювавши даний метод, ми констатуємо його високу ефективність. Серед безумовних переваг ми виділяємо його функціональність як з точки зору визначення рівня екологічної безпеки, так і проведення глибокої

аналітики за іншими векторами розвитку регіону. Окремим бонусом виступає модульність даної методики, що дозволяє змінювати складові, або ж цілі етапи в залежності від поставленої мети.

Дещо інакша методика визначення рівня ЕБ описана в [4]. Не дивлячись на певні відмінності від попередньої методики, використання даного методу дає можливість проведення глибоко аналізу стану розвитку обраного регіону як у сфері екологічної безпеки, так і у інших критично-важливих напрямках, у залежності від того, яким показникам приділятиметься увага при проведенні дослідження.

Після опрацювання вищеописаних методів визначення рівня ЕБ, розумуючи можемо стверджувати, що найбільшій уваги заслуговує можливість їх використання як для аналізу окремої складової, так і для проведення комплексної діагностики регіону, що дає підґрунтя для створення ефективних стратегій та шляхів розвитку останнього. Окремо до позитивних сторін описаних технік ми зараховуємо їх стабільну ефективність в незалежності від масштабу досліджуваних територій та кількості об'єктів дослідження.

Незважаючи на усі переваги, жодний метод не позбавлений недоліків, основним з яких, на нашу думку, є складність отримання необхідної інформації у потрібному об'ємі, що зумовлено відсутністю вільного доступу та централізованого надання статистичної інформації за багатьма напрямками. Наступний недолік на нашу думку є найбільш критичним і стосується актуальності вихідних даних. Оскільки процес актуалізації та оновлення інформації зазвичай займає досить тривалий час, провести дослідження з актуальними даними використовуючи вищеописані методи практично не можливо.

#### **Використані інформаційні джерела:**

1. Петряшев І. І., Харламова О. В. Оцінка стану екологічної безпеки задля забезпечення сталого розвитку Кременчуцької соціально-економічної зони. С. 211 URL: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/attachments/2024/oct/36233/stalyy-rozvytok-zakhyst-navkolyshnoho-seredovyshcha-enerhooshchadnist-20241.pdf>
2. Безсонова Є. М. Визначення рівня екологічної безпеки регіону методом токсико-енергетичного відгуку біотичних компонентів водних екосистем URL: <https://lpnu.ua/sites/default/files/2020/dissertation/1787/arefbezsonov.pdf>
3. Аверкина М. Ф. Методичні засади оцінювання рівня економіко екологічної безпеки регіону URL: <https://eprints.oa.edu.ua/id/eprint/6799/1/50.pdf>
4. Прищеп А. М., Вознюк Н. М., Брежицька О. А., Стецюк Л. М., Ковальчук Н. С., Буднік З. М. Аналіз та оцінювання екологічної безпеки регіону за інтегральними показниками URL: <https://ep3.nuwm.edu.ua/15988/1/05-02-56%20%281%29.pdf>

УДК 502.1-049.5:005.322.5]:551.583.2

## УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ В УМОВАХ АДАПТАЦІЇ ДО ЗМІН КЛІМАТУ

*Сичова У. Є., здобувачка першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, Шмандій В. М., д.т.н., професор, Ригас Т. Є., к.т.н., доцент, Харламова О. В., д.т.н., доцент*

*Кременчуцький національний університет імені Михайла  
Остроградського, м. Кременчук, Полтавська область, Україна*

Сталий розвиток характеризується необхідністю встановлення балансу між задоволенням сучасних потреб людства і захистом інтересів майбутніх поколінь, зокрема їх потреб в безпечному і здоровому довкіллі [1]. Важливим завданням є підвищення здатності адаптуватися до негативних впливів зміни клімату та підтримки стійкості шляхом зниження викидів парникових газів, що має на меті запобігти загрозам для сільськогосподарського сектору. Що стосується України, в останні роки спостерігається збільшення періодів екстремальних погодних умов, які раніше не були типовими для клімату країни [2].

Зміна клімату становить серйозну загрозу для екологічної безпеки через високий рівень «вуглецевого викиду», збільшення часових проявів екстремальних погодних явищ і пов'язаних із ними ризиків для населення та екосистем. Україна, як учасниця Рамкової Конвенції ООН про зміну клімату, має зобов'язання виконувати міжнародні домовленості, що випливають із угод. Із огляду на цю Угоду, важливість адаптації до змін клімату в Україні стає особливо актуальною, оскільки передбачає співробітництво між сторонами щодо розвитку та реалізації політики з питань зміни клімату [3].

Зміни клімату провокують негативний вплив на здоров'я населення, збільшення ризику теплових ударів та погіршення стану здоров'я людей через підвищений вміст забруднювачів у повітрі та руйнуванню озонового шару. Також ці зміни спричиняють зростання показників смертності від серцево-судинних захворювань. Ми констатуємо, що зміни клімату справлять негативний вплив на прибережні зони Кременчуцького водосховища, оскільки призводять до підвищення рівня води, загрози затоплення, ерозії прибережної лінії. Також відбуваються зміни у флорі та фауні, збільшується частота випадків цвітіння водоростей, змінюється показники якості води через зниження річкового стоку та вплив на температурний режим [4, 5]. Зміни клімату також становлять загрозу для біологічного різноманіття. Вони призводять до зменшення чисельності

видів, деградації ґрунтів та змін у видовому складі грантової флори та фауни.

Адаптація до змін клімату та зменшення ризиків, пов'язаних з цим явищем, є невід'ємною частиною зобов'язань, що впливають із Рамкової Конвенції ООН про зміни клімату та Угоди про асоціацію між Україною та Європейським Союзом. Реалізація цих зобов'язань вимагає комплексну змін та їх наслідків, включаючи регіональний аспект. Вважаємо за необхідне визначати ризики та вразливість до зміни клімату на рівні територіальних громад, природних екосистем і секторів економіки. Констатуємо, що в Україні вкрай повільно відбувається імплементація положень природоохоронних директив ЄС у сфері змін клімату та захисту озонового шару, що не дозволяє повною мірою використовувати можливості про асоціацію між Україною та ЄС для поліпшення стану. Це стосується, насамперед, прийняття національного законодавства та визначення уповноваженого органу в рамках впровадження положень Директиви №2003/87/ЄС про встановлення схеми торгівлі квотами на викиди парникових газів, Регламенту (ЄС) № 842/2006 про окремі парникові гази, Регламенту (ЄС) № 2037/2000 про субстанції, що руйнують озоновий шар.

Система моніторингу довкілля, як важлива складова системи державного управління у сфері екологічної безпеки, потребує кардинального удосконалення, особливо в частині запровадження сучасних технологій геоінформаційних систем і дистанційного зондування [6]. Серед основних проблем в адаптаційній політиці на загальнодержавному рівні ми виділяємо законодавчу і нормативно-правову неврегульованості у сфері адаптації до зміни клімату, брак систематичного підходу до проведення наукових досліджень щодо оцінки параметрів фактичних та очікуваних змін клімату й їх наслідків. Констатуємо, що проведення наукових досліджень для розробки, обґрунтування і реалізації заходів з адаптації до зміни клімату гальмується через вкрай недостатнє фінансування.

Незважаючи на глобальний характер проблеми адаптації та подолання наслідків змін клімату, вважаємо, що профільні установи недостатньо активно беруть участь в міжнародному обміні інформацією щодо світових технологій і практик. Крім того, компоненти адаптації до зміни клімату не враховуються в існуючих планах та програмах соціально-економічного розвитку України. Вважаємо за необхідне впроваджувати в країні вимоги Директиви 2003/87/ЄС Європейського Парламенту та ради щодо встановлення схеми торгівлі викидами парникових газів.

Отже, управління глобальною та регіональною екологічною безпекою є складним і багатогранним завданням, що вимагає спільних зусиль на всіх рівнях. Лише за умови плідного співробітництва, розвитку національних стратегій адаптації, залучення місцевих громад, можна ефективно протистояти змінам клімату та забезпечити екологічну безпеку для майбутніх поколінь.

**Використані інформаційні джерела:**

1. Синящик В. Ф., Кондрашов С. В., Лініх А. В., Харламова О. В., Безденежних Л.А. Управління екологічним проектом задля забезпечення сталого розвитку Кременчуцької соціально-економічної зони // Екологія. Довкілля. Енергозбереження – 2024 : колективна монографія / під ред. О.Е.Ілляш. Полтава: Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка». 2024. С.155–165.

2. Шмандій В. М., Харламова О. В., Солошич І. О., Ригас Т. Є. Управління екологічними проектами в умовах дії антропо-генних чинників формування небезпеки. *Науково-технічний журнал «Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування»*. м. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2021. Вип. 2 (24). С. 42–48.

3. Адаптація до змін клімату в Україні: проблеми і перспективи. URL: <https://niss.gov.ua/doslidzhennya/nacionalna-bezpeka/adaptaciya-do-zmin-klimatu-v-ukraini-problemi-i-perspektivi>

4. Пріоритетні напрями державної політики у сфері адаптації до змін клімату. URL: <https://niss.gov.ua/doslidzhennya/nacionalna-bezpeka/adaptaciya-do-zmin-klimatuv-ukraini-problemi-i-perspektivi>

5. Закон України про ратифікацію Рамкової конвенції ООН про зміну клімату. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/435/96-%D0%B2%D1%80> .

6. Колеснік Д. В., Шмандій В. М., Харламова О. В., Ригас Т. Є. Оцінка стану екологічної безпеки акваторії І Кременчуцького водосховища задля збереження ландшафтно-біологічного різноманіття в умовах змін клімату *Науковий журнал «Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського»*, 2021. №3 (128). С.24–29.

УДК 502.131.1:504.03

## СТАЛИЙ РОЗВИТОК ПРИКОРДОННИХ ТЕРИТОРІЙ, ПОСТРАЖДАЛИХ ВІД БОЙОВИХ ДІЙ

*Шарий Г. І., д.е.н., професор, Козлов В. В., аспірант*

*Національний університет «Полтавська політехніка  
імені Юрія Кондратюка»*

Військові дії, що ведуться на суші, воді та в повітрі, залишаються інструментами досягнення державних геополітичних цілей.

За своєю природою вище згадане, є антагоністом концепції сталого розвитку, якій намагаються слідувати більшість розвинених країн світу. Уряд не може впроваджувати комплекс заходів щодо імплементації сталого розвитку у стані війни.

Ведення бойових дій супроводжується негативною трансформацією природних ландшафтів. Наслідки варіюються від локальних змін до масштабних впливів, що охоплюють сотні квадратних кілометрів.

Україна переживає наймасштабнішу війну в Європі з часів Другої світової війни. Україна найбільш замінована країна світу, а лінія фронту станом на кінець 2024 року складає понад 3 тис. км, для порівняння у Секторі Газа вона складає близько 50 км [1].

Із 2014 року внаслідок бойових дій, території України зазнають різноманітного забруднення: фізичного, хімічного, радіаційного та біологічного. З 2022 року ситуація значно погіршилася і масштабувалася.

Нині точно невідомо, яка загальна площа земель засмічена внаслідок бойових дій або перебуває під оборонними спорудами, і території постійно збільшуються. Йдеться про мільйони гектарів сільськогосподарських угідь, але забруднення нерівномірне. Летальна далекобійна зброя може спричинити забруднення, як на передових позиціях, так і на великих відстанях углуб країни.

У подальшому науковому дослідженні ми зосередили увагу на прикордонних територіях, що мають набути важливого стратегічного значення для оборонної стійкості країни.

Комплексна програма сталого розвитку, яка включатиме еколого-економічне обґрунтування ревіталізації ландшафтів, допоможе створити екологічний каркас цих територій, який відповідатиме оборонним потребам. Розширення природо-заповідного фонду (ПЗФ) і проектування нової поселенської мережі будуть спрямовані на підтримку обороноздатності та безпеки країни.

У рамках роботи аналізуємо зарубіжний досвід організації прикордонних територій таких країн, як Швейцарія, Фінляндія, Ізраїль та

інших. Країни успішно забезпечують оборонну стійкість, сформували надійний екологічний каркас і сприяли сталому розвитку територій.

Дослідження зосереджуємо на виявленні порушених земель у сільських громадах Сумської області, які знаходяться безпосередньо на кордоні з російською федерацією.



**Рисунок 1. Космознімок із супутника Sentinel-2 L2A за 14.07.2024**

Вивчення такого роду забруднення земель пов'язане з реальною проблемою для дослідників, тому на початковому етапі обмежимося даними супутникового зондування, які дозволяють оперативно визначати території, пошкоджені бойовими діями. Але даних для комплексної оцінки недостатньо, і тільки в поєднанні з рекогностування на місцевості та контактними методів можна отримати повну інформацію про стан територій.

Користуючись інструментальними методами дослідження, можна визначити ті чи інші характеристики об'єкту дослідження (проби повітря, води, ґрунту, біоматеріалу тощо) лише на момент відбору проб [2].

Для прикладу розглянемо дві ділянки поблизу села Юнаківка (рис. 1.), що в Сумському районі Сумської області. На ділянці №2, загальною площею близько 54 гектарів, зафіксовано понад 20 вирв, тоді як на ділянці №1, площею близько 74 гектарів, уже виявлено понад 50. Станом на кінець листопада 2024 року дана сільська рада була обстріляна понад 120 разів за рік. Варто зазначити, що ці ділянки розташовані поруч із населеним пунктом, а відстань до державного кордону становить близько 10 км. Таких ділянок уздовж кордону з рф може бути тисячі.

Після проведення класифікації пошкоджень і стану екосистем наступним етапом є оцінка збитків. За даними на початок 2024 року, загальні втрати аграрного сектору України становили \$10,3 млрд. [4],



причому більшість із них пов'язана з руйнуванням об'єктів нерухомості та техніки. Втрати сільськогосподарського та лісгосподарського виробництва залишаються невстановленими, що частково пояснюється триваючими бойовими діями, а також застарілістю методик затверджених Кабінетом Міністрів.

Для таких оцінок необхідне дослідження стану ґрунтів із порівнянням попередніх даних, однак відсутність регулярного бонітування впродовж 50 років ставить під сумнів об'єктивність таких оцінок. Ще одним завданням для дослідження є удосконалення методики відшкодування втрат.

Метою дослідження є не лише заходи із ревіталізації, а також комплексна реорганізація угідь прикордонних територій.

На наш погляд, для забезпечення безпеки необхідно перенести населені пункти на відстань 10-15 кілометрів від кордону вглиб території, змінити форму власності на державну, зменшити густоту населення на цих територіях і провести рекультивацію на місцях, де раніше знаходилися поселення.

Важливо визначити науково обґрунтовану відстань переселення, яка відповідатиме потребам оборони. Уся прикордонна зона має бути перетворена в природо-заповідний комплекс із розвиненою флорою і фауною, доповнений оборонними спорудами. Такі заходи відповідатимуть ЗУ Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року, в основні якого лежить збільшення загальної площі заповідних територій у два рази [5]. У свою чергу, оборонні споруди повинні враховувати особливості рельєфу для маскування, мати зручну інфраструктуру для обслуговування та дозволяти прикордонній службі й іншим військовим формуванням вести постійний контроль і спостереження.

Досвід Швейцарії, яка має нейтральний статус і є фортецею в центральній частині Європи, демонструє успішне поєднання оборонної потужності з туристичною привабливістю. Їхні оборонні споруди приховані в природних ландшафтах – лісах і горах, а ті, що залишаються на видимих ділянках, замасковані під елементи цивільної інфраструктури. Це дозволило країні зберегти природну красу Альп і водночас забезпечити високий рівень обороноздатності [6].

Масштабна екологічна деградація прикордонних територій України внаслідок бойових дій вимагає негайних комплексних заходів із ревіталізації. Пропозиція створення природо-заповідного комплексу, перенесення населених пунктів і інтеграція оборонної інфраструктури відкриває перспективу досягнення балансу між безпекою, сталим розвитком і природоохоронними цілями. Досвід Швейцарії демонструє ефективність прихованої інтеграції оборонної інфраструктури в природні ландшафти. Україна має всі можливості для впровадження подібної моделі, яка стане запорукою довгострокової екологічної стабільності та військової ефективності.

### Список використаних джерел:

1. За оцінками ООН, Україна - найбільш замінована країна у світі! [Електронний ресурс] / – Режим доступу до ресурсу: <https://forest.gov.ua/news/za-otsinkamy-oon-ukraina-naibilsh-zaminovana-kraina-u-sviti>
2. Методи дослідження стану навколишнього середовища – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://kegt.rshu.edu.ua/images/dustan/INDL2.pdf>
3. Обстріли Юнаківської сільської громади – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Обстріли\\_Юнаківської\\_сільської\\_громади](https://uk.wikipedia.org/wiki/Обстріли_Юнаківської_сільської_громади)
4. Weber, A.K., Bannon, D.I., Abraham, J.H., Seymour, R.B., Passman, P.H., Lilley, P.H., Parks, K.K., Braybrooke, G., Cook, N.D., Belden, A.L., 2020. Reduction in lead exposures with lead-free ammunition in an advanced urban assault course. *J. Occup. Environ. Hyg.* 17 (11–12), 598–610.
5. Закон України Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року [Електронний ресурс] / – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19>
6. Franklin, J., & Wiegmann, A. (2016). A room without a view: second life for Swiss army bunkers. Reuters [Електронний ресурс] / – Режим доступу до ресурсу: <https://www.reuters.com/article/lifestyle/a-room-without-a-view-second-life-for-swiss-army-bunkers-idUSKBN0UL1HZ/>

УДК 502.3(477.53):551.515-043.2

## АНАЛІЗ ВПЛИВУ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА УМОВИ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ МІСТА ПОЛТАВА

*Яковенко Б. Д., здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти,  
Ілляш О. Е., к.т.н., доцент*

*Національний університет «Полтавська політехніка  
імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна*

Метою дослідження було проведення аналізу впливу забруднюючих речовин на атмосферу міста Полтава та на його основі визначення ступеня сприятливості метеорологічних умов для самоочищення атмосферного повітря.

Враховуючи виконаний аналіз літературних джерел [1, 2, 3] для проведення досліджень було обрано підхід, що ґрунтується на методиці визначення удосконаленого метеорологічного показника атмосфери (УМПА), й дає можливість оцінити значимість окремих метеорологічних факторів шляхом встановлення впливовості коефіцієнтів теплозабезпеченості ( $K_t$ ), вітрового режиму ( $K_v$ ) та інтенсивності опадів ( $K_{оп}$ ) на процеси розсіювання домішок:

$$УМПА = K_t + K_v + K_{оп} = e^{(0,176t_{cp})} + P_{(6)} / P_{(0-1)} + O_p / 400 ,$$

де  $t_{cp}$  – середньорічна температура повітря,  $^{\circ}C$ ;

$P_6$  – повторюваність днів зі швидкістю вітру  $\geq 6$  м/с;

$P_{0-1}$  – повторюваність штилів (днів зі швидкістю вітру 0–1 м/с);

$O_p$  – річна сума опадів, мм;

400 – річна норма кількості опадів, що необхідна для самоочищення атмосферного повітря, мм.

Вихідними даними для проведення аналізу впливу забруднюючих речовин на атмосферу були прийняті кліматичні параметри для міста Полтава з електронного кліматичного сервісу «WORLD WEATHER ONLINE» [5] за період 2015-2021 роки. На основі зібраних та систематизованих даних було розраховано показник УМПА та значення його складових (рис.1).

Згідно методики визначення УМПА для встановлення ступеню сприятливості метеорологічних умов розсіювальній здатності домішок в атмосфері, запропоновані наступні граничні умови [1]:

1) УМПА  $\geq 3,5$  – зони зі сприятливими умовами для розсіювання домішок;

- 2)  $3,5 < \text{УМПА} \leq 2,5$  – буферні зони чи зони ризику, в яких з однаковою ймовірністю можуть спостерігатися метеорологічні умови, сприятливі як накопиченню домішок у повітрі, так і його самоочищенню;
- 3)  $\text{УМПА} < 2,5$  – зони з несприятливими умовами для розсіювання домішок.

Коефіцієнт кореляції, r	Забруднюючі речовини								
	Пил	Діоксид сірки	Оксид вуглецю	Діоксид азоту	Оксид азоту	Формальдегід	Аміак	Фтористий водень	Хлористий водень
між УМПА і $C_{pH}$	0,59	0,79	0,69	0,65	0,34	0,52	0,53	0,28	0,39
між $K_t$ і $C_{pH}$	0,54	0,66	0,65	0,63	0,35	0,42	0,4	0,21	0,35
між $K_v$ і $C_{pH}$	0,57	0,83	0,68	0,77	0,34	0,55	0,56	0,38	0,44
між $K_{оп}$ і $C_{pH}$	0,71	0,42	0,71	0,21	0,59	0,43	0,42	0,41	0,37

**Рисунок 1. Результати кореляційного аналізу взаємозв'язку між показником УМПА та його складовими із середньорічними концентраціями забруднюючих речовин в атмосфері м. Полтава**

За результатами розрахунку складових УМПА ( $K_t$ ,  $K_v$ ,  $K_{оп}$ ) та застосування даних граничних умов визначено, що за показниками вітрового режиму та інтенсивністю опадів територія міста Полтави відноситься до зон з несприятливими умовами для розсіювання домішок, а буферні зони чи зони ризику, в яких із однаковою ймовірністю можуть спостерігатися метеорологічні умови, сприятливі як накопиченню домішок у повітрі, так і їх виведенню, взагалі відсутні.

Із метою аналізу рівня достовірності показника УМПА та його застосування для цілей даного дослідження було проведено кореляційний аналіз взаємозв'язку показника УМПА та його складових із середньорічними концентраціями забруднюючих речовин в атмосфері міста Полтава. Для можливості проведення даного дослідження у більш широких часових межах 15 років була розширена база кліматичних даних за 2007 – 2021рр. та використані дані щодо значень концентрацій домішок в атмосферному повітрі міста Полтава, зазначені у роботі Волік О.Р. [3].

Результати проведеного кореляційного аналізу демонструють переважно високий та середній рівень зв'язку показника УМПА та його складових із середньорічними концентраціями забруднюючих речовин в атмосфері для умов міста Полтави. Це свідчить про достатньо високу достовірність застосованої методики та визначеного показника УМПА. Виключенням є тільки окремі випадки низької достовірності зв'язку між інтенсивністю опадів та концентрацією діоксиду азоту, а також між

показником теплозабезпечення та сумарним УМПА й концентрацією фтористого водню в атмосфері.

За результатами аналізу взаємозв'язку складових УМПА та концентрацій домішок в атмосфері, можна зазначити, що найбільш тісний зв'язок, а значить найбільш впливовішими метеорологічними факторами на розсіювання досліджуваних речовин та їх виведення з атмосфери є наступні:

- коефіцієнт теплозабезпечення є найбільш впливовим на розсіювання пилу, діоксиду сірки, оксиду вуглецю;
- показник вітрового режиму має значимий вплив на розсіювання пилу, оксиду вуглецю, діоксидів сірки та азоту, формальдегіду, аміаку;
- коефіцієнт інтенсивності опадів має значимий вплив на умови розсіювання пилу, оксидів азоту та вуглецю.

**Рисунок 2. Результати кореляційного аналізу взаємозв'язку між**

Коефіцієнт кореляції, r	Забруднюючі речовини								
	Пил	Діоксид сірки	Оксид вуглецю	Діоксид азоту	Оксид азоту	Формальдегід	Аміак	Фтористий водень	Хлористий водень
$t_{ep}; C_{p_{рiч}}$	0,72	0,94	0,78	0,56	0,48	0,62	0,76	0,54	0,32

**середньорічними температурами та середньорічними концентраціями забруднюючих речовин в атмосфері м. Полтава**

Окремо в рамках даних досліджень проведено аналіз взаємозв'язку динаміки зміни температури атмосферного повітря в місті Полтава з динамікою зміни концентрацій домішок в атмосфері міста, для цілей якого побудовані трендові моделі із застосуванням поліноміальної функції та визначені відповідні коефіцієнти (рис.2).

За результатами даного аналізу встановлено переважно високий ступінь зв'язку ( $r > 0,5$ ) значень концентрацій домішок в атмосфері із середньорічними температурами повітря міста Полтави, окрім концентрації хлористого водню.

Цей результат ще більше доводить вагомість впливу температурного фактору на розсіювальну здатність атмосфери й відповідно на умови її самоочищення.

### **Використані інформаційні джерела:**

1. Малицька Л. В. Просторово-часова мінливість комфортності кліматичних умов в Україні : дис. канд.географ.наук:11.00.09 /Малицька Людмила Володимирівна. Київ, 2019. 230 с. – Режим доступу: <https://geo.knu.ua/biblioteka/dysertacziyi/>

2. Екологічний стан атмосферного повітря: аналіз потенціалу самоочищення в Україні / Малицька Л. В., Український гідрометеорологічний інститут ДСНС та НАН України. – Режим доступу:

[https://www.researchgate.net/publication/316043088\\_EKOLOGICNIJ\\_STAN\\_ATMOSFERNOGO\\_POVITRA\\_ANALIZ\\_POTENCIALU\\_SAMOOCISENNA\\_V\\_UKRAINI](https://www.researchgate.net/publication/316043088_EKOLOGICNIJ_STAN_ATMOSFERNOGO_POVITRA_ANALIZ_POTENCIALU_SAMOOCISENNA_V_UKRAINI)

3. Волік О. Р. Дослідження метеорологічного потенціалу забруднення атмосфери м.Полтава / Автореферат кваліфікаційної роботи на здобуття наукового ступеня магістра, 8.04010601 – екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава, 2016. 15 с.

4. Екологічні паспорти Полтавської області. – Режим доступу: <https://eko.adm-pl.gov.ua/>

5. База кліматичних даних WORLD WEATHER ONLINE. – Режим доступу: <https://www.worldweatheronline.com/poltava-weather-history/poltavska-oblast/ua.aspx>

# ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА , УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ

---

UDC 502/504

## COMPARISON OF SOME ORGANIC MATERIALS FOR SOIL REMEDIATION

*Altaf Hussain Lahori, PhD, Assistant Professor, Department of Environmental Sciences, Sindh Madressatul Islam University, Karachi 74000, Pakistan*

*Monika Mierzwa-Hersztek, Prof. Dr. hab. eng., Department of Agricultural and Environmental Chemistry, University of Agriculture in Krakow, al. Mickiewicza 21, 31-120 Krakow, Poland*

*Irfan Saleem, Department of Environmental Sciences, Sindh Madressatul Islam University, Karachi 74000, Pakistan*

*Ambreen Afzal, PhD, Senior researcher, National Institute of Maritime Affairs, Bahria University Karachi Campus, Karachi 75260, Pakistan*

*Maria Taj Muhammad, PhD, Assistant Professor, Department of Chemistry, Jinnah University for Women, Karachi 74600, Pakistan*

*Sergij Vambol, Prof., Dr. of Eng. Sc., Department of Occupational and Environmental Safety, National Technical University Kharkiv Polytechnic Institute, Kharkiv, Ukraine*

The entry of heavy metals into the soil is caused by natural and anthropogenic processes. These toxic elements accumulate in the environment, are absorbed by plants and animals, which leads to ecosystem degradation, a decrease in biodiversity, problems with growing food and a significant deterioration in public health [1, 2]. However, due to increasing population pressure, the safety and efficiency of agriculture must be improved [3, 4]. Considering various soil reclamation technologies, a low-cost and environmentally friendly approach in relation to others is stabilization [5]. The main influence on the stabilization of heavy metals in the soil is exerted by several parameters such as changes in soil pH, CEC, OM, humification, soil type, heavy metal(loid)s type, complexation in solution, oxidation-reduction potential and soil temperature [6, 7].

An experimental study was conducted in a laboratory with a plant grown in a pot. The main objective of the study was to compare the effect of various organic substances used to stabilize heavy metal(loid)s type on the growth of the potweed. The effects of charcoal, biochar, hydrochar and thiourea-vegetable modified biochar at 1 and 2% doses, and <1 mm particle size on the bioavailability of Cd, Pb, As, Ni, Cu and Zn, and mustard growth in a slightly alkaline polluted were

compared soil [8]. In addition, machine learning method was used to study the systematic evaluation of the effect of feature selection based on Pearson correlation on the performance of linear regression model. The study was conducted on contaminated soil from Sharafi Goth, Malir, Karachi. The reason for contamination of this soil with toxic metals is frequent irrigation of agricultural crops with municipal wastewater. It is suggested that different immobilizing materials at the dosage of 1% and 2% can reduce the solubility of metals/metalloids and increase the NPK in the plant soil, and promote the biomass of mustard in alkaline calcareous soil together with untreated urban contaminated soil for safe crop cultivation.

The maximum an increase of mustard fresh and dry biomass was observed by 26.38 and 38.18% with addition of hydrochar 1%, whereas lemon biochar at 2% reduction of mustard fresh and dry biomass up to 34.0 and 53.0% with application of as compared with other treatments [8]. It might be due to changes in soil pH in alkaline soil with application of ameliorants.

The changes in electrical conductivity were observed with application of different ameliorants. The highest reduction of electrical conductivity in soil was noted ranging from 86.7 to 58.2 mS/m with addition of lemon biochar at 2% dose as compared to other ameliorants [8]. The application of lemon biochar at 2% dose significantly ( $p < 0.05$ ) increased the soil pH values from 7.94 to 8.58, but hydrochar at 2% dose reduced the soil pH values from 7.94 to 7.59 as compared with other treatments [8]. The cation exchange capacity in soil was increased with application of charcoal, biochar, hydrochar and modified biochar as compared with control treatment. The highest cation exchange capacity (CEC) concentration in soil was observed by 30.10 % with application of hydrochar at 2% than control soil [8]. Compared with control, the organic matter in soil was increased with application of ameliorants. While, the maximum organic matter in soil was increased by 0.86 to 1.21 % with application of hydrochar at 2 % than control [8]. It could be due to an increase of soil organic matter as a result a decrease of soil pH values from 7.94 to 7.59 with application of hydrochar at 2%.

The accumulation of total Cd, Pb and As in the shoot by mustard was reduced by 82.9% with lemon biochar 2% dose, 77.0% and 81.25% with thiourea-vegetable modified biochar 2% respectively [8]. The Ni concentration in the mustard shoot biomass was increased by 24.16% with lemon biochar 1% and 38.64% with lemon biochar 2%, whereas the maximum reduction of Ni in the mustard shoot by 89.7% amended with thiourea-vegetable modified biochar 2% than control soil [8]. Compared with control the Cu uptake in the mustard shoot was observed by 11.78% with hydrochar 1%, but Cu reduction in mustard shoot was up to 92.0% amended with thiourea-vegetable modified biochar 2% than control treatment [8]. The Zn uptake in the mustard shoot was increased by 37.14%, lemon biochar 1%, 20.0% with hydrochar 1% and 45.7 % with hydrochar 2%, however Zn uptake in the mustard shoot was reduced by 38.7 % amended with thiourea-vegetable modified biochar 2 % than control soil [8].



By using the machine learning regression analysis approach, it was observed that the variability in treatment efficacy is evident at different thresholds of trait correlation. This study clearly shows that the beneficial role of the studied amendments in mustard growth and reducing the bioavailability of heavy metal(loid)s and increasing the essential macronutrients in alkaline contaminated soil. It is suggested that future studies can be conducted on the combined application of the studied amendments in plant growth, immobilization of heavy metal(loid)s in multi-metal contaminated soil under different field conditions.

#### Used information sources:

1. Uddin, S., Afroz, H., Hossain, M., Briffa, J., Blundell, R., & Islam, M. R. (2023). Heavy metals/metalloids in food crops and their implications for human health. *Heavy Metal Toxicity and Tolerance in Plants: A Biological, Omics, and Genetic Engineering Approach*, 59–86. <https://doi.org/10.1002/9781119906506.ch3>.
2. Yerima, E. A., & Atoshi, M. A. (2023). Assessment of drugs production operations impact on minerals and heavy metals levels of soils around the facilities. *Trends in Ecological and Indoor Environment Engineering*, 1(1), 1–6. <https://doi.org/10.62622/TEIEE.023.1.1.01-06>.
3. Fischer, R. A., Byerlee, D., Edmeades, G. (2014). *Crop Yields and Global Food Security*. ACIAR, Canberra, ACT, 8–11.
4. Hutchings, N. J., Sørensen, P., Cordovil, C. M., Leip, A., & Amon, B. (2020). Measures to increase the nitrogen use efficiency of European agricultural production. *Global Food Security*, 26, 100381. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100381>.
5. Hussain, T., Ahmed, S. R., Lahori, A. H., Mierzwa-Hersztek, M., Vambol, V., Khan, A. A., ... & Zengqiang, Z. (2022). In-situ stabilization of potentially toxic elements in two industrial polluted soils ameliorated with rock phosphate-modified biochars. *Environmental Pollution*, 309, 119733. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119733>.
6. Smolders, E., Oorts, K., Van Sprang, P., Schoeters, I., Janssen, C. R., McGrath, S. P., & McLaughlin, M. J. (2009). Toxicity of trace metals in soil as affected by soil type and aging after contamination: using calibrated bioavailability models to set ecological soil standards. *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal*, 28(8), 1633–1642. <https://doi.org/10.1897/08-592.1>.
7. Martínez-Alcalá, I., & Bernal, M. P. (2020). Environmental impact of metals, metalloids, and their toxicity. *Metalloids in Plants: Advances and Future Prospects*, 451-488. <https://doi.org/10.1002/9781119487210.ch21>.
8. Lahori, A. H., Ahmed, S. R., Mierzwa-Hersztek, M., Afzal, M., Afzal, A., Bano, S., ... & Vambol, S. (2024). Comparative role of charcoal, biochar, hydrochar and modified biochar on bioavailability of heavy metal (loid) s and machine learning regression analysis in alkaline polluted soil. *Science of The Total Environment*, 930, 172810. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.172810>.

UDC 620.193.4-022.46:621.643.2-034.14

## **CALCULATION OF STEEL PIPELINE CORROSION DEPTH FOR VARIOUS CONDITIONS OF ELECTROLYTE SOLUTIONS IN CRACKS**

<sup>1</sup>*Stepova Olena, Doctor of Technical Sciences, Professor*

<sup>2</sup>*Stepovyi Yevhen, environmental engineer*

<sup>1</sup>*National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic»,  
Poltava, Ukraine*

<sup>2</sup>*JSC Ukrtransnafta, Kyiv, Ukraine*

Ukraine has a developed network of main oil pipelines, petroleum product pipelines and gas pipelines, the average life of which is more than 30 years. The first built oil pipelines have been operating for more than 48 years [1, 2]. The long-term interaction of the metal pipe with the environment leads to the intensification of corrosion processes, to the degradation of the wall material physical and mechanical properties of the steel pipe [3].

The lifetime of Ukrainian main gas and oil pipelines system is in many cases approaching the planned one. The numerous corrosion damage of the outer surfaces of pipes has been found that aggravates the problem of further reliable and safe operation.

Oil pipelines operate under influence of various factors, which include temperature fluctuations, corrosive – aggressive media with a wide spectrum of their parameters, dynamic loads, etc. The most negative influence on the life of pipelines is corrosion - aggressive media [4, 5, 6]. Corrosion-hazardous sections regardless of the medium corrosive aggressiveness indicators and the presence of earth currents include: floodplain; irrigated land; swamps and waterlogged soils; underwater transitions; industrial and household drains; rubbish and slag dumps; field warehouses of mineral fertilizers [7]. Corrosion may be aggravated by the occurrence of galvanic couples in the case of alternation of different composition soils under the influence of temperature factors, technology-related human activity, due to the development of microbiological organisms.

The main role under providing the environmental safety of pipeline operation in the development of corrosion damage (cracks) belongs to the study of corrosion depth and dynamics.

The frequency of penetration into the crack of an aggressive solution will affect the hourly average current strength of the galvanic couple, and hence the steel corrosion rate in the crack. The hourly average current strength increases with the increase in the frequency of penetration aggressive solution into a crack, but until the cathodic limitation of the process occurs, as solution saturation stops the oxygen inflow.

On the basis of the above said it is possible to assume that the steel corrosion process in the cracks of insulating coatings is a special kind of electrochemical corrosion, where the features of both atmospheric and electrochemical corrosion of steel which is completely immersed in a liquid electrolyte are manifested. With regular periodic moisturization, it is possible to predict further steel losses proceeding from the next calculation.

The instantaneous wall thickness loss  $V = \Delta D / \Delta t$  is defined as the limit of the average velocity, provided that the time interval  $\Delta t$  is unlimited, that is,

$$V = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta D}{\Delta t} = \frac{dD}{dt}. \quad (1)$$

Thus, the velocity of change in the pipeline wall thickness is the time derivative of the initial wall thickness size. It is also clear that the rate of change in the wall thickness will be proportional to its size. Consequently, the dependence of the change in the wall thickness of the pipeline section from time  $t$  can be regarded as a derivative in time

$$\frac{dD}{dt} = -rD, \quad (2)$$

where  $r$  – is the relative rate of wall thickness decrease, which depends on the grade of steel, the original wall thickness aggressiveness of environment.

After integration we get

$$\ln D = -rt + \ln a,$$

where integration constant  $A = \ln a$ .

From the last equation after exponentiation we have

$$D = ae^{-rt} \quad (3)$$

If the initial thickness of the wall of the pipeline  $D = D_0$  is known at the initial time  $t = 0$  (at the beginning of the structure operation), then substituting these values in (3), we obtain:  $D_0 = a \times e^{-r \times 0}$ , from which  $a = D_0$

Then (3) is

$$D = D_0 \times e^{-rt}. \quad (4)$$

To determine  $r$  (specific velocity of wall thickness reduction), we take logarithm of the both parts of equation (4)

$$\ln D = \ln D_0 - rt. \quad (5)$$

Using equation (5) it is possible to calculate the values of  $r$  for two known values of the cross sections  $D_1$  and  $D_2$ .

The thickness  $D_1$  is determined at the time of the tests  $t_1$  at the maximum current of the galvanic couple (when moistening), and the thickness  $D_2$  is determined by the time  $t_2$  before the next wetting when the stable minimum value of the galvanic couple current is reached

$$D_2 = D_0 \times e^{-rt_2}. \quad (6)$$

$$\text{Then: } \ln D_1 = \ln D_0 - rt_1, \quad \ln D_2 = \ln D_0 - rt_2. \quad (7)$$

We subtract the second equation of system (15) from the first one

$$\ln D_1 - \ln D_2 = -rt_1 - (-rt_2) = r(t_2 - t_1),$$

from which

$$r = \frac{\ln D_1 - \ln D_2}{t_2 - t_1}. \quad (8)$$

Consequently, the formula (8) can be written as follows:

$$D = D_0 \times e^{-\left(\frac{\ln D_1 - \ln D_2}{t_2 - t_1}\right)t}. \quad (9)$$

The pipeline wall thickness in the crack after the time interval  $t_1$  is

$$D_1 = D_0 - \frac{2KI_1}{7,87\pi D_0 a_y} t_1. \quad (10)$$

Similarly, it is possible to find the wall thickness the over time  $t_2$

$$D_2 = D_0 - \frac{2KI_2}{7,87\pi D_0 a_y} t_2. \quad (11)$$

The residual wall thickness of the pipeline at any time  $t$  from the operation beginning or preliminary examination is

$$\Delta D = D_0 - D_0 e^{-\left(\frac{\ln D_1 - \ln D_2}{t_2 - t_1}\right)t}, \quad (12)$$

or

$$\Delta D = D_0 \left(1 - e^{-\left(\frac{\ln D_1 - \ln D_2}{t_2 - t_1}\right)t}\right).$$

In the case of irregular periodic moisturization of the structure, steel corrosion calculations are also performed according to the average value of the galvanic couple current. On the basis of the sample data of the measurements, the average current value, the mean square deviation, are found, and further, assuming that the law of the sample data distribution is normal, with a probability of 0,997, according to the rule of «three sigmae», the mean value of scattering limits is obtained:

$$\varepsilon = \bar{I} \pm 3\sigma,$$

where:  $I$  – is the average value of galvanic couple current;  $\sigma$  – is the mean square deviation.

On the basis of the developed mathematical model of the galvanic corrosion element work in the steel pipeline section, the dependence is obtained that allows us to calculate the corrosion damage depth of the pipeline section with a constant and periodic penetration of an aggressive electrolytic solution into the area of damaged insulation.

Dependencies make it possible to predict the development of corrosion in time, regardless the aggressive electrolyte chemical composition, the possibility of obtaining the required calculation parameters from the structures which are used. By studying the dynamics of the pipeline section loss in the crack of the insulating coating, it is planned to develop a methodology for assessing the residual life of the pipeline sections for bearing capacity and suitability for further operation.

Based on the mathematical model of the work of a local corrosion element,

the dependence has been developed that allows calculating the loss of the cross-sectional area of the steel pipeline in the crack of the insulation coating under different conditions of the aggressive solution penetration. Dependencies are based on real parameters obtained by a non-destructive method during the structure examination. The calculation study of the cross-sectional area relative loss of the steel pipe during its corrosion in the crack of the insulating coating showed that direct corrosion tests are compliant with the current values of the macro-galvanic couples.

The developed dependencies of the pipeline cross-section area losses make it possible to plan rationally the repair work, to predict the real terms of the structure work, to review the operation mode, etc. The obtained results allow us to more reliably estimate the bearing capacity of cracked structures operating in aggressive media conditions.

#### Used information sources:

Polyakov, S., Klimenko, A., Malkova, O. Electrochemical monitoring pipelines for corrosion hazardous areas, *Fiziko-chimichna mekhanika materialov*, No. 7, Vol.2, (2008), pp.761–766.

Zhdek, A., Hrudz, M. (2012). Determination of residual life long exploited oil, taking into account existing defects and corrosion conditions. *Naukovy visnyk Ivano-Phrankivskogo natsiionalnogo universytetu naphty I hazu*, no. 2(32), 58–66.

Rihan Omar Rihan Electrochemical Corrosion Behavior of X52 and X60 Steels in Carbon Dioxide Containing Saltwater Solution (2013). Vol.16(1). 227–236 DOI: 10.1590/S1516-14392012005000170

Held P. V., Riabov R. A. *Vodorod v metallakh*. M. : Metallurhyia. 1974. 272 p.

Romanyv O. N., Yarema S. Ya., Nykyforchyn H. N., Makhutov N. A., Stadnyk M. M. *Ustalost y tsyklycheskaia treshchynostoikost konstruktsyonnykh materyalov*. K. : *Naukova dumka*. 1990. 680 p.

Severnev M. M., Podlekarev M. M., Severnev N. N., Sokhadze V. Sh., Kytykov V. O. *Yznos y korroziya selskokhoziaistvennykh mashyn*. *Belarus. navuka*. Mynsk, 2011. 333 p.

Iedyna systema zakhystu vid korozii ta starinnia. Metody otsinky biokorozii noi aktyvnosti gruntiv i vyivlennia naiavnosti mikrobnoi korozii na poverkhni pidzemnykh metalevykh sporud : DSTU 3291-95. – [Chynnyi vid 1997-01-01]. K. : *Derzhstandart Ukrainy*, 1995. 33 p. – (Natsionalnyi standart Ukrainy).

УДК 621

*Workneh Fanta, PhD, Assistant Professor, Department of Rural Development and Agricultural Extension, College of Agriculture, Wolaita Sodo University, Ethiopia, East Africa,*

*Sundaraa Rajan, PhD, Former Professor, Department of Rural Development and Agricultural Extension, College of Agriculture, Wolaita Sodo University, Ethiopia, East Africa,*

*Marisennayya Senapathy, PhD, Associate Professor, Department of Rural Development and Agricultural Extension, College of Agriculture, Wolaita Sodo University, Ethiopia, East Africa,*

*Ramil Akhundov, Ph.D. Professor, Military Scientific Research Institute, National Defense University, Baku, Azerbaijan. ORCID: 0009-0001-8798-8044  
Email: [mr.axundov1@gmail.com](mailto:mr.axundov1@gmail.com)*

*Brentha Murugan, Ph.D. Research Scholar, Department of Biology and Biotechnology, Faculty of Science and Technology*

*Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 Bangi, Selangor, Malaysia  
(MALAYSIA), ORCID: 0009-0003-8033-3058.*

*email: [brenthamurugan@gmail.com](mailto:brenthamurugan@gmail.com)*

## **URGENT CHALLENGES AND LIMITATIONS IN MUNICIPAL SOLID WASTE MANAGEMENT: A CASE STUDY OF WOLAITA ZONE, SOUTHERN ETHIOPIA**

Inadequate municipal solid waste (MSW) management methods contribute to developing an unsanitary situation, which entails negative consequences for the environment and public health. This problem is especially acute in densely populated urban centres, where proper and safe handling of MSW is critical. In developing countries with weak economies, MSW is often mixed with various industrial wastes from small businesses, such as [specific examples], sometimes with animal carcasses and faeces. Direct negative consequences of uncontrolled waste handling are soil contaminated directly by waste or its filtrate; surface and groundwater contaminated by filtrate; air polluted with combustion products during waste incineration; viral and pathogenic organisms due to waste decomposition (rotting) [1]. The collection of solid municipal waste, removal outside the city limits, and burning are problems for human health and the environment. Leachates from landfills begin to seep into water resources and agricultural fields, polluting water and food. Local air pollution from waste burning increases the incidence of various diseases.

Wolaita zone is one of Ethiopia's most densely populated and rapidly developing areas. Migration is one of the components of population dynamics that can affect the population size of a location when its size becomes significant due to the push and pull factors. This contributes to the rapid growth of garbage accumulation, negatively affecting waste management in the area [2]. Solid waste management has become a priority public service for local authorities in the Wolaita zone.

As a rule, municipal waste management services in African regions still need to collect more than half of the waste. 95% of the minimal amount of waste collected is indiscriminately disposed of at various landfills on the outskirts of cities or at so-called temporary sites, usually unoccupied areas scattered throughout the city. It should be noted that the situation has stayed the same for many years; earlier studies and modern ones demonstrate similar results [3, 4]. At the same time, in modern developed countries, waste management is more rational. Most of it is recycled or disposed of to obtain functional raw materials for fertilizer production or energy recovery. However, management is a complex task, especially in our time, when many factors add restrictions and complicate the process.

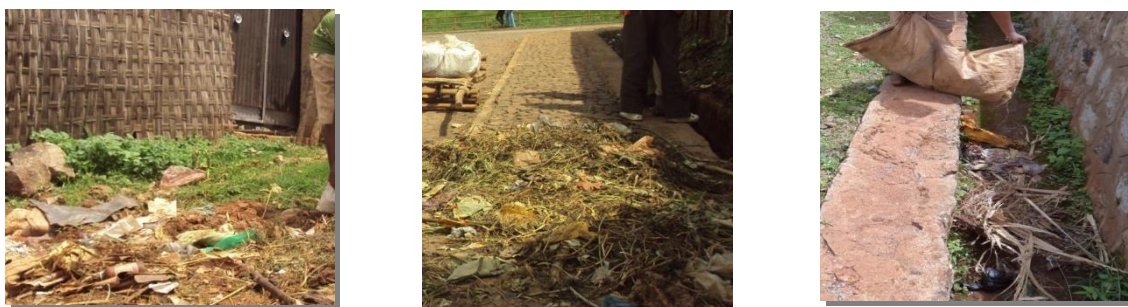
Empirical studies of factors influencing municipal waste management practices have allowed researchers to identify the following groups of factors:

- internal characteristics and economic factors;
- socio-psychological factors;
- technical factors;
- institutional factors.

Some of the most significant socio-psychological factors are described below. One of the most influential factors that is believed to play an essential role in determining the level of waste generation is the wealth or income of a family or individual. A positive correlation between wealth and the rate of waste generation means that the richer a person is, the more waste they will produce because they have disposable income that is used to buy and consume more food. On the other hand, a negative correlation may mean that the more money a person makes, the more they are likely to eat out and are more environmentally conscious, thereby producing less waste per capita. The population of Wolaita zone is mainly represented by civil servants, traders, brokers and unskilled workers. The situation is similar in the surrounding areas. Own research in the Wolaita zone area, based on personal interviews, primary data, and management services, confirmed that the higher the income, the more MSW is generated since wealthier people can afford to consume more goods and services. Larger households also generate more waste per capita, although researchers have not proven a positive or negative correlation regarding this factor. Our research has revealed that household waste is mainly vegetable waste, food materials, grass, ash, etc. This fact and the interviews confirm that a more significant number of household members is the main reason for generating a large amount of MSW at

the household level. Effective solid waste management is associated with household heads owning a house, which was also confirmed through a self-interview with residents in the Wolaita zone. Households that burn or bury waste generated by their residents may be more serious about collecting and storing waste on their premises than those who rent a house.

The role of practical education in solid waste management cannot be overstated. It is vital to develop knowledge, attitudes, values, and skills that can influence people's views and attitudes, as the level of education influences changes in attitudes and practices [5]. There needs to be more public awareness and education in schools about the importance of proper solid waste management for human health and well-being, which seriously affects the attitude of individual households and society towards solid waste and workers handling solid waste. Problems with solid waste management have recently arisen in developing countries that need more experience in environmental education and more awareness of the issue of solid waste accumulation [6]. As the case study showed, residents with a diploma and above had a high attitude towards waste management, while illiterate respondents had a low attitude towards the waste problem (Figure 1).



**Figure 1. Waste placement near private homes, along streets and drainages, 2019**

The study concluded that while the municipal waste management system in the region under study is below public expectations, there is significant potential for improvement.

Based on the experience of previous researchers and similar situations in other economically weak developing countries, the improvement of the waste management sector in the region can be ensured by the following actions:

- organizing the planning and implementation of income generation and household stability enhancing mechanisms;
- organizing awareness training on household waste and the risks to the environment and their health;
- organizing free screenings of documentaries on waste-related disease outbreaks, their prevention and proper management.

This can draw residents' attention to the environmental issue and make them consider how they manage their household waste.



**Used information sources:**

1. Ferronato, N., & Torretta, V. (2019). Waste mismanagement in developing countries: A review of global issues. *International journal of environmental research and public health*, 16(6), 1060.
2. Fanta, W., Rajan, S., & Senapathy, M. (2024). Factors affecting the municipal solid waste management: the case of Wolaita zone, Southern Ethiopia. In *Advances in Energy from Waste* (pp. 641-683). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-13847-8.00020-8>.
3. Nure, M., Zelelem, E. (2003). Waste Management Programme. UNIDO View Document. UNIDO: Tokyo, UNIDO: Tokyo.
4. Gelan, E. (2021). Municipal solid waste management practices for achieving green architecture concepts in Addis Ababa, Ethiopia. *Technologies*, 9(3), 48.
5. Makmattayan, R. (2003). Factors Related to Solid Waste Sorting Behavior Among Housewives in Bang Sue District Bangkok. Mahidol University.
6. Lillemets, K. (2003). Exploring participation: Waste management cases in two favelas of Rio de Janeiro. Instituto Brasileiro de Inovações em Saúde Social (IBISS), Rio de Janeiro, Brazil.

УДК 502.3:911.375]-021.46:[502.173:582.9

## ЛІХЕНОІНДИКАЦІЙНА ОЦІНКА ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ МІСТА В КОНТЕКСТІ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

*Арканова А. А., вчитель I категорії з фізичної культури,  
В'язовська К. М., здобувач середньої освіти, член МАН*

*Ліцей №26 «Шевченківський» Полтавської міської ради,  
м. Полтава, Україна*

На сьогоднішній день екологічною проблемою у містах є забруднення атмосферного повітря через викиди від автомобільного транспорту. Урегулювання цієї проблеми залежить від наявної інформації про стан атмосферного повітря. Одним із найкращих методів визначення якості навколишнього середовища є метод біоіндикації. Нами у ході дослідження апробований метод ліхеноіндикації, тобто визначення якості атмосферного повітря деяких ділянок м. Полтава за допомогою епіфітних лишайників [1].

Біоіндикація атмосферного повітря за допомогою лишайників міста Полтави надає можливість охарактеризувати стан повітряного басейну даних територій. Застосування методу ліхеноіндикація, як експрес-оцінки стану навколишнього середовища, дозволяє визначити рівень забруднення атмосферного повітря [2].

У ліхеноіндикаційних дослідженнях в якості субстрату використовуються різні дерева. Для оцінки забруднення атмосферного повітря міста, районного центру, селища вибирається вид дерева, який є найбільш поширеним на досліджуваній території. Для оцінки забруднення атмосферного повітря конкретної магістралі, вулиці або парку описані лишайники, які зростають на деревах по обидва боки вулиці або алеї парку на кожному третьому, п'ятому чи десятому дереві. Крім виявленого видового складу, також визначають ступінь покриття лишайниками стовбура дерева у відсотках. Оцінка наявності лишайників і покриття ними стовбурів дерев визначається за 5-бальною шкалою (таблиця 4).

Для визначення ліхенологічної ситуації в місті Полтаві ми обрали три ключові майданчики моніторингу рекреаційних територій міста, а саме: в Полтавському міському парку (Дендропарку), Корпусному парку та парку воїнів-інтернаціоналістів. Як наведено у таблицях 1, 2 та 3 на кожній території нами досліджувались дерева трьох видів, а саме: *Quercus robur* L., *Populus pyramidalis* L. та *Acer platanoides* L. На кожному з досліджуваних дерев найчастіше зустрічалися три види епіфітних лишайників, а саме: *Parmelia olivacea* (L.) Ach., *P. sulcata* Taylor та *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. На основі одержаних результатів нами отримані статистичні дані, що наведені у таблицях 1, 2 та 3, що засвідчують про відносне забруднення

атмосферного повітря в межах території ключових ділянок моніторингу в Полтаві.

**Таблиця 1. Ліхенологічна ситуація на території Корпусного парку**

Види дерев Види лишайників, покриття %	<i>Quercus robur</i>	<i>Populus pyramidalis</i>	<i>Acer platanoides</i>
<i>Parmelia olivacea</i>	46%	47%	51%
<i>Parmelia sulcata</i>	44%	38%	30%
<i>Xanthoria parietina</i>	10%	15%	19%

Виходячи зі статистичних даних найвищий показник лишайників на досліджуваній території зафіксований для *Parmelia olivacea*, найменший – для *Xanthoria parietina*. На території Корпусного парку в центральній частині міста найчастіше зустрічається *Parmelia olivacea* з покриттям 47% на стовбурах дерев *Populus pyramidalis*. Найрідше зустрічається *Xanthoria parietina* з покриттям 10% на деревах *Quercus robur*.

**Таблиця 2. Ліхенологічна ситуація на території Полтавського міського парку**

Види дерев Види лишайників, покриття %	<i>Quercus robur</i>	<i>Populus pyramidalis</i>	<i>Acer platanoides</i>
<i>Parmelia olivacea</i>	40%	35%	39%
<i>Parmelia sulcata</i>	30%	30%	31%
<i>Xanthoria parietina</i>	30%	35%	30%

Виходячи зі статистичних даних найвищий показник лишайників на ключовій ділянці моніторингу на території Полтавського міського парку (околиця Полтави) зафіксований для *Parmelia olivacea*, найменший – для *Xanthoria parietina*. На території Полтавського міського парку найчастіше зустрічається *Parmelia olivacea* – 40% на стовбурах дерев *Quercus robur*. Найрідше зустрічається *Parmelia sulcata* з покриттям 30% на стовбурах дерев *Quercus robur* та *Xanthoria parietina* з покриттям 30% на стовбурах дерев *Acer platanoides*.

**Таблиця 3. Ліхенологічна ситуація на території парку воїнів-інтернаціоналістів**

Види дерев Види лишайників, покриття %	<i>Quercus robur</i>	<i>Populus pyramidalis</i>	<i>Acer platanoides</i>
<i>Parmelia olivacea</i>	42%	35%	45%
<i>Parmelia sulcata</i>	40%	39%	29%
<i>Xanthoria parietina</i>	18%	26%	26%

На території парку воїнів-інтернаціоналістів найчастіше зустрічається *Parmelia olivacea* з покриттям 45% на стовбурах дерев *Acer platanoides*, найменше – *Xanthoria parietina* з покриттям 18% на стовбурах дерев *Quercus robur*.

Результати аналізів засвідчують той факт, що найбільш забрудненою є територія Корпусного парку в центральній частині Полтави через значну інтенсивність роботи автомобільного транспорту. Територія парку воїнів-інтернаціоналістів має середнє забруднення, оскільки він розташований у спальному районі міста, проте поблизу перехрестя з інтенсивним рухом транспорту. Для території Полтавського міського парку встановлений найменший рівень забруднення атмосферного повітря, проте на автодорозі, що з'єднує Полтаву та село Яківці, яка проходить через Дендропарк, збільшується інтенсивність руху, що негативно впливає на стан атмосферного повітря парку.

Для дослідження ступеню покриття лишайників досліджуваних дерев, нами використали таблицю «Оцінка наявності лишайників та покриття ними стовбурів дерев за 5-бальною шкалою» (таблиця 4) [2, 3].

**Таблиця 4. Оцінка наявності лишайників та ступінь їх покриття стовбурів дерев за 5-бальною шкалою**

Наявність лишайників, %		Ступінь покриття, %		Бали
Дуже рідко	< 5	Дуже низький	< 5	1
Рідко	5-20	Низький	5-20	2
Рідко	20-40	Середній	20-40	3
Часто	40-60	Високий	40-60	4
Дуже часто	60-100	Дуже високий	60-100	5

Проаналізувавши дані таблиці, бачимо, що ступінь покриття лишайників стовбурів досліджуваних дерев – високий, а саме – 4 бали з п'яти.

Окрім видового складу досліджуваних територій нами було визначено зону забруднення атмосферного повітря за шкалою естонського ліхенолога Х.Трасса. Дані шкали засвідчують IV (відносну) зону забруднення через наявність представників сірих листуватих лишайників на стовбурах дерев: *Parmelia olivacea*, *Parmelia sulcata*.

Таким чином, одержані результати засвідчують, що повітря на території Корпусного парку забруднене сильніше через наявність концентрації у повітрі шкідливих речовин від автомобільного транспорту, що не сприяють розвитку лишайників. Використані дані таблиці «Оцінка наявності лишайників та покриття ними стовбурів дерев за 5-бальною шкалою» засвідчують, що ступінь покриття лишайників на стовбурах досліджуваних дерев – високий. Використана шкала естонського ліхенолога

Трасса засвідчила IV (відносну) зону забруднення атмосферного повітря міста Полтави [3].

Тільки комплексний підхід до питання забруднення атмосферного повітря як зі сторони державних органів, так і самих громадян може знизити рівень викидів забруднюючих речовин у повітря від автомобільного транспорту.

#### **Використані інформаційні джерела:**

1. Дем'яненко Т. Б., Дичко А. О. Визначення стану повітряного середовища міста Черкаси за допомогою пилкових зерен кульбаби лікарської. *Вісник НТУУ «КПІ»*. 2009. Вип. 18. С. 140–143.

2. Біоіндикаційні дослідження [електронний ресурс] // режим доступу: [http://bioweb.franko.lviv.ua/botany/?p=showpage&pagename=bioind\\_doslidzhennya](http://bioweb.franko.lviv.ua/botany/?p=showpage&pagename=bioind_doslidzhennya)

3. Біоіндикаційна оцінка стану атмосферного повітря Полтавського міського парку [електронний ресурс] // режим доступу: <https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewByFileId/568159>

УДК 574.42

## ІСТОРИЧНІ ТА СУЧАСНІ ЧИННИКИ РІЗНОЇ ПРИРОДИ ТА ЇХ ВПЛИВИ НА ЛІСОВІ ТЕРИТОРІЇ БАСЕЙНУ РІЧКИ СНОВ

*Асмаковський Є., аспірант кафедри екології, географії та природокористування, Карпенко Ю., к.б.н., доцент, завідувач кафедри екології, географії та природокористування*

*Національний університет «Чернігівський колегіум»  
імені Т. Г. Шевченка, м. Чернігів, Україна*

Лісовий фонд Чернігівської області станом на 01.01.24 р. складає 747,9 тис. га. Це становить 7% від загальнодержавного лісового фонду, 23% від території області та є третьою за величиною площею серед всіх регіонів України. Але лісистість області є нерівномірною та коливається від 37-41% у Новгород-Сіверському і Корюківському районах, а в Чернігівському районі досягає до 26,1%. Залежно від екологічних функцій, призначення та розташування, ліси Чернігівської області поділяються на: природоохоронного, наукового, історико-культурного призначення (105,4 тис. га; 15 %); рекреаційно-оздоровчі (48,5 тис. га; 7 %); захисні (182,4 тис. га; 26 %) та експлуатаційні ліси (371,6 тис. га; 52 %) [1]. Значна площа лісів знаходиться у басейнах річок Дніпра, Десни, Сейму, Снову та інших.

У басейні річки Снов площа лісопокривних територій становить 538 тис. га. За даними ресурсу Global Forest Watch [5], деревні насадження басейну займають площу близько 190 тис. га. Динаміка лісового покриву регіону залежить від чинників різної природи, а саме: абіотичні (кліматичні, гідрологічні, геологічні, едафічні та орографічні), біотичні (фітогенні, зоологічні) та антропогенні (військові дії, лісогосподарські, індустріальні, транспортні, рекреаційні, побутові). За чинниками їх дії можна поділити на первинні (абіотичні і біотичні чинники), до вторинних слід віднести – антропогенні. Внаслідок впливу негативних первинних чинників відбувалося порушення стійкості лісових екосистем, які потім супроводжувалося їх природним поновленням, яке забезпечувало поступову зміну вікових деревостанів молодим поколінням.

Вплив антропогенного чинника найбільш істотно проявилася протягом останніх трьохсот років. Так, певний вплив на лісові території сновського басейну у 70-ті роки XIX століття мало будівництво Лібаво-Роменської залізниці, що мала з'єднати дві великі вузлові станції – Гомель і Бахмач. Там, де залізниця перетинала річку Снов, було збудовано депо для ремонту паровозів і залізничну станцію, що спрягло формуванню та становленню у подальшому міста Сновськ із його інфраструктурою, виробничими потребами і лісозаготівельними можливостями.

Впливи на лісові території впродовж ХХ століття здійснювався не тільки безпосередньо на ліси (лісогосподарське використання, вирубування лісів, дві світові війни), але й опосередковано, зокрема на абіотичні (зміна клімату) і біотичні (інтенсивний розвиток шкідників та патогенів) чинники, підсилюючи їх негативні впливи. У більшості випадків, унаслідок антропогенного впливу, відбулося порушення лісових екосистем, що призвело до незворотних змін у їх генетичному розвитку, та істотно знизило їх здатність до відновлення і стійкості [3].

Значний вплив на лісову рослинність басейну річки Снов мали також активні гідромеліоративні роботи, які проводили на цій території в період 60-х – 70-х рр. ХХ століття, що спричинило на великих площах різкі зміни типологічної та фітоценотичної структур лісової рослинності та призвело до втрати багатьох локалітетів рідкісних гігрофільних видів та зникнення їх угруповань. Незважаючи на це, завдяки специфіці ландшафтної структури, північна, центральна та більш західна частина басейну набувають природного стану й характеризуються своєрідними природними комплексами, які зберігають притаманне цій території фіто- й ценорізноманіття [4]. Значної шкоди лісам впродовж історичної ретроспективи завдають незаконні рубки [1].

Антропогенні впливи основних водокористувачів та жителів населених пунктів у межах заплави та тераси річки Снов не мають системного характеру, що забезпечує збереженість значної частини природних та ландшафтних комплексів басейну річки Снов, наявність мережі лісових та заболочених територій, у тому числі в системі об'єктів і територій природно-заповідного фонду регіону досліджень.

Лісозаготівля та реалізація лісу є також частиною практики лісокористування. Загальний об'єм заготівлі ліквідної деревини від усіх видів рубок за останні шість років становить 5,97 млн. м<sup>3</sup>. Деревина від рубок головного користування в загальних обсягах заготівлі складає 66%. Розрахункова лісосіка рубок головного користування по Північному міжрегіональному управлінню лісового та мисливського господарства становить 770,3 тис м<sup>3</sup>, яка затверджена з урахуванням принципів безперервності та невиснажливості використання лісових ресурсів. Також, за період з 2012 по 2017 рр. фактичне використання розрахункової лісосіки склало 93%. За рахунок використання лісових ресурсів лісогосподарські підприємства отримують власні кошти, які спрямовуються на ведення лісового господарства, здійснення лісоохоронних заходів і технічне переоснащення засобів виробництва. Потенційні запаси та можливості лісів Чернігівської області не використовуються повністю, адже щорічне використання приросту за останні шість років становить 55-65% – це значно менше, ніж в розвинених країнах Європи [1].

Окрім господарської діяльності, на стан лісів басейну річки Снов впливають й інші чинники природного та антропогенного характеру,

ключову негативну роль серед яких можна віддати військам впливам, лісовим пожежам, хворобам лісу та впливу несприятливих погодних умов. Головними причинами виникнення лісових пожеж є порушення правил пожежної безпеки громадянами під час перебування в лісових масивах, випалювання сухої рослинності на прилеглих до лісу територіях, військовій дії. Для запобігання виникнення лісових пожеж зазвичай проводяться низка заходів, спрямованих на запобігання лісовим пожежам: проведення роз'яснювальної роботи з населенням, створення мінералізованих смуг та догляд за ними, обмеження в'їзду автотранспорту в лісові масиви, виявлення порушників правил пожежної безпеки в лісах та притягнення їх до адміністративної відповідальності [1].

Кліматичні зміни у межах басейну річки Снов сприяють поширенню шкідників і хвороб лісу. Патологічні процеси найбільш поширені в монокультурних насадженнях з переважанням *Pinus sylvestris* L. (всихання верхівкового типу із заселенням *Ips acuminatus*) та *Fraxinus excelsior* L. (відмирання дерев внаслідок дії збудника *Hymenoscyphus fraxineus* (Т.Кowalski) Baral, Queloz & Hosoya). Також у лісах регулярно спостерігаються спалахи поширення хвоє- та листогризучих шкідників лісу, таких як: *Diprion pini*, *Dendrolimus pini*, *Lymantria dispar* та інші. Захист лісу від хвоє- та листогризучих шкідників у разі їх масового розмноження потребує використання хімічних методів боротьби. Найбільш ефективним є використання аерозольного обробітку лісів, цей метод застосовувався в минулі роки в осередках звичайного соснового пильщика та соснового шовкопряда. Значної шкоди молодим лісовим культурам та лісовим розсадникам завдає пошкодження коренів рослин личинками *Melolontha melolontha* [1].

Із 2022 року з початком активних бойових дій на території Чернігівської області до антропогенних впливів мирного часу на лісові території, додалися ще і військові дії прямого і опосередкованого змісту. Супутником будь-якої війни є зведення фортифікаційних споруд, для побудови яких використовується деревина в великих обсягах, для підтримки належних умов існування, приготування їжі та обігріву військовими також використовується деревина. Переміщення та обслуговування авто, бронетехніки також впливає на ґрунтовий покрив, спричиняючи деградацію фітопокриву, викликаючи вітрову та водну ерозію, дефляцію ґрунтів, а також насичення ґрунту паливними матеріалами.

Окрім хімічного забруднення, від розривів боєприпасів утворюються вирви різного діаметру, що призводить до деградації ґрунтового покриву лісових територій, а також сама лісова рослинність зазнає фізичного впливу від вибухів та розльоту уламків. Унаслідок влучання артилерійських снарядів, залежно від їх калібру, призначення та вмісту спорядженої частини в радіусі 50 метрів стовбур дерева, може перебити навпіл, знищити крону, або дуже посікти уламками. Деревина, які пошкоджено внаслідок



попадання в них уламків або згорілої техніки біля них, втрачають свої якості, і вважаються вже знищеною деревиною. Також розриви різних типів боєприпасів викликають пожежі, які нищать лісові насадження у великих масштабах, які зазвичай неможливо локалізувати через загрозу життю та здоров'ю особовому складу підрозділів ДСНС.

Кількість деревини регіону, що зазнала опосередкованого і неопосередкованого впливу внаслідок війни та яка використовується або вже використана для її ведення, встановити важко, так як і оцінити збитки завдані об'єктам ПЗФ, через постійні обстріли та закриту територію [6].

За даними ресурсу Global Forest Watch, втрати лісопокривних площ басейну річки Снов у період із 2001 по 2023 рік складають 28 тис. га, що еквівалентно зменшенню деревного покриву на 14% в порівнянні з 2000 роком. Найбільші скорочення площ лісових територій зафіксовані в 2016 році (2,17 тис. га та 1,1%), 2017 (1,63 тис. га, 0,81%) та у 2006 році (1,61 тис. га, 0,80%) (табл. 1) [5].

**Таблиця 1. Втрати лісових насаджень басейну річки Снов за 2001-2023 роки (за даними ресурсу Global Forest Watch)**

Рік	2001	2005	2010	2015	2020	2023
Втрати, га	632	4696	10732	16894	24614	28404
% від заг. площі	0,32	2,34	5,34	8,4	12,3	14,2

Надзвичайно важливим, що має значний вплив на майбутній стан лісів, їх видовий склад і продуктивність, є комплекс заходів з лісовідновлення та лісорозведення. Так, в терміни, що встановлені відповідно до вимог чинного законодавства, усі суцільні зруби повинні заліснюватися. В середньому по області середній обсяг відтворення лісів становить 2750,3 га. Основним способом лісовідновлення є штучне створення лісових культур (85%), під природне поновлення залишаються переважно перезволожені зруби листяних порід (*Alnus glutinosa* L. P. Gaertn, *Betula pendula* Roth., *Populus tremula* L.), близько 15% площ [1].

**Таблиця 2. Площа відтворення лісових територій Чернігівської області (за даними Головного управління статистики в Чернігівській обл.)**

Рік	2000	2005	2010	2015	2018	2022	2023
Штучне поновлення, га	1903	2894	2656	3977	3000	2503	539
Природне поновлення, га	573	630	763	778	700	515	186
Всього, га	2476	3524	3419	4755	3700	3017	725

Збільшення площ лісових насаджень області в цілому та регіону досліджень зокрема, проводиться в основному за рахунок створення нових лісів на прийнятих деградованих, малопродуктивних

сільськогосподарських землях. Згідно даних Головного управління статистики у Чернігівській області, найбільше поновлення лісового фонду зафіксоване в 2015 році, насамперед загальне поновлення склало 4755 га, з яких штучне 3977 га, та природне 778 га відповідно (табл. 2). За даними ресурсу Global Forest Watch поновлення лісопокривних площ басейну річки Снов у період із 2000 по 2023 рік склало 43,7 тис га, що становить 8,12% від загальної площі басейну річки [5].

Таким чином, у межах басейну річки Снов чинниками впливу на лісові території виступають абіотичні (кліматичні, гідрологічні, геологічні, едафічні та орографічні), біотичні (фітогенні, зоогенні, мікогенні) та антропічні (військові дії, лісогосподарські, виробничі, транспортні, рекреаційні, побутові).

### Використані інформаційні джерела:

1. Ліси Чернігівщини. [Електронний ресурс]. URL:[https://n.forest.gov.ua/wp-content/uploads/2018/10/brochure\\_222.pdf](https://n.forest.gov.ua/wp-content/uploads/2018/10/brochure_222.pdf) (дата звернення: 02.11.2024).

2. Звіт про стратегічну екологічну оцінку. Програми економічного і соціального відновлення та розвитку Чернігівської області на 2024 рік. [Електронний ресурс]. URL: [https://cg.gov.ua/web\\_docs/1/2024/02/docs/ЗВІТ%20СЕО%20Програма%202024.pdf](https://cg.gov.ua/web_docs/1/2024/02/docs/ЗВІТ%20СЕО%20Програма%202024.pdf) (дата звернення: 02.11.2024).

3. Нейко І. С., Марценюк О. П. Оцінка стану лісових екосистем у контексті збалансованого лісокористування та забезпечення екологічної стабільності ландшафтів України. *Науковий вісник НЛТУ України*. Львів, 2008. Вип. 18 (10). С. 6–70.

4. Карпенко Ю. О., Білоус О. М. Мережа лісових природно-заповідних територій басейну річки Снов, її роль у збереженні фіторізноманіття Чернігівського Полісся та підходи до оптимізації. *Природа Західного Полісся та прилеглих територій. Розділ II. Біологія*. Луцьк : ВНУ імені Лесі Українки, 2012. №9. С. 146–151.

5. Global Forest Watch 2024. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.globalforestwatch.org/> (дата звернення: 01.11.2024).

6. Асмаковський Є. В. Вплив бойових дій на лісові природно-заповідні території басейну річки Снов в межах Семенівської територіальної громади Чернігівської області. *Збірка матеріалів Національного форуму «Поводження з відходами в Україні*. Київ : Центр екологічної освіти та інформації, 2022. С. 192–193.

УДК 352:628.4:351.88

## **МІЖМУНІЦИПАЛЬНЕ СПІВРОБІТНИЦТВО ЯК ШЛЯХ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ В ПОЛТАВСЬКІЙ ОБЛАСТІ**

*Бредун В. І., к.т.н., доцент, Ганженко М. О., здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна*

Ефективне управління твердими побутовими відходами (ТПВ) є ключовою складовою екологічної політики сучасних територіальних громад. Громади активно переходять на систему роздільного збирання відходів а також збирання небезпечних відходів. Однак, у більшості громад є об'єктивні фактори які сповільнюють процес впровадження роздільного збирання ТПВ.

Ключовими завданнями модернізації поводження з відходами на рівні окремих громад області є оновлення технологічної бази (заміна застарілих зразків більш сучасним та технологічно досконалим обладнанням) розвиток систем роздільного збирання відходів, розвиток інфраструктури поводження з відходами, удосконалення планування логістичної складової систем поводження з відходами.

Міжмуніципальне співробітництво є одним із ефективних шляхів для зниження витрат на транспортування ТПВ та підвищення ефективності роботи у громадах Полтавської області. Це особливо актуально для малих сільських громад, які не мають достатнього фінансування для самостійної організації всього процесу збору та вивезення відходів.

Сільські громади Полтавської області мають досвід співпраці між собою в рамках спільного використання полігонів для захоронення відходів, що знижує навантаження на окремі громади та підвищує ефективність управління відходами на регіональному рівні. Спільне фінансування полігонів дає можливість громадам впроваджувати сучасні технології захоронення відходів і мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище.

Міжмуніципальне співробітництво має значний потенціал для подальшого розвитку у Полтавській області, особливо в умовах обмежених фінансових ресурсів на місцевому рівні. Створення регіональних центрів із переробки та захоронення ТПВ, фінансування яких забезпечується кількома громадами, може стати ефективним рішенням для підвищення рівня екологічної безпеки в області.

У цьому аспекті цікавим є досвід європейських країн, реалізований в рамках кількох моделей міжмуніципального співробітництва. Так, Верхня Австрія є одним із провідних регіонів Австрії в контексті організації сучасних систем поводження з відходами, особливо в сільських громадах. У цьому регіоні впроваджено інноваційну модель співпраці між кількома громадами, що дозволяє їм спільно використовувати регіональні переробні заводи та оптимізувати логістичні процеси збору й транспортування відходів. Така система сприяє зменшенню екологічного навантаження на навколишнє середовище, зниженню витрат для місцевих органів влади та покращенню екологічної ситуації у віддалених районах.

Одна з головних особливостей сільських громад Верхньої Австрії – це регіональний підхід до організації переробки або регулярна кооперація між кількома громадами для створення та експлуатації спільних переробних заводів. У сільських регіонах з низькою щільністю населення ефективність поводження з відходами значною мірою залежить від оптимізації логістичних витрат і можливостей переробки.

У рамках цього підходу громади діють за принципом спільного управління. Наприклад, громади Фрайштадт, Гмунден і Грінбах організували єдиний центр переробки, де відходи, зібрані з цих сільських районів, транспортуються на один завод. Це дозволяє зекономити на витратах на будівництво та експлуатацію окремих переробних заводів у кожній громаді, оптимізувати логістичні процеси та зменшити витрати на збір та транспортування відходів, а також зменшити обсяги викидів у атмосферу, що виникають під час транспортування відходів [1].

Окремою перевагою системи співпраці між громадами Верхньої Австрії є оптимізація маршрутів збору і транспортування відходів. Сільські громади часто відрізняються значною територіальною розтягнутістю, що робить процес збору відходів ускладненим. Для вирішення цієї проблеми у Верхній Австрії розроблено централізовану систему планування маршрутів, яка базується на принципах скорочення часу перевезення та мінімізації витрат на паливо.

Для цього використовуються сучасні інформаційні системи, які дозволяють оптимізувати графік руху вантажних автомобілів, що збирають відходи. Приклад громади Гмунден демонструє ефективність такої логістики: муніципалітет зміг скоротити кількість автомобілів, необхідних для збору відходів, на 15%, що призвело до значного зменшення викидів вуглекислого газу і витрат на транспорт. Окрім того, оптимізовані маршрути дозволяють забезпечити регулярний вивіз відходів навіть із віддалених населених пунктів.

Система спільного використання переробних заводів також приносить значну економічну вигоду для громад. Спільна експлуатація дозволяє розподіляти витрати на експлуатацію заводів між кількома муніципалітетами, що дає змогу значно зменшити індивідуальні фінансові

навантаження на кожную громаду. Наприклад, громада Грінбах повідомляє, що завдяки спільному використанню заводу з переробки з сусідніми громадами вдалося зекономити понад 200 000 євро на рік, які тепер спрямовуються на розвиток інфраструктури та покращення якості життя мешканців [6].

Крім того, кооперація дає змогу громадам отримати доступ до технологічно просунутих систем переробки, які вони не могли б собі дозволити в поодиночці. Так, спільний переробний завод у Фрайштадті обладнаний найсучаснішими установками для компостування органічних відходів і виробництва біогазу, що дозволяє не лише зменшити кількість відходів, але й отримати додатковий дохід від виробництва енергії.

Окрім співпраці між самими громадами, у Верхній Австрії також активно взаємодіють із регіональними екологічними організаціями для підвищення ефективності системи поводження з відходами. Ці організації займаються просвітницькою роботою серед населення, допомагають організовувати кампанії з сортування відходів та підтримують громади у впровадженні новітніх екологічних технологій [2].

Наприклад, регіональний екологічний центр ARGE Österreichischer Abfallwirtschaftsverbände [3] регулярно проводить тренінги для місцевих органів влади, надаючи інформацію про найкращі практики поводження з відходами та нові можливості для їхнього зменшення. Це дозволяє громадам Верхньої Австрії залишатися на передовій у питаннях управління відходами та інтегрувати новітні технологічні рішення у свої процеси.

На основі розглянутих прикладів вважаємо за доцільне розробити стратегію впровадження міжмуніципального співробітництва для громад Полтавської області виходячи особливостей кожної громади та принципів кластеризації громад області.

### **Використані інформаційні джерела:**

1. Inter-municipal cooperation among small Municipalities. Режим доступу: <https://greenbestpractice.jrc.ec.europa.eu/node/108>
2. Municipal waste management in Austria. Режим доступу: [https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/formacion/Gesti%C3%B3n%20de%20residuos%20municipales%20en%20Austria\\_tcm30-193135.pdf](https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/formacion/Gesti%C3%B3n%20de%20residuos%20municipales%20en%20Austria_tcm30-193135.pdf)
3. ARGE Österreichischer Abfallwirtschaftsverbände. Режим доступу: <https://www.municipalwasteeurope.eu/members/arge-osterreichischer-abfallwirtschaftsverbände>

УДК 502.172:613]:632.154

## ПЕСТИЦИДИ, ЇХ ВПЛИВ НА ДОВКІЛЛЯ ТА ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ

*Бурда А. Ю., здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти,  
Бунякіна Н. В., к.х.н., доцент, Дрючко О. Г., к.х.н., доцент*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»  
м. Полтава, Україна*

Сучасне сільське господарство є ключовою галуззю, що забезпечує світове населення продуктами харчування. Для захисту урожаю від шкідників та захворювань аграрії все частіше вдаються до використання пестицидів. Пестициди – це токсичні речовини, їх сполуки або суміші речовин хімічного чи біологічного походження, призначені для знищення, регуляції та припинення розвитку шкідливих організмів, внаслідок діяльності яких вражаються рослини, тварини, люди і завдається шкода матеріальним цінностям, а також гризунів, бур'янів, деревної, чагарникової рослинності, засмічуючих видів риби [1]. У світовій практиці відомо понад 10 тис. найменувань таких препаратів, а постійно використовується близько 750.

Існує декілька класифікацій пестицидів. Їх класифікують за об'єктом дії, тобто залежно від того, проти яких шкідливих організмів їх застосовують; за походженням діючого інгредієнта і на основі хімічного складу діючої речовини [2].

За походженням діючого інгредієнта пестициди поділяють на неорганічні, органічні та біологічні сполуки. Недоліком більшості неорганічних пестицидів є високе дозування, відсутність вибіркової дії, стійкість у навколишньому середовищі та потенційна небезпека отруєнь ними. Тому ці пестициди поступово витісняються високоактивними органічними сполуками.

Кількість пестицидів органічної природи дуже велика. Особливо важливе токсикологічне значення мають пестициди, що належать до групи галогенпохідних (ДДТ, гексахлорциклогексан, гептахлор та ін.); фенолів (селінон, диносеб); похідних карбамінової кислоти (севін, тіурам); фосфорорганічні сполуки (тіофос, метафос, трихлорметафос, карбофос); органічні сполуки ртуті (етилмеркурхлорид, етилмеркурацетат); похідні циклопропанкарбонової кислоти (піретроїди) (дельтаметрин, цигалотрин); похідні азосполук (азобензид, дексон) тощо [3].

Біологічні пестициди поділяють на дві категорії: безпосереднє використання живих організмів (бактерії, гриби, віруси та мікроорганізми-

антагоністи) та використання біологічно активних речовин (сільськогосподарські антибіотики, рослини).

Переважна більшість пестицидів токсична для людей та тварин. За гігієнічною класифікацією пестициди поділяють на надзвичайно небезпечні, небезпечні, помірно небезпечні та малонебезпечні [3].

За даними ООН, із загальної кількості отруень хімічними засобами зі смертельними наслідками в світі на частку пестицидів припадає 2,6%. Таким чином, пестициди не можна віднести до хімічних засобів, які представляють реальну загрозу в повсякденному житті людини. Однак існує небезпека непрямого (через харчові ланцюги) впливу пестицидів на здоров'я людини та стан екологічної безпеки [4].

Поширення пестицидів у довкіллі відбувається як фізичним, так і біологічним шляхом. Перший спосіб – розсіювання з допомогою вітру в атмосфері та поширення через водотоки. Другий – перенесення живими організмами по шляху харчування.

Висока стійкість пестицидів до розпаду є важливою передумовою їхньої міграції за профілем ґрунту, а також у суміжні середовища (рослини, повітря, воду), що становить небезпеку для природних біогеоценозів і, відповідно, існування людини. Пестициди, що потрапили на поверхню ґрунту, можуть вимиватися в більш глибокі горизонти й ґрунтові води, надходити у водойми з поверхневим стоком, потім знову з'являтися на поверхні ґрунту при капілярному піднятті ґрунтових вод або при оранці з оберненням пласту, переходити в атмосферне повітря в результаті випаровування або з пилом при вітровій ерозії ґрунту, через рослини мігрувати в організм тварин і людини. Пестициди, які накопичуються в ґрунті, можуть потрапити в ґрунтові води та стати загрозою для водних екосистем. Вони можуть впливати на водні організми, а також впливати на якість води для споживання людьми [5].

Потрапляючи з навколишнього середовища в організм тварини, пестициди починають накопичуватися в ньому, потім, просуваючись далі по харчовому ланцюзі, вони концентруються в ще більшій кількості. У такий спосіб організми, що стоять на вершині харчових ланцюгів (людина або хижаки), поїдають їжу з високою концентрацією пестицидів. Таке явище називають ефектом біологічного посилення.

Накопичення пестицидів в організмі людини призводять до розвитку багатьох хронічних захворювань і гострих отруень, а також до збільшення кількості вроджених аномалій розвитку і дитячої смертності. Пестициди надовго затримуються в організмі, деякі залишаються в ньому назавжди. Ще однією негативною властивістю пестицидів є те, що вони можуть виводитися з організму і передаватися дітям разом з молоком матері. Найбільш вразливими до токсичної дії пестицидів є нервова, ендокринна та імунна системи. Деякі пестициди можуть бути канцерогенними та мати мутагенну дію на клітини печінки, нирок та легень [6].

Однак, хімічні засоби захисту надають лише тимчасову допомогу, оскільки з часом сприяють виробленню стійкості до пестицидів. Це викликає необхідність використання нових, ще сильніших речовин, які паралельно посилюють негативний вплив на ґрунт, воду, повітря, якість продукції, на корисну флору і фауну, тим самим прискорюючи процес порушення біологічної рівноваги в природному середовищі. Зараз налічується понад 400 видів комах і 7 видів гризунів, включаючи щурів, нечутливих до пестицидів. Пристосованість до пестицидів виникає впродовж 10-30 поколінь. Помічено, наприклад, що в колорадського жука виробляється імунітет до отрутохімікатів. Знаючи це, господарства в 10 разів перевищують концентрацію розчину, що згубно позначається на багатьох інших організмах.

Пестициди, незважаючи на свою ефективність у боротьбі зі шкідниками та хворобами рослин, становлять серйозну загрозу для здоров'я людини та довкілля. В усіх країнах виробництво і використання кожного пестициду допускається лише з дозволу державних органів; одночасно встановлюються гранично допустимі концентрації в повітрі, ґрунті, воді та продуктах харчування; удосконалюються методи аналітичного контролю, а також правила транспортування та зберігання пестицидів. У профілактиці отруєнь пестицидами велике значення має розроблення методів хіміко-токсикологічного аналізу харчових продуктів, біологічного матеріалу для виявлення в них отрутохімікатів, визначення залишкових кількостей пестицидів.

#### **Використані інформаційні джерела:**

1. Закон України «Про пестициди і агрохімікати» від 2 березня 1995 року, №86/95-ВР URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/86/95-%D0%B2%D1%80#Text>
2. Євтушенко М. Д. та ін. Фітофармакологія : Підручник ; за ред. проф. М. Д. Євтушенка, Ф. М. Марютіна. К. : Вища освіта, 2004. 432 с.
3. Гігієнічна класифікація пестицидів за ступенем небезпечності (ДСП 8.8.1.2.002-98) Документva002282-98. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va002282-98#Text>
4. Liliya Bezdeneznych, Olena Kharlamova, Volodymyr Shmandiy, Tetiana Rygas. Improving the method for producing adsorbents from agro-industrial wastes. Chemistry & Chemical Technology. V. 14, №. 1, 2020. Pp. 102–108.
5. Калюжна Ю. С., Роменська Д. В. Аналіз впливу хімічних пестицидів на ґрунтові екосистеми та здоров'я людини. 2023. С.93.
6. Березуцька Н. Л. Вплив пестицидів на здоров'я людини. 2019. С. 23.



УДК 502.51-047.36:581.526

## МОНІТОРИНГ СТАНУ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ ЗА ФІТОІНДИКАЦІЙНИМ МЕТОДОМ

*Вісич Р. М., аспірант*

*Кременчуцький національний університет  
імені Михайла Остроградського, м. Кременчук, Україна*

Для оцінки напряму перебігу екологічних процесів у водоймі та розробки стратегії її оздоровлення проводимо систематичні спостереження за її екологічним станом та станом якості води в ній, періодично визначаючи контрольні (індикаторні) показники.

Біомоніторинг – це система періодичних спостережень за екологічним станом об'єкту шляхом використання методів біоіндикації. Об'єктами біомоніторингу є біологічні системи та фактори, які впливають на них. Під час таких спостережень, насамперед, враховують зміни видового складу, а також чисельності окремих видів. Біомоніторинг дозволяє накопичити відомості про стан екосистеми водойми.

Для кількісної оцінки забруднення за допомогою рослин-моніторів проводимо попереднє визначення деяких залежностей між реакцією рослини на забруднення і концентрацією цієї речовини в довкіллі. Для цього існує три основні способи: 1) Співставляємо ступінь пошкодження рослини з відомою концентрацією забруднюючої речовини в середовищі існування рослини. 2) Використовуємо рослину як живий колектор з подальшим визначенням кількості токсиканта. 3) Визначаємо кількість токсиканту (або метаболіту, що з'являється у відповідь на пошкодження в рослинній клітині) та порівнюємо отримане значення з концентрацією токсиканту в середовищі [1].

Головна мета біоіндикації – діагностика стану екосистем шляхом встановлення здатності організмів до адаптації у відповідних умовах довкілля. Основним завданням біоіндикації є виявлення видів-індикаторів, які реагують на зміни у стані довкілля, що виникли під дією природних і антропогенних факторів, і добір індикаторів-тестерів із високим порогом чутливості до змін у стані довкілля. Біоіндикацію екологічного стану водойми за макрофітами здійснено шляхом оцінки видового складу макрофітів водойми, чисельності (рясності) особин окремих видів, наявності окремих видів-індикаторів та індикаторних груп, структури рослинних угруповань (фітоценозів), екологічної структури рослинності, а також просторового розподілу рослинності у водоймі.

Біоіндикатори – види, групи видів або угруповання, за наявності, ступеню розвитку, зміні морфологічних, структурно-функціональних,

генетичних характеристик яких роблять висновок про стан довкілля. Рослинний покрив, пластичний і чутливий до змін навколишнього середовища, відображає комплекс характеристик водойми: гідрологічний режим, трофічний статус, стадію розвитку, специфіку хімізму води тощо [2, 4].

Динамічна рівновага та стабільність біологічних систем тісно пов'язані з фітоіндикацією морфо-генетичних змін рослин у відповідь на антропогенні впливи. Найбільшою чутливістю до якості води володіють занурені рослини, оскільки контакт з водним середовищем у них максимальний. Деяко менша залежність у нейстофітів і плейстофітів. Згідно результатів досліджень, найменшою чутливістю до стану водного середовища з усіх екологічних груп володіють прибережні повітряно-водні рослини. Застосування цього методу передбачає визначення абіотичних факторів: температури, прозорості води, концентрації завислих речовин, іонного складу, мінералізації, концентрації біогенних елементів, органічної речовини, розчиненого у воді кисню, різноманітних токсикантів, показника рН тощо [3].

Всі екологічні системи – будь-то організми, популяції або біоценози – в ході свого розвитку пристосувались до комплексу факторів, місця існування. Вони заволоділи всередині біосфери певною областю, екологічною нішею, в якій знаходяться відповідні умови існування, та можуть нормально житись та розмножуватись. Кожен організм володіє у відношенні будь-якого діючого на нього фактора генетично детермінованим, філогенетично набутих, унікальним фізіологічним діапазоном толерантності, в межах якого цей фактор є для нього оптимальним.

Основною метою дослідження було передбачено проведення та аналіз результатів гідрофітоіндикації проб води, відібраних на акваторії Кам'янського водосховища з використанням макрофітів. У результаті проведених досліджень та на основі отриманих даних можемо сказати, що найбільша концентрація в досліджуваній воді належить сульфатам ( $108,67 \text{ мг/дм}^3$ ), хлоридам ( $38,36 \text{ мг/дм}^3$ ) та кальцію ( $38,35 \text{ мг/дм}^3$ ) у гирлі річки Псел та ( $33,63 \text{ мг/дм}^3$ ), ( $21,45 \text{ мг/дм}^3$ ) і ( $50,66 \text{ мг/дм}^3$ ) на острові Стрелечий-4 відповідно.

У 2022 році показники інгредієнтів були такими: сульфати ( $36,7 \text{ мг/дм}^3$ ), хлориди ( $15,8 \text{ мг/дм}^3$ ) і кальцій ( $47,1 \text{ мг/дм}^3$ ) у гирлі річки Псел. Щодо показників на острові Стрелечий-4, то вміст сульфатів ( $35,8 \text{ мг/дм}^3$ ), хлоридів ( $22,5 \text{ мг/дм}^3$ ) та кальцію ( $54,6 \text{ мг/дм}^3$ ). Влітку 2024 року був проведений моніторинг гідрохімічного режиму Кам'янського водосховища. В результаті дослідження були зроблені висновки та показані результати щодо вмісту у воді хімічних інгредієнтів, а саме по п'яти катіонам ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) і п'яти аніонам ( $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ).

Перше місце за середньо відсотковим змістом іонів в аналізованій воді належить гідрокарбонату ( $38,7\%$ ), за якими слідує сульфати ( $14\%$ ). Трете

місце займає сума катіонів натрію і калію (10,8 %), потім йде кальцій (9,5%). Дані свідчать про те, що вода досліджуваної акваторії належить до гідрокарбонатного і сульфатного класів. На більшій частині акваторії переважає типова дніпровська вода – гідрокарбонаткальцієва, на притерасних ділянках – гідрокарбонатнатрієва, а в гирлі річки Псел – сульфатнатрієва вода. Вміст магнію у водах складає (18,22 мг/дм<sup>3</sup>) у гирлі річки Псел та (17,29 мг/дм<sup>3</sup>) на острові Стрелечий. У порівнянні з попередніми роками, ці показники (17,12 мг/дм<sup>3</sup> та 12,9 мг/дм<sup>3</sup>) майже не змінилися. Кількість калію (13,5 мг/дм<sup>3</sup>) та натрію (9,69 мг/дм<sup>3</sup>) у гирлі річки Псел. У той час, як у попередні роки натрій-калієва сума склала (19,8 мг/дм<sup>3</sup>). Щодо стану на острові Стрелечий-4, то вміст калію (11,85 мг/дм<sup>3</sup>) та натрію (13,74 мг/дм<sup>3</sup>) менший ніж кількість натрій-калієвої суми (29,9 мг/дм<sup>3</sup>) у попередньому році. Максимальне значення рН (8,07 мг/г) спостерігається у гирла річки Псел, а мінімальне значення рН (7,73 мг/дм<sup>3</sup>) на острові Стрелечий-4.

Порівняно з попередніми роками концентрація нітратів збільшилася з (0,02 мг/дм<sup>3</sup>) до (1,71 мг/дм<sup>3</sup>), фосфатів із (0,06 мг/дм<sup>3</sup>) до (1,28 мг/дм<sup>3</sup>), амонію з (0,5 мг/дм<sup>3</sup>) до (0,78 мг/дм<sup>3</sup>) та нітритів із (0,25 мг/дм<sup>3</sup>) до (0,29 мг/дм<sup>3</sup>) у гирлі річки Псел, а на острові Стрелечий-4 – нітрати з 90,04 мг/дм<sup>3</sup>) до (2,47 мг/дм<sup>3</sup>), фосфати з (0,08 мг/дм<sup>3</sup>) до (0,77 мг/дм<sup>3</sup>), амоній із (0,8 мг/дм<sup>3</sup>) до (0,56 мг/дм<sup>3</sup>) та нітритів із (0,01 мг/дм<sup>3</sup>) до (0,26 мг/дм<sup>3</sup>).

Отримані результати досліджень засвідчують високу концентрацію мінерального фосфору (до 1,28 мг/дм<sup>3</sup>), що може пов'язано з надлишковим використанням мінеральних добрив. Найменша концентрація на сьогоднішній день належить нітритам, що може пояснюватись доброю проточністю Кам'янського водосховища. Щодо літоральної екосистеми острова Стрелечий-4, то загальна мінералізація збільшилась у 1,1 рази порівняно з 1998 роком.

#### **Використані інформаційні джерела:**

1. Гальченко Н. П. Екологічні особливості флори проектного регіонального ландшафтного парку «Кременчуцькі плавні». *Збірник наук. праць ПДПУ*. Вип.4(8). Полтава, 2000. С. 45–49.

2. Гальченко Н. П. Охорона рослинного покриву заплави верхів'я Кам'янського водосховища. *Актуальні проблеми ботаніки та екології*. Мат. конф. молодих вчених-ботаніків України. 13–16 вересня 2000 року, Чернігів, Седнів. К., 2000. С. 33.

3. Дідух Я. П., Плюта П. Г. Фітоіндексація екологічних факторів. К. : Наук. думка, 1994. 280 с.

4. Довганич Я. О. Наукові принципи, методи та проблеми проектування екологічних мереж в Україні. *Заповідна справа в Україні на межі тисячоліть* : Мат. Всеукр. конф., м. Канів, 11–14 жовтня 1999. Канів, 1999. С. 9–13.

УДК 581.9:574.4(477)

## ***SOLIDAGO CANADENSIS* В УКРАЇНСЬКИХ ЕКОСИСТЕМАХ**

<sup>1</sup>**Ганій О. В.**, здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти,

<sup>1</sup>**Футорна О. А.**, к.б.н., доцент,

<sup>2</sup>**Пашкевич Н. А.**, к.б.н., старший науковий співробітник

<sup>1</sup>Навчально-науковий інститут високих технологій КНУ  
імені Тараса Шевченка, м. Київ, Україна

<sup>2</sup>Інститут ботаніки імені М. Г. Холодного НАН України,  
м. Київ, Україна

Інвазійні види є серйозною загрозою для біорізноманіття. Золотушник канадський (*Solidago canadensis* L.) є одним із найбільш агресивних інвазійних видів, здатних змінювати структуру місцевих угруповань. Поширення *S. canadensis* активно вивчається в більшості країн Євразії (Brown, Sax 2005; Jian-Zhong et al., 2007; Likhanov et al., 2021). З 2004 року *S. canadensis* внесений до списків інвазійних видів ЕРРО, де були висунуті рекомендації щодо вживання заходів контролю стосовно цієї рослини. Актуальність нашого дослідження зумовлена швидким поширенням *S. canadensis* в Україні, що призводить до трансформації місцевого рослинного покриву та порушення екологічного балансу.

У процесі дослідження було використано міждисциплінарний підхід, що включає методи збору та аналізу геоботанічних даних за допомогою програмного забезпечення TURBOVEG і JUICE (Hennekens, Schaminée, 2001; Tichý, 2002), а також статистичні обчислення з використанням мови програмування R. Проаналізовані геоботанічні описи виконані з територій лісової та лісостепової зон протягом 2015-2024 років. В обчисленнях на основі виконаних геоботанічних описів за методом синфітоіндикації оцінені такі показники, як: омброрежим (Om), терморежим (Tm), аерація (Ae), вологість ґрунту (Hd), континентальність (Kn), вміст карбонатів (Ca), вміст нітрогену в ґрунті (Nt), кислотність ґрунту (Rc), кріорежим (Cr), змінність зволоження ґрунту (fH), сольовий режим (Sl) та освітленість (Lc) (Дідух, 2011). Оскільки ці шкали мають різні одиниці виміру, дані були нормалізовані за допомогою відсоткового співвідношення. Карта поширення виду була створена на основі даних нашого проєкту в iNaturalist під назвою «*Solidago canadensis* в українських екосистемах» зібрані завдяки інструментам електронного ресурсу (<https://www.inaturalist.org>) та бази GBIF з використанням програмного забезпечення DIVA-GIS.

Результати кореляційного аналізу показали, що тісний прямий зв'язок ( $r \geq 0,75$ ) існує між такими факторами, як аерація ґрунту та його вологість, кріорежим та кислотність ґрунту, змінність вологості та освітленість. Інші

фактори мають менший ступінь залежності, але не повну відсутність взаємозв'язку.

Моделювання екологічної ніші базувалося на концепції багатомірного простору, де різноманітні характеристики займають свої осі. Кожен вид має певну міру пристосованості до екологічних факторів, що визначає межі його існування в цьому просторі. Нами були створені діаграма амплітуди екологічних факторів (рис. 1) та циклограма екологічної ніші (рис. 2) для *S. canadensis*, що відображають діапазон умов, при яких вид може існувати в Україні. В результаті ми виявили, що для *S. canadensis* критичними є такі екологічні показники: сольовий режим ґрунту, кріорежим та континентальність, а найбільшу екологічну пластичність він виявляє щодо змінності вологості ґрунту, вмісту нітрогену та освітленості.

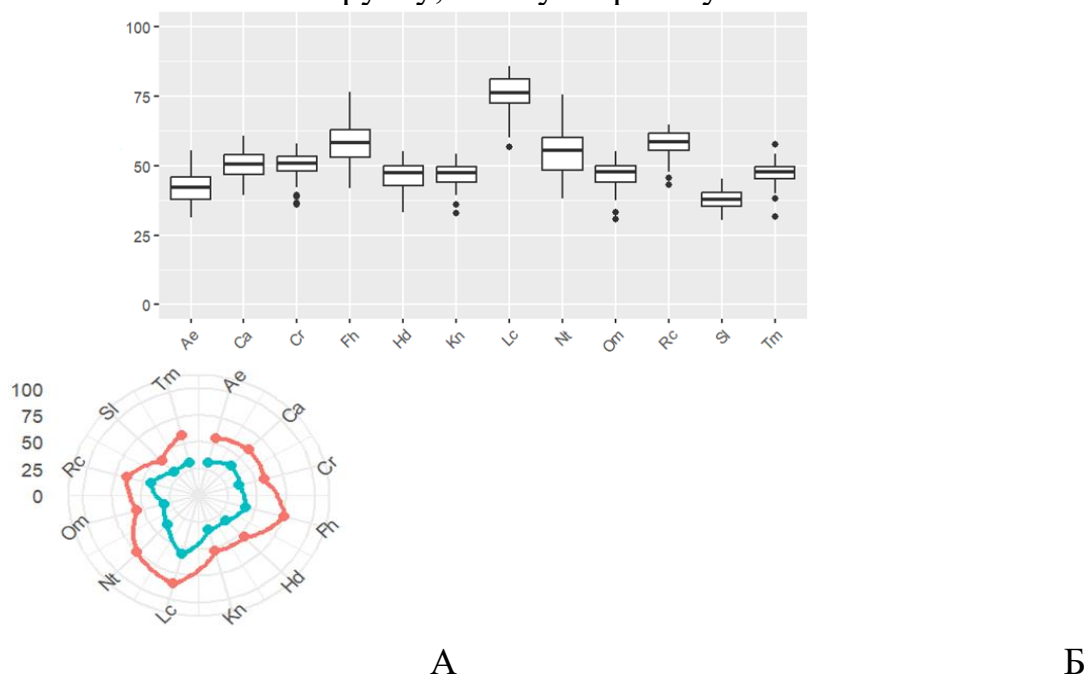


Рисунок 2. Характеристика *Solidago canadensis* L. за екологічними чинниками; А – діаграма амплітуди екологічних факторів, Б – екологічна ніша *Solidago canadensis* L. в Україні (діапазони, позначені лініями, відповідають максимальним та мінімальним межам відповідно)

Щоб зібрати інформацію про фактичне розповсюдження *S. canadensis*, нами було створено вищезазначений проєкт на платформі iNaturalist. Ми сформувавши актуальну модель поширення досліджуваного виду в Україні, яка показала найбільшу концентрацію спостережень у лісостеповій зоні (рис. 3).



**Рисунок 3.** Карта поширення *S. canadensis* (за даними листопада 2024 року)

Отже, *S. canadensis* має високу екологічну пластичність, особливо стосовно таких факторів, як змінність зволоження ґрунту, вміст нітрогену в ґрунті та освітленість. Водночас, сольовий режим ґрунту, кріорежим та континентальність є критичними для виживання виду, що вказує на його залежність від стабільних умов цих параметрів. Кореляційний аналіз показав наявність тісного зв'язку між такими екологічними факторами, як аерація ґрунту і вологість ґрунту, кріорежим і кислотність ґрунту, а також змінність вологості ґрунту та освітленість ценозу. Це вказує на високий рівень взаємозалежності цих показників. Дані проєкту «*Solidago canadensis* в українських екосистемах» стали важливим інструментом для фактичної оцінки процесу інвазії виду в Україні. Результати дослідження мають практичне значення для глибшого розуміння адаптаційних можливостей золотушника канадського та його екологічних функцій. Вони можуть бути використані для прогнозування подальшого поширення виду, оцінки ризиків інвазії, розробки заходів з управління популяціями *Solidago canadensis* та оптимізації природоохоронної діяльності.

#### **Використані інформаційні джерела:**

1. Дідух Я. П. Сучасні уявлення про еконішу і підходи до її оцінки. *НАУКОВІ ЗАПИСКИ НаУКМА*. Том 132. Біологія та екологія. 2012. С. 41–48.
2. Екофлора України. Том 1 / [Я. П. Дідух, П. Г. Плюта, В. В. Протопопова та ін.]. Київ : Фітосоціоцентр, 2000. 284 с.
3. Ковалевська І. М. Екологічна статистика. Кореляційний аналіз в екології: метод. посіб. для самост. роботи за допомогою комп'ютерних технологій / В. В. Тарасова, І. М. Ковалевська. Житомир : ЖНАЕУ, 2012. 31 с.

4. Brown J.H., Sax D.F. Biological invasions and scientific objectivity: Replay to Cassey et al. *Austral Ecology*, 2005; Vol. 30. P. 481–483.
5. Didukh Ya. P. The ecological scales for the species of Ukrainian flora and their use in synphytoindication. Kyiv : Phytosociocentre, 2011. 176 p.
6. Hennekens S. M., Schaminee J. H. J. Turboveg, a comprehensive data base management system for vegetation data. *Journal of Vegetation Science*. 2001. 12. P. 589–591.
7. Likhanov A., Oliinyk M., Pashkevych N., Churilov A., Kozyr M. The Role of Flavonoids in Invasion Strategy of *Solidago canadensis* L. *Plants* 2021, 10(8), 1748. [10.3390/plants10081748](https://doi.org/10.3390/plants10081748).
8. LU Jian-Zhong, WENG En-Sheng, WU Xiao-Wen, Ewald WEBER, ZHAO Bin, LI Bo. Potential distribution of *Solidago canadensis* in China[J]. *J Syst Evol*, 2007, 45(5): 670–674.
9. Poljuha, D.; Sladonja, B.; Uzelac Božac, M.; Šola, I.; Damijanić, D.; Weber, T. The Invasive Alien Plant *Solidago canadensis*: Phytochemical Composition, Ecosystem Service Potential, and Application in Bioeconomy. *Plants* 2024, 13, 1745. <https://doi.org/10.3390/plants13131745>
10. Tichý L. JUICE, software for vegetation classification. *Journal of Vegetation Science*. 2002. 13. P. 451–453.

УДК 504

## **ОСОБЛИВОСТІ КОРИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОСТАЧАННЯ ПРИРОДНИХ СИСТЕМ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО ШЕЛЬФУ ЧОРНОГО МОРЯ**

*Дьяченко М. Ю., аспірант, Сафранов Т. А., д.г.-м.н., професор,*

*Одеський національний університет імені І. І. Мечникова,  
м. Одеса, Україна*

Відомо, що під екосистемними послугами (ЕСП) розуміють всі корисні ресурси та вигоди, які сучасне людство може отримати від природи, тобто матеріальні вигоди, що отримує людство від абіогенних і біогенних складових різноманітних природних екосистем. Саме від ЕСП природних систем залежить задоволення потреб людства в середовищі існування й продуктах харчування, а також рівень та якість його життя, тому їх називають «прямим та непрямим внеском у благополуччя людей» [1].

Усі ЕСП безкоштовні, оскільки люди не оплачують їх використання або споживання, але частину таких послуг оцінюють у грошовому еквіваленті, щоб оцінити масштаби втрат внаслідок втрати частини ЕСП природних систем, хоча проблема монетизації ЕСП має дискусійний характер. В економічній теорії під «послугами» розуміють цілеспрямовану діяльність саме людини, результат якого має корисний ефект, задовольняючий будь-які потреби людини. Послугою вважається результат діяльності, матеріальний чи нематеріальний продукт, який виробник надає споживачу відповідно до встановлених вимог і до властивостей цього продукту або результату. Поняття «послуги» може трактуватися і як специфічна форма праці, і як результат праці (екологічні, освітні, інформаційні, консультаційні, юридичні, медичні тощо). В цьому зв'язку, термін «послуги» некоректно бути використовувати відносно до природних систем.

При оптимізації природокористування правильніше говорити не про використання природних ресурсів, а про використання їх певної частини, тобто про природно-ресурсний потенціал (ПРП), під яким у регіональному масштабі розуміється здатність природних систем без шкоди для себе (а, отже, і для людей) віддавати необхідну для людства продукцію або виконувати корисну роботу в рамках господарства даного історичного типу. Таке визначення є досить близьким до поняття «екосистемні послуги», тому замість терміну «екосистемні послуги» пропонується використовувати поняття «корисні властивості природних систем».

Відносно до природних систем прибережної зони Північно-Західного Причорномор'я (ПЗП) виділені корисні властивості постачання,



регулювання, підтримання та культурно-соціальні, які охарактеризовані у попередніх роботах автора [2, 3]. Використання цих корисних властивостей обмежуються природними стихійними процесами, різноманітні видами антропогенної діяльності, а з 24 лютого 2022 року воєнними і військовими діями.

У даній роботі охарактеризовані лише корисні властивості постачання. Використання цих корисних властивостей обмежуються природними стихійними процесами, різноманітні видами антропогенної діяльності, а з 24 лютого 2022 року воєнними і військовими діями.

Морське середовище забезпечує судноплавство, функціонування морегосподарських комплексів, промислове рибальство, марикультуру технічне водопостачання, таласотерапію тощо. Донні відклади є джерелом будівельних матеріалів, розсипних корисних копалин, лікувальних грязей, а також середовищем мешкання бентосу (зокрема, марикультури). Фізико-хімічні особливості водної товщі та донних відкладів обумовлюють просторово-часовий розподіл середовищ мешкання гідробіонтів, а також їх видове та генетичне розмаїття. ПЗШЧМ є важливим районом рибальства, яке забезпечує місцеве населення продуктами харчування та є прибутковою статтею економіки. Крім того, істотним джерелом тваринного білка є розвиток аквакультури. Для ПЗШЧМ характерні унікальні ресурси «філофорного поля Зернова» – зосередження водоростей-макрофітів, домінуючими видами серед яких є червоні водорості родини *Phyllophoraceae*, які є сировиною для виробництва агар-агару. Водноболотні угіддя узбережжя ПЗШЧМ мають унікальні біологічні ресурси, а також лікувальне багно, ропу, мінеральні лікувальні вода та енергетичні ресурси.

Серед корисних ресурсів важливою складовою є ресурси вуглеводневої сировини. Вважається, що українська частина Чорного моря містить біля 2,3 трлн. м<sup>3</sup> природного газу. До анексії Росією Кримської автономії в 2014 році, Україна досягла певних успіхів щодо збільшення добутку газу на мілководному північно-західному шельфі. На балансі ПАО «Чорноморнафтогаз» на той час знаходилося 17 родовищ, із яких 11 газових, чотири газоконденсатних і два нафтових. Сумарні запаси цих родовищ становили: за природним газом – 58,56 млрд. м<sup>3</sup>, за газовим конденсатом – 1231 тис. тонн, за нафтою – 2530 тис. тонн. У 2013 році добуток зріс до 1,65 млрд. м<sup>3</sup>, а у 2015 році добуток був повинен сягати 3 млрд. м<sup>3</sup>, за рахунок завершення облаштування Одеського й Безіменного родовищ із ресурсними запасами до 35 млрд. м<sup>3</sup> природного газу. Після анексії Криму Росією Україна втратила можливість добутку вуглеводнів за рядом родовищ (Безіменному, Одеському, Архангельському, Штормовому, Шмідта), а також продовження пошуково-розвідувальних робіт на других перспективних ділянках (Західно-Голіцинська, Кулісна та палеоруло Дніпра тощо). Вважається, що на українському шельфі Чорного моря

розвідано до 30% загальних запасів вуглеводневої сировини, тобто лише 4% прогнозних запасів газоподібних та рідких вуглеводнів. Основними родовищами вуглеводневої сировини є Голицинське, Одеське, Безіменне, Шмидтівське, Архангельське, Кримське, Штормове. Запаси вуглеводневої сировини приурочені до відкладів верхнього крейда, палеоцену, еоцену та олігоцену-нижнього міоцену. Найбільш перспективними вважаються Одеське та Безіменне родовища у межах виключно економічної зони України. Розвідані запаси газу Одеського родовища складають 21 млрд. м<sup>3</sup>. Експлуатація покладів газу почалась у 2012 році. Газ обсягом біля 1 млрд. м<sup>3</sup> по підводному трубопроводу надходив у Крим, але в березні 2014 року бурові вишки біли захоплені російськими військами. До переліку захоплених РФ увійшли також: родовище Шмідта (газ природний, конденсат), площа Паласа (природний газ, нафта, конденсат, супутні компоненти), площа Луцицького (природний газ, нафта, конденсат), Тарханкутська ділянка (природний газ, нафта, конденсат, супутні компоненти), площа Губкіна (природний газ, нафта), площа Рифтова (природний газ, нафта), Північно-Керченське та Північно-Булганацьке родовища (природний газ), Західно-Голицинська площа (природний газ) тощо, а також Безіменне газове родовище у межах північно-східного схилу Кілійсько-Зміїного підняття. Газонасичені пласти у цьому родовищі виявлені у відкладах нижнього палеоцену та середнього еоцену.

У результаті випробування вапняків нижнього палеоцену одержано припливи газу від 78,6 тис. м<sup>3</sup>/добу до 143,1 тис. м<sup>3</sup>/добу. За роки окупації відбулось колосальне падіння обсягів видобутку – з 2 млрд. м<sup>3</sup> у 2014 році до 0,6 млрд. м<sup>3</sup> у 2022 році. У вересні 2023 році українські військові повернули бурові платформи. В умовах війни експлуатація покладів вуглеводневої сировини поки що не представляється можливим, але у післявоєнний період видобуток вуглеводневої сировини на ПЗШЧМ стане одним із ключових складових відновлення держави.

### **Використані інформаційні джерела:**

1. Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends Assessment. Washington, DC: Island Press, 2005.

2. Сафранов Т. А., Берлінский М. А., Юссеф ель Хадрі, Сліже М. Оцінка екосистемних послуг північно-західної частини Чорного моря: стан, проблеми та перспективи. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна Серія «Геологія. Географія. Екологія»*. 2022. Вип. 56. С. 255–263.

3. Сафранов Т. А. Корисні властивості природних систем прибережної зони Північно-Західного Причорномор'я. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2023. №31. С. 55–68.

УДК 631.4:332.1:911.3

## **ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ СКЛАДУ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ НА ОСНОВІ МЕТОДУ КРИТЕРІАЛЬНО-ДІАПАЗОННОЇ ІНТЕРПОЛЯЦІЇ**

*Ілляш О. Е., к.т.н., доцент, Бредун В. І., к.т.н., доцент*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна*

Планування й проведення досліджень із визначення морфологічного складу відходів для багатьох населених пунктів Полтавської області часто є проблематичним через відсутність повної інформації щодо факторів, які впливають на процеси утворення відходів. Із метою вирішення даної проблеми в ході виконання науково-дослідної роботи [1] нами було створено й апробовано метод критеріально-діапазонної інтерполяції із урахуванням аналогії між соціально-демографічними показниками населених пунктів.

Дана методологія використовується для формування інформаційної бази щодо морфологічного складу відходів для австрійських і українських населених пунктів. Основою даної інформаційної бази стали дані щодо компонентного складу залишкових побутових відходів для усіх населених пунктів Австрії з різною соціально-демографічною специфікою, класифіковані за «фактором стратифікації», що були надані для ознайомлення й аналізу партнерами даної НДР фахівцями Інституту поводження з відходами Університету природних ресурсів і природничих наук, Відень (University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna).

Інформаційна база формується із врахуванням європейської специфікації та каталогу сортування SWA-Tool [2] та «Методичних рекомендацій щодо проведення сортування залишкових відходів» («Leitfaden für die Durchführung von Restmüll-Sortieranalysen»), розроблених у 2017 році Федеральним міністерством з питань клімату, навколишнього середовища, енергетики, мобільності, інновацій та технологій (BMK) Австрії та адаптованих у жовтні 2021 року [3].

Згідно Методичних рекомендацій [3] врахування регіональної стратифікації шляхом визначення «фактору стратифікації» (міського-сільського індексу) дає переваги з точки зору точності одержання даних щодо складу побутових відходів певного населеного пункту й можливості перенесення (адаптації) даних щодо складу побутових відходів для аналогічних за соціально-демографічною специфікою населених пунктів України, зокрема Полтавської області.

Формування бази населених пунктів Полтавської області проведено на основі даних проекту Регіонального плану управління відходами у Полтавській області [4], даних державних інформаційних порталів [5, 6], а також інформаційних даних, що містяться на офіційних сайтах територіальних громад та досліджень, виконаних на протязі даної науково-дослідної роботи та інших науково-дослідних і проектних робіт [1].

При апробації методики нами було проаналізовано більше 60 населених пунктів Полтавської області.

У методиці застосовуються ряд аналітично-розрахункових індикаторів, які розподілено на три групи:

- до першої групи належать чисельність населення та коефіцієнти соціально-демографічної стратифікації;

- до другої групи входять індикатори характеру забудови;

- третя група – це додаткові індикатори, що характеризують вікову структуру населення та площу населених пунктів.

Всі громади Полтавської області було поділено на три типи: міські, селищні (селищно-сільські) та сільські [1]. Аналогічний поділ соціально-демографічного розшарування (за «фактором стратифікації») закладено в основу європейського підходу [2] та австрійської методики [3].

Для встановлення відповідності між даними компонентного складу побутових відходів, які утворюються в населених пунктах різних типів Полтавської області (Україна) та Австрії, використовувався метод критеріально-діапазонної екстраполяції із врахуванням аналогії між соціально-демографічними показниками цих населених пунктів. Суть цього методу полягає в наступному: першим етапом роботи з базою даних є аналіз параметричної відповідності українських населених пунктів австрійським.

На першому етапі розробки інформаційної бази відповідність встановлювалася за двома параметрами: чисельність населення та фактор стратифікації. Аналіз відповідності населених пунктів лише на основі цих двох показників не є повноцінним. Тому на другому етапі були враховані ще додаткові показники.

Із метою забезпечення максимальної однорідності вибірки та визначення найбільш аналогічних населених пунктів за основними аналітичними параметрами було введено обмеження діапазонів досліджуваних критеріїв. Так, базовим значенням обмеження діапазону чисельності населення австрійського аналога обрано відхилення в межах 15% від чисельності населення українського населеного пункту. Для показника фактору стратифікації прийнято відхилення в межах 10%. Такий аналіз дозволив відібрати австрійські населені пункти, які за критеріальними діапазонами максимально відповідають параметрам досліджуваних українських населених пунктів (далі – група 15% та 10%).

До цієї групи належить переважна більшість населених пунктів із чисельністю населення від 1 000 до 25 000 осіб, наприклад місто Хорол, а

також до цієї групи можна віднести малі населені пункти з чисельністю 100-150 осіб та середні населені пункти селищного та міського типу з чисельністю понад 25 000 осіб.

Також можна виділити групи населених пунктів для яких відхилення основних критеріальних параметрів доцільно брати в діапазоні 5%. При такому діапазоні відхилення кількість аналогічних населених пунктів Австрії є достатньою для проведення адекватного репрезентативного аналізу відповідностей основних і додаткових показників і подальшого встановлення типового морфологічного складу відходів для таких груп населених пунктів. Це, здебільшого, сільські населені пункти з населенням від 500 до 1500 осіб.

В окремих випадках доцільно звужувати цей діапазон навіть до 2-3%. Таке уточнення забезпечує вищу точність аналізу, оскільки зменшується кількість потенційних аналогів, які можуть суттєво відрізнятись за додатковими показниками. Для населених пунктів з чисельністю від 100 до 500 осіб діапазон варіації критеріїв може становити від 10% до 50%. Однак це знижує точність визначення морфологічного складу відходів.

Для дуже маленьких населених пунктів із чисельністю менше 100 осіб встановити критерії відповідності складно через значні соціологічні та економічні відмінності між українськими та австрійськими поселеннями. Ідентифікувати населені пункти з чисельністю менше 50 осіб майже неможливо через відсутність подібних пунктів в австрійському каталозі. Але, тут слід зазначити, що більшість малочисельних населених пунктів Полтавської області згідно з показниками демографічної динаміки та тенденцій їх соціально-економічного розвитку визначаються громадами як неперспективні.

Особливу групу становлять міста Полтавської області, такі як Полтава, Кременчук, Горішні Плавні, Миргород. Встановлення повних аналогій для цих міст ускладнене через суттєві відмінності основних критеріїв. Наприклад, для таких міст, як Кременчук і Полтава, виявити австрійські аналоги в межах відхилення 15% за чисельністю населення і 10% за коефіцієнтом стратифікації виявилось неможливо. Тому, пошук аналогів доводиться проводити в два етапи варіюванням кожного з основних параметрів з поступовим зниженням діапазону відхилень.

Другим етапом розробки інформаційної бази є визначення орієнтовних показників морфологічного складу відходів для українських населених пунктів на основі даних про аналогічні австрійські поселення.

Основним тестовим об'єктом в ході досліджень було селище міського типу Котельва. За стратифікаційними параметрами за умови максимальних діапазонів відхилень 15% за чисельністю населення і 10% за величиною коефіцієнта стратифікації для Котельви було знайдено два аналоги серед австрійських населених пунктів.

При порівнянні даних морфологічного складу відходів селища Котельва, отриманих у результаті оригінальних натурних досліджень, із даними типового морфологічного складу відходів для австрійських населених пунктів відповідної групи стратифікації було встановлено, що 11 з 20 інгредієнтних груп відходів співпадають по своїм кількісним значенням з відповідними параметрами для австрійських населених пунктів. Однак, за дев'ятьма інгредієнтними групами дані суттєво відрізняються. Це обумовлено методикою відбору проб, регіональної соціально-демографічною специфікою та способом введення присадибного господарства.

Однак, екстраполяція отриманих даних у результаті оригінальних натурних досліджень, проведених в умовах селища Котельва, на дані складу побутових відходів для аналогічних австрійських населених пунктів дозволяє встановити подібність загальної морфологічної структури побутових відходів для таких населених пунктів Австрії й Полтавської області.

Завдяки репрезентативним вибіркам австрійських населених пунктів як аналогів вдалося провести адекватні аналогії, що дозволяє визначати середні значення морфологічного складу для інших населених пунктів України (зокрема, Полтавської області), які не входили до досліджуваного переліку, але відповідають критеріальним діапазонам.

Для міст морфологічний склад відходів має свою регіональну специфіку [1], тому дані австрійських досліджень можуть прийматися лише як орієнтовні.

Згідно з проведеними попередніми аналітичними розрахунками, використання європейського підходу з визначення «фактору стратифікації» для параметричного аналізу українських населених пунктів демонструє задовільну кореляцію між фактором стратифікації та чисельністю населення. Однак, для більш повного й обґрунтованого застосування даної методики в умовах України необхідно враховувати ряд додаткових аспектів. Наприклад, значення вікової структури населення та рівня зайнятості можуть бути вирішальними для встановлення аналогій із австрійськими населеними пунктами. Крім того, важливим є розгляд регіональних особливостей, зокрема, структури забудови, питомої ваги багатоквартирних будинків і рівня урбанізації. Це дозволить отримати точніші результати та краще адаптувати австрійську методику до місцевих умов.

Таким чином, застосування європейського підходу з визначення «фактору стратифікації» для визначення морфологічного складу твердих побутових відходів в умовах України є доцільним. Проте, для досягнення більшої точності та релевантності результатів необхідно поєднувати аналіз регіональних особливостей та проведення натурних досліджень (сортувальних аналізів) складу ТПВ в населених пунктах України, що

дозволить надавати об'єктивні рекомендації для управління відходами та планування інфраструктури поводження з ними в громадах.

### **Використані інформаційні джерела:**

1. Звіт про науково-дослідну роботу за договором від 23.08.2023 № М/41-2023 «Дослідження складу твердих побутових відходів та їх ресурсного потенціалу» (затверджено Вченою Радою Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», протокол від 12 грудня 2023 року № 13). Полтава, 2023. 134 с.

2. SWA-Tool. Verfügbar unter. Режим доступу: <https://www.wien.gv.at/meu/fdb/pdf/swa-tool-759-ma48.pdf>.

3. Leitfaden für die Durchführung von Restmüll-Sortieranalysen / Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK), Wien, September 2017 (original) / Oktober 2021 (adaptiert).

4. Регіональний план управління відходами у Полтавській області до 2030 року (проект) / Розробник – Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка». Доступно: <https://www.adm-pl.gov.ua/advert/oprilyudnennya-dlya-obgovorennya-proektu-regionalniy-plan-upravlinnya-vidhodami-u-poltavskiy>

5. Інформаційно-довідковий портал ОМС України. Режим доступу: <https://gromada.info>

6. Інформаційний портал «Децентралізація». Режим доступу: <https://decentralization.ua>

УДК 504.062

## ВИЗНАЧЕННЯ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

<sup>1</sup>*Ілляш О. Е.*, к.т.н., завідувач кафедри прикладної екології та природокористування, <sup>1</sup>*Серга Т. М.*, асистент, аспірант, <sup>1</sup>*Бредун В. І.*, к.т.н., доцент, <sup>2</sup>*Чепурко Ю. В.*, інженер з екологічної та радіаційної безпеки відділу екологічної та радіаційної безпеки

<sup>1</sup>*Національний університет  
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна*  
<sup>2</sup>*Філія дочірньої компанії «УКРГАЗВИДОБУВАННЯ»  
НАК «НАФТОГАЗ УКРАЇНИ» УПГТК,  
м. Полтава, Україна*

На сьогодні обсяги побутових відходів, які зростають, є однією із важливих елементів прогресуючого антропогенного навантаження, що створює екологічну безпеку для регіонів України, здоров'я населення та негативно впливає на стан навколишнього природного середовища. З іншої сторони побутові відходи мають значний резерв для отримання вторинної сировини, яку у подальшому можна повертати в господарський обіг. Відповідно на сьогодні побутові відходи розглядаються як джерело цінних компонентів (органічних речовин, металів, скла, пластика, тощо), а також є потенційним джерелом отримання енергії. Результати натурних 4-х сезонних досліджень морфологічного складу побутових відходів, які були проведені на території селища Котельва Полтавської області, дали можливість визначити характеристики морфологічного (компонентного) складу ПВ і виділити показники вмісту (частки) ресурсоцінних компонентів ПВ (табл. 1) за кожний сезон року проведених досліджень.

**Таблиця 1. Частка ресурсоцінних компонентів у складі побутових відходів за результатами досліджень, %**

Біовідходи	Папір і картон	Скло	Пластик	Метали	Деревина	Текстиль	Загальна частка ресурсоцінних ПВ	Загальна частка втор-сировини*
<i>Осінній сезон</i>								
34,53	4,94	7,93	12,14	3,4	0,16	3,97	67,07	28,41
<i>Зимовий сезон</i>								
50,406	3,3	3,7	9,9	1,63	0,018	10,6	79,554	18,53
<i>Весняний сезон</i>								
28,83	5,46	2,13	10,96	3,82	–	0,63	51,83	22,37
<i>Літній сезон</i>								
62,2	5,5	4,61	5,49	0,43	–	6,5	84,73	16,03

\* – до вторсировини віднесено: папір і картон; скло; пластик; метали



На основі даних таблиці 1 було здійснено оцінювання ресурсного потенціалу побутових відходів, виходячи із досліджуваних об'ємів утворення ресурсоцінних компонентів: паперу і картону, скла, пластику, металів, деревини та текстилю, які є потенційним вторинним ресурсом, а також біовідходів. Результати оцінювання показали, що:

– загальна частка побутових відходів, які є ресурсоцінними для можливості подальшого відновлення, складає 51,83-84,73%, що осереднено становить 71%;

– частка побутових відходів, які на сьогодні мають товарну цінність як вторинна сировина (папір і картон, скло, пластик, метали) складають від 16,0% до 28,4% від загального обсягу утворених побутових відходів;

– частка біовідходів складає від 28,83 до 62,2%.

Для запобігання зниженню якості ресурсоцінних компонентів побутових відходів важливим при організації системи збирання ПВ є відділення органічних фракцій із загальної маси відходів шляхом організації роздільного збору за місцем утворення з передачею на підприємство з перероблення органічної сировини.

Директивою 2008/98/ЄС «Про відходи та скасування деяких Директив» [1] та «Національною стратегією управління відходами в Україні до 2030 року» [2] побутові відходи визначені як цінний вторинний матеріальний та теплоенергетичний ресурс.

Теплотворна здатність побутових відходів значним чином визначає їх спроможність щодо використання в якості палива для отримання теплової енергії. Суттєвою перевагою використання ПВ в якості джерела енергії є постійне зростання його кількості та зручне розташування – в населених пунктах, поруч зі споживачами енергії.

Представниками авторського колективу у рамках виконання НДР в рамках спільного українсько-австрійського проєкту при співпраці з Університетом природних ресурсів і природничих наук (Відень, Австрія) попередньо вивчалася питання щодо оцінювання теплотворної здатності окремих компонентів ПВ з урахуванням їх вологості для населених пунктів Полтавської області різних типів [3]. Враховуючи дані напрацювання було проведено оцінювання теплотворної здатності компонентного складу твердих побутових відходів, що досліджувалися в рамках даної НДР в умовах селища Котельва Полтавської області. Результати даного оцінювання наведено в табл. 2.

Результати досліджень свідчать про наявність достатнього ресурсного потенціалу досліджених побутових відходів й відповідно доцільність організації системи роздільного збирання побутових відходів на території селища Котельва Полтавської області з метою вилучення ресурсоцінних фракцій із загальної маси відходів.

**Таблиця 2. Результати оцінювання потенціалу теплотворної здатності компонентів побутових відходів**

№ з/п	Компоненти побутових відходів	Частка компонентів ПВ у загальній масі, %	Орієнтовне значення теплотворної здатності, МДж/кг [4]	Визначений діапазон теплотворної здатності компонентів ПВ, МДж/кг
1	Біовідходи	51,83-84,73	3,5	1,814-2,966
2	Папір і картон	3,3-5,5	9,5	0,314-0,523
3	Полімери	5,49-12,14	25,0	1,373-3,035
4	Текстиль	0,63-10,6	15,0	0,095-1,59
5	Деревина	0,018-0,16	14,5	0,0026-0,023
<b>Загальний оцінений тепловий потенціал ПВ</b>				<b>3,599-8,137</b>

### **Використані інформаційні джерела:**

1. Директива Європейського Парламенту та Ради від 19.11.2008 № 2008/98/ЄС «Про відходи та скасування деяких Директив». Режим доступу: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984\\_029-08#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_029-08#Text)

2. Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 року (схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 8 листопада 2017 р. № 820). Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-%D1%80#Text>

3. Звіт про науково-дослідну роботу за договором від 23.08.2023 № М/41-2023 «Дослідження складу твердих побутових відходів та їх ресурсного потенціалу» (затверджено Вченою Радою Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», протокол від 12 грудня 2023 року № 13). Полтава, 2023. 134 с.

4. Ілляш О. Е., Голік Ю. С. (2023). Дослідження ресурсного потенціалу побутових відходів у Полтавській області. *Проблеми охорони праці в Україні*, 39(1-2), 47–54.

УДК 620.95;63

## **ПРОБЛЕМА ПОЖЕЖОБЕЗПЕЧНОГО РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧОГО СКЛАДУВАННЯ ВОЛОГОЇ СИРОВИНИ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ БІОПАЛИВА ТА БІОДОБРІВ**

*Кремньов В. О., Беляєв Г.В., к.т.н., Жуков К. Л.,  
Корбут Н. С., Стецюк В. Г., Тимощенко А. В., д.т.н.*

*Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ, Україна*

Наші роботи у напрямках виробництва біопалива і біодобрив дозволяють розглянути характерні негативні явища у цих технологіях із єдиних позицій. Чому виникає значне підвищення температури до рівня, при якому навіть може відбуватись явище самозаймання?

Наприклад, при обстеженні заводу по виробництву паливних гранул із соломи за допомогою спеціального щупа вимірювали температуру в глибині солом'яної маси на складі сировини. Вимірювання показало значення + 96°C.

На наш погляд, таке значення однозначно свідчить про те, що у масі соломи ідуть не тільки суто біологічні процеси, а і хімічні екзотермічні процеси окислення. Аналогічні явища мають місце при довготривалому зберіганні «зеленої» тріски і інших лісосічних відходів. Самозаймання відбувається як влітку, так і взимку.

Для роз'яснення необхідно звернутись до мікробіології.

Що відбувається при недостатній аерації?

Починає розмножуватись небажана мікрофлора. Аеробна мікрофлора, робота якої відповідає технологічній задачі, називається облігатною аеробною мікрофлорою. При її функціонуванні виділяються виключно негорючі гази (CO<sub>2</sub> і H<sub>2</sub>O).

Наряду з облігатною аеробною мікрофлорою у природі існує різноманітна облігатна анаеробна мікрофлора така, що одержує енергію шляхом руйнування складних біополімерів і їх перетворення у простіші. Цей процес, також, спричиняється специфічними ферментами, але без участі кисню. Зокрема облігатна анаеробна мікрофлора забезпечує процес виробництва біогазу в метантенках.

Отже облігатні форми як аеробної, так і анаеробної мікрофлори налаштовані на характерні способи енергозабезпечення. Облігатна анаеробна мікрофлора призводить при перетворенні складних біополімерів у простіші до утворення суміші займистих газів (в тому числі метану), які не містять кисню.

Але крім облігатних форм як аеробної, так і анаеробної мікрофлори у природній біомасі присутній великий спектр так званої факультативної мікрофлори, яка здатна для обох циклів видобутку енергії і в залежності від властивостей оточуючого середовища може поводитись, як аеробна чи анаеробна. При нестачі кисню у біомасі з'являються різноманітні продукти неповного розпаду, займисті гази, біогенні аміни тощо. Займисті гази переміщуються в об'ємі і потрапляють в зону, де присутній кисень, вступають у суто хімічні екзотермічні реакції з відповідним підвищенням температури газового безперервного суцільного середовища, у якому розташовані тверді дисперсні частини біомаси. В результаті такого суто хімічного окислення температура може підвищитись навіть до самозаймання газів, а потім і самої твердої біомаси (соломи чи деревної тріски).

Таким чином, такі небезпечні явища як самозаймання, на наш погляд, спричиняються сумісною дією біохімічних і суто хімічних факторів, а першопричиною є недостатня та нерівномірна аерація.

У результаті порушення роботи аеробної мікрофлори з'являються замість інертних займисті гази, які в інших зонах об'єму біомаси окислюються хімічно з підвищенням температури до рівня, який не може бути досягнутий біохімічно.

Для досягнення температури, яка значно перевищує  $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$  необхідна саме одночасна сумісна дія біохімічних і суто хімічних факторів, але у різних зонах. Біохімічно діяльність саме факультативної мікрофлори продукує займисті гази при температурі  $\leq +60\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а вже в інших зонах вони окислюються суто хімічно з подальшим нагріванням.

Невипадково явища самозаймання спостерігаються саме при зберіганні «зеленої» тріски. Це пояснюється тим, що хвоя і листя, які містяться в її об'ємі легко піддаються конверсії на відміну від деревини; саме із них факультативна мікрофлора продукує займисті гази, а після їх нагрівання і запалювання у горіння включається і деревна маса. Крім хвої і листя аналогічний ефект викликають і дрібні частки деревини та кори, які завжди присутні у лісосічних відходах. Таким чином недостатня аерація зумовлює пожежонебезпечність довгострокового зберігання вологої деревної тріски.

Розглянемо вплив недостатньої аерації при зберіганні вологої біомаси, призначеної для виробництва біодобрив.

Ми мали змогу обстежувати мулові карти комунальних очисних споруд (КОС) ряду міст України і відвали птахофабрик, де зберігався послід від утримання птиці.

Було з'ясовано, що внаслідок діяльності факультативної мікрофлори у мулових осадах та посліді кратно знизився вміст органічних речовин і особливо азотоутримуючих сполук, які мають основне значення щодо удобрювальних якостей біодобрив. Органічні речовини видалаються у

повітря із біомаси у формі займистих газів, а втрати особливо цінних азотних сполук відбуваються у вигляді газу – аміаку.

Таким чином, при недосконалому зберіганні сировина для виробництва біодобрив знецінюється, а ресурсоцінні відходи перетворюються на забруднюючі речовини, непридатні для виробництва комерційної продукції.

Отже, зберігання вологої біомаси-сировини як при виробництві біопалива так і при виробництві біодобрив слід розглядати не стільки як логістичну операцію скільки як тепло-біотехнологічну і таку, що істотно впливає на безпечність і економічність виробництва.

Деревне паливо цілком відповідає сучасним екологічним вимогам, є перспективним відновлюваним ресурсом, але потребує великих обсягів зберігання сировини. Наприклад, у порівнянні з вугіллям, з урахуванням різниці у теплотворній здатності, насипній масі та вологості об'єм деревини у складометрах перевищує об'єм вугілля приблизно у 20 разів за умови однакового теплоенергетичного потенціалу.

В Інституті технічної теплофізики проводилось дослідження зберігання тонкомірної сировини трьома найбільш розповсюдженими способами. У натурному вигляді – у купі і фрагменті штабеля та у подрібненому – у вигляді вологої «зеленої» тріски. Перший і другий способи вважаються безпечними щодо самозаймання, тому основною задачею дослідження цих способів був вплив довготривалого зберігання на вміст води у деревині. Третій спосіб – у вигляді вологої тріски вважається небезпечним щодо самозаймання, а особливо це стосується «зеленої» тріски, одержаної подрібненням деревини сумісно з листям.

*При зберіганні у купах.*

У окремій купі, у вигляді цілих деревин з листям: ширина – 1,7 м; довжина – 3,4 м; висота – 1,5 м; насипний об'єм  $\sim 9 \text{ м}^3$ .

*При зберіганні у штабелях.*

У фрагменті промислового штабеля: ширина – 5 м; висота – 2 м; довжина – 1 м (на практиці довжина не обмежена, не має технологічного значення і визначається з організаційних міркувань з урахуванням розмірів і форми майданчика для зберігання); насипний об'єм  $\sim 10 \text{ м}^3$ .

*При зберіганні у фрагменті бурта в подрібненому вигляді (паливна тріска).*

Фрагмент бурта подрібненої деревини на «зелену» тріску. Розміри бурта: висота – 2 м; ширина: на відмітці «0» – 5 м, на відмітці «2» – 3 м; довжина – 1 м; насипний об'єм  $\sim 5,5 \text{ м}^3$  [1].

Довготривале зберігання вологих паливних трісок відбувається наступним чином.

Попередньо подрібнюють лісосічні відходи (хмиз з листям, деревна кора, хвоя), на відкритому просторі з твердим покриттям закладають купи за допомогою самоскидів, які на визначену ділянку вивантажують вологі тріски, при цьому формують паралельні купи висотою  $1,5 \div 2,5 \text{ м}$ , з

перерізом, наближеним до трапеції, що має нижню основу шириною  $4 \div 6$  м, симетричні бокові сторони, які мають кут із нижньою основою, що дорівнює куту природного схилу тріскової маси  $45 \div 55$ .

Довготривалі дослідження довели, що при такій формі купи, поверхня тепломасообміну з довкіллям є достатньою для забезпечення довготривалого зберігання, необхідності у перемішуванні немає і таке зберігання є пожежобезпечним.

Під час зберігання проводився контроль температури в об'ємі тріски. Температура досягала  $+ 60^{\circ}\text{C}$ , а потім поволі знижувалась. Це однозначно свідчить про те, що підвищення температури має місце лише під впливом біохімічних факторів. Беручи до уваги, що при довготривалому зберіганні фрагмента промислового бурта перемішування нами не проводилось ми дійшли висновку, що вибрана форма бурта, яка відповідає роботі перемішувальних пристроїв є достатньою для само вентильції і не призводить до небажаних біохімічних процесів. Отже для пожежобезпечного зберігання є достатнім сформувати тріску у форми продовжених буртів. Цей вельми важливий висновок прислужився основою для отримання патенту на корисну модель «Спосіб довготривалого зберігання вологої паливної тріски з тонкоміру деревини» [2].

Таким чином, у «холодний» період року (з середини жовтня до середини квітня) волога біомаса як тріска так і суміш для виробництва біодобрив зберігаються у подовжених буртах без перемішування.

#### **Використані інформаційні джерела:**

1. Kremnov V., Belyaev G., Zhukov K., Korbut N., Stetsuk V., Shpilberg L., Timoshchenko A. Fire safe storage and preliminary dehydration of wood waste with diameter  $< 30$  mm from final felling and forest care felling, as a semi-finished product for the production of solid fuel. / Journal of new technologies in environmental science. Vol. 6. No. 3, pp. 85-90. Doi: 10.53412/jntes-2022-3-1. <https://jntes.tu.kielce.pl/wp-content/uploads/2023/02/1-No-3-2022.pdf>

2. Кремньов В. О., Тимошенко А. В., Шпільберг Л. Ю., Жуков К. Л., Корбут Н. С. Спосіб довготривалого зберігання вологої паливної тріски з тонкоміру деревини. Патент України на корисну модель №142712 МПК F26B 9/00; C10L 5/00. Опубл. 25.06.2020, бюл. № 12.

УДК 619.9:615.281

## **ЕНДОЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ АНТИОКСИДАНТІВ ДЛЯ АДАПТАЦІЇ ОРГАНІЗМУ ЛЮДИНИ ДО ЗМІНИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

*<sup>1</sup>Кузнецова Т. Ю., к.х.н., <sup>1</sup>Суптеля С. В., к.п.н., доцент,  
<sup>1</sup>Коробка О. В., <sup>2</sup>Соловійова І. В.*

*<sup>1</sup>Полтавський національний педагогічний університет  
імені В. Г. Короленка, м. Полтава, Україна*

*<sup>2</sup>Полтавський державний медичний університет,  
м. Полтава, Україна*

Зміна клімату вже давно стала видимим та очевидним фактом. Питання полягає лише в тому наскільки сильно вона вплине на життя людей і наскільки руйнівними будуть її наслідки. Навіть за дуже обережними оцінками на період до 2030 року, очікується підвищення середньої річної температури в Україні у межах 0,8-1,1°C та посилення перерозподілу опадів протягом року в межах  $\pm 20\%$  із їхнім збільшенням у холодний період і зменшенням у теплий. Зміна кількості опадів і як наслідок гідродинамічного режиму та водного балансу річок. Також почастишають випадки повеней та надмірної посухи, що може привести до дефіциту прісної води.

Катастрофа на Каховській ГЕС, бойові дії та ракетні обстріли всієї території України лише підвищують вразливість та посилюють наслідки зміни клімату.

Прямі, непрямі динамічні наслідки зміни клімату провокують збільшення кількості вільних радикалів в організмі людини, що може викликати оксидативний стрес і як наслідок це призводить до різних захворювань.

Для зменшення негативного впливу вільних радикалів на біологічні об'єкти живого організму останнім часом у практичній медицині широко застосовуються ендогенні антиоксиданти у зв'язку з їх участю в системі захисту організму людини від агресивної дії вільних радикалів. Відсутність систематичних досліджень, особливо на молекулярному рівні, антирадикальної активності різних антиоксидантів при їх взаємодії з вільними радикалами в біологічних системах зумовлює не тільки наявність суперечливих оцінок в інтерпретації експериментально одержаних закономірностей, але й створює труднощі у розвитку загальних уявлень відносно механізму взаємодії антиоксидантів із вільними радикалами та цілеспрямованого підходу до керування цими процесами, які мають практичне застосування у медицині. Це актуалізує вивчення антирадикальної активності різних антиоксидантів.

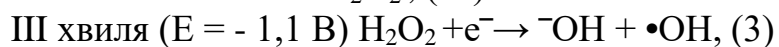
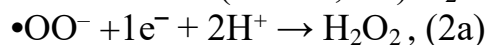
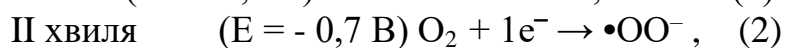
Взаємодія антиоксидантів із вільними радикалами обумовлена впливом великої кількості різноманітних взаємопов'язаних процесів, стабілізація яких навіть в умовах експерименту є досить проблематичною. Разом з тим на сьогодні широко почало застосовуватися моделювання різних фізико-хімічних процесів на молекулярному рівні методами квантової хімії з подальшим аналізом результатів виконаних розрахунків. Тому представляється актуальним вивчення ефективності дії ендогенних антиоксидантів мелатоніну і глутатіону шляхом моделювання механізму їх взаємодії із вільними радикалами (гідроксил-радикалом ( $\bullet\text{OH}$ ) і супероксид-аніон-радикалом ( $\bullet\text{OO}^-$ )) електрохімічними методами, що, надає можливість не тільки отримати обґрунтування позитивного ефекту використання антиоксидантів, але й встановити потенційну значущість цих речовин як лікарських засобів.

Електрохімічні дослідження моделювання взаємодії антиоксидантів із вільними радикалами кисню проводили в Інституті біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України з використанням диференційної імпульсної вольтамперометрії за методикою запропонованою д.х.н., професором Г.С. Шаповал; для дослідів використовували L-глутатіон фірми SERVA та мелатонін фірми Merck. Сполуки використовували без додаткового очищення. Розчини глутатіону та мелатоніну готували безпосередньо перед вимірами.

Раніше нами на основі моделювання взаємодії молекули мелатоніну (MLT) та глутатіону (GSH) з вільними радикалами  $\bullet\text{OH}$  та  $\bullet\text{OO}^-$  за результатами неемпіричних квантово-хімічних розрахунків була запропонована схема перерозподілу електронної густини в молекулах антиоксидантів під впливом вільних радикалів кисню, яка дозволила обґрунтувати мікроскопічний механізм антирадикальної активності молекули мелатоніну [1, 2].

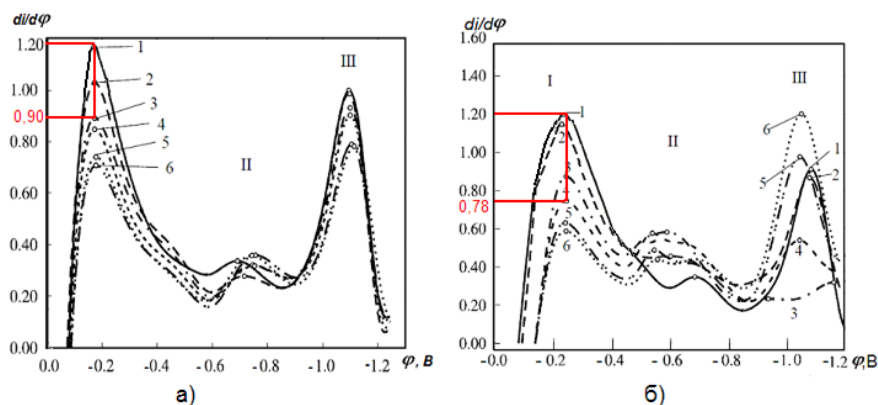
Для підтвердження отриманих на нанорівні квантовохімічних результатів були проведені електрохімічні дослідження взаємодії антиоксидантів із вільними радикалами кисню у водному фізіологічному розчині шляхом електрохімічного генерування вільних радикалів кисню в присутності антиоксиданту [3].

Диференціальні вольтамперні криві відновлення вільних радикалів кисню, які характеризують реакції (1-3), аналогічні тим, що протікають у біосистемах у процесі дихання, обміну речовин, кисневого стресу:



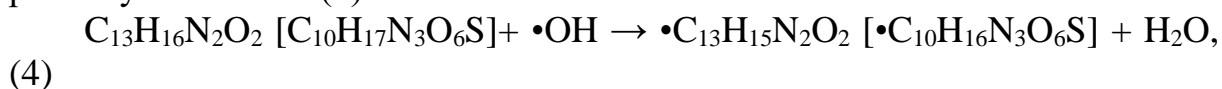
Криві знімали на фоні 0,1М розчину NaCl у воді (фізіологічному розчині) з подальшим титруванням фонового електроліту добавками MLT і GSH різної концентрації (рис. 5).





**Рисунок 1 – Диференціальні вольтамперограми відновлення АФК на мідному катоді на фоні 0,1М NaCl у воді (1) в присутності різних концентрацій антиоксидантів: MLT(а): 2 – 0,39; 3 – 0,74; 4 – 1,07; 5 – 1,67; 6 –  $2,18 \cdot 10^{-3}$  М/дм<sup>3</sup>; GSH (б): 2 – 0,24; 3 – 0,47; 4 – 0,74; 5 – 0,91; 6 –  $1,1 \cdot 10^{-3}$  М/дм<sup>3</sup>**

При введенні у фоновий розчин добавок MLT і GSH різної концентрації спостерігали появу трьох хвиль. При цьому потенціал відновлення ( $\varphi$ ) першої хвилі не змінювався, що вказує на відновлення однакових за типом та формою ЕАЧ. Збільшення концентрацій добавок MLT і GSH призводить до істотного зниження граничного струму перших хвиль на вольтамперних кривих за рахунок чисто хімічної реакції інгібування в об'ємній фазі розчину за схемою (4):



що вказує на зменшення кількості ЕАЧ типу  $\cdot \text{OH}$ .

Подальше відновленням  $\cdot \text{OH}$ , концентрація яких буде зменшуватися внаслідок реакції (4) при введенні добавок MLT[GSH] буде спостерігатися при незмінному потенціалі (0,2 В) на електроді за такою реакцією:



Слід відмітити (рис.1), що в присутності добавок MLT і GSH із однаковою концентрацією  $0,74 \cdot 10^{-3}$  М/дм<sup>3</sup> спостерігається значне зниження граничного струму перших хвиль відновлення, в порівнянні із фоном (відносна величина зміни піка струму в 1,7 разів більша у присутності GSH, а для MLT – приблизно в 1,2 рази), що свідчить про більш виражені антирадикальні властивості GSH в порівнянні з MLT.

На відміну від першої хвилі спостерігається катодний зсув другої хвилі потенціалу відновлення, при введенні як добавок MLT, так і GSH. Так як результати квантовохімічних досліджень взаємодії  $\cdot \text{OO}^-$  з MLT та GSH не вказують на розрив водневих зв'язків у молекулах MLT і GSH, а вказують на вірогідність утворення комплексів, то експериментально знайдений катодний зсув потенціалу 2 хвилі відновлення для обох випадків, однозначно вказує на процес відновлення електроактивних комплексів, тип, форма і кількість яких буде визначатися концентрацією MLT і GSH відносно  $\cdot \text{OO}^-$ .

Зсув хвилі відновлення  $\bullet\text{OO}^-$  в присутності GSH відбувається в сторону зменшення значення потенціалу відновлення, а в присутності MLT – у бік збільшення, що підтверджує також більш виражені антирадикальні властивості GSH у порівнянні з MLT відносно  $\bullet\text{OO}^-$ . Незмінність потенціалу відновлення та зменшення граничного струму (1 хвиля) та катодний зсув потенціалу (2 хвиля) зі збільшенням концентрації антиоксидантів при взаємодії із вільними радикалами для обох випадків є прямим підтвердженням на макрорівні результатів квантовохімічних розрахунків на нанорівні.

Отже, отримані результати експерименту повністю підтвердили на макрорівні результати квантовохімічних досліджень і показали, що MLT і GSH виявляють антирадикальну активність; при цьому підтверджені більш виражені антирадикальні властивості глутатіону у порівнянні з мелатоніном. Цікаво відмітити, що отриманий результат (реакція 4) якісно співпадає з результатами медичних досліджень С.О. Бачуріна, представленими у вигляді феноменологічної схеми взаємодію MLT із вільними радикалами кисню в організмі людини .

Таким чином, на макроскопічному рівні підтверджена принципова відмінність встановлена теоретично механізму інгібування молекулами антиоксидантів гідроксил- та супероксид-аніон-радикала на фоні превалюючої антирадикальної активності глутатіону в порівнянні з мелатоніном. Встановлена кореляція зміни макроскопічних параметрів процесу електровідновлення вільних радикалів кисню в присутності антиоксидантів з отриманими на нанорівні результатами квантовохімічних досліджень при взаємодії молекули мелатоніну та глутатіону із вільним радикалами кисню.

#### **Використані інформаційні джерела:**

1. Соловійов В. В., Кузнецова Т. Ю. Моделювання антиоксидантних властивостей молекули мелатоніна при взаємодії з деякими вільними радикалами. *Науковий вісник Чернівецького університету : Зб. наук. праць. : Хімія*. 2012. Вип. 606. С.92–96.

2. Соловьев В. В., Кузнецова Т. Ю. Сравнительное моделирование взаимодействия молекул глутатиона и мелатонина с гидроксил-радикалом по результатам неэмпирических квантово-химических расчетов. *Укр. хим. журн.* 2012. Т.78, № 8. С.92–96.

3. Громова В. Ф., Шаповал Г. С., Кухарь В. П. Электрохимическое моделирование элементарных стадий окислительно-восстановительных реакций в биосистемах. *Доповіди НАН України*. 1995. № 3. С.92–94 .

УДК 502/504(100:477)

## ЕКОЛОГІЧНІ ВИКЛИКИ – 2025: СВІТ І УКРАЇНА

*Кулікова В. В., здобувачка другого (магістерського) рівня вищої освіти, Смоляр Н.О., к.б.н., доцент*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна*

Щоденна діяльність кожного з нас впливає на природу планети. При цьому аксіомою є те, що незважаючи на намагання людей зменшити негативний вплив на природу Землі, більшість екологічних проблем лише посилюються. Зокрема, відбувається стрімка зміна клімату, й наукова спільнота погодилася, що саме антропогенний чинник (тобто щоденні дії кожного з нас) впливає на пришвидшення змін клімату та масштабує багато процесів.

Під час COP 27 був представлений новий звіт ООН, який засвідчує зменшення країнами обсягу глобальних викидів парникових газів та очевидну недостатність цих зусиль, щоб обмежити підвищення глобальної температури до 1,5 градусів Цельсія до кінця століття. Тож, у найближчий час людству варто очікувати на все більш виразні вияви зміни клімату Землі (глобальне потепління, танення вічної мерзлоти та підвищення рівня Світового океану, закислення океану тощо) і виникнення глобальних наслідків для планети, які спричинять вищезгадані зміни [1].

Чи не найважливішою екологічною проблемою сьогодення є фактична втрата біорізноманіття, адже людська діяльність спричиняє масову загибель рослин і тварин по всьому світу. Так, в доповіді WWF «The Living Planet Report 2022» заявлено, що з 1970 року чисельність популяції ссавців, риб, птахів, рептилій та земноводних скоротилася в середньому на 69%. Також багато досліджень доводить, що вимирання дикої природи на Землі прискорюється? і понад 500 видів наземних тварин знаходяться на межі зникнення і ймовірно будуть втрачені впродовж наступних 20-ти років. Згідно окремих оцінок майже 100 000 видів (із них понад чверті загрожує вимирання, починаючи від лемурів Мадагаскару до земноводних, таких як жаби і саламандри; і рослин, таких як хвойні й орхідеї). В цифрах зникнення видів зображено таким чином: земноводні – 40%, хвойні дерева – 34%, рифові корали – 33%, ссавці – 25%, птахи – 14%, деякі ракоподібні – 27%. Тож, Земля фактично рухається до «масового вимирання» біорізноманіття – шостого за останні півмільярда років [2].

При цьому, важливо окремо відмітити те, що людство протягом багатьох десятиліть зробило чимало помилок через спроби штучно прибрати той чи інший «шкідливий» вид. Яскравим прикладом може

слугувати спроби позбавитися малярійних комарів, обробивши місцевість пестицидом ДДТ на острові Калімантан в Індонезії. Після застосування пестициду на острові почали коїтися дивні речі: у місцевих мешканців обвалювалися дахи, потім почали гинути коти, а після – прийшла чума. Коли цю ситуацію вивчили науковці, то виявилось, що окрім комарів отруту з'їли таргани і вони не загинули, але стали здобиччю для ящірок; в свою чергу ті, через пригнічення рефлексів – здобиччю котів. Зникнення ящірок спричинило надмірне розмноження гусіні, яка поточила дахи будинків. А коли вслід за ящірками загинули і коти, то на острові з'явилася велика кількість пацюків, які поширюють чуму [3].

Крім стрімкої втрати біорізноманіття до глобальних екологічних проблем можна впевнено віднести промислове та стихійне вирубування лісів, забруднення повітря, що є важливим чинником збільшення захворюваності та смертності людей по всьому світу та забруднення екосистем різноманітними відходами та ксенобіотиками (харчовими, пластиком, відходами видобувної галузі та будівництва тощо).

А оскільки ми є частиною цієї планети, то очевидно, що й для України характерні та актуальні абсолютно всі з вище зазначених глобальних екологічних проблем людства. Акцентуємо увагу на деяких нюансах.

Згідно з результатами роботи Держекоінспекції та згідно з опитуваннями Інституту Горшеніна та Представництва Фонду ім. Фрідріха Еберта найбільш нагальними для України екологічними проблемами є нестача питної води, забруднення повітря та відходи. Так, згідно з результатами опитування, в Україні серед екологічних проблем, якими найбільш переймаються респонденти є: забруднення водою та дефіцит питної води (51%), зростання кількості побутових та промислових відходів (45,9%) та забруднення атмосферного повітря (38,1%). На думку респондентів, задля покращення екологічної ситуації у їхніх населених пунктах, перш за все, необхідно здійснити такі кроки: обладнати підприємства сучасними системами очищення, фільтрами (38,1% опитуваних); очистити водойми, відремонтувати та/або побудувати споруди для очищення стічних вод (37% респондентів); побудувати сміттєпереробні заводи, вдосконалити роботу наявних сміттєпереробних заводів, закрити сміттєзвалища (32,2%); масово встановити контейнери для роздільного вивезення сміття (30,8%). До того ж, більше чверті опитаних як захід для покращення стану екології підтримують ідею підвищення екологічної культури населення та екологічну освіту для школярів. При цьому, більшість людей зазначила, що робить свій особистий внесок у покращення екологічної ситуації (зокрема, заощаджують тепло, воду, електрику і газ; сортують сміття та здають небезпечні відходи (батареї, ртутні лампи) у спеціальні приймальні пункти; прибирають сміття в парках та поблизу водойм; висаджують дерева та декоративні трави [4].

Отже, що більшість українців зрозуміли важливість екологічних проблем на рівні з економічними або соціальними, оскільки іноді саме екологічні проблеми призводять до непоправних негативних наслідків. І оскільки проблема фактично усвідомлена нами, як суспільством, ми маємо шукати шляхи її подолання.

Такі шляхи умовно можна розділити на дві площини: що має зробити влада для розв'язання екологічних проблем та які кроки має здійснити саме суспільство.

У площині подолання екологічних проблем суспільство має неухильно дотримуватися всіх вимог екологічного законодавства та підвищувати свідоме та відповідальне ставлення до навколишнього середовища.

У свою чергу, з боку влади мають бути здійснені такі дії:

- удосконалення законодавства у сфері екології і посилення контролю за його виконанням (з урахуванням найбільш ефективних та дієвих прикладів із міжнародного досвіду);
- підвищення ефективності роботи Державної екологічної інспекції;
- впровадження програм із модернізації промислових та інших об'єктів, які завдають шкоди довкіллю (заміна обладнання, установка очисних споруд та фільтрів тощо);
- удосконалення методів екологічного контролю за діяльністю суб'єктів господарювання;
- будівництво сміттєпереробних заводів та створення умов для сортування побутових відходів;
- перехід на альтернативні джерела енергії;
- відмова від поховання ядерних відходів в Україні;
- залучення масштабних інвестицій у реалізацію екологічних проєктів;
- пропагування здорового способу життя, збереження довкілля та впровадження в шкільні програми екологічної освіти.

Людство має пам'ятати, що збереження сприятливого та безпечного довкілля для прийдешніх поколінь є одним із найважливіших завдань для досягнення його збалансованого розвитку; при цьому, воно має значення для всіх сфер людської діяльності. Людина, як біологічний вид, має усвідомити, що її виживання в цьому світі саме сьогодні, як ніколи прямо залежить від виживання інших видів та від збереження всієї повноти генофонду в екосистемах як запоруки підтримання необхідної рівноваги (проста ілюстрація цього відображена вище з описанням знищення людьми комарів на острові Калімантан). Тож, іншими словами: сьогодні просто для того, щоб вижити – слід берегти довкілля та природу, зокрема й як середовище існування людини.

**Використані інформаційні джерела:**

1. Глобальні екологічні проблеми 2023 року./Електронний ресурс. – Режим доступу: <https://www.savednipro.org>
2. Living Planet Report 2022./Електронний ресурс. – Режим доступу: <https://www.worldwildlife.org>
3. Втрата біорізноманіття: як повернути природу в наше життя, щоб зупинити нові пандемії./ Електронний ресурс. – Режим доступу: <https://www.dnister.in.ua/articles/>
4. Інформація досліджень./Електронний ресурс. – Режим доступу: <https://gorshenin.ua/publication>

УДК 628.4:551.583:363.34.

## УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ В УМОВАХ НАРОСТАЮЧИХ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН ТА НЕСТАЧІ ПРІСНОЇ ВОДИ В ЗОНАХ СТИХІЙНИХ ЛИХ

*Медвідь М. М., викладач-методист*

*Відокремлений структурний підрозділ «Рівненський фаховий коледж  
НУБіП України», м. Рівне, Україна*

В умовах сьогодення, враховуючи дослідження багатьох відомих вчених, які свідать про цикл 12000 років, зараз настає саме такий момент. Ми живемо в часи катаклізмів, що неодноразово було передбачено багатьма релігіями й не тільки. Тому зважаючи на цей факт ми можемо бути впевнені, що виникне багато питань з ресурсами на планеті Земля. І зараз науковий прогрес стрімко пішов у гору, з'являються все більше і більше наукових відкриттів, а саме БПГ, вода з туману, вода з повітря, вертикальні ферми і багато іншого.

Ми бачимо досвід минулих років, що люди, які потрапили у зону стихійних лих найчастіше залишаються на призволяще своєю владою і допомога приходить лише від таких самих простих людей або ж волонтерів. Тому дана тема є якраз дуже актуальною в теперішніх умовах надзвичайних ситуацій.

Вибір теми є не просто сьогодення, а це наше можливе щасливе майбутнє, а винахід вода з пластику – це феноменальне рішення проблем забруднення планети і океану.

Джуліан Браун (Julian Brown) – винахідник (рис. 1), відомий своїми дослідженнями в галузі переробки пластику за допомогою піролізу. Основна ідея його роботи полягає у використанні мікрохвильового піролізу для перетворення пластикових відходів на паливо, таке як бензин, дизель або інші вуглеводні.



Рисунок 1. Джуліан Браун

Джуліан пише:

«Я знав, що Земля кличе мене знайти рішення пандемічної проблеми пластикового забруднення, але мені знадобилося втратити спокій, щоб відкрити очі на нову перспективу – піроліз. Я почав інтенсивне дослідження, блукаючи по кожному куточку інтернету в пошуках усього, що міг знайти про піроліз. Мої навички Шерлока Холмса мені добре послужили. Я знайшов посібник Insturctables про те, як зробити піролізний реактор вдома: «Зроби сам із пластику в масло». Побачивши це, я показав, що я сам можу не лише говорити про інноваційну зміну, але й БУТИ та РОБИТИ інноваційну зміну. Тож я взявся за роботу та побудував свій перший піролізний реактор.»

Піроліз – це термічне розкладання будь-якої органічної речовини за відсутності кисню. Якщо матеріал є органічним, його можна використовувати для виробництва палива шляхом піролізу. Пластмасові відходи, харчові відходи, будівельні відходи, хімічні відходи або відходи пестицидів, медичні відходи тощо можна піддавати піролізу.

Мікрохвильовий піроліз відрізняється від звичайного піролізу використанням мікрохвильової енергії. Оскільки мікрохвилі працюють від електроенергії, це дозволяє реактору потенційно працювати за рахунок відновлюваних ресурсів, що робить всі паливні продукти негативними для вуглецю.

На сайті (рис. 2) вченого вказана мета дослідження:

«Наша мета полягає не тільки в тому, щоб змінити спосіб поводження з пластиковими відходами, але й у тому, як суспільство сприймає відходи разом. Через мікрохвильовий піроліз ми показуємо, що сміття не існує. Натомість ми бачимо лише невикористану потенційну енергію».



Рисунок 2. Сайт: <https://www.naturejab.com/>



Ось основні аспекти його досліджень:

1. Технологія мікрохвильового піролізу:

Це метод термічного розкладання органічних матеріалів, включаючи пластик, за відсутності кисню з використанням мікрохвильової енергії. Така технологія дозволяє ефективно переробляти пластик, мінімізуючи виділення токсичних сполук, таких як діоксини та фурани [1, 4].

2. Екологічний ефект:

Технологія сприяє скороченню обсягу пластикових відходів, запобігаючи їх попаданню в океани і на звалища. Паливо, що одержується, може використовуватися в енергетиці, знижуючи залежність від традиційних копалин ресурсів [4, 5].

3. Вплив на суспільство:

Його проекти свідчать, що відходи можуть стати цінним ресурсом. Це допомагає змінити суспільне сприйняття переробки та підвищити поінформованість про нові технології [1, 4].

Наразі Браун займається спільною розробкою перетворення пластику на дизель, а дизель в свою чергу на питну воду разом з установкою Мозеса Веста (Moses West) і скажу вам свою думку, я в захваті від цього дійства, бо бачив як працює ця машина в дії, але лише на відео. Вчені поділилися враженнями від смаку води і сказали, що вона м'якша за звичайну воду з крану, але смак дуже і дуже приємний (рис. 3).



Рисунок 3. Перетворення дизеля-пластика на воду

Таким чином, використання відходів, їх переробка й нові види застосування – це найперша, найнагальніша потреба нашого часу, нашого покоління, якщо ми хочемо, щоб наша планета вижила і наші діти побачили цей світ своїми очима. Завдяки таким вченим і таким технологіям у нас є шанс на щасливе майбутнє для нас і наших дітей.

Ми людство це найстрашніша істота на Землі, але ми маємо подвійну природу, і ми можемо бути лікарями нашої планети. Не споживачами ресурсів, а людьми, які перетворюють їх на красу і будемо творчо їх використовувати.

Проект Джуліана Брауна не лише науково цікавий, а й практичний, пропонуючи інноваційне вирішення проблеми пластикового забруднення.

### **Використані інформаційні джерела:**

1. Our Team – Jab's Waste Pyrolysis & Energy Recovery. Jab's Waste Pyrolysis & Energy Recovery. URL: <https://www.naturejab.com/team> (date of access: 03.12.2024).

2. Our Team – Jab's Waste Pyrolysis & Energy Recovery. Jab's Waste Pyrolysis & Energy Recovery. URL: <https://www.naturejab.com/team> (date of access: 03.12.2024).

3. The Moses West Foundation. The Moses West Foundation. URL: <https://moseswestfoundation.org/> (date of access: 03.12.2024).

4. Packaging Unboxd. «Microwave Pyrolysis: The Future of Plastic Recycling?» Опис технології мікрохвального піролізу Джуліана Брауна, його екологічних переваг та потенціалу для промислового масштабування. URL: <https://www.packagingunboxd.com/> (date of access: 03.12.2024).

5. Buzzsprout. «Julian Brown – Turning Plastic Into Fuel, Nature Jab, Pyrolysis, Safety, Trillionaire Mindset & More». Подкаст з обговоренням досліджень Джуліана Брауна, його винаходів, впливу на навколишнє середовище та планів на майбутнє. URL: <https://www.buzzsprout.com/> (date of access: 03.12.2024).

УДК 504.064.4

## СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ПИВЗАВОДІВ

*Огарь М. О., д.т.н., професор, Саблій Л. А., старший викладач*

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний  
інститут імені Ігоря Сікорського»*

Харчова промисловість належить до однієї з найважливіших галузей агропромислового комплексу України. Пиво та безалкогольні напої становлять більше 20% за структурою обсягів реалізації продукції, і обсяги виробництва пива в Україні збільшилися практично в 4,3 рази, що свідчить про динамічний розвиток цієї галузі [1].

У той же час пивзаводи продукують велику кількість відходів, які потрапляють у стічні води й підвищують рівень забруднення. У зв'язку з цим необхідно проектувати технології ефективного очищення стічних вод пивзаводів для їх безпечного скиду у водойми або каналізаційні системи міст для забезпечення належної охорони навколишнього середовища [1].

Метою даної роботи є аналіз сучасних технологій очищення стічних вод пивзаводів.

Зараз для цього використовують технології, які передбачають попередню механічну очистку, фізико-хімічну обробку та біологічну аеробну, анаеробну або анаеробно-аеробну обробку. Наприклад, у місті Чернігів у 2012 році було побудовано комплекс очищення промстоків пивзаводу «Десна» АВ InBev Efes, де компактно розмістили очисні установки завдяки застосуванню вертикальних високопродуктивних реакторів із гранульованим мулом, де, залежно від умов, як стверджується в статті, час перебування стічних вод у таких реакторах складає від 4 до 20 годин на добу, і ефективність видалення органічних забруднень при цьому досягає 85-90%. Стічні води підприємства очищаються за допомогою вертикального анаеробного біореактора, попередньо пройшовши фізико-хімічну стадію очистки. Обрана технологія дозволяє перетворити збитки на прибутки, оскільки замовник має змогу отримувати біогаз за рахунок роботи анаеробного біореактора [2].

Концентрація завислих речовин пивзаводу надзвичайно велика – 500-2000 мг/дм<sup>3</sup>, після усереднення – 1390 мг/дм<sup>3</sup>. Це унеможливує застосування первинних відстійників для їх видалення, оскільки ефект прояснення за завислими речовинами у первинних відстійниках не перевищує 40-60% [3], що не забезпечує достатнього ступеня очищення для подання стічних вод на біологічне очищення. Тому для ефективного очищення доцільно замість відстоювання у первинному відстійнику

застосувати фізико-хімічний метод напірної реагентної флоатації з рециркуляцією води. Технологія з методом флоатації дозволяє досягти ефекту очищення за завислими речовинами – до 80%, за ХСК та БСК<sub>повн</sub> – до 60% [4]. Недоліком технології є те, що метод флоатації не забезпечує повного очищення стічних вод від колоїдних і розчинених органічних забруднень, якими насичені стоки пивзаводу. Утворюється чимала кількість флотошламу обсягом до 10% від загального об'єму стічних вод, для якого характерне швидке загнивання, через що виникає необхідність стабілізації й зневоднення шламу [5]. Також навіть після застосування цього методу в стічних водах можуть залишатися різноманітні віруси, бактерії та збудники інфекційних захворювань [6], що вказує на необхідність доповнення існуючих технологій, наприклад, мембранними методами або ультрафіолетовою дезінфекцією для підвищення ефективності очищення.

Порівняно з вищеописаними технологіями, застосування мембранних біореакторів, що є ще одним перспективним методом очищення стічних вод пивзаводів, має низку переваг, які передбачають: можливість глибокого очищення стоків від забруднень без включення в технологічну схему додаткових блоків до показників, які відповідають вимогам щодо скидання стічних вод у природні водойми всіх категорій, а також коригування продуктивності без зміни технологічного процесу; зниження маси і габаритів ємнісних споруд на 20-40%, так як активний мул займає менший об'єм при більш високій концентрації, та скорочення площі, що займає обладнання, у 2-3 рази шляхом заміни вторинних відстійників, блоків доочистки, мулових майданчиків на мембранну доочистку; забезпечення високої якості очищеної води, завдяки чому можна виключити подальше освітлення та дезінфекцію; отримання невеликої кількості надлишкового активного мулу, що зменшує собівартість його механічного зневоднення та утилізації [7].

Використання мембранних технологій для очищення стічних вод пивзаводів дозволить скоротити площу, необхідну для очисних установок, при її обмеженій кількості. Наприклад, у місті Чернігові територія заводу була обмежена розмірами 65x25 м [2], а мембранний біореактор займає менший об'єм порівняно з використаним на заводі анаеробним біореактором, до того ж на 30-70% зменшується площа за рахунок відсутності вторинних відстійників, споруд доочищення, мулових майданчиків [3].

Також використання мембранної технології забезпечить більш високий ступінь очищення стічних вод порівняно з використанням одних тільки анаеробних біореакторів, оскільки через напівпроникну мембрану здійснюватиметься процес фільтрації разом із біологічним очищенням, що дозволить досягти наступного ефекту за показниками БСК – 98,7-99,7%, ХСК – 80-90%, азоту амонійного – 98,5-99,8%, фосфору – 90-95 %. Ефективність видалення бактерій – 99,99 %, вірусів – 99% [8].

Використання мембранних біореакторів супроводжується значною проблемою – закупорюванням пор мембран внаслідок взаємодії активного мулу з матеріалом мембран. Це ускладнює технологічний процес та підвищує його собівартість. Частково, цю проблему можна вирішити шляхом використання мембранних модулів зануреного типу. Але найефективнішим методом протидії закупорюванням пор є додавання безпосередньо в резервуар установки спеціально розроблених полімерів. Застосування цього підходу дозволяє знизити витрати на експлуатацію та досягти вищої якості очищення стічних вод [7].

Завдяки тому, що розмір пор мембран у МБР є меншим за розмір клітин мікроорганізмів, включно з бактеріями, у процесі очищення відбувається часткове знезараження стічної води. Ефективність видалення бактерій і вірусів становить понад 99% [3].

Після мембранного біореактора знезаражена вода як технічна вода відправляється на пивзавод для повторного використання у виробничих процесах. З огляду на це доцільно замість хлорування використовувати УФ-випромінювання, яке на кінцевому етапі очищення забезпечує ефективне знезараження відносно вірусів і збудників паразитарних захворювань. Знезараження УФО не вимагає введення у воду хімічних реагентів, не змінює фізико-хімічних властивостей і не впливає на смакові якості води [9].

Осади та НАМ, які утворюються при біологічному очищенні стічних вод, необхідно обробляти – ущільнювати, стабілізувати, знезаражувати тощо. За рахунок промивки мембранного біореактора від налипання НАМ видалається разом з промивною водою й повертається на решітки. Осад та флотошлам прямують на обробку осадів на зброджування до метантенка. Утворений в процесі зброджування біогаз накопичується в газгольдерах і використовується в котельні для опалення споруд та приміщень очисної станції. Після метантенка зброджений осад проходить кондиціонування, механічне зневоднення на фільтр-пресах, після чого висушений осад складається на майданчиках та вивозиться. У випадку аварій на фільтр-пресах осад підсушують на аварійних мулових майданчиках, після чого вивозять.

Отже, технологія із застосуванням напірної реагентної флотації з рециркуляцією та анаеробно-аеробного біологічного очищення з мембранним біореактором дозволяє забезпечити ефективне очищення стічних вод пивзаводу до показників технічної води:  $C_{зр} = 1 \text{ мг/дм}^3$ ,  $C_{БСК} = 0,15 \text{ мг/дм}^3$ ,  $C_{ХСК} = 0,9 \text{ мг/дм}^3$ , що задовольняють вимоги до технічної води і дозволяє її повторне використання для потреб пивзаводу, що водночас може виправдати великі витрати на встановлення на очисній станції мембранних біореакторів.

**Використані інформаційні джерела:**

1. Петухова О. М., Римаренко М. К. Аналіз та перспективи розвитку пивоварної галузі України. 2015.
2. Інтернет-ресурс: Комплекс очищення промстоків пивзаводу «Десна» АВ InBev Efes, м. Чернігів.
3. Обладнання та проектування в біоенергетиці та водоочищенні і управління безпекою праці. Підручник / Л. А. Саблій, О. М Бунчак, В. С. Жукова, В. М. Россінський ; Під ред. Л. А. Саблій. К. : НТУУ «КПІ», 2016. 356 с.
4. Гіроль М. М., Гіроль А. М., Гіроль А. М. Технології водовідведення промислових підприємств: навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2013. 625 с.
5. Романовська Л. А, Саблій Л. А. Порівняння фізико-хімічних та біологічних методів очищення стічних вод // Екологічні біотехнології та біоенергетика : матеріали науково-практичного семінару присвяченого 120-річчю КПІ ім. Ігоря Сікорського (м. Київ, 14 грудня 2018 р.). Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. С. 78–83.
6. Саблій Л. А. Фізико-хімічне та біологічне очищення висококонцентрованих стічних вод : Монографія. Рівне : НУВГП, 2013. 291 с.
7. Сербов В. О., Мотроненко В. В. Очистка промислових стічних вод з використанням мембранних біореакторів. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука»*. № 12 (22), Т.1, 2016.
8. Нагорна О. К. Особливості застосування та експлуатації мембранних біореакторів для біологічної очистки стічних вод. *Науковий вісник будівництва*. 2016. №1(41). С.177–181.
9. Гігієна води та водопостачання населених місць : навчальний посібник / Бабієнко В. В., Мокієнко А. В. Одеса : Прес-кур'єр, 2021. 372 с.

УДК: 662.767.2

## СТРАТЕГІЯ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ ПІДПРИЄМСТВ АГРАРНОГО СЕКТОРА

*Прокопенко Н. В., к.б.н., доцент*

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет  
м. Харків, Україна*

Проблема утилізації відходів на сьогодні залишається однією з найбільш актуальних для людства. У контексті сучасної глобалізації, стрімкого розвитку промислових технологій та активізації економічних процесів, питання перетворення відходів у вторинні продукти набуло ще більшої важливості. Раціональне використання відходів змінює фундаментальні аспекти як економічного, так і екологічного життя суспільства. Утилізація та переробка відходів не лише відповідають ключовим цілям охорони довкілля, але й сприяють відновленню природного середовища, збереженню ресурсів, забезпеченню стабільності екосистем та мінімізації негативного впливу сміттєзвалищ.

Також на сьогодні загострилась не тільки екологічні проблеми накопичення відходів та пошуку шляхів їх утилізації оптимальними способами, дедалі все більший акцент робиться на можливостях та більш широке використання відновлюваної, економічно вигідної та доступної сировини. Як ефективний ресурс такої сировини виступають відходи сільського господарства та харчової промисловості. Перспективним напрямом є їх мікробіологічна переробка, яка сприяє зниженню екологічного тиску на довкілля та дає можливість отримувати широкий спектр корисних речовин. Серед них – кормовий і харчовий білок, цукри, органічні кислоти, спирти, біопаливо та біологічно активні сполуки, що знаходять застосування в різних галузях.

Розглянемо традиційні та альтернативні способи використання відходів сільського господарства.

Особливе місце серед сільськогосподарських відходів займають залишки тваринництва та птахівництва, зокрема гній, що складає значну частину загального обсягу. Найпоширенішим способом утилізації гною є його використання як органічного добрива. Проте, альтернативою є виробництво біогазу шляхом метанового бродіння, що дозволяє отримати цінне джерело енергії.

Процеси вирощування, збору та обробки сільськогосподарських культур супроводжуються утворенням значної кількості відходів. Попри менші обсяги, порівняно з відходами тваринництва, вони мають вагоме

значення, адже можуть бути використані як цінна сировина для виробництва різноманітних хімічних продуктів.

Речовинний склад рослинної біомаси вирізняється різноманітністю. Вона містить такі компоненти, як крохмаль, целюлоза, геміцелюлози, лігнін, пектинові речовини та глікопротеїни. Целюлоза є найбільш поширеною формою відновлюваної біомаси на планеті. Відходи, які містять крохмаль, лігноцелюлозу та целюлозу, можуть використовуватися як джерело для отримання ряду цінних речовин через мікробіологічну трансформацію. Найбільш перспективними в цьому контексті є сільськогосподарські залишки, такі як солома, листя, стебла рослин, лушпиння бавовни, стрижні кукурудзи, а також побічні продукти харчових виробництв – шкірка фруктів, картопляні відходи, багаса, соняшникове лушпиння чи жом від цукрової промисловості. Особливу увагу останнім часом привертають нетрадиційні субстрати, такі як лушпиння льону та конопель – залишки луб'яних культур, які мають великий потенціал для біотехнологічної переробки. Жом, який утворюється у значних обсягах під час переробки цукрових буряків, також є важливою сировиною, адже на кожен тонну буряків припадає до 500 кг свіжого жому.

Наприкінці ХХ століття виник новий підхід до використання рослинної сировини, що передбачає її біологічну конверсію в білок та інші органічні речовини. У сфері мікробіологічного виробництва білкових сполук і продуктів біосинтезу доцільно застосовувати штами мікроорганізмів, здатних засвоювати целюлозу, які можна безпосередньо культивувати на целюлозовмісних середовищах. Значний інтерес до лігноцелюлозних матеріалів як сировини для мікробної індустрії пояснюється не лише їхньою доступністю, але й тим, що однією з основних перешкод для розвитку мікробіологічного білкового виробництва є висока вартість початкової сировини, поряд із великими капіталовкладеннями у будівництво заводів. Використання лігноцелюлозних матеріалів прибирає проблему значної вартості сировини.

Мікроорганізми, які є продуцентами білка, мають ряд суттєвих переваг перед сільськогосподарськими культурами та тваринами. Найважливішою перевагою є їх висока швидкість росту. Джерелами вуглецю для таких мікроорганізмів можуть бути меляса, що є побічним продуктом цукрової промисловості, солома злакових культур та інші доступні відходи. Солома злакових культур вважається перспективною сировиною для отримання мікробного білка. Щороку в Україні накопичується понад 300 мільйонів тонн соломи, з яких лише 70-80 мільйонів тонн використовується для годівлі тварин, а ще 30 мільйонів тонн направляється на підприємства гідролізної промисловості. При цьому близько половини цієї соломи може бути використано для одержання кормового білка грибного (мікрогрибного) походження.



Для отримання білка мікроорганізмів зазвичай використовують дріжджі та бактерії. Проте міцеліальні гриби як продуценти білка досі залишалися поза належною увагою. Водночас у багатьох країнах світу мікроскопічні гриби вже давно застосовуються як основа для виробництва національних продуктів харчування. Мікроміцети виробляють широкий спектр ферментів, які здатні перетворювати численні промислові відходи в їстівний білок. Це відкриває перспективи для переробки відходів харчової промисловості та сільського господарства.

Для багатьох регіонів світу, де спостерігається дефіцит білка, характерним є надлишок вуглеводів, зокрема у вигляді крохмалевмісних відходів. Використання цих відходів для біологічного синтезу білка за допомогою мікроорганізмів може стати ефективним способом покращення білково-калорійного балансу населення. Наприклад, серед культур міцеліальних грибів гриби роду *Penicillium* є найефективнішими продуцентами білка. Ці гриби добре ростуть на таких відходах, як нестандартна картопля, картопляна мезга, картопляний сік та інші побічні продукти переробки картоплі.

Їстівні гриби, які належать до класу базидіоміцетів, також становлять значний інтерес як продуценти білка і біологічно активних речовин. Для їхнього вирощування підходять багаті на цукри відходи переробки фруктів, овочів, цукрових буряків, кукурудзи, а також молочна сироватка. Остання, що є основним відходом молочної промисловості, має високу харчову цінність, але здебільшого не переробляється, що призводить до екологічних проблем.

Серед технологій отримання білка з лігноцелюлоз найбільш відомою є розроблена в Канаді методика Waterloo. Вона передбачає використання грибів *Chaetomium cellulolyticum* для перетворення сільськогосподарських відходів, таких як солома, багаса чи кукурудзяні качани, на білок. Отриманий продукт можна використовувати як кормову добавку або як основний білковий компонент комбікормів. Аналогічно, для збагачення соломи білком можна застосовувати гриби роду *Penicillium*, зокрема *Penicillium janthinellum* і *P. funiculosum*. Слід зауважити, що використання грибів може збільшити вміст білка в соломі у 1,5-8 разів.

Перспективним напрямом є також виробництво білково-ліпідної біомаси, яка може бути ефективною добавкою до кормів завдяки високій енергетичній цінності. Міцелій грибів містить не лише білки, а й корисні жирні кислоти, вітаміни та інші важливі речовини.

У майбутньому рослинна сировина може стати основою мікробіологічної промисловості, забезпечуючи виробництво не лише білків, але й цінних вуглеводів, органічних кислот, палива та інших речовин. Використання для цього сільськогосподарських і харчових відходів сприятиме екологічній стабільності та економічній вигідності процесів.

УДК 502.15:574.1-047.44

## **ВАГОМІСТЬ ПОКАЗНИКІВ БІОРІЗНОМАНІТТЯ ПРИ ЕКОЛОГІЧНІЙ ОЦІНЦІ ОБ'ЄКТІВ ПЛАНОВАНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ**

*Смоляр Н. О., к.б.н., доцент, Заспа М. Р., здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна*

Оцінка впливу на довкілля (ОВД) є важливою складовою сталого розвитку, оскільки вона допомагає запобігти екологічним катастрофам і знизити ризики для довкілля. Завдяки цьому процесу можна заздалегідь визначити потенційні загрози, пов'язані з певними проектами, такими як будівництво заводів, гідроелектростанцій чи прокладання доріг. Це дає змогу уникати забруднення повітря, води, ґрунтів або знищення місцевих екосистем. Тому ОВД відіграє вирішальну роль у запобіганні масштабним екологічним проблемам [1]. До того ж, ОВД сприяє ефективному використанню природних ресурсів, оскільки допомагає краще планувати розвиток проєктів і враховувати їхній довгостроковий вплив. Це дозволяє уникати виснаження ресурсів і забезпечує їх збереження для майбутніх поколінь, що є ключовим для досягнення сталого розвитку [6].

Із метою виконання обов'язків суб'єктів господарської діяльності який підпадає під пункти статті 3 Закону України «Про оцінку впливу на довкілля» кожен суб'єкт господарської діяльності зобов'язаний отримати дозвіл, тим самим забезпечуючи охорону навколишнього природного середовища та виконуючи завдання запобігання негативного антропогенного впливу на довкілля та здоров'я людини. Підприємство при наданні послуг повинно дотримуватись вимог діючого природоохоронного законодавства, а саме: Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища», Закону України «Про управління відходами», Закон України «Про оцінку впливу на довкілля», водний кодекс України, Закон України «Про охорону атмосферного повітря», Закон України «Про природно-заповідний фонд України» та ін. Для цього на підприємстві має функціонувати система управління відходами, обліком викидів в атмосферне повітря, регулювання забору та скидання водних ресурсів які мають забезпечити здійснення діяльності підприємства з мінімальним ризиком для навколишнього природного середовища, а також відповідно до діючого українського законодавства, положень законодавчих актів ЄС, стратегій розвитку підприємства тощо.

У відповідності до діючої законодавчої бази результати вивчення впливу об'єкта планованої діяльності на довкілля повинні бути викладені у

документі – звіті з ОВД, який повинен містити такі структурні елементи інформації: 1. Загальну інформацію про. 2. Опис запланованої діяльності. 3. Характеристику поточного стану довкілля. 4. Оцінку впливу проєкту на довкілля. 5. Заходи для запобігання або зменшення впливів. 6. Альтернативи запланованої діяльності (опис альтернативних варіантів проєкту. 7. Прогнозування та моделювання наслідків. 8. Залучення громадськості. 9. Оцінку залишкових впливів. 10. Програму екологічного моніторингу. 11. Оцінку аварійних ризиків. 12. Висновки та рекомендації. 13. Додатки (Карти, схеми та інші графічні матеріали, які ілюструють проєкт, методики та моделі, що використовувалися для оцінки впливу, дані про біорізноманіття (кількісні та якісні показники), офіційні висновки від фахівців або експертних організацій).

Усі ці вказані пункти передбачають наведення інформації, аналізу та обґрунтувань щодо біорізноманіття, яке виступає важливим компонентом навколишнього середовища і основним індикатором на якість навколишнього середовища. До того ж, дані про біорізноманіття у звіті наводяться на всіх рівнях організації живого – видовому, популяційному, ценотичному, біотопічному, ландшафтному.

В умовах України серед різноманітних за змістом і детальністю даних про біотичний компонент можна виділити кілька базових блоків інформації, опрацювання яких є доцільним на інвентаризаційному етапі робіт зі стратегічного екологічного оцінювання (талбл.1). До такої інформації належать дані щодо просторового розподілу типів біотопів [1].

У роботах зі стратегічного екологічного оцінювання біотопи традиційно розглядаються в якості основного об'єкта вивчення при аналізі біотичного компонента. Основним завданням при вивченні біотопів на інвентаризаційному етапі є створення карти типів біотопів досліджуваної території. При створенні такої карти рекомендується використовувати класифікації біотопів лісової та лісостепової зон України, наведені в «Національному атласі біотопів України» [4]. Основними вихідними джерелами інформації для створення карти біотопів є дані дистанційного зондування Землі, топографічні карти, а також результати попередніх геоботанічних досліджень території оцінювання і польові дослідження в рамках здійснення стратегічного екологічного оцінювання. Для цілей стратегічного екологічного оцінювання важливою є не лише інформація про перелік типів біотопів на досліджуваній території та їх просторовий розподіл, а й детальніші характеристики цих біотопів, на основі яких можна здійснювати їх оцінювання та обґрунтовувати пропозиції щодо їх збереження чи розвитку.

**Таблиця 1. Вихідні дані щодо біорізноманіття для  
Стратегічної екологічної оцінки [7]**

Розділ: Види та біотопи	Джерело	Форма отримання
Дані про просторове розташування різних видів біорізноманіття та їх характеристики	Топографічні карти різних масштабів	За запитом
	Дані дистанційного зондування Землі середнього просторового розрізнення (Landsat, Sentinel)	Наявна можливість безкоштовного отримання
	Дані дистанційного зондування Землі високого просторового розрізнення (наприклад, знімки, наявні в Google Earth)	Наявна можливість безкоштовного та платного отримання
	Глобальні та регіональні продукти щодо типів земного покриття (land cover), створені на основі даних ДЗЗ (наприклад, CORINE Land Cover)	Наявна можливість безкоштовного отримання
Дані про поширення (локалізацію місць знаходження) рослин, тварин, грибів та мікробів	GBIF (Global Biodiversity Information Facility) – міжнародна організація та інтернет-сайт, створені для збору наукової інформації про біорізноманіття світу та розповсюдження її через мережу Інтернет за допомогою веб-сервісів <a href="https://www.gbif.org/uk/">https://www.gbif.org/uk/</a>	
Дані про просторове розташування та характеристики лісів України	Матеріали лісовпорядкування («Укрдержлісprojekt»; інші установи, які виконують роботи щодо лісовпорядкування; обласні управління лісового та мисливського господарства; лісгоспи) <a href="https://www.lisprojekt.gov.ua/webulr">https://www.lisprojekt.gov.ua/webulr</a> Плани лісонасаджень <a href="https://www.lisprojekt.gov.ua/planilisonasadzhen1">https://www.lisprojekt.gov.ua/planilisonasadzhen1</a>	За запитом (можливе платне отримання. Вільне завантаження) Вільне завантаження
Дані про види флори і фауни та рослинні угруповання, які потребують охорони «Червона книга України	«Червона книга України» <a href="https://redbook-ua.org/">https://redbook-ua.org/</a> «Зелена книга України» <a href="https://mepr.gov.ua/news/32530.html">https://mepr.gov.ua/news/32530.html</a>	Наявна можливість безкоштовного отримання

Серед основних типів біотопів в Україні та в регіонах відносно кращим рівнем вивченості характеризуються ліси (точніше – ліси, щодо яких проводиться лісовпорядкування), для яких існує значний обсяг детальної систематизованої лісовпорядкової інформації. Серед характеристик лісових насаджень, наявних у матеріалах лісовпорядкування, особливий інтерес для цілей стратегічного екологічного оцінювання становлять дані щодо

породного складу, віку, походження, умов місцезростання, бонітету лісів. Необхідно відзначити, що для лісів, стосовно яких не проводяться лісовпорядні роботи, та для більшості інших типів біотопів в Україні рівень забезпеченості подібною інформацією є значно гіршим, що ускладнює виконання завдань інвентаризаційного етапу стратегічного екологічного оцінювання щодо таких біотопів. Певною мірою дефіцит детальнішої інформації про вказані типи біотопів може бути компенсований за рахунок використання даних дистанційного зондування Землі (передусім – високого просторового розрізнення), проте, як правило, для результативного використання вказаного джерела інформації необхідне проведення відповідних польових досліджень на території оцінювання.

Крім біотопів іншим основним об'єктом вивчення в ході інвентаризації біотичного компоненту є окремі види флори і фауни. Джерелами інформації для визначення місць поширення видів можуть бути матеріали попередніх ботанічних і зоологічних досліджень відповідної території [2], міжнародний інтернет-ресурс GBIF тощо. Оскільки однією з важливих цілей стратегічного екологічного оцінювання є забезпечення збереження біотичного різноманіття, при аналізі видів флори і фауни в межах території планування основна увага надається рідкісним видам (реліктам, ендемікам, видам із вразливою біологією, погранично-ареальним). Основним джерелом інформації про такі види є Червона книга України [9, 10] та регіональні червоні списки окремих адміністративних областей [3], а основна проблема, яка виникає при використанні вказаних джерел, – низька точність просторового прив'язування місцезнаходжень рідкісних видів біоти.

При складанні Звіту ОВД для відповідної території також важливою є інформація про її рослинний покрив, рослинність та екологічно цінні фітоценози, включені до Зеленої книги України [3] та рідкісні на регіональному рівні.

Необхідно відзначити, що компонент «Види флори і фауни та біотопи», крім функції збереження біорізноманіття, виконує ще ряд інших важливих функцій, які можуть бути визначені як основні цільові функції стратегічного екологічного оцінювання (наприклад, захист від водної та вітрової ерозії, формування оптимальних мікрокліматичних умов, регулювання поверхневого стоку та ін.). Проте, як правило, ці функції розглядаються при оцінюванні інших природних компонентів (захист від водної та вітрової ерозії – при оцінюванні ґрунтів; формування оптимальних мікрокліматичних умов – при оцінюванні клімату; регулювання поверхневого стоку – при оцінюванні вод). Крім оцінювання значення видів та біотопів для збереження різноманіття доцільно також проводити оцінювання їх чутливості до зовнішнього впливу, зокрема визначати їх загальну стійкість. При цьому враховуються, зокрема, рівень біорізноманіття біотопів, ступінь порушеності їхнього природного стану,

їхня структура, рівень фрагментованості, рівень відповідності наявних умов місцезростання біотопів оптимальним умовам їхнього місцезростання.

Для оцінювання важливості та стану збереженості біотопів застосовуються загальноприйняті критерії визначення територій із різними рівнями чутливості біотопів до впливів [7]: висока чутливість – сильнофрагментовані біотопи; біотопи, в яких певні види можуть зникнути через відсутність умов повторного розселення; монокультурні біотопи; біотопи, умови місцезростання яких значно відрізняються від оптимальних; середня чутливість – біотопи, в яких склад і структура біоценозів відновлюються за допомогою мігрантів чи надходження насінневого матеріалу ззовні; низька чутливість – біотопи з близьким до природного видовим складом та структурою; біотопи з оптимальними умовами місцезростання; біотопи з незначними передумовами до вияву негативних наслідків антропогенного впливу.

Іншим напрямом оцінювання чутливості видів та біотопів є визначення їх реакції щодо відповідного конкретного виду зовнішнього впливу на них. Зокрема, може оцінюватися чутливість видів та біотопів до виникнення лісових пожеж, ураження їх шкідниками і хворобами, випасання худоби, рекреаційного навантаження. Вибір конкретних видів зовнішнього впливу, стосовно яких проводиться оцінювання, залежить від специфіки досліджуваної території та конкретних природоохоронних заходів.

Отже, незаперечною є важливість біорізноманіття як індикатора стану екосистем та необхідність його врахування при екологічній оцінці об'єктів планової діяльності. Використання показників біорізноманіття в екологічній оцінці дозволяє ідентифікувати потенційні негативні впливи на природне середовище, оцінити ефективність природоохоронних заходів та приймати обґрунтовані рішення щодо управління природними ресурсами. Однак, застосування цього підходу має свої особливості, пов'язані з вибором відповідних показників, методами збору та аналізу даних, а також інтерпретацією отриманих результатів. Тому актуальним є подальший розвиток методів та методик оцінки біорізноманіття та їхнього інтегрування в процеси екологічної оцінки. Перспективними напрямками є розробка нових методів моніторингу та оцінки біорізноманіття, створення інтегрованих систем моніторингу, розробка інструментів для економічної оцінки біорізноманіття та вдосконалення нормативно-правової бази в галузі охорони біорізноманіття.

#### **Використані інформаційні джерела:**

1. Голубцов О. Г. Інвентаризація та аналіз даних у ландшафтному плануванні на основі ГІС. *Укр. геогр. журн.* 2014. №4. С. 21–29.

2. Дідух Я. П., Фіцайло Т. В., Коротченко І. А., Якушенко Д. М., Пашкевич Н. А. Біотопи лісової та лісостепової зон України ; Ред. чл.-кор. НАН України Я. П. Дідух. К. : ТОВ «Макрос», 2011. 288 с.

3. Зелена книга України ; під заг. ред. чл.-кор. НАН України Я. П. Дідуха. К. : Алтерпрес, 2009. 448 с.
4. Національний каталог біотопів України ; За ред. А. А.Куземко, Я. П.Дідуха, В. А.Онищенко, Я. Шеффера. К. : ФОП Клименко Ю.Я., 2018. 442 с.
5. Офіційні переліки рідкісних рослин адміністративних територій України (довідкове видання) / Укладачі: доктор біол. наук, проф. Т. Л. Андрієнко, канд. біол. наук М. М. Перегрим. К.: Альтепрес. 2012. 148 с.
6. Стратегічна екологічна оцінка: досвід упровадження в містах України. К., 2019. 44 с.
7. Стратегічна екологічна оцінка комплексного плану : Практичний посібник. К., 2022. 108 с.
8. Hennings, V. (Koord.) (2000): MethodendokumentationBodenkunde. 2. Auflage, Hannover.
9. Червона книга України. Рослинний світ ; за ред. Я.П. Дідуха. К. : Глобалконсалтинг, 2009. 900 с.
10. Червона книга України. Тваринний світ ; за ред. І.А. Акімова. К. : Глобалконсалтинг, 2009. 600 с.

УДК 678.028.2 + 664.3.033 + 658.567.3

## **ОТРИМАННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ ІНГРЕДІЄНТІВ ІЗ ВІДХОДІВ ВИРОБНИЦТВА СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ В ЕЛАСТОМЕРНИХ КОМПОЗИЦІЯХ**

*Соколова Л. О., к.т.н., доцент, Плюта К. В. та Тюнін Д. С., здобувачі  
другого (магістерського) рівня вищої освіти, Овчаров В. І., д.т.н.,  
професор, декан факультету харчових та хімічних технологій*

*Український державний університет науки і технологій,  
м. Дніпро, Україна*

Сучасні принципи зеленої хімії та вимоги до екологічно збалансованого природокористування мотивують науковців і виробників до впровадження раціональних підходів до перероблення та утилізації відходів олієжирової галузі України. Вітчизняна технологія очищення соняшnikової олії, зокрема на стадії відбілювання та фільтрації (процес вінтеризації), передбачає щорічне отримання десятків тисяч тон небезпечного для довкілля відпрацьованого замаcленого мінерального адсорбенту, який за своїм складом може бути потенційною сировиною при отриманні інгредієнтів для еластомерних композицій. В економічному, екологічному сенсі та з точки зору імпортозаміщення матеріалів гумової галузі промисловості це є актуальним.

Тому, метою виконаних нами досліджень стало розроблення способів отримання інгредієнтів із відходів виробництва соняшnikової олії, а саме замаcленого гідрофобізованого адсорбента, та встановлення раціональних напрямів використання неорганічного (мінерального) й органічного складників відходу маслoперероблення в еластомерних композиціях.

На першій стадії регенерацію відпрацьованого гідрофобізованого адсорбента проводили його відмиванням діхлоретаном, таким чином розділено неорганічну мінеральну складову та органічну складову – жирo-, восковмісну фракцію. На другій стадії відмиванням мінерального адсорбента петролейним етером виділено воскову фракцію. Очищений мінеральний адсорбент підлягав прожарюванню за температури 800 °С. Отримання амідів жирних кислот здійснено за традиційними методиками.

Визначення фізико-механічних характеристик вихідного гідрофобізованого мінерального адсорбента, його регенованих типів; жирo-, восковмісного складника; восковмісного складника; амідних похідних виконано різними інструментальними методами.

Оцінювання впливу типу, концентрації досліджуваних речовин в якості наповнювачів, пом'якшувачів, технологічних активних добавок, стабілізаторів на формування комплексу властивостей еластомерних



композицій проводилося в гумових сумішах і вулканізатах модельного та промислового типів на основі карболанцюгових каучуків загального і спеціального призначення.

Досліджено вплив 10, 20 і 30 мас. ч. гідрофобізованого мінерального адсорбента і його регенованої форми на властивості еластомерних композицій на основі бутадієн- $\alpha$ -метилстирольного каучуку марки СКМС-30 АРК відносно дії каоліну. Показано, що регенована форма продукту є мінеральним наповнювачем напівпосилуючої дії, який надає гумовим сумішам покращені технологічні властивості, задовільне співвідношення кінетичних параметрів вулканізації та рекомендується для використання у складах гум для компресійного способу виготовлення гумовотехнічних виробів.

Визначено особливості технологічних, вулканізаційних і фізико-механічних властивостей еластомерних композицій на основі цис-1,4-поліізопрену марки СКІ-3 при введенні дослідних продуктів очищення при дозуваннях 20-80 мас.ч. Встановлено перевагу гум при оптимальному дозуванні 20 мас.ч. дослідних продуктів за параметрами температуростійкості та стійкості до теплового старіння. Показана можливість застосування регенованого мінерального продукту як наповнювача у складі еластомерних композицій шинного призначення на основі каучуків загального призначення [1].

Досліджено особливості формування технологічних, вулканізаційних, динамічних, релаксаційних та фізико-механічних властивостей еластомерної композиції для виготовлення бігової частини протектора за наявності жиро-, восковмісної фракції в якості пластифікатора-пом'якшувача. У порівнянні з промисловим нафтохімічним мастилом марки Nytex 4700 дослідний продукт у 1,5 рази підвищує когезійну міцність гумової суміші, при збереженні параметрів вулканізації забезпечує на 30-40% вищу стійкість до реверсії та релаксаційних процесів при 100 °С, менший рівень динамічних втрат, високий рівень фізико-механічних характеристик [2].

За результатами досліджень модельних ненаповнених і наповнених еластомерних композицій на основі бутадієн- $\alpha$ -метилстирольного каучуку марки СКМС-30 АРК встановлено, що жиро-, восковмісний складник має вплив на процес сірчаної вулканізації як технологічна добавка та забезпечує в 1,3 рази вищу втомну витривалість гум при багаторазовому розтягуванні відносно гум зі стеариновою кислотою [3].

Амідні похідні жирних кислот соняшникової олії, поглиблюючи процес сірчаної вулканізації, можуть бути віднесені до технологічних активних добавок [4].

За результатами експериментальних досліджень 1,0-2,0 мас.ч. восковмісного продукту у складі еластомерних композицій для виготовлення елементів шин встановлено, що як технологічна добавка

восковмісних продукт в результаті зниження ефективної енергії активації сірчаної вулканізації ініціює та поглиблює процес зшивання, знижує теплоутворення, позитивно впливає на ефект Пейна зі збереженням рівня динамічних і фізико-механічних властивостей гум, притаманних гумам із нафтохімічним мікрвоском марки СВОЗ-75 У.

Отже, показана можливість отримання з відходів виробництва соняшникової олії регенованих неорганічних та органічних продуктів, які здатні виявляти напівпосилюючу дію як мінеральні напівпосилюючі наповнювачі (неорганічна складова) та виконувати роль технологічних активних добавок поліфункціональної дії (жиро-, воскова фракція; воскова складова; амідні похідні) еластомерних композицій на основі дієнових каучуків.

Отримані продукти є прикладом ресурсозбереження на підприємствах олійного виробництва та імпортозаміщення інгредієнтів у рецептурах гумових сумішей для виготовлення шин та гумотехнічних виробів.

Автори роботи виказують щирю подяку працівникам заводської лабораторії ТОВ «РОСАВА ТАЙЕРС» (м. Біла Церква, Україна) за допомогу в організації та проведенні експериментальних досліджень.

#### **Використані інформаційні джерела:**

1. Овчаров В. І., Миронюк О. В., Соколова Л. О., Суха І. В. Застосування продуктів очищення і відпалювання використаного адсорбенту очищення соняшникової олії як наповнювачів еластомерних композицій. *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii*. 2020. No. 5. P. 53–62. <https://doi.org/10.32434/0321-4095-2020-132-5-53-62>
2. Sokolova L., Daliba O., Sukha I., Skrypkina M., Ovcharov V. Formation of elastomeric composition properties in the presence of bioingredient. *Chemistry & Chemical Technology*. 2023. Vol.17. No.1. P. 88–100. <https://doi.org/10.23939/chcht17.01.088>
4. Соколова Л. О., Суха І. В., Панфілова О. А., Овчаров В. І., Тищенко В. О. Використання регенованих відходів виробництва соняшникової олії у складі еластомерних композицій для виготовлення елементів шин. *Journal of Chemistry and Technologies*. 2024. № 32(1). С. 210–222. <https://doi.org/10.15421/jchemtech.v32i1.297251>
5. Соколова Л. О., Панфілова О. А., Овчаров В. І., Черваков О. В., Суха І. В. Амідні жирних кислот рослинного походження у складі еластомерних композицій. *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii*. 2024. № 2. С. 115–123. <https://doi.org/10.32434/0321-4095-2024-153-2-115-123>

УДК 504.064.4

## **АНАЛІЗ ПРОЄКТУ РЕГІОНАЛЬНОГО ПЛАНУ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

*Тітова А. О., аспірантка, Шмандій В. М., д.т.н., професор,  
Бездєнєжних Л. А., к.т.н., доцент*

*Кременчуцький національний університет  
імені Михайла Остроградського,  
м. Кременчук, Україна*

Не зважаючи на намагання впроваджувати провідні світові практики, Україна поки що не має можливості повністю відмовитися від полігонів для захоронення відходів. На етапі переходу до сучасних і більш екологічних методів управління відходами полігони та сміттєзвалища можуть залишатися вимушеним тимчасовим рішенням для утилізації великих обсягів сміття. Важливо забезпечити їхню модернізацію та безпечне функціонування [1].

На виконання вимог Закону України «Про управління відходами», відповідно до Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року триває розроблення Регіонального плану управління відходами у Полтавській області до 2033 року [2].

Метою регіонального плану управління відходами є створення та забезпечення ефективного функціонування сучасної системи управління відходами в Полтавській області, що ґрунтується на інноваційних підходах. План передбачає впровадження стратегічного планування, яке включатиме реалізацію заходів, спрямованих на реформування та вдосконалення управлінських процесів у сфері управління з відходами. Також визначатиметься оптимальна система управління відходами, що охоплює розвиток інфраструктури для збору, роздільного збору, перероблення, оброблення та утилізації відходів, вибір технологій і методів їх обробки, а також практичні кроки для реалізації цих заходів.

Національною стратегією управління відходами в Україні до 2030 року передбачається формування кластерного підходу при здійсненні стратегічного планування усіх питань управління відходами в регіонах. Тому, документом розглядаються декілька сценаріїв управління відходами. Ключовою відмінністю сценаріїв є кількість адміністративних районів, що входять до певного кластеру (від 4 до 7). За оптимальний прийнято сценарій № 3, де пропонується провести розподіл на 6 кластерів з урахуванням адміністративного поділу Полтавської області: Полтавський кластер, Білицько-Кобеляцький кластер, Кременчуцький кластер (Горішньоплавнівська Кременчуцька Кам'янопотоківська, Пришибська

територіальні громади), Глобинський кластер (Оболонська, Омельницька, Глобинська, Градизька, Новогалециньська, Семенівська, Піщанська, Козельщинська, Кременчуцька (північна частина), Миргородський кластер, Лубенський кластер.

На території кожного кластеру передбачається будівництво регіонального полігону (рис. 1). Сценарієм пропонується приєднання частини Кременчуцької ТГ до Глобинського кластеру, що на нашу думку, не достатньо обґрунтовано.

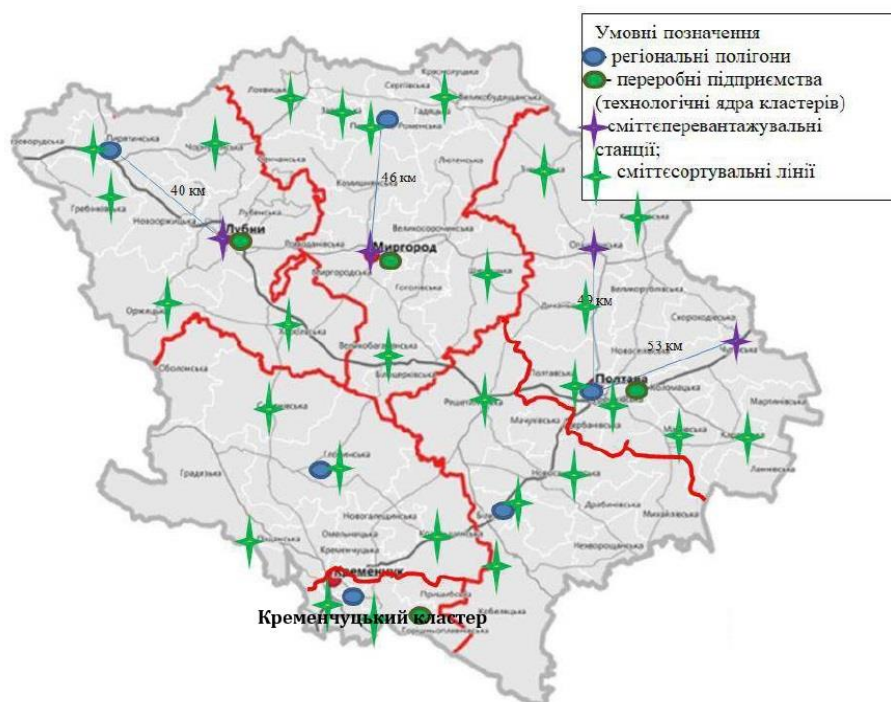
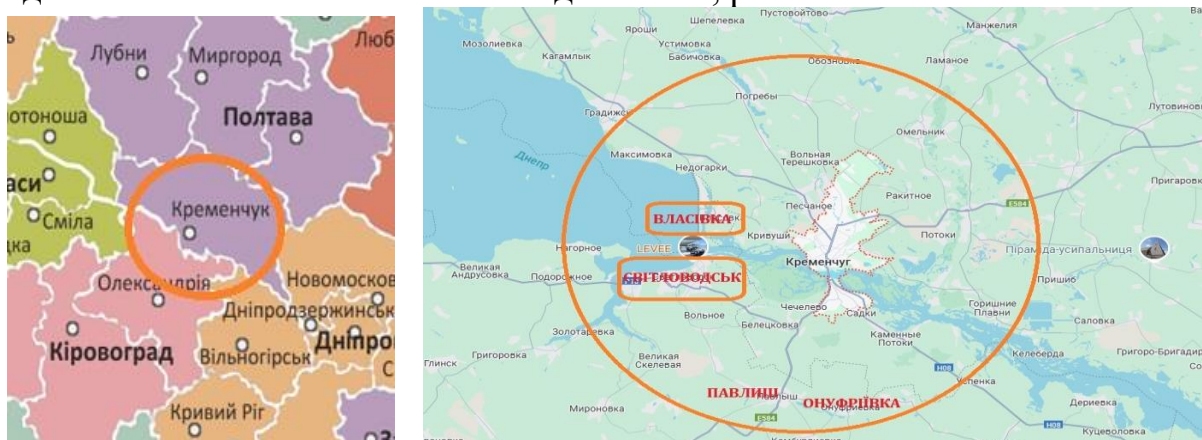


Рисунок 1. Кластери управління відходами у Полтавській області

При розробленні регіональних планів застосовуються такі основні критерії як: рекомендоване охоплення населення від 150 тис. осіб, можливість створення полігону та об'єктів перероблення у кожному кластері, мінімізація обсягів захоронення, мінімізація витрат на транспортування та захоронення. Як додаткові критерії розглядаються встановлені зв'язки між громадами, місцеві обмеження щодо розташування полігону.

Аналізуючи запропоновану систему управління відходами, ми вважаємо доцільним залишити єдину територіальну одиницю Кременчуцької ТГ, не розділяючи її та не приєднуючи північну частину до Глобинського кластеру. Адже, важливим фактором при визначенні зони охоплення послугою з управління відходами є відстань між місцем утворення відходів та об'єктом їх оброблення. Оптимізація цього параметра сприяє зниженню витрат на транспортування, підвищення ефективності системи управління відходами та мінімізації впливу на стан екологічної безпеки.

Враховуючи те, що місто Кременчук межує з Кіровоградською областю, певна кількість населених пунктів територіально знаходиться поблизу від регіонального полігону Кременчуцького кластеру, куди і здійснюється вивезення сміття на даний час, рис. 2.



**Рисунок 2. Територія охоплення послугою з управління відходам у Кременчуцькому кластері з урахуванням прилеглих територій сусідньої області**

Запровадження кластерного підходу без врахування вказаних територій може спричинити труднощі з транспортуванням відходів, значне підвищення витрат на транспортування, що в свою чергу може призвести до утворення несанкціонованих сміттєзвалищ. Окрім того, в період воєнного стану в Україні значно збільшилась потреба в управлінні відходами руйнувань, частина яких підлягає видаленню на полігонах. Час зберігання таких відходів повинен бути мінімізований.

Дійсно, згідно чинного законодавства Регіональний план розробляється для певного регіону (області), проте, ми вважаємо, що існують підстави через які необхідно змінити підходи при формуванні планів шляхом застосування певних виключень відносно зон охоплення послугою з управління відходами. У разі обґрунтування доцільності перевезення відходів від одного регіону до іншого, доцільно законодавчо надати право включати у Регіональний план території сусіднього регіону. Запропонована альтернатива не суперечить принципам ієрархії управління відходами та спрямована на покращення екологічного стану довкілля.

### **Використані інформаційні джерела:**

1. Titova, A., Kharlamova, O., Shmandiy, V., Bezdeneznych L., Rigas, T. (2023). Modeling and forecasting of the state of the environment in the waste management and management system consumption of Kremenchuk urban territorial community in Wartim. *Journal Environmental Problems*. 2023. 8(3), 178–184. DOI: <https://doi.org/10.23939/ep2023.03.178>.
2. Проект регіонального плану управління відходами у Полтавській області до 2033 року, інформаційне джерело: <https://poda.gov.ua/documents/205156>.

УДК 504.064

## ХАРАКТЕРИСТИКА БІОРІЗНОМАНІТТЯ ЗАПОВІДНОГО УРОЧИЩА «ЯРИ-ЗАГАТКИ»

*Троян М. В., здобувачка середньої освіти, член МАН,  
Мовчан В. В., вчитель географії, вчитель-методист*

*Березоволуцький ліцей Петрівсько-Роменської сільської ради  
Миргородського району Полтавської області, Україна*

У межах Петрівсько-Роменської сільської ради знаходиться три природно-заповідних об'єкти. Це заповідні урочища «Забрід», «Яри-Загатки», «Перевалкове». Всі вони приурочені до долинно-річкової системи Хоролу. На даний час, відповідно до Закону України «Про природно-заповідний фонд України»: «На території заповідних урочищ забороняються всі види рубок, у тому числі санітарні...» [4]. Проте, у разі зміни статусу відповідних об'єктів, можуть проводитися санітарні рубки, що в свою чергу призведе до збіднення біорізноманіття. То ж, потрібно провести обстеження заповідних урочищ та підтвердити соціологічну цінність, щоб забезпечити їх в подальшому від антропогенного впливу. І, хоча останнім часом науковці та місцеві краєзнавці проводили дослідження природних комплексів долини річки Хорол [2, 3, 5], все ж детальної характеристики заповідних урочищ на даний час немає.

Заповідне урочище «Яри-Загатки» знаходиться між селами Ручки та Березова Лука та належить до Комишнянського лісництва Миргородського лісового господарства. Площа – 175 га. Заповідний об'єкт репрезентований лісовою рослинністю, яку можна розділити на дві групи фітоценозів: правобережні нагірні діброви та заплавні ліси. Природне походження займають 66% території, а на решті території поширені лісові культури, тобто, види дерев висаджені людиною

У видовому складі лісової рослинності заповідного урочища переважає *Quercus robur* L. Іноді тут зустрічаються багатовікові дерева даного виду, які, на жаль, вражені губкою дубовою (*Daedalea quercina* (L.) Pers.), що в свою чергу призводить до їх повалення під час сильних вітрів. Також, окрім дубу, тут поширені осика та липа дрібнолиста. На незначних ділянках нагірних дібров значна участь *Fraxinus excelsior* L., *Ulmus laevis* Pall., *Acer palatanoides* L., *A. campestre* L., а в заплавних лісах – *Alnus glutinosa* (L.) Gaerth. та *Salix alba* L. На одній із ділянок нам вдалося виявити популяцію *Carpinus betulus* L., який на Полтавщині знаходиться на східній межі ареалу.

Річка Хорол, яка протікає в заповідному урочищі, має звивистий характер, що призводить до підтоплення певної території під час весняних повеней. За нашими розрахунками коефіцієнт звивистості тут значний і

складає 1,8. Ширина річища в літній період сягає в середньому близько 10 метрів. Також в межах корінного схилу є декілька струмків, які в минулому сприяли розвитку розгалуженої яружної мережі.

Навесні 2024 року проводилися обстеження правобережної частини урочища, під час яких було встановлено місцезнаходження регіонально рідкісних рослин Полтавської області та проведено їх картування. На даний час нами зібрано інформацію про такі созофіти: *Cerasus avium* L., *Convallaria majalis* L., *Corydalis cava* Schweigg. et Korte, *Corydalis marschalliana* (Willd.) Pers., *Dentaria quiquefolia* Vieb., *Vinca minor* L., *Primula veris* L., *Scilla bifolia* L., *Scilla siberica* Haw. Найбільше поширення на досліджуваній території має *Scilla siberica*. Також декілька локацій мають *Convallaria majalis* L., *Corydalis cava*, *C. marschalliana*, *Dentaria quiquefolia*, *Vinca minor*. Одну локацію на узліссі займає *Primula veris*, а *Cerasus avium* L. репрезентована лише двома особинами. Звичайно ж, ці дані не остаточні, й після подальших досліджень можуть бути виявлені нові локації зазначених видів. Також є вірогідність зростання в заповідному урочищі інших рідкісних видів рослин.

За даними місцевого краєзнавця з міста Гадяч Торяника М. Ф., в минулі роки тут було виявлено *Epipactis helleborine* L., занесений до списку Червоної книги України та регіонально рідкісний *Equisetum telmateia* Ehrh., який у Полтавській області зустрічається дуже рідко [1]. Нажаль, нам поки що не вдалося підтвердити дану інформацію. Тож, у подальшому планується проведення детальних досліджень на лівобережжі та продовження обстежень правобережної частини заповідного урочища.

На основі досліджень, проведених у минулі роки [3], здійснювався моніторинг сучасного стану рідкісних видів рослин. Встановлено, що на даному етапі більшість видів не потерпають від антропогенного навантаження і кількість особин залишається сталою, або ж в незначній кількості відбувається навіть їх збільшення. Проте, певне занепокоєння викликає зменшення особин *Scilla bifolia* L. Це може бути пов'язано як з природними чинниками, так і з антропогенним впливом, оскільки єдина виявлена локація цього виду знаходиться на окраїні лісу поряд із автомобільною дорогою. Тож, є висока вірогідність зривання та викопування рослин у весняний час. У наступні роки нами буде проводитись подальший моніторинг популяції даного виду.

Також, частково проводилося дослідження тваринного світу заповідного урочища. Варто зауважити, що серед місцевого населення «Яри-Загатки» мають іншу назву – «Цапів Яр». Обидві назви, окрім рельєфу, завдячують своєму походженню і тваринам, зокрема перша – загатам на річці Хорол, створеним регіонально рідкісним видом *Castor fiber* L., який, до того ж, охороняється Резолюцією Бернської конвенції, а друга назва пов'язана з популяцією *Capreolus capreolus* L. Під час першого року досліджень вдалося виявити два види тварин, включених до списку

Червоної книги України, а саме *Coronella austriaca* Laurenti та *Lucanus cervus* L., а також занесений до регіонального списку *Anguis fragilis* L. В минулому десятилітті в околицях заповідного урочища досить часто можна було зустріти *Saturnia pyri* Denis & Schiffermüller. Також, за неодноразовими свідченнями місцевих жителів тут зустрічається *Alces alces* L., який, як *Saturnia* занесений до Червоної книги України.

Таким чином, за результатами першого року досліджень вдалося встановити, що заповідне урочище «Яри-Загатки» має досить високу соціологічну цінність та відіграє важливу роль біоцентру Хорольського екокоридору регіональної екомережі Полтавщини, а в майбутньому може стати цінним ядром заповідної зони перспективної філії регіонального ландшафтного парку «Гадяцький», про що неодноразово висловлювалися як полтавські науковці, так і місцеві краєзнавці [6].

### Використані інформаційні джерела:

1. Байрак О. М., Стецюк Н. О. Атлас рідкісних і зникаючих рослин Полтавщини. Полтава : Верстка, 2005. 248 с.

2. Гамза Д. А., Мовчан В. В. Еколого-географічна характеристика Підгорянського лісу села Ручки Петрівсько-Роменської сільської ради. Освітні та наукові виміри природничих наук [Електронний ресурс] : збірник матеріалів II Всеукраїнської заочної наукової конференції, м. Суми, 8 грудня 2021 р. / Сумський державний педагогічний університет імені А. С. Макаренка ; [ред-кол.: А. О. Корнус (голова), Л. П. Міронець, О. М. Бабенко та ін.]. Суми : СумДПУ імені А. С. Макаренка. С. 137–141.

3. Громак Л. І., Корнус А. О., Мовчан В. В., Нешатаєв Б. Н. Дослідження лісових ландшафтів заповідного урочища «Яри-Загатки» // Географія на Полтавщині: сучасний стан і перспективи розвитку : збірник регіональних статей наукової конференції, 5 квітня 2012 року. / М-во освіти і науки молоді та спорту України, Полтавський національний педагогічний університет імені В.Г. Короленка. Полтава, 2012. С. 24–32.

4. Закон України «Про природно-заповідний фонд України» <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2456-12#Text> (Дата звернення 19.04.2024)

5. Мовчан В. В., Корнус А. О. (2009). Дослідження лісових ландшафтів на ключових ділянках у долині р. Хорол. Екологія і раціональне природокористування : Збірник наукових праць ; [за ред. Б.М. Нешатаєва]. Суми : Вид-во Сумського державного педагогічного університету ім. А.С. Макаренка. 135 с.

6. Смоляр Н. О., Ханнанова О. Р., Мовчан В. В., Мезенцева Д. О. Перспективи розширення природно-заповідної мережі Миргородського району Полтавської області (Україна) // Екологія. Довкілля. Енергозбереження. 2023 : колективна монографія / під ред. О. В. Степової. Полтава : НУПП імені Юрія Кондратюка. 2023. С. 222–234.



УДК 504.05:556.53(282.247.32)

## **ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ТА ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ВОДИ РІЧКИ ВОРСКЛА В УМОВАХ АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ**

*Усенко Д. В., магістр фізики (MPhys), доктор філософії (Ph.D.),  
доцент, Усенко І. С., к.т.н., доцент, Смоляр Н. О., к.б.н., доцент*

*Національний університет «Полтавська політехніка  
імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна*

В умовах сучасного економічного розвитку та зростання антропогенного впливу на довкілля охорона водних ресурсів стає все більш актуальною. Річка Ворскла, що протікає через значні промислові та сільськогосподарські райони, піддається серйозним екологічним загрозам, пов'язаним із забрудненням води. Забруднення включає надмірний вміст органічних та неорганічних речовин, що порушує баланс екосистеми та призводить до деградації якості води. Крім того, регулярне скидання стічних вод, сільськогосподарське використання пестицидів і добрив спричиняють накопичення токсичних речовин у воді, які негативно впливають на флору і фауну водного об'єкта [1].

Об'єктами дослідження в межах оцінки екологічного стану річки Ворскла виступають різні компоненти річкової екосистеми та антропогенні фактори, які впливають на її якість та функціонування. Річка Ворскла є важливою водною артерією Східної України, що забезпечує водопостачання промислових, сільськогосподарських підприємств та населених пунктів. Вона є частиною Дніпровського басейну і проходить через густонаселені території, що спричиняє суттєве навантаження на водні ресурси [3].

Основним об'єктом дослідження є сама річка Ворскла, яка піддається значному антропогенному впливу, зокрема промисловим скидам, сільськогосподарським стокам та побутовим відходам. Вода з річки використовується для різних потреб, тому якість її води є критично важливою для регіону. Забруднення річки може мати значні екологічні наслідки, що впливають як на екосистеми, так і на здоров'я населення.

Оцінка якості води в річці Ворскла включає аналіз гідрохімічних показників, таких як концентрація важких металів (свинець, кадмій, ртуть) та інших токсичних елементів. Ці забруднювачі є небезпечними як для водних організмів, так і для людей, оскільки можуть накопичуватися в організмах та передаватися через харчові ланцюги. Зокрема, важкі метали, що потрапляють до річки внаслідок промислових скидів, порушують

хімічний баланс води та погіршують її якість. Окрім того, присутність органічних забруднювачів, таких як пестициди та добрива, що використовуються в сільськогосподарській діяльності, сприяє евтрофікації, що знижує вміст кисню у воді та негативно впливає на водну фауну [4].

Ще одним важливим об'єктом дослідження є бактеріологічні показники води, які свідчать про наявність патогенних мікроорганізмів, таких як коліформні бактерії. Ці мікроорганізми вказують на фекальне забруднення води, що є серйозною загрозою для здоров'я людей. Наявність коліформних бактерій у річці Ворскла значно підвищує ризик поширення інфекційних захворювань серед населення, особливо у випадках використання води для побутових чи рекреаційних цілей. Бактеріологічне забруднення є одним із ключових чинників, який впливає на безпечність води.

Дослідження також враховує біоіндикатори, які використовуються для оцінки екологічного стану річки. Біоіндикатори, такі як водорості, риби та молюски, є чутливими до змін у хімічному складі води та швидко реагують на підвищення рівня забруднення. Використання біоіндикаторів дозволяє отримати додаткову інформацію про рівень токсичності водного середовища та можливий вплив забруднень на біорізноманіття річки [2]. Оцінка біологічного стану водних організмів є важливим елементом комплексної екологічної оцінки, оскільки саме водна фауна першою реагує на зміни в якості води.

Крім природних компонентів річкової екосистеми, об'єктами дослідження є також антропогенні фактори, які спричиняють забруднення річки Ворскла. Сільськогосподарська діяльність є одним із основних джерел забруднення, оскільки під час опадів з полів вимиваються пестициди та хімічні добрива, що потрапляють у річку. Це сприяє евтрофікації води, що призводить до зростання водоростей та зниження вмісту кисню у воді, порушуючи нормальне функціонування водної екосистеми. Промислові підприємства, розташовані в басейні річки, також є значними джерелами забруднення, оскільки часто скидають у річку недостатньо очищені стічні води. Це спричиняє накопичення важких металів та інших токсичних речовин, які негативно впливають на водну фауну та флору.

Загалом, екосистеми річки Ворскла зазнають значного антропогенного впливу, що вимагає запровадження ефективних заходів для зменшення рівня забруднення та покращення якості води. Об'єктами дослідження виступають як природні компоненти річкової системи (вода, водні організми), так і антропогенні фактори, що безпосередньо впливають на стан річки. Комплексний підхід до оцінки екологічного стану річки Ворскла дозволяє детально вивчити всі аспекти її функціонування та визначити основні джерела забруднення.

Методи досліджень, що були використані для аналізу екологічного стану річки Ворскла, базуються на комплексному підході до оцінки якості води та стану її екосистеми. Одним із основних методів є гідрохімічний

аналіз, який дозволяє оцінити хімічний склад води та виявити концентрації забруднюючих речовин, таких як важкі метали, органічні забруднювачі та інші токсичні речовини. Зокрема, вимірювалися рівні свинцю, кадмію, ртуті та інших небезпечних металів, які можуть накопичуватися у водних організмах та спричиняти порушення екосистемних процесів. Визначення концентрацій цих речовин є важливим для оцінки ступеня забруднення річки і прогнозування можливих негативних наслідків для здоров'я людей та біорізноманіття [3].

Показник	Значення
Свинець (Pb), мг/л	0,025-0,037
Кадмій (Cd), мг/л	0,001-0,005
Ртуть (Hg), мг/л	0,0001-0,0005
Амонійний азот (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ), мг/л	0,2-0,6
Фосфати (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ), мг/л	0,5-1,2
Загальний органічний вуглець (C), мг/л	3,0-6,0
Хлориди (Cl <sup>-</sup> ), мг/л	25-50
Сульфати (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ), мг/л	50-120

Дослідження також включало бактеріологічний аналіз, спрямований на виявлення патогенних мікроорганізмів, таких як коліформні бактерії, що свідчать про наявність фекального забруднення у воді.

Показник	Значення
Загальна кількість коліформних бактерій (КУО/100 мл)	500-1200
Лактозопозитивні коліформи (КУО/100 мл)	300-800
Ешерихія коли (E. coli) (КУО/100 мл)	100-400
Загальна кількість бактерій (КУО/мл)	10000-25000
Сапрофітні бактерії (КУО/мл)	5000-12000

Відхилення від встановлених норм за бактеріологічними показниками свідчать про значне навантаження на водні ресурси внаслідок антропогенної діяльності.

Для оцінки впливу забруднення на водну екосистему використовувався метод біоіндикаторів, які реагують на зміни в хімічному складі води. Біоіндикатори, такі як водорості, риби та безхребетні організми, є чутливими до змін рівня забруднення та можуть бути використані для визначення довгострокових екологічних наслідків. Цей метод дає можливість виявити навіть невеликі відхилення в складі води, що можуть бути непомітними для інших методів аналізу.

Біоіндикатор	Значення/Інтерпретація
Водорості ( <i>Chlorophyta</i> , <i>Bacillariophyta</i> )	80-150 тис. клітин/л; швидкий ріст свідчить про евтрофікацію
Молюски ( <i>Gastropoda</i> )	Щільність популяції: 100-300 особин/м <sup>2</sup> ; чутливі до концентрацій важких металів і токсичних речовин
Безхребетні ( <i>Oligochaeta</i> , <i>Chironomidae</i> )	Щільність: 500-2000 особин/м <sup>2</sup> ; зростання кількості свідчить про забруднення органічними речовинами
Риби ( <i>Cyprinidae</i> )	10-30 особин/100 м <sup>2</sup> ; зменшення популяції вказує на підвищений рівень токсичності води
Планктон ( <i>Phytoplankton</i> , <i>Zooplankton</i> )	Щільність: 1-2 млн. клітин/л; зміни у складі вказують на евтрофікацію та хімічне забруднення

Органолептичний аналіз води (оцінка за такими показниками, як колір, запах, смак) також є важливим методом дослідження, оскільки зміни органолептичних характеристик води можуть свідчити про наявність органічного або хімічного забруднення. Цей аналіз допомагає виявити загальні порушення якості води, що є важливими для оцінки її придатності для побутового та рекреаційного використання.

Показник	Значення/Інтерпретація
Запах	Слабкий (індекс запаху: 1-2 бали); під час евтрофікації – виражений, зі сторонніми неприємними запахами (3-4 бали)
Колір	Світлий (індекс кольору: 5-10 градусів); жовтуватий відтінок; під час забруднення – мутний, індекс кольору до 20 градусів
Мутність	0,5-1,5 НОК (нефелометричні одиниці каламутності) у нормальних умовах; до 10 НОК при забрудненнях органічними речовинами
Смак	Відсутність вираженого смаку (індекс смаку: 1-2 бали); при забрудненні – гіркуватий або металевий присмак (3-4 бали)
Осад	Відсутній у нормальних умовах; наявний при забрудненні завислими частками, кількість осаду: 0,1-0,5 мг/л

Комплексний підхід до методів досліджень дозволяє отримати повну картину екологічного стану річки Ворскла, виявити основні джерела забруднення та оцінити їх вплив на водну екосистему та здоров'я людей.

Результати аналізу екологічного стану річки Ворскла вказують на значне перевищення концентрацій забруднювачів, що негативно впливає на водні ресурси та місцеву екосистему. Проведений хімічний аналіз підтвердив наявність високих концентрацій важких металів, таких як кадмій, свинець і ртуть, що мають токсичний вплив на водну флору і фауну [5]. Дослідження показують, що ці елементи накопичуються у водних організмах, збільшуючи токсичне навантаження в харчовому ланцюзі та підвищуючи ризик для здоров'я населення, яке може споживати воду з забруднених джерел.

Сапробний індекс, що був використаний для оцінки рівня органічного забруднення, свідчить про високий вміст органічних речовин, які розкладаються у воді, що призводить до евтрофікації. Евтрофікація, в свою чергу, сприяє швидкому розвитку водоростей і, як наслідок, знижує рівень кисню, необхідний для підтримки життя риб та інших водних організмів. Бактеріологічний аналіз також вказує на наявність коліформних бактерій та інших патогенів, що підвищує ризик виникнення інфекційних захворювань у людей, які використовують цю воду для пиття або побутових потреб.

Використання біоіндикаторів для оцінки токсичності дозволило виявити загальний негативний вплив забруднень на біорізноманіття річки Ворскла. Такі організми, як водні рослини і мікроорганізми, демонструють високу чутливість до змін у складі води, що дозволило визначити критичні точки забруднення та їхній вплив на локальну екосистему. Це є важливим показником для виявлення проблемних ділянок, які потребують посиленого моніторингу та заходів з очищення.

Картографування якості води та аналіз територіального розподілу забруднень підтверджують, що основні джерела забруднення зосереджені в промислових та сільськогосподарських районах поблизу річки. Ці дані свідчать про необхідність комплексного підходу до зменшення антропогенного навантаження та розробки ефективної стратегії збереження екосистеми Ворскли.

Узагальнюючи результати проведеного дослідження, зроблено висновок, що екологічний стан річки Ворскла є надзвичайно незадовільним через значне антропогенне навантаження на її водні ресурси. Річка страждає від хімічних, біологічних і бактеріологічних забруднень, що мають серйозний негативний вплив на водну екосистему та безпосередньо загрожують здоров'ю людей, які використовують воду для побутових, сільськогосподарських і рекреаційних потреб. Основними джерелами забруднення є промислові скиди, агрохімічні стоки та побутові стічні води, які не проходять належної очистки перед потраплянням у водний об'єкт. Це призводить до накопичення важких металів та органічних забруднювачів, які спричиняють деградацію екосистеми та погіршують якість води.

Аналіз хімічного складу води показав, що вміст важких металів у воді річки Ворскла перевищує допустимі нормативи для прісноводних екосистем, що викликає занепокоєння з приводу можливих довгострокових наслідків для навколишнього середовища. Присутність пестицидів і добрив у воді викликає евтрофікацію, яка порушує природні процеси у водній екосистемі та сприяє зниженню рівня кисню у воді. Це, своєю чергою, негативно впливає на біорізноманіття, спричиняючи зменшення кількості риб та інших водних організмів, що є важливими елементами екологічної рівноваги.

Крім того, бактеріологічний аналіз виявив значний рівень фекального забруднення, що вказує на незадовільний санітарно-гігієнічний стан води та

загрозу для здоров'я населення через поширення патогенних мікроорганізмів. Це підвищує ризик інфекційних захворювань у випадку контакту з водою або її використання у побуті.

На основі проведеного аналізу стану річки Ворскла та виявлених забруднень розроблено рекомендації, спрямовані на зниження рівня забруднення та покращення екологічного стану водного об'єкта. Першочергово, необхідно зменшити обсяги скидів стічних вод із промислових і сільськогосподарських об'єктів, які містять високі концентрації важких металів, органічних речовин і патогенних мікроорганізмів [4]. Запровадження передових технологій очищення на виробничих підприємствах, таких як біологічна фільтрація та хімічна нейтралізація, може суттєво знизити токсичне навантаження на водне середовище.

Додатково важливо контролювати використання агрохімікатів у сільському господарстві, оскільки пестициди та добрива, потрапляючи у воду, спричиняють евтрофікацію та погіршують її санітарний стан. Рекомендується застосування екологічно безпечних альтернативних речовин та створення захисних зон уздовж берегів річки, де буде обмежено застосування хімічних добрив [5]. Такий підхід допоможе знизити ризик забруднення води та покращити її якість для подальшого використання.

Для забезпечення сталого контролю якості води доцільно створити систему постійного моніторингу, яка включатиме регулярне вимірювання хімічних, бактеріологічних і органолептичних показників води. Використання сучасних технологій для картографування забруднень дозволить своєчасно виявляти джерела забруднення і приймати необхідні заходи для їх усунення. Запровадження таких заходів відповідно до європейських екологічних стандартів, зокрема Водної рамкової директиви ЄС, забезпечить високий рівень охорони річки Ворскла та сприятиме збереженню її екосистеми для майбутніх поколінь.

Отже, проведений аналіз екологічного та санітарно-гігієнічного стану річки Ворскла виявив численні екологічні проблеми, пов'язані з антропогенним навантаженням. Забруднення важкими металами, органічними сполуками та наявність патогенних мікроорганізмів у воді створюють серйозні загрози для екосистеми річки та здоров'я населення. Високий рівень евтрофікації, спричинений надмірним вмістом поживних речовин із сільськогосподарських стоків, призводить до зниження вмісту кисню у воді, що негативно впливає на біорізноманіття [4].

Рекомендовані заходи включають посилення контролю за скиданням стічних вод, зменшення використання агрохімікатів у прилеглих районах та впровадження сучасних технологій очищення на промислових підприємствах. Запровадження постійного моніторингу якості води, зокрема через автоматизовані системи контролю та картографування

забруднень, дозволить оперативно виявляти джерела забруднення та вживати ефективних заходів для їх усунення.

Виконання цих заходів, з урахуванням національних і міжнародних стандартів якості води, зокрема Водної рамкової директиви ЄС, є критично важливим для покращення екологічного стану річки Ворскла, забезпечення безпеки водних ресурсів та збереження природних ресурсів для майбутніх поколінь.

#### **Використані інформаційні джерела:**

1. Касьяненко Г. Я., Касьяненко О. А., Яцина А. О. Якість поверхневих вод та екологічний стан річки Ворскла в околицях м. Охтирки. *Природничі науки*. 2020. 17: 128–132.

2. Коваленко, С. А., Щербак, С. С., Пономаренко, Р. В. Визначення екологічного стану річки Ворскла. НУПП. 2022.

3. Данильченко, О. С. Сучасний стан річки Ворскли в межах Сумської області. *Актуальні проблеми дослідження довкілля* : зб. наук. праць за матеріалами VIII міжнар. наук. конф., 24–25 травня 2019 р., м. Суми. Суми, 2019. С. 143–148.

4. Кравченко, І. І., Ладика, М. М., Кравченко, О. О. (2021). Екологічна оцінка якості води річки Ворскла.

5. Литвиненко, Ю. І., Касьяненко, Г. Я. (2020). Аналіз впливу вод річки Псел на якість води річки Ворскла.

УДК 57.044

## САЛІЦИЛОВА КИСЛОТА – БЕЗПЕЧНИЙ ДЛЯ ДОВКІЛЛЯ СТИМУЛЯТОР РОСТУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

*Цвілинюк О. М., к.б.н., доцент, Буньо Л. В., к.б.н., інженер*

*Львівський національний університет імені Івана Франка  
м. Львів, Україна*

Саліцилова кислота (СК) як сполука вторинного метаболізму є в рослинному організмі у дуже мізерних кількостях. Вона діє як регулятор росту і бере участь у специфічній діяльності клітин і тканин рослин. Наприклад: прискорює цвітіння, регулює рух продихів, впливає на транспорт поживних речовин в організмі рослини (Hassoon, Abduljabbar, 2019). Доведено, що кислота працює як важливий сигнальний елемент, який бере участь у встановленні місцевої і системної реакції рослин на стійкість до хворіб спричинених різними збудниками (Gharib, 2006). Її також застосовують для підвищення захисту рослин від стресів, індукованих абіотичними чинниками (Janda, 1999; Dat et al., 2000).

Було виявлено, що екзогенна саліцилова кислота позитивно впливає на укорінення, на ріст пагонів різних видів рослин (Martín-Mex, Larqué-Saavedra, 2001; Larqué-Saavedra, Martín-Mex, 2007; Silva et al, 2022). І на відміну від мінеральних добрив не спричиняє деградації ґрунтів і не має токсичного впливу на біоту.

Об'єкт дослідження – вплив речовини саліцилової кислоти на процес росту та розвитку рослин. Тест-об'єктами були рослини льону низького (*Linum humili* Mill.) сорту Синевир, вівса посівного (*Avena stiva* L.) сорту Артур та ячменю звичайного (*Hordeum vulgare* L.). Передпосівний обробіток насіння цих видів проводився двома концентраціями саліцилової кислоти:  $1 \times 10^{-4}$  М та  $1 \times 10^{-5}$  М. Контролем слугувала чиста вода. Насіння замочувалось у розчинах уродовж трьох годин. Вологе насіння тест-об'єктів після замочування висіяли всередині травня при температурі  $11^{\circ}\text{C}$  та вологій похмурій погоді на експериментальних ділянках Інституту сільського господарства Карпатського регіону. Через місяць вимірювали морфометричні показники тест-об'єктів.

Виявили, що передпосівне замочування насіння льону низького, вівса посівного та ячменю звичайного в розчинах саліцилової кислоти видоспецифічно впливає на подальший ріст цих рослин: у концентрації  $1 \cdot 10^{-4}$  М стимулює ріст льону низького на 12%, у концентрації  $1 \cdot 10^{-5}$  М – вівса посівного на 15 % і пригнічує ріст льону низького в 1,3 рази. Ростові показники ячменю за дії обох досліджуваних концентрацій від контролю не відрізнялися. Концентрація саліцилової кислоти, яка стимулювала ріст



пагонів вівса, також стимулювали приріст маси рослин. Сира маса рослин льону за дії СК у концентрації  $1 \cdot 10^{-4}$  М збільшилася на 70%, вівса за дії  $1 \cdot 10^{-5}$  М – на 35% відносно контролю, повітряно-сухі маси рослин обох видів залишалися на рівні контролю. Це свідчить про збільшення оводненості тканин льону і вівса за дії відповідних концентрацій СК. Сира маса рослин ячменю за дії обох досліджуваних концентрацій СК суттєво зменшувалася. Габітус рослин був гірший у порівнянні з контролем. Абсолютно суха маса рослин льону за дії СК у концентрації  $1 \cdot 10^{-4}$  М зросла на 24 %, що свідчить про високий рівень синтетичних процесів в рослині.

У рослин вівса на стадії колосіння відбувся перерозподіл сухої речовини за дії сприятливої концентрації саліцилової кислоти ( $1 \cdot 10^{-5}$  М): абсолютно суха маса стебла зменшилася майже вдвічі, в той час як абсолютно суха маса колоса зросла вдвічі відносно контролю.

Таким чином, реакція сільськогосподарських рослин на різні концентрації СК є видоспецифічною. Результати досліджень свідчать, що вивчення впливу саліцилової кислоти на ріст і продуктивність сільськогосподарських рослин є перспективними.

#### **Використані інформаційні джерела:**

1. Dat, J.F., H. Lopez-Delgado, C.H. Foyer and I.M. Scott, 2000. Effect of salicylic acid on oxidative stress and thermotolerance in tobacco // J. Plant Physiol., 156: 659–665.
2. Gharib, F. A. (2006). Effect of salicylic acid on the growth, metabolic activities and oil content of basil and marjoram. International journal of agriculture and biology, 4, 485–492.
3. Hassoon A.S., Abduljabbar I.A. Review on the role of salicylic acid in plants / Sustainable crop production, 2019. P. 61–66.
4. Janda, T., G. Szalai, I. Tari and E. Páldi, 1999. Hydroponic treatment with salicylic acid decreases the effect of chilling injury in maize (*Zea mays* L.) plants. Planta, 208: 175–180.
5. Larqué-Saavedra, A., Martín-Mex, R. (2007). Effects of salicylic acid on the bioproductivity of plants. In: Salicylic acid: A plant hormone. Springer, Dordrecht, 2007. P. 15–23.
6. Martín-Mex, R., and Larqué-Saavedra, A., 2001. Effect of salicylic acid in clitoria (*Clitoria ternatea* L.) bioproductivity in Yucatan, México. 28th Annual Meeting. Plant Growth Regulation Society of America. Miami Beach Florida, USA. July 1-5, 2001. P. 97–99.

УДК 628.4.02:005.51

## **РОЗРОБЛЕННЯ ПЛАНУ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ АТ «УКРТРАНСГАЗ»**

*Шаповал А. В., здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти*

*Національний університет «Полтавська політехніка  
імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна*

Питання впорядкування обліку, зберігання, утилізації або знешкодження відходів із позиції забезпечення екологічної безпеки і дотримання підприємствами і організаціями природоохоронного законодавства України є актуальними. З метою виконання обов'язків суб'єктів господарської діяльності у сфері управління відходами, забезпечення охорони навколишнього природного середовища та запобігання негативного впливу відходів на здоров'я людини, підприємство при наданні послуг повинно дотримуватись вимог діючого природоохоронного законодавства, а саме: Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» та Закону України «Про управління відходами». Для цього на підприємстві має функціонувати система управління відходами, яка має забезпечити здійснення діяльності підприємства з мінімальним ризиком для навколишнього природного середовища, а також відповідно до діючого українського законодавства, положень законодавчих актів ЄС, стратегій розвитку підприємства тощо [1-9].

Мета даної роботи – розробити план управління відходами для Пролетарського виробничого управління підземного зберігання газу акціонерного товариства «Укртрансгаз».

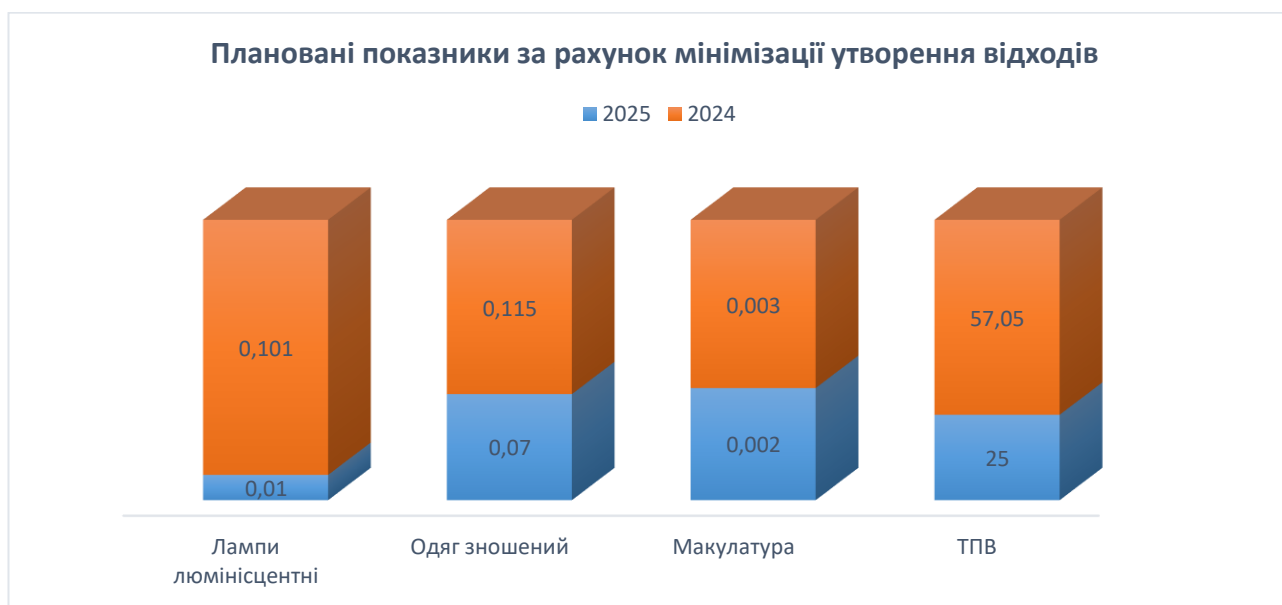
Основними цільовими показниками, що визначені для системи управління відходами даного підприємства є: мінімізація утворення відходів, яка має на меті зведення до мінімуму утворення відходів та/або зменшення їх небезпечності; перероблення утворених відходів; сортування відходів та ін.

Для мінімізації утворення відходів на площадках Пролетарського виробничого управління плануються або вже проводяться такі заходи:

- для запобігання утворенню ламп люмінесцентних проводиться їх заміна на світлодіодні лампи, що зменшує рівень небезпечності відходів;
- для зменшення утворення одягу зношеного чи зіпсованого забезпечується їх вторинне використання у виробничих процесах підприємства в якості матеріалів обтиральних;
- для зменшення утворення макулатури проводиться їх вторинне використання в документообігу підприємства.

– для зменшення утворення твердих побутових відходів такі ресурсоцінні відходи, як папір, пластик та скло після їх відділення із загальної маси, планується передавати спецпідприємствам для подальшої переробки.

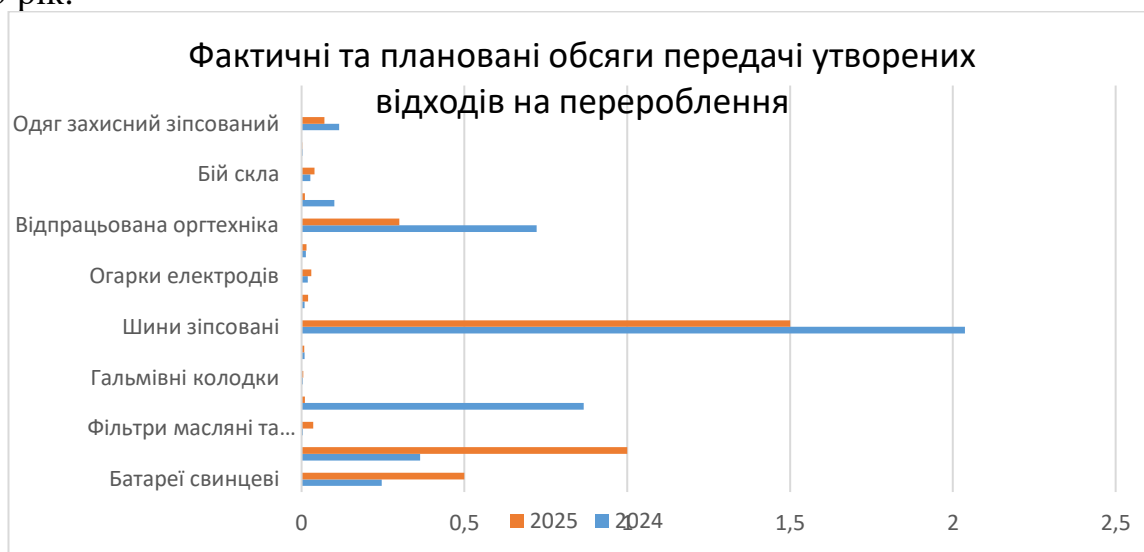
Показники утворення відходів у 2024 році на Пролетарському виробничому управлінні підземного зберігання газу та планові показники на 2025 рік за умови виконання заходів щодо мінімізації утворення відходів представлено на рис. 1.



**Рисунок 1. Плановані показники утворення відходів**

## 2. Перероблення утворених відходів.

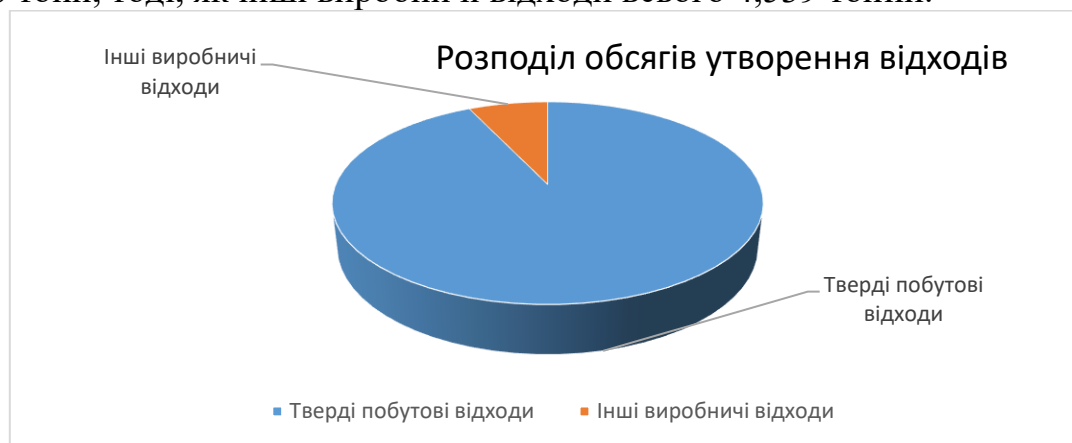
Відходи що підлягають переробленню передаються спеціалізованим та ліцензованим організаціям. На рис.2 представлено кількість переданих відходів на перероблення за 2024 рік та планована кількість цих відходів на 2025 рік.



**Рисунок 2. Фактичні та плановані обсяги передачі утворених відходів на перероблення**

### 3. Сортування утворених відходів.

Найбільший обсяг утворюваних відходів на території підприємства припадає на тверді побутові відходи. Їх кількість за 2024 рік становила 57,050 тонн, тоді, як інші виробничі відходи всього 4,539 тонни.



**Рисунок 3. Обсяг утворення відходів на підприємстві**

Щоб скоротити кількість твердих побутових відходів, що підлягають видаленню було прийнято рішення сортувати тверді побутові відходи. Для сортування і належного зберігання ресурсоцінних відходів планується закупити контейнери для роздільного збирання таких відходів, як пластик, папір і скло, з їх подальшою передачею на перероблення.

Практичними методами реалізації плану управління відходами на підприємстві можуть бути наступні.

Мінімізація відходів починається зі скорочення їх об'ємів. У даному випадку можна скоротити кількість відходів шляхом підбору матеріалів, які скорочують утворення відходів (наприклад, оптові закупівлі), і підписання контрактів, які передбачають повернення надлишків продукції постачальникам. Далі необхідно застосовувати підхід повторного використання і переробки матеріалів. У цьому випадку необхідно визначити джерела, відходи від яких можна відсортувати та використати повторно або направити на переробку (наприклад, деревину від упаковок можна повторно використовувати при будівництві, а пластикові пляшки, картон/папір або метал – відправити на перероблення).

Місця тимчасового зберігання відходів мають бути обладнані відповідно до законодавства. Слід застосовувати окремі контейнери для матеріалів, що підлягають переробці (папір, пластик, скло) а також окремі ємності для небезпечних відходів.

Також важливим кроком є економія первинної сировини за рахунок заміщення вторинною сировиною. Методи модифікації процесу, заміни сировини, розробки нової продукції та методи управління, спрямовані на мінімізацію кількості утворюваних відходів і зниження вмісту небезпечних

речовин у них, а також адаптації продуктів та відходів до підвищеного ступеня рециркуляції. Ці методи мають бути інтегровані в процес первинного виробництва Пролетарського виробничого управління підземного зберігання газу акціонерного товариства «Укртрансгаз».

Отже, головним очікуваним результатом реалізації плану управління відходами Пролетарського виробничого управління підземного зберігання газу акціонерного товариства «Укртрансгаз» є зниження впливу діяльності підприємства на довкілля шляхом зменшення обсягів видалення відходів.

### **Використані інформаційні джерела:**

1. Закон України «Про управління відходами» від 31.03.2023 р. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text>
2. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text>
3. ДСТУ ISO 14001:2015 Системи екологічного управління. Вимоги та настанови щодо застосовування (ISO 14001:2015, IDT). [https://quality.nuph.edu.ua/wp-content/uploads/2018/10/%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3-ISO\\_14001-2015-.pdf](https://quality.nuph.edu.ua/wp-content/uploads/2018/10/%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3-ISO_14001-2015-.pdf)
4. ДСТУ 3911-99. Охорона природи. Поводження з відходами. виявлення відходів і подання інформаційних даних про відходи. Загальні вимоги. <https://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi73/0054359.pdf>
5. Постанова Кабінету Міністрів України від 20 жовтня 2023 р. № 1102 «Про затвердження Порядку класифікації відходів та Національного переліку відходів». <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1102-2023-%D0%BF#Text>
6. Директива 2008/98/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 19 листопада 2008 року про відходи та скасування окремих Директив. 10. Директива 2006/21/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 15 березня 2006 року. [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984\\_029-08#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_029-08#Text)
7. Директива 2006/21/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 15 березня 2006 року про управління відходами видобувних підприємств, та якою вносяться зміни до Директиви 2004/35/ЄС. [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984\\_016-06#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_016-06#Text)
8. Директива 2001/42/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 27 червня 2001 року про оцінку впливу окремих планів та програм на навколишнє середовище. [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=60064](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=60064)
9. ДСТУ ISO 14031:2016 (ISO 14031:2013, IDT) Екологічне управління. Оцінювання екологічної дієвості. Настанови. [https://quality.nuph.edu.ua/wp-content/uploads/2018/10/%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3-ISO\\_14001-2015-.pdf](https://quality.nuph.edu.ua/wp-content/uploads/2018/10/%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3-ISO_14001-2015-.pdf)

УДК 502.171:556(282.247.32)

## **ФАКТОРНА ОЦІНКА СТАНУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД БАСЕЙНУ ДНІПРА**

*Шара С. Ю., аспірантка*

*Національний університет «Полтавська політехніка  
імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна*

В Україні незадовільний якісний стан поверхневих вод, особливо в великих водоакумулюючих об'єктах національного значення – водосховища Дніпра, що вимагає зміни державної моніторингової місії та регуляторної політики в сфері водокористування.

Суспільну важливість складає об'єктивна оцінка еколого-гідрологічного стану водних об'єктів і вод України, особливо в умовах еколого-економічної і військової агресії, щодо водних об'єктів загальнодержавного значення, якими є водосховища Дніпра і головне – Кременчуцьке водосховище.

У роботі використано наукові методи системного аналізу, включаючи ГІС-аналіз, узагальнення та систематизації, враховано синергетичні підходи при формування структурно-логічних схем розвитку систем моніторингу в гідрології з використанням методу обдукції.

Досліджено необхідність кореляційного аналізу і поєднання систем моніторингу поверхневих вод і ґрунтів, адже тільки забрудненість ґрунтів вільним азотом зумовила ріст нітратів у колодязній воді у 10 разів за останні роки на Полтавщині.

Проаналізовано й виявлено недостатність кількості пунктів спостереження за поверхневими водами, та безсистемна вибірковість обстеження забрудненості ґрунтів. Доведено, що моніторинг Кременчуцького водосховища повинен охоплювати не тільки власне якість води у водосховищі, а й створи водоносних потічків і приток, та частину басейну, що формує водосховище, у відповідності до запропонованих структурно-логічних схем. Виявлено, що на цілі водного моніторингу витрачено за останні 12 років в Україні 0,1% із 35 млрд. грн. витрачених по програмі оздоровлення річки Дніпро, а водні рентні платежі формують лише 20% державних і комунальних водогосподарських витрат.

Методи водного моніторингу, як отримання первинної інформації, реалізуються також через спостереження на постах, створах, станціях у мережах гідрологічних спостережень шляхом прямих, дистанційних методів, знімання та зондування.

Діагностичний моніторинг поверхневих вод згідно існуючих норм повинен проводитись системно-періодично: гідробіологічний (1 раз у рік);

фізико-хімічний (12 раз на рік); хімічний (12 раз на рік); гідроморфологічний (1 раз на 6 років).

Гідробіологічний моніторинг в Україні здійснюється у 49 об'єктах (7 водосховищ) у 88 пунктах, 167-створах і 189 вертикалях. Сучасна гідрологічна мережа України налічує всього 399 пости, на яких 339 на річках вимірюють витрати води і якість, а озерна – 60 постів.

За станом хімічного забруднення вод в Україні моніторинг здійснюється на 119 об'єктах у 201 пункті.

Якість води в створах річок Дніпра, Сули належить до III класу, а у створах річок Крива Руда, Суха Лохвиця, Удай, Сухий Омельник якість води, що стікає у Кременчуцьке водосховище – IV класу «дуже брудна».

На Полтавщині за результатами екологічного оцінювання за індексом КІЗ, 53% від загальної кількості пунктів моніторингу (99 пунктів) оцінені за рівнем забруднення, як «дуже брудні» – IV клас. До IV класу забруднення відносяться всі малі річки Полтавщини. Лише 4% вод від загальної кількості пунктів дослідження в Полтавській області класифікуються як «забруднені» II класу.

Стан Кременчуцького водосховища, в частині якості водного середовища залежить від багатьох чинників і факторів впливу, але головним чином вони формуються за рахунок:

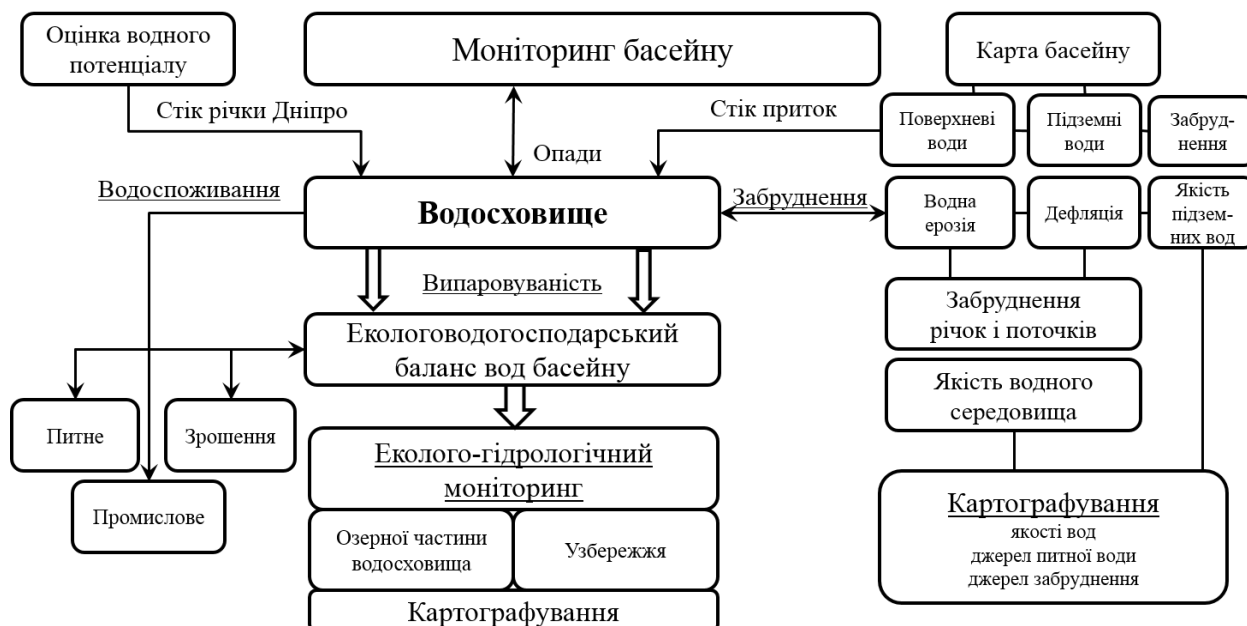
- забруднення водних об'єктів, річок і потічків, що впадають у водосховище, недостатньо очищеними стоками у водосховище;
- інтенсивного розмиву берегів (абразія) та інтенсивного старіння основних фондів гідротехнічних споруд, гребель, дамб, очисних споруд і їх низькою продуктивністю;
- недостатньої самовідновлювальної здатності водосховища і річкового басейну, як цілісної водної системи;
- незбалансованої системи водогосподарювання, високої водомісткості промислових виробництв, нераціонального водоспоживання, «водного браконьєрства» господарників, втрат води водогосподарськими організаціями.

Структурно-логічна схема можливої системи гідро-екологічного моніторингу формування водного середовища частини басейну Дніпра подана на рисунку (рис.1).

Дистанційне зондування земної поверхні в частині Кременчуцького водосховища, дозволяє: проводити моніторинг площі (інвентаризацію); постійно спостерігати за станом дамб, берегових ліній; вивчити руслові процеси і стан дна; оцінити екологічний стан джерел забруднення, та біоресурсів; моніторинг стану водосховища в зонах забудов; моніторинг мілин, наносів, островів.

Відкривши знімки в геоінформаційній системі QGIS, покажемо полігонами межі Кременчуцького водосховища за 2024 та за 1994 роки, і порахуємо площі цих полігонів. Площа водосховища на 2024 р. –

195539,45 га (1955 км<sup>2</sup>), на 1994 р. – 204628,48 га (2046 км<sup>2</sup>). Відобразимо на знімку за 1994 рік полігон межі водосховища за 2024 рік червоним кольором та порівняємо площу водосховища. Бачимо, що за 30 років площа водосховища зменшилась на 9086,03 га (90,9 км<sup>2</sup>).



**Рисунок 1. Структурно-логічна схема систем гідро-екологічного моніторингу формування водного середовища частини басейну Дніпра**

Для повноцінного моніторингу стану вод в Україні необхідно створити єдиний інформаційно-аналітичний центр державного моніторингу вод (ДМВ), провести згущення та переміщення пунктів моніторингу поверхневих вод в басейни річок, інтегруючи показники окремих служб, що слідкують за водами в єдину систему, використовуючи сучасні методи дистанційного зондування поверхні землі, ГІС-аналіз водних об'єктів, систему метеостанцій і водоаналізаторів біля джерел потенційного забруднення вод.

#### **Використані інформаційні джерела:**

1. Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод. «Постанова КМУ від 19 вересня 2018 р. №758. (із змінами «Постанови КМ №1065 (від 4.12.19 р., №826, 09.09.20 р., №922 від 01.09.2021 р.)
2. «Порядок розроблення плану управління річковим басейном» /Пост. КМУ від 18 травня 2017 р. №336.
3. «Про затвердження програм державного моніторингу вод». Наказ Міндовкільля №410, від 31.11.2020.
4. «Про виконання Регіональної цільової програми розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення басейну річки Дніпро у Полтавській області на період до 2021 року»//proect-ecodn 2207 2022.pdf



5. «Положення про моніторинг земель: Постанова КМ України, від 20.08.1993 р., № 661.

6. Рогач С. М. Зарубіжний досвід регулювання сфери природокористування. *Науковий вісник Ужгородського національного університету*. Вип. 26. част.2. 2019. С. 54–59.

7. Водна стратегія України, Розпорядження Кабінету Міністрів України №1134-р від 9 грудня 2022 р.

8. «Методика визначення зон, вразливих до накопичення нітратів», Наказ Міндовкілля від 15 квітня 2021 р., № 244.

9. Директива 91/676/ЄС Ради Європейського Співтовариства від 12 грудня 1991 р.

10. Загальнодержавна цільова програма...» Закон України від 24 травня 2012 р. №4836-IV.

УДК 581.9:502:712.41(477/.42)

## ФІТОЦЕНОКОМПОЗИЦІЇ В СИСТЕМІ ЗАХОДІВ ІЗ ОХОРОНИ РАРИТЕТНОГО ФІТОРІЗНОМАНІТТЯ

<sup>1</sup>Шерстюк М. Ю., к.б.н., доцент, <sup>2</sup>Попович С. Ю., д.б.н., професор,  
<sup>1</sup>Скляр В. Г., д.б.н., професор

<sup>1</sup>Сумський національний аграрний університет,  
м. Суми, Україна

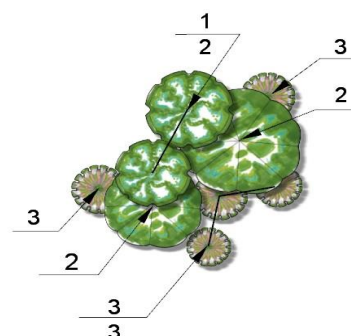
<sup>2</sup>Національний університет біоресурсів та природокористування  
України, м. Київ, Україна

На сучасному етапі проблема збереження біорізноманіття належить до числа найактуальніших і визначальних щодо забезпечення існування та розвитку людської цивілізації [8, 9]. Її розв'язання потребує впровадження комплексу природоохоронних заходів на різних рівнях організації живого: організмівому, популяційному, видовому, екосистемному [2]. В аспекті збереження біорізноманіття одним із ефективних засобів є використання видів природної флори для озеленення територій [3]. Висаджуючи їх можна створити фітоценокомпозиції, які навіюватимуть уявлення про затишні куточки лісів, лук, степів, боліт тощо. Крім того, використання у ландшафтному фітоценодизайні рослин природної флори часто є доцільним й з економічної точки зору. Вони значно дешевші, ніж екзотичні екземпляри. І з позицій фітодизайну, і з позицій збереження генетичного та видового біорізноманіття доцільно включати до таких садово-паркових фітоценокомпозицій автохтонні дендрозоофіти, до яких відносять місцеві види раритетного дендрорізноманіття, що мають офіційний статус, визначений різними рангами охорони (міжнародним, загальнодержавним та регіональним). За результатами вивчення фіторізноманіття Українського Полісся, встановлено, що група автохтонних дендрозоофітів цього регіону репрезентована 58 видами [6]. До їхнього числа, наприклад, належать *Aurinia saxatilis* (L.) Desv., *Arctostaphylos uva-ursi* (L.) Spreng., *Dianthus pseudosquarrosus* (Novak.) Klok., *Carpinus betulus* L., *Chimaphila umbellata* (L.) W. Barton, *Rhododendron luteum* Sweet.

При створенні моделей фітоценокомпозицій здебільшого спираються на наступні принципи: таксономічний, фізіономічний, фітоценотичний, екологічний [4-6]. Ураховуючи наукової напрацювання, було запропоновано оригінальний підхід щодо конструювання фітоценокомпозицій на основі поглибленого змісту екологічного принципу. Він ґрунтується на врахуванні ознак реалізованих еконіш автохтонних дендрозоофітів Українського Полісся, визначених на основі використання

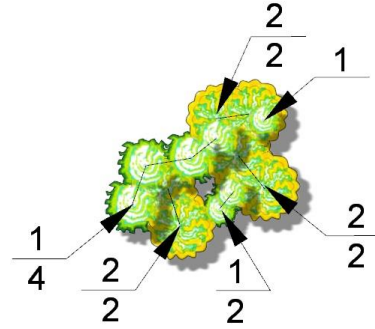
екошкал Я. П. Дідуха [1, 7]. Під час формування фітоценокомпозицій на основі запропонованого нами підходу для кожного з екоциників спиралися на одержані дані щодо розподілу видів автохтонних дендрозоофітів за градаціями поєднання мінімальних та максимальних значень бальних показників екошкал Я. П. Дідуха. Із них зазвичай відбирали градації, представлені найбільшою кількістю видів.

При створенні фітоценокомпозиція за чинником водного режиму ґрунтів було обрано діапазон від восьми до 15 балів. Умови таких місцезростань варіюють від перехідних степових, лучностепових до сирих лісолучних. Зазначений діапазон бальних показників репрезентують 12,5% видів автохтонних дендрозоофітів. Він представлений такими видами: *Carpinus betulus*, *Cerasus avium* (L.) Moench., *Crataegus laevigata* (Poir.) DC, *Hedera helix* L., *Lonicera xylosteum* L., *Rosa rubrifolia*. Для фітоценокомпозиції можна запропонувати таке поєднання видів: *Carpinus betulus* (2 шт.), *Crataegus laevigata* (2 шт.) та *Rosa rubrifolia* Vill. (5 шт.). Основою фітоценокомпозиції буде *Carpinus betulus*, а *Crataegus laevigata* створюватиме на його фоні контраст за рахунок різниці форми крони. Доповнить композицію *Rosa rubrifolia* (рис. 1). Орієнтовна площа фітоценокомпозиції 30 м<sup>2</sup>.



**Рисунок 1. Фітоценокомпозиція автохтонних дендрозоофітів за чинником водного режиму ґрунтів. 1 – *Carpinus betulus*, 2 – *Crataegus laevigata*, 3 – *Rosa rubrifolia***

Для створення фітоценокомпозиції автохтонних дендрозоофітів з урахуванням їхнього відношення до вмісту карбонатів у ґрунті, обрано діапазон від п'яти до 11 балів. У таких умовах фактичний вміст карбонатів варіює від 0,5 до 10%. Зазначений діапазон бальних показників репрезентований для 6,3% видів автохтонних дендрозоофітів. Цій градації відповідають лише три види, а саме: *Aurinia saxatilis* (L.) Desv., *Juniperus communis* L. та *Lembotropis nigricans* (L.) Griseb. Для створення фітоценокомпозиції рекомендовано обрати *Juniperus communis* (7 шт.) та *Aurinia saxatilis* (6 шт.). Перший вид створить насичений зелений фон, а другий – сформує яскравий акцент за рахунок насичених жовтих квіток (рис. 2). Орієнтовна площа фітоценокомпозиції – 7 м<sup>2</sup>.



**Рисунок 2.** Фітоценокомпозиція автохтонних дендрозофітів за чинником вмісту карбонатів у ґрунті. 1 – *Juniperus communis*, 2 – *Aurinia saxatilis*

Запропоновані фітоценокомпозиції сполучають такі властивості як екологічна стійкість та естетична привабливість та, у підсумку, їхнє реальне створення сприятиме як благоустрою населених пунктів, так і збереженню фіторізноманіття раритетної дендрофлори.

#### **Використані інформаційні джерела:**

1. Дідух Я. П., Плюта П. Г. Фітоіндикація екологічних факторів. К. : Наукова думка, 1994. 280 с.
2. Злобін Ю. А., Скляр В. Г., Клименко Г. О. Біологія та екологія фітопопуляцій. Суми : Унів. книга, 2022. 512 с.
3. Кучерявий В. П. Озеленення населених місць. Львів : Вид-во «Світ», 2008. 456 с.
4. Попович С. Ю., Власенко А. С., Берегута Є. І. Заповідна дендрозофлора Степу України. К. : «ЦП «Компринт»», 2013. 260 с.
5. Попович С. Ю., Савоськіна А. М., Устименко П. М., Шерстюк М.Ю. Дзиба А. А. Дендрозологічний каталог природно-заповідного фонду Українського Полісся. К. : «Компринт», 2017а. 466 с.
6. Попович С. Ю., Савоськіна А. М., Шерстюк М. Ю., Михайлович Н. В., Дзиба А. А. Заповідна дендрозофлора Українського Полісся. К. : «ЦП «Компринт»», 2017б. 188 с.
7. Didukh Ya. P. The ecological scales for the species of Ukrainian flora and their use in synphytoindication. К. : Phytosociocentre, 2011. 176 p.
8. Hilborn, R., & Sinclair, A. R. (2021). Biodiversity protection in the 21st century needs intact habitat and protection from overexploitation whether inside or outside parks. *Conservation Letters*, 14 (4). DOI:10.1111/conl.12830
9. Yadav, S. P. S., Adhikari, R., Bhatta, D., Poudel, A., Subedi, S., Shrestha, S., & Shrestha, J. (2023). Initiatives for biodiversity conservation and utilization in crop protection: A strategy for sustainable crop production. *Biodiversity and Conservation*, 32(14), 4573–4595.

# ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА НЕТРАДИЦІЙНІ Й ВІДНОВЛЮВАЛЬНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ

---

UDC 621

## THE POTENTIAL OF WOOD BIOMASS AS AN ENERGY SOURCE

*Vambol Vladyslava, Student, Lublin University of Technology, Lublin, Poland*

*Pustovit Diana, Student, National Technical University Kharkiv Polytechnic  
Institute, Kharkiv, Ukraine*

*Vambol Sergij, Prof., Dr. of Eng. Sc., National Technical University Kharkiv  
Polytechnic Institute, Kharkiv, Ukraine*

The most pressing environmental issue of our time is the significant release of CO<sub>2</sub> into the atmosphere, which is largely due to many types of anthropogenic activity and, in particular, the combustion of fossil fuels. Reducing CO<sub>2</sub> emissions is crucial to achieving climate neutrality, contributing to the achievement of Net Zero goals by 2050 [1]. In line with the green energy policy, EU countries are striving to increase the volume of energy production from renewable resources, while simultaneously reducing the consumption of fossil fuels.

The responsibility for meeting the energy needs of consumers in Poland lies with municipalities [2]. These responsibilities include the production of heat and energy in municipal enterprises; cooperation with various entities and decision-making on the choice of fuel for the production of heat and energy; suppliers of appropriate fuel and everything necessary for the maintenance of energy production facilities and its distribution to end consumers [3]. The targets for the transition to renewable energy production in Poland can be achieved through the use of plant biomass [4]. The term «plant biomass» covers all renewable organic materials obtained from plants, including special energy crops, agricultural crops used for both food and feed, residues from agricultural practices, aquatic plants [5, 6]. Crop residues from agricultural activities, such as straw from various crops, are subjected to biochemical or thermochemical transformation for energy production. These agro-food residues do not compete for resources with food supplies or fertile arable land. However, even taking into account the ecological and social benefits of crop residues, a significant part of forest biomass remains largely unused [7]. The most common biological processes of converting biomass into energy are anaerobic digestion and fermentation; while thermochemical conversion of biomass into energy is provided by direct combustion, gasification, pyrolysis and hydrothermal liquefaction processes. Moreover, due to the fact that thermochemical conversion processes are faster, they attract more attention, as revealed by various studies.

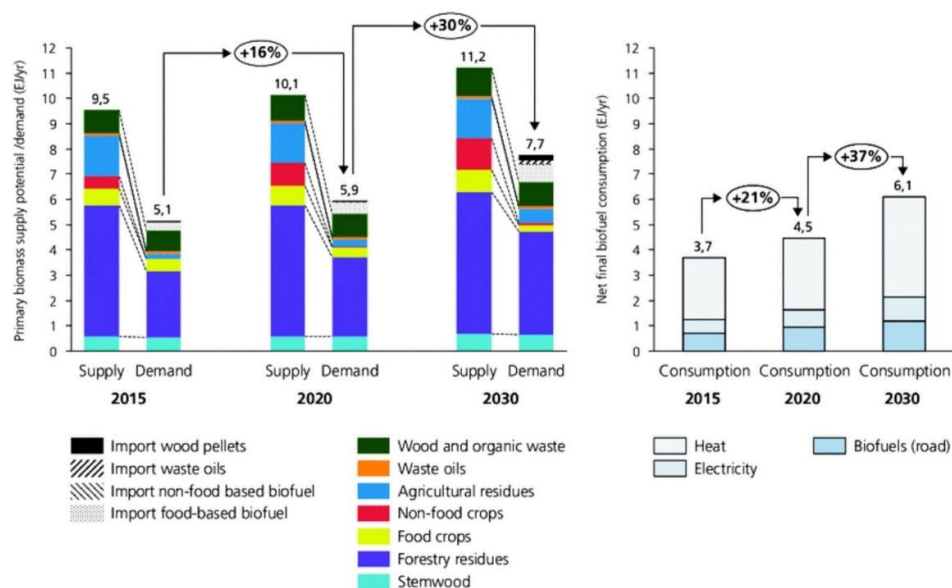
Thus, the current study aims to provide a comprehensive review regarding the potential of woody biomass for energy purposes and the possibilities of achieving sustainable bioenergy production.

**Biomass resources.** Solid biomass is mainly obtained from the forestry and wood processing industry, as well as from agriculture and the agri-food sector [9]. The importance of biomass as a raw material for energy production in Poland increased significantly between 2000 and 2012. The share of renewable energy production in total energy production in Poland also changed. While in 2000 the share of renewable energy in the energy production structure was 4.75%, in 2012 it was 11.73%. In each year analysed, biomass production dominated the structure of renewable energy [10]. The EU's domestic biomass potential is expected to increase to 11.2 EJ/year by 2030 (Figure 1) [1]. Today, biomass decay accounts for around 30% of agricultural biomass, 60% of forest biomass and 10% of other waste. Combustion currently accounts for over 97% of global bioenergy production, making it the simplest and most sustainable technology for converting biomass into energy.

**Features of the conversion of biomass into energy.** Researchers come to the conclusion that burning and pyrolysis of wood materials as methods of generating electrical and thermal energy are significantly inferior in efficiency and environmental safety to gasification [8]. When burning organic matter, the amount of carbon dioxide released is equal to the amount of this compound absorbed by the plant as it grows. As a result, the carbon dioxide balance is zero, and during thermal processing, ash is formed, which is a valuable fertilizer. In this regard, it can be accepted that biomass is cheap green energy.

The aggregate analysis considers biomass as four key components of thermal conversion: moisture, volatiles (including gases and vapours released during pyrolysis), fixed carbon (non-volatile carbon), and ash (the inorganic residue remaining after combustion). The ratio of fixed carbon to volatiles directly affects the composition and yield of solid, liquid, and gaseous products obtained from pyrolysis and gasification processes. The heating value, also known as calorific value, is a key indicator of the quality of a particular feedstock. This value reflects the energy content of the feedstock, calculated based on the heat released during complete combustion of CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O (lower calorific value gases or higher calorific value liquids) as well as secondary by-products such as N<sub>2</sub> and ash [11]. Humidity levels are key, as high humidity reduces thermal efficiency, requiring more energy for drying and impacting yield and product composition. Volatile matter levels must also be considered; increasing them promotes combustion and the formation of more gases and liquids, improving process efficiency but can lead to increased resin formation. The yield of solid residues is determined by the

fixed carbon content, which affects the energy distribution and the calorific value of coal [12].



**Figure 1. Projected potential of biomass for bioenergy [1]**

Ash content, which is usually a problem, can cause operational problems such as slagging, reduced efficiency and maintenance, and a decrease in the calorific value of residues. The composition of the elements (carbon, hydrogen, oxygen, nitrogen and sulphur) directly affects the energy level, emissions and chemical composition of the products. Generally, higher concentrations of carbon and hydrogen contribute to increased energy yield and improved gas quality, while higher nitrogen and sulphur content leads to increased harmful emissions, requiring additional measures for their treatment [13]. Analysis of both the preliminary and final composition allows us to determine the main characteristics of the biomass [14]. In addition, the increased moisture content of the biomass requires significant energy costs for drying the raw material before thermochemical conversion, which in turn reduces the calorific value of the resulting biofuel. Reducing the concentrations of moisture, oxygen and ash can help improve the calorific value of the final conversion product [15]. Wood biomass contains 0.2 to 2.5 wt.% inorganic ash components such as K, Ca, Na, Si, P and Mg. Gasification is based on the principle that exposure of biomass to elevated temperatures results in the destruction of fragile C–C ( $C_1$ – $C_5$ ) chemical bonds. This process causes defunctionalization and refunctionalization stages, resulting in the formation of tar, carbon and gases. After the removal of impurities, these products become valuable resources.

According to the conducted research, the co-combustion of coal and biomass in the energy sector in Poland has a negative impact on the operating conditions of heating surfaces. However, many years of experience in the operation of medium and high efficiency boilers show that this problem can be mitigated by

the effect of aluminosilicates present in coal ash, which are able to bind potassium and thus provide protection [16].

In summary, the research shows that biomass is the only sustainable carbon-based fuel; therefore, its use is becoming increasingly important for climate protection. Combustion is the only proven thermochemical conversion process (together with gasification and pyrolysis) for the production of heat and electricity. However, biomass combustion produces large pollutants and therefore requires improvement. To create emission reduction methods, it is necessary to study the individual properties of the fuel.

### Used information sources:

1. Sher, F. et al. (2025). Cutting-edge biomass gasification technologies for renewable energy generation and achieving net zero emissions. *Energy Conversion and Management*, 323, 119213.

2. Drożdż, W. et al. (2022). Optimizing biomass energy production at the municipal level to move to low-carbon energy. *Sustainable Cities and Society*, 76, 103417.

3. Anderson, T. et al. (2000). Community planning and management of energy supplies—international experience. *Renewable energy*, 19(1-2), 325.

4. Jezierska-Thöle, A. et al. (2016). Development of energy crops cultivation for biomass production in Poland. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 62, 534–545.

5. Prajapati, P. et al. (2021). Critical review on technological advancements for effective waste management of municipal solid waste—Updates and way forward. *ET & I*, 23, 101749.

6. Outlook, A. E. (2013). *US Energy Information Administration* : Washington. DC, USA.

7. Singh, A., Nanda, S., Guayaquil-Sosa, J. F., & Berruti, F. (2021). Pyrolysis of Miscanthus and characterization of value-added bio-oil and biochar products. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, 99, S55–S68.

8. Shen, Y. (2024). Biomass pretreatment for steam gasification toward H<sub>2</sub>-rich syngas production—An overview. *International Journal of Hydrogen Energy*, 66, 90–102.

9. Moskalik, T. et al. (2012). Rynek drewna energetycznego w Polsce jako element rozwoju regionalnego. *Studia i Materiały Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej*, 14(3).

10. Piwowar, A., & Dzikuć, M. (2016). Outline of the economic and technical problems associated with the co-combustion of biomass in Poland. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 415–420.

11. Bisen, D. et al. (2025). Advancement of thermochemical conversion and the potential of biomasses for production of clean energy: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 208, 115016.

12. Van der Stelt, M. J. C. et al. (2011). Biomass upgrading by torrefaction for the production of biofuels: A review. *Biomass and bioenergy*, 35(9), 3748.



13. Basu, P. (2018). Biomass gasification, pyrolysis and torrefaction: practical design and theory. Academic press.
14. Xing, J. et al. (2019). A comprehensive study on estimating higher heating value of biomass from proximate and ultimate analysis with machine learning approaches. *Energy*, 188, 116077.
15. Güleç, F. et al. (2022). Predictability of higher heating value of biomass feedstocks via proximate and ultimate analyses—A comprehensive study of artificial neural network applications. *Fuel*, 320, 123944.
16. Gawron, P., & Klepacki, F. (2012). Trwałość wybranych elementów kotłów w warunkach współspalania biomasy. *energetyka*, 6(696), 293–303.

УДК 621.31

## **ПРОГНОЗУВАННЯ НАПРЯМІВ РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ ПІДПРИЄМСТВАМИ «ГРУПА ДТЕК» В УМОВАХ ПІСЛЯВОЄННОГО ЧАСУ**

*Бредун В. І., к.т.н., доцент, Якименко О. В., здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна*

Проблема забезпечення достатньою кількістю потужності сучасного ринку енергоносіїв постає досить гостро [1]. На сучасний стан енергетики в Україні впливає багато чинників. Найбільш нестабільним та важкопрогнозованим чинником є військові дії які ведуться на значній частині території, а також часті ракетні удари по підприємствах паливно-енергетичного комплексу всіх регіонів України.

Повномасштабна війна Росії проти України не лише зруйнувала значну частину енергетичної інфраструктури, але й поставила під сумнів традиційні моделі енергозабезпечення. Відновлювана енергетика, як ніколи раніше, набуває стратегічного значення для забезпечення енергетичної незалежності України.

Збільшення частки ВДЕ в енергетичному балансі, розвиток розподіленої генерації та установок зберігання енергії є одними з основних пріоритетів державної політики в електроенергетичному секторі, які визначені Енергетичною стратегією України (ЕСУ) на період до 2050 року, схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 21 квітня 2023 року №373 [2].

Компанія «Група ДТЕК», маючи значний досвід у сфері енергетики, може відіграти ключову роль у формуванні нового енергетичного ландшафту країни. Енергетична стратегія України до 2050 року є важливим мотивуючим чинником для розвитку «Групи ДТЕК». Вона спрямована на потенціал розвитку відновлюваної енергетики в портфелі компанії, з огляду на нові реалії та екологічні виклики.

Сучасний енергетичний ландшафт України зазнав значних трансформацій під впливом повномасштабної російської агресії [2]. Систематичні обстріли енергетичної інфраструктури спричинили безпрецедентні виклики для забезпечення стабільної роботи енергосистеми та енергетичної безпеки країни. В цих складних умовах енергетичний холдинг ДТЕК демонструє стійкість та адаптивність, продовжуючи розвивати напрямок відновлюваних джерел енергії.

**Таблиця 1. SWOT-аналіз потенціалу розвитку компаній «Групи ДТЕК» у галузі відновлюваної енергетики в поствоєнний період**

Сильні сторони	Слабкі сторони
<p><b>Досвід та експертиза:</b> ДТЕК має значний досвід у енергетичному секторі України, що дозволяє компанії ефективно впроваджувати нові технології та проекти в галузі відновлюваної енергетики.</p> <p><b>Фінансові ресурси:</b> Як одна з найбільших приватних компаній України, ДТЕК має значні фінансові ресурси, які можуть бути інвестовані у розвиток відновлюваної енергетики.</p> <p><b>Розгалужена інфраструктура:</b> Існуюча інфраструктура ДТЕК може бути ефективно використана для розвитку нових проектів у галузі відновлюваної енергетики, що дозволяє скоротити витрати на реалізацію проектів.</p> <p><b>Репутація та бренд:</b> Сильний бренд ДТЕК сприяє залученню інвестицій, партнерів та клієнтів.</p> <p><b>Соціальна відповідальність:</b> ДТЕК демонструє високий рівень соціальної відповідальності, що підвищує довіру до компанії та сприяє її розвитку.</p>	<p><b>Залежність від державної політики:</b> Розвиток відновлюваної енергетики значною мірою залежить від державної політики, зміни якої можуть негативно вплинути на бізнес ДТЕК.</p> <p><b>Конкуренція:</b> Ринок відновлюваної енергетики стає все більш конкурентним, що вимагає від ДТЕК постійного пошуку нових рішень та підвищення ефективності.</p> <p><b>Технологічні ризики:</b> Нові технології в галузі відновлюваної енергетики можуть бути дорогими та пов'язаними з певними ризиками.</p> <p><b>Сезонність виробництва:</b> Багато видів відновлюваної енергетики (наприклад, сонячна та вітрова) мають сезонний характер виробництва, що може ускладнювати балансування енергосистеми.</p> <p><b>Втрата значної частини виробничої потужності:</b> Багато підприємств групи ДТЕК є об'єктами критичної інфраструктури в які постраждали від ракетних обстрілів або/і бойових дій (наприклад, сонячна та вітрова).</p>
Можливості	Загрози
<p><b>Зростаючий світовий попит на чисту енергію:</b> Світовий тренд на декарбонізацію економіки створює великі можливості для розвитку відновлюваної енергетики в Україні.</p> <p><b>Підтримка з боку міжнародних фінансових інституцій:</b> Міжнародні фінансові інституції готові надавати фінансування для проектів у галузі відновлюваної енергетики.</p> <p><b>Технологічний прогрес:</b> Постійний технологічний прогрес дозволяє знижувати вартість виробництва електроенергії з відновлюваних джерел.</p> <p><b>Інтеграція в європейську енергосистему:</b> Інтеграція української енергосистеми в європейську відкриває нові ринки збуту для електроенергії, виробленої з відновлюваних джерел.</p>	<p><b>Геополітичні ризики:</b> Геополітична нестабільність може негативно вплинути на інвестиції в енергетичний сектор.</p> <p><b>Зміна клімату:</b> Зміна клімату може призвести до непередбачуваних погодних умов, що може негативно вплинути на виробництво електроенергії з відновлюваних джерел.</p> <p><b>Регуляторні ризики:</b> Зміна регуляторного середовища може створити додаткові бар'єри для розвитку відновлюваної енергетики.</p> <p><b>Конкуренція з боку інших видів енергії:</b> Конкуренція з боку інших видів енергії, таких як газ та атомна енергія, може ускладнити розвиток відновлюваної енергетики.</p> <p><b>Ескалація військового конфлікту:</b> Пошкодження або знищення електростанцій на відновлюваних джерелах енергії.</p>

Дане дослідження має на меті проаналізувати сучасну стратегію ДТЕК у галузі відновлюваної енергетики в контексті воєнних дій. Зокрема, дослідження зосередиться на оцінці впливу російської агресії на реалізацію стратегічних планів компанії та ідентифікації нових можливостей та екологічних і економічних викликів, які виникли внаслідок війни.

Згідно «Урядового плану трансформації української енергетики – до

2050 року» потужність сонячних і вітрових електростанцій в Україні має значно збільшуватися. Нарощення об'ємів зеленої генерації можливе завдяки тому, що тисячі українських бізнесів та домогосподарств встановлюють сонячні панелі та вітряки на власних об'єктах, а оператори системи розподілу під'єднують їх до мереж, що призведе до зниження частки витратних джерел енергії та зменшення викидів парникових газів. Відповідно, мережі мають бути до цього готові в фізичному плані з урахуванням збільшення навантаження на них. Інфраструктура електромереж має забезпечувати інтеграцію джерел відновлюваної електроенергії, та потребує великої модернізації і постійного вдосконалення. Таку діяльність провадять оператори системи розподілу ДТЕК Мережі. Попри війну і зосередження всіх зусиль компанії на відновленні зруйнованого ворогом, ДТЕК Мережі впроваджує проєкти розвитку, що дозволяють підключати та використовувати об'єкти «зеленої» енергетики. Основне завдання це створення умов для підключення таких об'єктів та забезпечення надійного електропостачання, побудова надійної, гнучкої та ефективної інфраструктури електромереж для відновлення та розвитку міст та регіонів».

За 2023 рік найбільше об'єктів зеленої генерації до ДТЕК Мережі було підключено в Київській області – 539 сонячних електростанцій загальною потужністю 12,3 МВт, на Одещині ДТЕК підключив 236 сонячних електростанцій та збільшив потужність побудованої раніше вітрової генерації. У Дніпропетровській області підключено 32,4 МВт, які вироблятимуть 298 нових сонячних електростанцій. На Донеччині, попри активні бойові дії, енергетики ДТЕК Донецькі електромережі підключили 43 сонячних та одну вітрову станцію загальною потужністю 1,2 МВт. У Києві підключено 33 сонячних станції загальною потужністю 0,4 МВт. Усього за рік підключено – 65,9 МВт [4]. Загалом від початку діяльності в Київському, Одеському, Дніпропетровському, Донецькому регіонах, а також в Києві, оператори системи розподілу ДТЕК Мережі вже підключили до мереж 16 136 об'єктів зеленої генерації загальною потужністю 1896,3 МВт. Компанія ДТЕК ВДЕ забезпечила надходження 969 млн. кВт-год електроенергії в енергосистему держави у 2023 році. Цей обсяг перевищує показник попереднього року на 10%. Не зважаючи на присутність активних бойових дій та окупації окремих генеруючих об'єктів ефективний менеджмент компанії дав змогу не лише зберегти позиції але й максимально збільшити виробництво електроенергії з відновлюваних джерел енергії, що виконує важливу роль у посиленні енергетичної безпеки держави.

Зазначені дані свідчать про потенціал групи ДТЕК у впровадженні об'єктів відновлюваної енергетики. ДТЕК не лише розвиває власні інвестиційні портфелі підприємств, а й стимулює розвиток домогосподарств та приватних ВЕС та СЕС електростанцій, які збільшують

частку електроенергії згенерованої з відновлюваних джерел. Екологічне значення, екологічний ефект від розвитку цього сектора енергетики, співвідношення розвитку даного напрямку діяльності з основними положеннями екологічної політики ДТЕК яка включає декарбонізацію, енергоефективність та охорону біорізноманітності, а також сприяє реалізації міжнародних кліматичних енергетичних ініціатив і сталого розвитку місцевих громад.

Для мінімізації впливу на навколишнє середовище під час розвитку відновлюваної енергетики група ДТЕК активно впроваджує сучасні технології екологічного захисту. Зокрема, на сонячних та вітрових електростанціях застосовуються системи моніторингу впливу на екосистеми, що дозволяє своєчасно виявляти та мінімізувати негативні наслідки. Також у проєктах компанії інтегруються технології збереження біорізноманіття, включаючи маршрути міграції птахів, а при модернізації електромереж враховуються екологічні стандарти для захисту флори і фауни. Крім того, ДТЕК впроваджує енергоефективні рішення та відновлює пошкоджені природні території в зонах своєї діяльності, що гармонізує розвиток зеленої енергетики із принципами сталого природокористування.

Для прогнозування подальших змін у функціонуванні енергосистеми України та ролі групи ДТЕК в цих процесах нами проведено SWOT-аналіз потенціалу розвитку компаній «Групи ДТЕК» у галузі відновлюваної енергетики в післявоєнний період (табл. 1).

Отже, «Група ДТЕК» – великий гравець на українському енергетичному ринку, який активно розвиває напрям відновлюваної енергетики. Незважаючи на війну, компанія продовжує інвестувати в сонячні та вітрові електростанції, а також підключає до мережі приватні «зелені» генератори. Це сприяє енергетичній незалежності України та зниженню залежності від традиційних джерел енергії. «Група ДТЕК» має значний потенціал для розвитку відновлюваної енергетики в післявоєнний період. Завдяки досвіду, інфраструктурі та міжнародній підтримці, компанія здатна забезпечити ключову роль у формуванні нового енергетичного ландшафту України.

#### **Використані інформаційні джерела:**

1. Biletska, L., & Kovalenko, A. (2023). The role of renewable energy in post-war reconstruction of Ukraine. *Energy Policy Journal*, 56, 89–103.

2. Жовтанецький, В., & Савчук, С. (2023). Перспективи розвитку відновлюваної енергетики в Україні. *Енергетика і суспільство*. 5(2), 34–42.

3. Енергетична стратегія України до 2050 року (затверджена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 21 квітня 2023 року № 373) URL: <https://www.mev.gov.ua/reforma/enerhetychna-stratehiya> (дата звернення 26.11.2024).

УДК 621.31:658.567:544.33

## **ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ СПАЛЮВАННЯ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ КОМПОЗИЦІЙНО З ТОРФОМ ЯК ЕЛЕМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ТЕПЛОТВОРНОЇ ЗДАТНОСТІ**

*Голік Ю. С., к.т.н., професор університету, завідувач кафедри  
теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики,  
Кутний Б. А., д.т.н., професор, Серга Т. М., асистент, аспірант,  
Манейло Є. М., асистент*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені  
Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна*

Полтавська область визначається значними покладами торфу на територіях Лубенської та Гадяцької громад, які, з точки зору науковців, недостатньо вивчені за рахунок складності організації процесів спалювання, утворенням значної кількості відходів золи, складністю очищення димових каналів відхідних газів та недостатнім вивченням екологічної складової продуктів спалювання.

У той же час на Полтавщині тільки починає змінюватися ставлення до побутових відходів, у складі яких визначено значний енергетичний потенціал. Результати оцінювання компонентів побутових відходів [1], які можуть мати потенційну енергетичну цінність, показали, що їх частка в середньому становить від 39 до 61%. Найменші значення характерні для територіальних громад сільського і селищного типу, де переважає приватний житловий сектор. Однак, при попередній оцінці частки побутових відходів, які мають енергетичний потенціал, було визначено, що об'єм продукування таких відходів на територіях громад сільського і селищного типу в межах Полтавського підкластеру становить менше ніж 17 %. У межах усього Полтавського кластеру їх частка складає близько 45%.

Теплотворна здатність побутових відходів значним чином визначає їх спроможність щодо використання в якості палива для отримання теплової енергії. Побутові відходи визначені Директивою Європейського Парламенту та Ради від 19.11.2008 № 2008/98/ЄС «Про відходи та скасування деяких Директив» [2] та в «Національній стратегії управління відходами в Україні до 2030 року» [3] як вторинний матеріальний та енергетичний антропогенний ресурс. Суттєвою перевагою використання ПВ в якості джерела енергії є постійне зростання його кількості та зручне розташування – в населених пунктах, поруч зі споживачами енергії.

Для вивчення питання процесів використання енергетичного потенціалу побутових відходів у режимах окремого спалювання складових ресурсоцінних відходів за умови мінімального навантаження на атмосферне

повітря, а також у режимі одночасного спалювання з брикетованим торфом, що може застосовуватися для опалення в межах Полтавської області, на кафедрі теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» у 2023-2024 роках за участі екологів кафедри прикладної екології та природокористування була створена лабораторія визначення еколого-теплотехнічних характеристик альтернативних та відновлювальних видів палива.

Для проведення експериментальних досліджень були розроблені та створені два лабораторні стенди з котлами, що можуть працювати на твердих видах палива, із можливістю використання (спалювання) одночасно різних видів палива і контролю якості відхідних димових газів газоаналізаторами TESTO-350S та OKCI.

Суттєва складність у процесі досліджень виявилася при визначенні теплотворної здатності палив або їх суміші за допомогою калориметра. Сучасні калориметри, що виготовляються в Німеччині, США, Чехії тощо, характеризуються цінами 800-2400 тис. грн., тому сподіватися на визначення показників теплотворної здатності, використовуючи сучасне закордонне обладнання, залишається тільки бажаним фактором.

Хоча на початку роботи нами було підготовлено листи на заводи-виробники калориметрів, але їх виробники відгукнулися на листи, відповівши, що навіть під час воєнних дій в Україні вони не можуть нас підтримати та передати своє обладнання. Однак, до прикладу, польська фірма «AXIS» надала спонсорську допомогу та подарувала в лабораторію нові аналітичні ваги, які відповідають вимогам «Технічного регламенту щодо неавтоматичних зважувальних приладів» та ДСТУ EN 45501:2017 «Метрологічні аспекти неавтоматичних зважувальних приладів» [4].

### **Використані інформаційні джерела:**

1. Ілляш О. Е., Голік Ю. С. (2023). Дослідження ресурсного потенціалу побутових відходів у Полтавській області. *Проблеми охорони праці в Україні*, 39(1-2), 47–54.

2. Директива Європейського Парламенту та Ради від 19.11.2008 № 2008/98/ЄС «Про відходи та скасування деяких Директив». Режим доступу: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984\\_029-08#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_029-08#Text)

3. Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 року (схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 8 листопада 2017 р. № 820). Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-%D1%80#Text>

4. ДСТУ EN 45501:2017 Метрологічні аспекти неавтоматичних зважувальних приладів (EN 45501:2015, IDT). Режим доступу: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=75023](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=75023)

УДК 001.92

## **СПІВПРАЦЯ ЗІ СТЕЙКХОЛДЕРАМИ ЯК ЧИННИК РОЗВИТКУ ЛАБОРАТОРНОЇ БАЗИ ЗВО**

*Гузик Д. В., к.т.н., доцент, Манейло Є. М., асистент*

*Національний університет «Полтавська політехніка  
імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна*

Лабораторні заняття як форма навчального процесу у закладах вищої освіти, що готують спеціалістів у галузі теплоенергетики, мають дуже важливе значення. Вони сприяють поглибленню теоретичних і практичних знань та навичок отриманих під час вивчення дисциплін, а також підвищують рівень набутих теоретичних знань студентів із різноманітними приладами, включно з вимірювальними, правилами експлуатації обладнання та технікою безпеки як під час навчального процесу, так і технікою безпеки на виробництві та під час науково-дослідницької практики.

Мета дослідження – узагальнення досвіду створення та розвитку лабораторної бази кафедри теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» із залученням провідних виробників сучасного теплотехнічного й кліматичного обладнання для технологічних систем у теплоенергетиці. У роботі розглядаються приклади співпраці кафедри зі стейкхолдерами.

Робота викладача охоплює не лише навчальний процес, зокрема проведення занять і дипломне проєктування, керівництво різними видами практик, кураторство, науково-дослідницьку й профорієнтаційну діяльність, а також і допомога у працевлаштуванні студентів. Одним із важливих завдань викладача в нашій спеціальності є розвиток і підтримка лабораторної бази на належному рівні.

За останні роки лабораторія кафедри теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики університету значно модернізована: її обладнано новітніми стендами, які забезпечують студентам можливість оволодівати необхідними навичками за обраною спеціальністю.

Створення таких стендів відбувалося завдяки активній участі викладачів кафедри. Процес включав переговори з потенційними спонсорами, які часто проводилися під час щорічної виставки «Аква-Терм» у Києві, розробку схем і специфікацій обладнання, укладання договорів, передачу устаткування, його постачання, технічний супровід, монтаж і введення в експлуатацію. Усі ці етапи стали можливими завдяки ініціативі та зусиллям викладачів кафедри.



Реалізація цих проектів стала можливою завдяки підтримці керівництва Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», завідувача кафедри – к.т.н., професору Юрію Голіку, викладачів кафедри, студентів, фахівців кафедри, а також стейкхолдерів кафедри, серед яких багато колишніх випускників кафедри ТГВ та Т Полтавської політехніки, а тепер успішних керівників підприємств і бізнесменів, так і керівництва українських представництв закордонних фірм, а саме: Колодяжного В. В. та Анцупова С. М. (ТОВ «Вент-Сервис»), Городничого В. Є. (ТОВ «Сантехник ЛТД»), Єфременка І. А. (компанія «RENAU – Україна») [1], Петренка В. О. (компанія «HERZ – Україна») [1], Коломійченка В. О. (директор ПрАТ «ВЕНТС»), Ясенєва О. В. (ТОВ «ПРОТОН-ГРУП»), Сорокіна Г. А. (компанія «Systemair – Україна») [2], Стратія Ю. О. (керівник представництва фірми «Hisense» в Україні) [3], Андрікевича А. О. (директор компанії «Енергія води», офіційний представник компанії «ДАВ» (Італія) в Україні), Піленкова О. В. (директор ТОВ «Науково-виробничого підприємства «Опекс Енергосистеми»).

#### **Використані інформаційні джерела:**

1. <https://nupp.edu.ua/page/novini-kafedri-teplogazopostachannya-ventilyatsii-ta-teploenergetiki.html>
2. <https://nupp.edu.ua/news/studenti-teploenergetiki-vivchatimut-ventilyatsiyni-sistemi-na-shvedskomu-obladnanni.html>
3. <https://nupp.edu.ua/news/vidomiy-brend-prezentuvav-noviy-navchalniy-stend-klimatichnogo-obladnannya.html>

УДК 620.91

## ТЕПЛОФОТОЕЛЕКТРИЧНІ ПАНЕЛІ: СУЧАСНИЙ ДОСВІД ТА МАЙБУТНІ МОЖЛИВОСТІ

*Євтушенко Е. О., аспірант, Кутний Б. А., д.т.н., професор,  
Чернецька І. В., к.т.н., доцент*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія  
Кондратюка», м. Полтава, Україна*

Сучасний світ стикається з численними викликами, пов'язаними із забезпеченням енергетичної безпеки, скороченням викидів парникових газів та переходом до сталого розвитку. Питання підвищення енергоефективності та зменшення впливу на довкілля є однією з пріоритетних задач як на сучасному етапі розвитку економіки України, так і на довгострокову післявоєнну перспективу. Використання відновлювальних джерел енергії, зокрема Сонця, є одним із ключових напрямів вирішення цих проблем. З урахуванням того, що на територію України надходить 720 млрд. МВт·год сонячної енергії, яка еквівалентна 88400 млн тонн у.п. [1], розвиток геліотехнологій є дуже актуальним.

Традиційно розрізняють два основних типи обладнання для перетворення сонячної енергії: фотоелектричні панелі та теплові колектори [2]. Сонячні фотоелектричні батареї є відносно молодого розробкою. Їх почали використовувати з 1954 року для космічних технологій. Сонячні теплові колектори мають значно давнішу історію. Перший плоский колектор був виготовлений у 1767 році, пережив ріст популярності та забуття й вийшов на новий рівень розвитку після всесвітньої нафтової кризи 1973 року [3]. Вона ж стала суттєвим поштовхом і для розвитку фотовольтаїки, яку почали застосовувати для побутових та промислових потреб. За період свого розвитку геліоколектори та фотоелектричні панелі набували нових форм та особливостей, зберігаючи кращі властивості попередників, ставали дедалі легшими, компактнішими, ефективнішими, з'являлися нові різновиди. При цьому формувалися різні сфери їх застосування, оскільки кожен вид має притаманні йому переваги та недоліки. Оскільки сонячна енергетика є загалом відносно молодого та дуже динамічно розвивається, проведений аналіз показав, що єдиної чіткої класифікації геліосистем не існує, кожен автор вкладає своє бачення у висвітлення цього питання. На основі аналізу ряду літературних джерел, зокрема [1-5], пропонується узагальнена класифікація основних геліосистем, які сформувалися в процесі еволюції сонячної енергетики (рис. 1).

## ГЕЛІОСИСТЕМИ

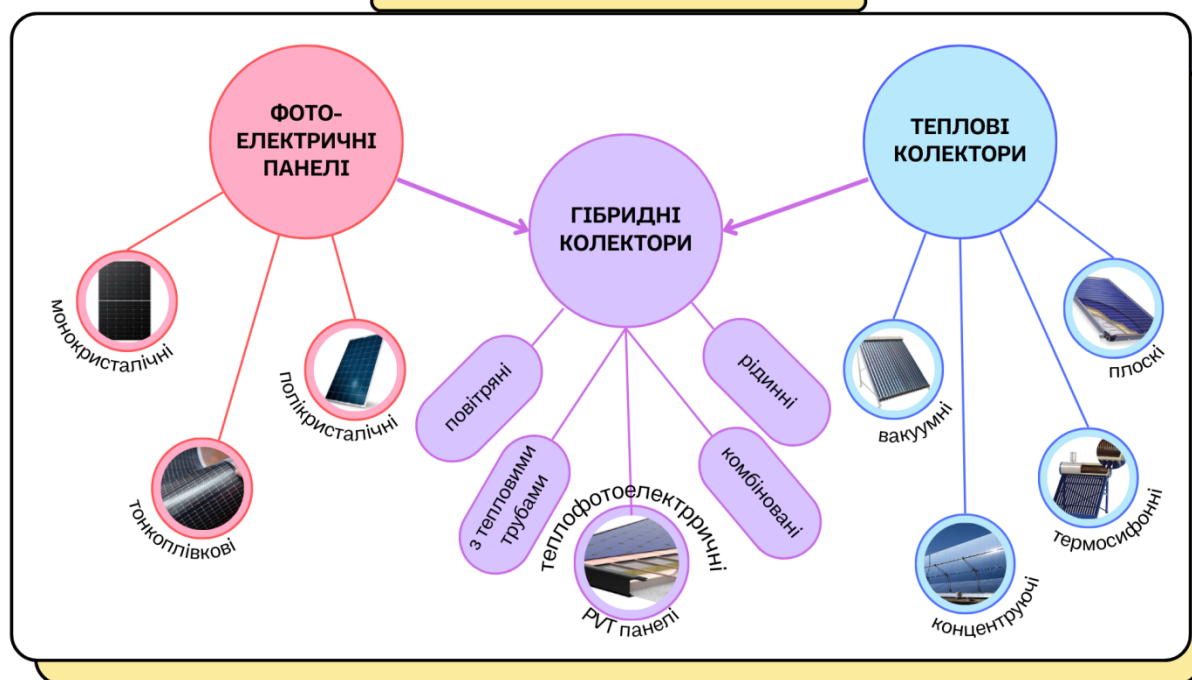


Рисунок 1 – Класифікація геліосистем

При цьому під геліосистемами розуміються установки, що перетворюють сонячну енергію в інший тип – електричну або теплову.

Серед фотоелектричних (PV) панелей беззаперечним лідером у плані ефективності та потужності є монокристалічні. Їх коефіцієнт корисної дії (ККД) становить 15-25%, що на 3-4% є вищим, ніж у полікристалічних. Втрата потужності при нагріванні також менша. Полікристалічні модулі дещо виграють в ціні, але з урахуванням швидшої деградації та потреби в більшій площі для генерації того ж рівня енергії в підсумку монокристалічні є економічно вигіднішими. Тонкоплівкові мають найменший рівень ККД (від 6 до 18% залежно від матеріалу виготовлення), але набирають популярність завдяки високому показнику оптичного поглинання, гарній продуктивності в похмуру погоду, а також низькій масі, що дозволяє їх встановлювати на легкі конструкції, які не придатні для встановлення звичайних панелей.

Порівняння основних характеристик існуючих різновидів пристроїв для трансформації сонячної енергії в теплову та електричну за даними [1-5] свідчить про те, що найбільшу ефективність перетворення сонячної енергії мають теплові колектори. Серед них лідером є вакуумні, які за рахунок вищої ефективності поглинання розсіяного випромінювання мають ККД до 80%, який практично не залежить від зовнішньої температури. Мінімізація тепловтрат в навколишнє середовище завдяки вакууму є причиною як підвищення ефективності, так і загострення проблеми відведення надлишку тепла, що спричиняє перегрів і вхід у режим стагнації, який негативно впливає на працездатність складових елементів системи. Ефективність

плоских і вакуумних колекторів у літній період практично однакова, але при похолоданні ККД плоских знижується. Основною перевагою плоский є помітно менша ціна, що часто стає визначальним фактором при виборі.

Термосифонні колектори є відносно простими за конструкцією й дешевими, але мають обмежене сезонне застосування в помірних широтах через небезпеку замерзання води в системі в зимовий період.

Концентровані теплові колектори складаються з масиву розташованих під оптимальним кутом оптичних пристроїв, що фокусують сонячне світло на невеликому приймачі, збільшуючи концентрацію світла в десятки разів. Застосовуються для отримання температур 250-300 °С для комерційних потреб та промисловості, зокрема для отримання пари та виробництва електроенергії потужними промисловими електростанціями з паровою турбіною та електрогенератором.

Результатом поєднання кращих характеристик двох основних груп геліосистем – фотоелектричних панелей та теплових колекторів – стала поява окремої групи гібридних колекторів. Серед них варто виділити теплофотоелектричні панелі (ТФЕ), які займають важливе місце серед усіх інноваційних технологій використання сонячної енергії. Поєднання теплових колекторів та PV панелей дозволяє вдвічі скоротити необхідну площу, а також забезпечити ефективне відведення надлишкового тепла. Досвід їх впровадження показав значний потенціал у житловому, комерційному та промисловому секторах, зокрема в системах гарячого водопостачання, опалення та енергозабезпечення. Вони дозволяють одночасно отримувати електроенергію та тепло, в також підвищити загальну ефективність системи на 10-20% порівняно із звичайними PV панелями [1-3]. Найсучасніші моделі дозволяють отримувати загальний ККД до 90%. Зустрічаються гібридні моделі з різним співвідношенням частки виробництва теплової та електричної енергії, але теплової завжди більше. Пошук оптимального співвідношення потребує подальших досліджень. Досить добре себе зарекомендував варіант 2,5:1.

Дедалі популярнішою стає інтеграція ТФЕ колекторів із системами інтернету речей (IoT), що дозволяє підвищити ефективність, знизити ризик стагнації і оптимізувати споживання енергії. Основними напрямками є:

1. Використання температурних, тискових, вологостійких та оптичних датчиків для моніторингу параметрів теплоносія, інтенсивності сонячного випромінювання, температури навколишнього середовища та поверхні колектора для прогнозування енерговиробництва. Впровадження автоматичної регуляції потоку теплоносія для запобігання перегріву.

2. Використання алгоритмів прогнозування погоди для регулювання роботи колектора залежно від очікуваної інтенсивності сонячного випромінювання та алгоритмів машинного навчання для оптимізації потоків енергії між теплоаккумуляторами, фотоелектричними модулями і тепловими насосами.

3. Використання платформ, таких як Arduino, Raspberry Pi, або спеціалізованих контролерів для збору та передачі даних на сервери, інтеграція з хмарними сервісами (AWS, Google Cloud, Azure) для централізованого моніторингу, забезпечення віддаленого доступу до даних у режимі реального часу через мобільні додатки або веб-інтерфейси й регулювання роботи колектора через смартфон.

4. Оптимізація енергоефективності за рахунок інтеграції у «розумні будинки» для взаємодії з іншими системами (кондиціонування, освітлення, вентиляції) та автоматичного визначення, коли вироблену енергію краще використати для нагрівання води, а коли – для генерації електрики.

Розуміння класифікації геліосистем, переваг і недоліків кожного виду є важливим для подальшого їх удосконалення на основі аналітичних та лабораторних досліджень з урахуванням світового та вітчизняного досвіду. На сьогодні технологія застосування гібридних PVT панелей може вважатися найбільш прогресивною, але вона також має потенціал для підвищення коефіцієнта корисної дії. Відповідно перспективи подальшого розвитку теплофотоелектричних панелей лежать у площині вдосконалення матеріалів самих панелей та елементів теплової схеми, проведення комплексного аналізу роботи в режимі стагнації та розроблення більш ефективних заходів для уникнення перегріву, в тому числі з використанням IoT. Можливе також створення нових моделей із вищою ефективністю та їх інтеграція в архітектурні конструкції будівель.

#### **Використані інформаційні джерела:**

1. Титко Р., Калініченко В. Відновлювані джерела енергії (досвід Польщі для України). Варшава, 2012. 653 с.

2. Енергоефективність фотоелектричних перетворювачів для забезпечення екологічно чистої енергетики : [монографія] / С. О. Вамболь, Я. О. Сичікова, Н. В. Дейнеко Бердянськ : Видавець Ткачук О. В., 2016. 256 с.

3. John A. Duffie, William A. Beckman, Nathan Blair Solar Engineering of Thermal Processes, Photovoltaics and Wind / 5-th Edition – Wiley, 2020.–919p.

4. Технології та покоління сонячних батарей. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://solpower.com.ua/ua/info/tekhnologii-i-pokoleniya-solnechnykh-batarej>

5. Асоціація сонячної енергетики України // Оновлення сонячної фотоелектричної технології: розширення можливостей за допомогою інноваційних, ефективніших і надійніших сонячних систем [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://aseu.org.ua/onovlennia-soniachnoi-fotoelektrychnoi-tekhnologii-rozshyrennia-mozhlyvostej-liudej-za-dopomohoiu-innovatsijnykh-bilsh-efektyvnykh-i-nadijnykh-soniachnykh-system/>

УДК 621.5+678.5

## ПІДВИЩЕННЯ МІЦНОСТІ ТА ДОВГОВІЧНОСТІ ЛОПАТЕЙ ВІТРОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ МАЛОЇ ПОТУЖНОСТІ

*Козлов Я. М., к.т.н., доцент, Ковальов С. В., к.х.н., доцент,  
Швец С.О., аспірант, Дацко М. О., аспірант, Усатий В. В., аспірант*

*Український державний хіміко-технологічний університет  
Українського державного університету науки і технології,  
м. Дніпро, Україна*

Зростаюча залежність сучасних технологій, промисловості та інфраструктури від надійного енергопостачання вимагає нових підходів до забезпечення енергонезалежності. Автономні системи енергопостачання набувають особливої актуальності у зв'язку з підвищенням ризиків перебоїв у централізованих мережах через природні катаклізми, техногенні аварії чи військові дії. Надійність таких систем є критично важливою для забезпечення безперебійної роботи життєво важливих об'єктів, таких як медичні заклади, об'єкти критичної інфраструктури чи промислові виробництва.

Крім того, в сучасних умовах зростання цін на енергоресурси та посилення вимог до зниження шкідливих викидів в атмосферу, підвищення енергоефективності автономних систем енергопостачання стає ключовим завданням. Використання відновлюваних джерел енергії, а також технологій зберігання енергії та оптимізація процесів її споживання дозволяють значно знизити витрати на енергозабезпечення, підвищуючи при цьому екологічну стійкість регіону.

Україна має значний потенціал по вітровим ресурсам, особливо в південних та прибережних регіонах, таких як Одеська, Херсонська, Миколаївська області та Азовське узбережжя [1]. Крім того, центральна Україна - Харківська, Дніпропетровська, Кіровоградська область та західні регіони такі як: Івано-Франківська, Львівська, Чернівецька та Закарпатська область (рис. 1). Ці території характеризуються стабільними та достатніми швидкостями вітру для ефективного функціонування вітроустановок.

Розвиток вітроенергетики сприяє зменшенню залежності України від імпортованих енергоресурсів, що особливо важливо в умовах геополітичної нестабільності.

Сучасні потреби споживачів вимагають від устаткування таких критеріїв як: універсальність, доступність та адаптивність до різних умов роботи. Цим критеріям більш усього відповідають малі вітряні установки [2]. Вони дозволяють знижувати залежність від централізованих мереж, що особливо важливо в регіонах із нестабільним енергопостачанням. Малі вітрові установки є відносно дешевшими у встановленні та обслуговуванні,

що робить їх доступними для приватних осіб та малого бізнесу. Завдяки компактним розмірам і меншій залежності від високих швидкостей вітру, малі установки ефективно працюють навіть у регіонах із середніми вітровими показниками, зокрема в багатьох районах України. Вони легко комбінуються з сонячними панелями, утворюючи гібридні системи, що забезпечують стабільніше енергопостачання протягом року.

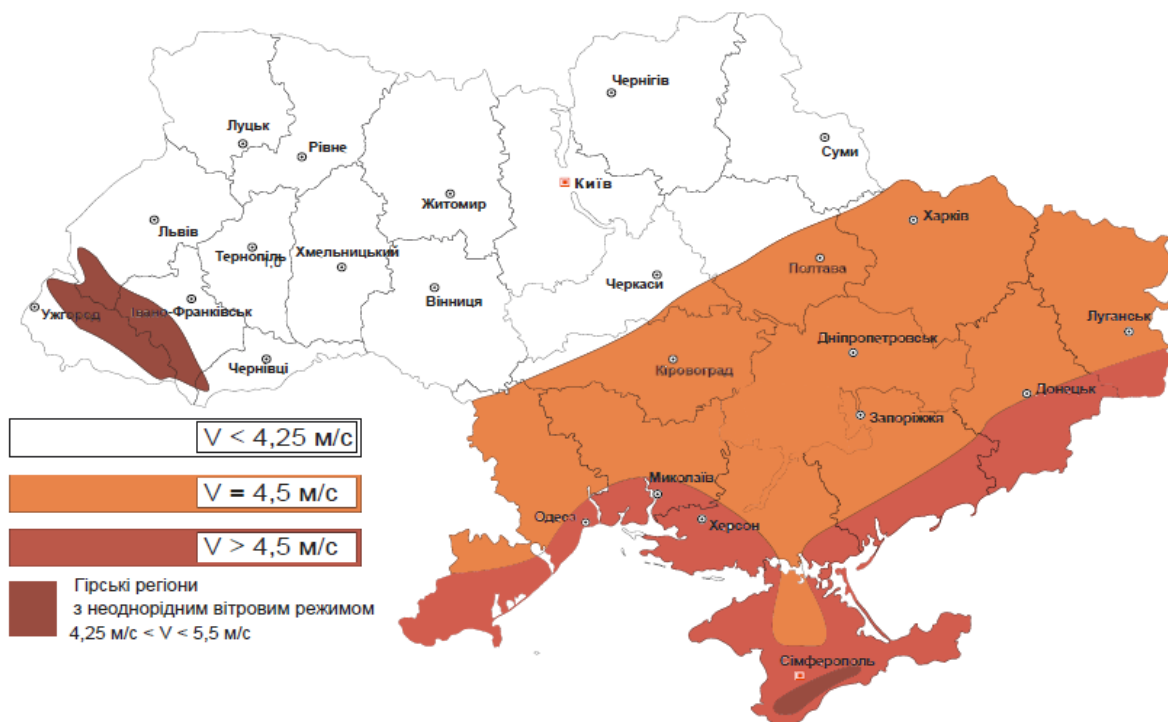


Рисунок 1. Вітровий потенціал України: середньорічна швидкість вітру [1]

Попри перелічені переваги малі вітряні установки поки що залишаються відносно дорогими. Сучасний розвиток вітроенергетичних установок малої потужності, вимагає нових підходів до створення матеріалів, які відповідають високим експлуатаційним вимогам. Лопаті вітрових турбін, як ключовий компонент, зазнають інтенсивного механічного навантаження, впливу агресивних зовнішніх факторів та динамічних змін. Тому розробка матеріалів із підвищеною міцністю, довговічністю і зменшеною масою є критично важливою для забезпечення надійності та економічності таких систем.

Проблеми існуючих методів виготовлення лопатей полягає у вирішенні постійної дилеми між заданою міцністю та їх вагою.

Підвищення механічної міцності та зниження ваги лопатей для вітроустановок малої потужності можливо шляхом удосконалення процесу 3D-друку орієнтовано-структурованих матеріалів.

Це вимагає проведення оптимізації параметрів 3D-друку: температури друку, швидкості нанесення шарів, товщини шарів, вибору напрямі друку для створення орієнтованих структур та ін.

#### **Використані інформаційні джерела:**

1. Основи вітроенергетики : підручник / Г. Півняк, Ф. Шкрабець, Н. Нойбергер, Д. Ципленков; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. Д. : НГУ, 2015. 335 с.

2. Козлов Я. М., Дацко М. О., Шибка А. В., Ковальов С. В. Малі вітроенергетичні установки – запорука енергонезалежності України. *Хімія і сучасні технології* : Тези доп. XI Міжнародна науково-практична інтернет-конференція здобувачів вищої освіти та молодих учених, 06-07 грудня. В 6-ти томах. Т. V. Дніпро : ДВНЗ УДХТУ. 2023. С. 46–47.



УДК 620.91:621.311.243

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ ПАНЕЛЕЙ

*Кутний Б. А., д.т.н., професор,  
Загорулько В. А., здобувач третього рівня вищої освіти*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія  
Кондратюка», м. Полтава, Україна*

Використання сонячної енергії є важливим компонентом енергетичної незалежності України. Дослідження впливу метеорологічних факторів на ефективність роботи фотоелектричних панелей дає змогу оптимізувати їх використання в умовах змінного клімату [1]. В Україні існують достатньо сприятливі умови для використання сонячної енергії. Середньорічна кількість сумарної сонячної радіації, що потрапляє на 1 м<sup>2</sup> поверхні, на території України знаходиться в межах від 1070 кВт·год/м<sup>2</sup> в її північній частині до 1400 кВт·год/м<sup>2</sup> і вище на півдні України. Розподіл основних кліматичних показників такий: радіаційний режим території характеризується зміною тривалості сонячного випромінення в середньому за рік від 1690-1850 годин у західних районах Полісся та Лісостепу до 2150-2450 годин у Криму та на узбережжях Чорного й Азовського морів [2].

Відповідно до коефіцієнтів регресії, параметри, які впливають на ефективність сонячних панелей можна розташувати в такій послідовності: інтенсивність сонячного випромінення біля поверхні землі; температура навколишнього середовища; вологість; швидкість вітру [3].

Метою даного дослідження є визначення впливу кліматичних факторів на ефективність роботи фотоелектричних панелей розташованих в Полтавській області.

Загалом, геліосистема, що встановлена в технічному університеті «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюк» (далі Полтавська політехніка) складається з геліопанелі AS-6P-340W площею 2 м<sup>2</sup>, контролера заряду батарей на 30 А, інвертора на 500 Вт, літій-залізо-фосфатних акумуляторів на 24 В ємністю 30 А·год та плати контролера до них (BMS DL8S-20A). Геліопанель розташовано на даху одного з корпусів Полтавської політехніки та зорієнтовано Південний Схід (азимут 120°), кут нахилу до горизонту становить 25° (оптимальний для літа 34,6°, для зими 64,6°) (рис.1). Заявлена виробником максимальна потужність фотоелектричної панелі становить 340 Вт, максимальна напруга 46,3 В, номінальна робоча температура 45±2°С, постійний струм 9 А.



**Рисунок 1. Розташування фотоелектричної панелі AS-6P-340W на даху**

Панель працює з 8 до 14 години, оскільки після 14 на неї починає падати тінь від вентиляційного короба. За 6 годин роботи 2 м<sup>2</sup> панелі забезпечують 1,5 кВт·год електроенергії.

Дослідження енергоефективності фотоелектричної панелі проводилися в період із 07.2024 по 11.2024 р. Аналіз результатів досліджень показує, що основними кліматичними факторами, що впливають на ефективність сонячних панелей, є хмарність, температура, вологість, швидкість вітру, а також затінення. Ефективність роботи панелей значно зменшується у похмурі дні (може зменшуватись у п'ять разів).

Іншим фактором, що сильно впливає на ефективність роботи сонячної панелі є її температура: підвищення температури знижує напругу панелі, що впливає на генерацію. Наприклад, підвищення температури на 10 °C зменшує напругу на 1,237 В. Таким чином, якщо влітку при +50°C напруга панелі становить 39,3 В, то взимку при -20 °C вона буде  $39,3 + 7 * 1,237 = 48,0$  В.

Таким чином, за п'ять місяців досліджень впливу кліматичних факторів на ефективність фотоелектричної панелі зібрано масив даних, оброблення якого дозволило встановити кількісні показники впливу конструктивних особливостей панелі, її розташування, кліматичних факторів, температури панелі, тощо. Їх урахування при проектуванні геліосистем дозволить підвищити точність прогнозування кількості отриманої електричної енергії.

#### **Використані інформаційні джерела:**

1. Кут нахилу сонячних батарей та його вплив на техніко-економічні показники експлуатації сонячної електростанції. [Електронний ресурс]: –

2019 р. – Режим доступу до ресурсу: <https://events.pstu.edu/konkurs-energy/wp-content/uploads/sites/2/2019/03/%D0%95%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B0-%D0%B5%D1%84%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C-1.pdf>.

2. Відрновлювані джерела енергії [Електронний ресурс]: – 2020 р. – Режим доступу до ресурсу: [https://www.ive.org.ua/wp-content/uploads/Monografia\\_final\\_21.12.2020.pdf](https://www.ive.org.ua/wp-content/uploads/Monografia_final_21.12.2020.pdf)

3. Енергоменеджмент та автоматизація управління в системах електро- та теплопостачання [Електронний ресурс]: – 2017 р. – Режим доступу до ресурсу: <https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/6866/3/8.pdf>

УДК 620.9:504.05

## **«РЕСУРСО- ТА ЕНЕРГООЩАДЖЕННЯ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ ГІДРАТНИХ ТЕПЛОАКУМУЛЯТОРІВ У ВИРОБНИЧИХ ТЕХНОЛОГІЯХ»**

*Кутний Б. А., д.т.н., професор, Корнієнко Р. І., аспірант*

*Національний університет «Полтавська політехніка  
імені Юрія Кондратюка»*

Ресурсо- та енергоощадження є ключовими завданнями сучасної промисловості. Глобальні виклики, такі як зростання споживання енергоресурсів, подорожчання енергоносіїв, екологічний вплив та загроза стабільності енергопостачання через удари по критичній інфраструктурі, стимулюють пошук нових ефективних рішень.

Після завданих ударів стало зрозуміло, що енергетична інфраструктура потребує не тільки відновлення, а й модернізації. Основою оновлення мають бути децентралізація енергетичної системи та розвиток відновлюваних джерел енергії. Децентралізація передбачає створення локальних генеруючих об'єктів, когенераційних установок і активну участь споживачів у генерації та балансуванні енергії.

Згідно з планом відновлення України в рамках Енергетичної незалежності та Зеленого курсу, першим етапом є будівництво пікових потужностей 1,5-2 ГВт та акумуляторів потужністю 0,7-1 ГВт. За прогнозами, інвестиції в цю сферу можуть досягти 130 млрд. доларів протягом наступних 10 років, що робить технології акумуляції енергії фінансово привабливими для інвесторів [1].

Когенераційні установки (КГУ) виробляють електроенергію та тепло з одного енергоносія, що забезпечує ефективність 80-90%, в порівнянні з 30-40% для традиційних електростанцій. Високий ККД досягається при стабільному попиті на електроенергію та тепло. При недостатньому тепловому навантаженні ефективність знижується.

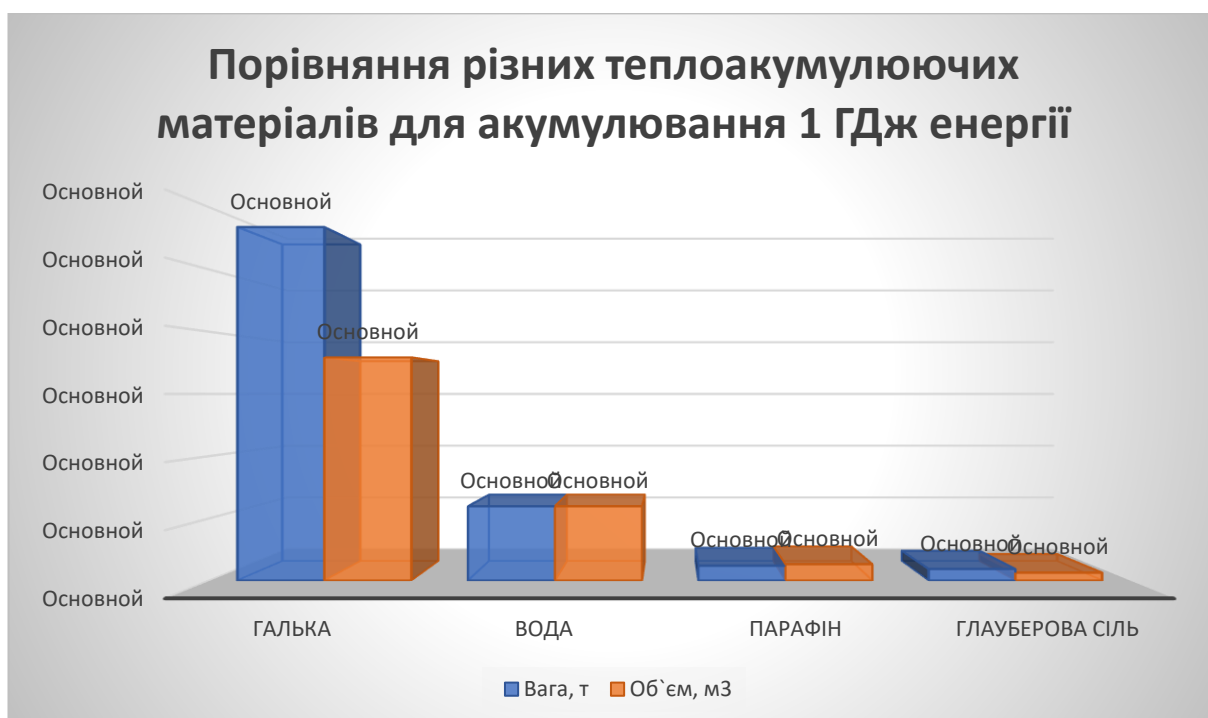
Відновлювані джерела, як сонячна та вітрова енергетика, генерують енергію залежно від погодних умов, що не завжди збігаються з графіком споживання. Це створює дисбаланс у системі, особливо при пікових навантаженнях вранці та ввечері, що загрожує стабільності енергопостачання.

Після початку повномасштабного вторгнення Росії в Україну у 2022 році, багато домогосподарств почали активно впроваджувати декілька джерел енергії, що є незалежними або частково автономними. Такий підхід дозволяє підвищити енергетичну безпеку та мінімізувати ризики, пов'язані з перебоями в централізованому енергопостачанні. Наприклад, все частіше

комбінуються твердопаливний котел, тепловий насос та геліосистема. Для ефективного використання цих джерел необхідним стає центральний буфер, тобто теплоаккумулятор, який здатний накопичувати енергію в періоди генерації та віддавати її в моменти підвищеного споживання.

Системи акумулювання стають важливим елементом децентралізованої енергетики, інтеграції відновлюваних джерел та розумних енергомереж, відновленню країни та її енергетичній безпеці сприяючи ефективному використанню енергії. Одним із перспективних напрямків є використання теплоаккумуляторів, що застосовують матеріали з фазовим переходом для накопичення та утилізації тепла [2].

Ефективність цього методу зумовлена тим, що для багатьох речовин значення ентальпії фазового переходу значно перевищує значення теплоємності, що пояснюється зміною температури.



**Рисунок 1. Порівняння різних теплоакмулюючих матеріалів**

Згідно з діаграмою на рис.1. гідрати солей можуть стати основою для теплоакмулюючого матеріалу (ТАМ) сучасних теплоаккумуляторів.

Для використання в якості ТАМ кристалогідратів вони повинні відповідати наступним вимогам: фазовий перехід повинен супроводжуватися поглинанням та виділенням досить великої кількості теплоти; кристалогідрат повинен мати незначне переохолодження при кристалізації; фазовий перехід має відбуватися у заданому інтервалі температур; кристалогідрат повинен мати хорошу відтворюваність властивостей уподовж великої кількості фазоперехідних циклів без

погіршення ефект прихованої теплоти. На думку [3] цим вимогам відповідають: карбонат натрію 10-водний (КН10), ацетат натрію 3-водний (АН-3), тіосульфат натрію 5-водний (ТСН-5) та сульфат натрію 10-водний (СН-10).

Ефективність використання теплоти фазового переходу кристалогідратів солей натрію підтверджується різними науковими дослідженнями та винаходами. Так, у винаході [4] розроблено теплоакумулювальну систему на основі глауберової солі, яка підвищує здатність до зберігання тепла та забезпечує автономне регулювання теплового режиму будівлі.

Щодо проблем, із якими стикаються на шляху до реалізації гідратних теплоаккумуляторів, то основними є проблема фазового розшарування та переохолодження.

У джерелі [5] запропоновано додавання води для уникнення утворення безводної солі, що стабілізує систему при циклуванні, але зменшує енергетичну щільність і потребує значного температурного перепаду. Для запобігання фазовому розшаруванню пропонується застосовувати загусники, наприклад, бентонітову глину з глауберовою сіллю, але це знижує теплопровідність і швидкість кристалізації. Аналогічні проблеми характерні для більшості гідратованих солей.

Підтримувати високу енергетичну щільність гідратів солей складно через утворення нижчих гідратованих станів при плавленні, що робить процес необоротним і знижує ефективність зберігання при багаторазовому використанні.

Для вирішення цих труднощів дослідники [6-8] вивчали прямий контакт теплопередачі між гідратованим розчином і незмішуваною теплопередаючою рідиною. Перемішування за допомогою бульбашок зменшувало переохолодження та фазове розшарування. Серед досліджуваних солей:  $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  і  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . Однак, необхідні подальші дослідження великих теплоаккумуляторів практичного масштабу, адже актуальні дані з цієї теми відсутні.

Гідрати солей мають високу приховану теплоту, добру теплопровідність, негорючість і доступну вартість порівняно з органічними матеріалами. Для ефективного використання неорганічних ТАМ важливо розв'язати проблеми ініціації кристалізації, фазового розшарування та переохолодження, застосовуючи загусники чи технології перемішування. Широкий спектр застосувань таких матеріалів робить їх перспективними, а можливість регулювати температуру плавлення є ключовим фактором для їх оптимізації. Потенціал для нових застосувань цієї технології залишається значним.

**Використані інформаційні джерела:**

1. Енергетична незалежність та Зелений Курс [Електронний ресурс] /– Режим доступу до ресурсу: <https://recovery.gov.ua/project/program/energy-independence-and-green-deal/>.
2. Будлянський С. В., Редько А. Ф., Чайка Ю. І. Порівняння теплоакumuлюючих матеріалів з фазовим переходом для систем сонячного теплопостачання [Електронний ресурс]. 2014. – Режим доступу до ресурсу: <https://eprints.kname.edu.ua/38329/>
3. Соболев А. Ю. Дослідження фазових переходів в кристалогідратах солей натрію і їх сумішах для використання в установках теплоакumuлювання /05.14.04. – промислова теплоенергетика/ дисертація к.т.н. Макіївка 2018 р. 160 с.
4. Патент № СА 2772874 Канада. System, method and apparatus for thermal energy management in a roof [Текст] / L. Shiao Ming, M. Kalkanoglu Husnu, F. Jacobs Gregory. / Certainteed Corporation; заявл. 30.03.2012; опубл. 21.10.2012.
5. Biswas DR. Thermal energy storage using sodium sulphate decahydrate and water. Solar Energy 1977;19:99–100.
6. Telkes M. Nucleation of super saturated inorganic salt solution. Indust Eng Chem 1952;44:1308.
7. Farid MM, Khalaf AN. Performance of direct contact latent heat storage units with two hydrated salts. Solar Energy 1994;52:179–89.
8. Fouda AE, Despault GJ, Taylor JB, Capes CE. Solar storage system using salt hydrate latent heat and direct contact heat exchange–II, characteristics of pilot operating with sodium sulfate solution. Solar Energy 1984;32:57–65.

УДК 697.325

## **НЕОБХІДНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ ПЕРЕРОБКИ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ ТА БІОМАСИ МЕТОДАМИ ПІРОЛІЗУ**

*Манейло Є. М., асистент*

*Національний університет «Полтавська політехніка  
імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна*

Актуальність впровадження технології піролізної переробки біомаси та ТПВ є необхідним та перспективним напрямком розвитку енергетичного сектору України. Наряду з енергетичним сектором в Україні постає дуже гостро питання з екологічним забрудненням навколишнього середовища. Більша частина твердих побутових відходів (ТПВ) потрапляє на звалища, які займають значні території та негативно впливають на повітря, воду й ґрунт та мають тривалий термін розкладу. Матеріали, такі як пластик, розкладаються десятиліттями й навіть століттями, займаючи місце та виділяючи токсичні речовини. Потенціал переробки: тверді побутові відходи містять компоненти, придатні для вторинного використання (рециклінгу), що дає змогу зменшити потребу в первинних ресурсах в умовах кризи. Дана технологія дозволяє одночасно вирішувати декілька питань.

Ситуація в енергетичному секторі України підкреслює необхідність розвитку альтернативних джерел енергії, включаючи піролізну переробку біомаси та ТПВ, що може частково компенсувати втрачені потужності та підвищити енергетичну незалежність регіонів.

Екологічні аспекти переробки ТПВ та біомаси методами піролізу і переваги над іншими методами зберігання та переробки існуючих в Україні.

Розглянемо екологічні аспекти піролізної переробки у порівнянні з іншими методами, що використовуються в Україні.

Найпоширеніший метод утилізації ТПВ та біомаси в Україні це – захоронення на сміттєвих полігонах у лісосмугах, у лісах, уздовж річок, що, в свою чергу, призводить до забруднення підземних вод, виділення парникових газів, деградація земель, поширення хвороб, неприємні запахи. В свою чергу з переробкою ТПВ та біомаси методом піролізу маємо такі переваги як: відсутність фільтрату та забруднення ґрунтових вод, відсутність метанових викидів що мінімізує ризик самозаймання, не потребує великих земельних ділянок, відсутність розмноження шкідників та патогенів чим поліпшує регіональну епізоотологічну ситуацію як у регіонах, так і в межах України та поза її межами.

Піроліз – це процес термічного розкладання органічних речовин без доступу кисню, який проходить у декілька етапів:



1. Сушіння сировини при температурі від 120 °С до 200 °С (підготовка сировини: виділення вологи та розрив слабких хімічних зв'язків).

2. Початкове розкладання (200-350 °С) деполімерізація целюлози та лігніну-виділення летких органічних сполук-утворення СО, СО<sub>2</sub> та води.

3. Основна фаза піролізу відбувається при (350-600 °С). У період цієї фази відбувається розрив вуглецевих зв'язків, утворення вуглеводнів різної молекулярної маси, формування піролізних газів (СН<sub>4</sub>, Н<sub>2</sub> та СО) та утворення смол та масел.

4. Фаза вторинних реакцій або високотемпературний піроліз при температурі від (600 до 1100 °С) в цій фазі проходять вторинні реакції такі як: крекінг важких вуглеводнів, реформінг метану та відновлення СО<sub>2</sub> до СО.

Кінцевими продуктами піролізу є: твердий залишок, вуглець (80-85%), зола та мінеральні речовини; рідка фракція – піролізна олія, смоли, органічні кислоти, феноли, спирти; газова фракція – СО (15-30%), СО<sub>2</sub> (15-30%), Н<sub>2</sub> (10-20%), СН<sub>4</sub> (10-15%) та інші вуглеводні.

Успішна реалізація проектів із впровадження піролізних установок потребує комплексного підходу та підтримки на всіх рівнях, але потенційні вигоди значно перевищують можливі ризики та складнощі впровадження.

#### **Використані інформаційні джерела:**

1. Крот О. П., Ровенський А.І., Конєв В. В. Термична обробка твердихвідходів, що утворюються на залізничному транспорті // Наука та прогрес транспорту. *Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту*. 2018. №4(76). С. 15–24.

2. Манейло Є. М. (2024). Дослідження роботи твердопаливних котлів на різних видах палива. С. 66–78.

УДК 620.97, 621.311, 699.022, 669.054.76

## ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОТИ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОГО РЕАКТОРА ДЛЯ ОТРИМАННЯ ВОДНЮ ЗА ДОПОМОГОЮ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ

*Нефедов В. Г., д.т.н., професор, завідувач науково-дослідної лабораторії  
аккумуляторних систем та енергетики, Бічай А. І., здобувач вищої освіти*

*Український державний університет науки і технологій,  
м. Дніпро, Україна*

Водень є перспективним екологічно чистим паливом, оскільки при його згорянні не утворюється вуглекислий газ. Найчистіший водень одержують шляхом електролізу водних розчинів. Недоліком електролізу є велике споживання енергії. Для зменшення витрат енергії на одержання водню електролізом нами запропоновано замінити анодний процес – виділення кисню (стандартний потенціал плюс 1,23В) на розчинення електронегативного металу, в даному випадку заліза (стандартний потенціал мінус 0,44В)

Проведені дослідження показали доцільність використання як католіт 1М розчин HCl, а як аноліт – суміш HCl концентрацією 0,001М і NaCl концентрацією до 5М. Хлоридна кислота запобігає гідролізу заліза в реакторі, а хлорид натрію – збільшує електропровідність електроліту. Іони заліза, що накопичуються в розчині, при виході з реактора окислюється киснем повітря в сатураторі до Fe<sup>3+</sup>, піддаються гідролізу і відокремлюються від розчину на фільтр-пресах.

Для стійкої роботи реактора необхідно, щоб середовище рН на виході з реактора не більше 3.

Оскільки в реакторі використовуються розчини різного складу та концентрації, катодна та анодна камери поділяються діафрагмами. Схема потоків речовин наведено на рис.1.

Із рисунка видно, що дифузійний потік (1) іонів гідроксонію, що визначають рН, спрямований з катодного простору в анодний, міграційний потік (2) – з анодного в катодне і додатково потік іонів приходить з циркулюючим розчином (3).

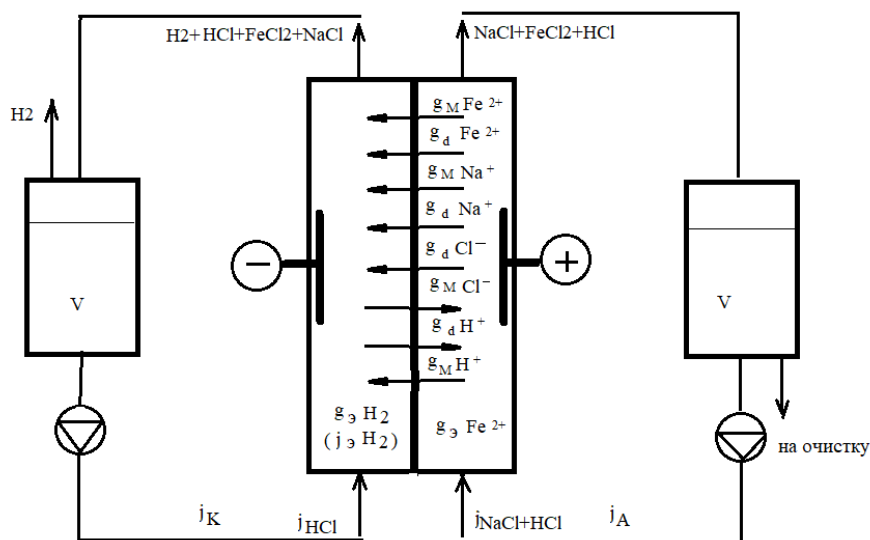
$$g_d = \frac{D\Delta C S \Pi}{\delta \beta} \quad (1)$$

D – коефіцієнт дифузії іонів, м<sup>2</sup>/с; ΔC – різниця концентрацій речовини в анодному та катодному просторах, моль/м<sup>3</sup>; S – геометрична поверхня діафрагми, м<sup>2</sup>; Π – пористість діафрагми (безрозмірна величина); β – коефіцієнт звивистості пір діафрагми (безрозмірна величина); δ – товщина діафрагми, м.

$$g_M = kIt \quad (2)$$

Де:  $t = \frac{z_i C_i \lambda_i}{\Sigma(z_+ C_+ \lambda_+ + z_- C_- \lambda_-)}$  – число переносу цього виду іонів;  $z_i$  – заряд цього іона;  $z_+$  – заряд катіонів;  $z_-$  – заряд аніонів;  $C_i$  – концентрація даного іона;  $C_+$  – концентрація катіонів;  $C_-$  – концентрація аніонів;  $\lambda_i$  – рухливість даного іона,  $\text{м}^2 \cdot \text{Ом}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$ ;  $\lambda_+$  – рухливість катіонів;  $\lambda_-$  – рухливість аніонів.

$$g_{\text{Ц}} = j_{\text{Ц}} C \quad (3)$$



**Рисунок 1.** Схема реактора із залізним анодом та пористою діафрагмою  
 $g_M$  – масовий міграційний потік (моль/год);  $g_d$  – масовий дифузійний потік (моль/год);  $j$  – об'ємний потік ( $\text{м}^3/\text{год}$ ),  $g_{\text{э}}$ ,  $j_{\text{э}}$  – потік речовини електрохімічної реакції,  $V$  - об'єм розчину в баках

На рис.2 показані потоки іонів гідроксонію, користуючись якими можна для кожної густини струму отримання водню в реакторі розрахувати параметри вихідного розчину.

При малих густинах струму ( $i$  менше  $i_1$ ) величина дифузійного перенесення іонів гідроксонію з катодного простору в анодний більше міграційного потоку, спрямоване назустріч дифузійному. Концентрація кислоти в анодному просторі буде поступово збільшуватись. Це небажане явище, оскільки підвищена кислотність перешкоджає гідролізу і очищенню розчину від виділеного при електролізі заліза. Як показали розрахунки, величина міграційного потоку лінійно збільшується пропорційно силі (густині) струму.

Деяка нелінійність залежності, обумовлена виділенням і накопиченням в розчині катіонів заліза можна знехтувати, оскільки концентрація катіонів заліза, що утворюються, зневажливо мала в порівнянні із загальною концентрацією катіонів в аноліті.

При досягненні густини струму  $i_1$  величини дифузійного та міграційного потоків іонів гідроксонію стають рівними, а їх концентрація в розчині в цьому випадку дорівнює вихідному, 0,001М. При збільшенні густини струму більше  $i_1$  віднесення іонів гідроксонію стає більше приходу за рахунок дифузії та рН в анодній камері збільшується більше 3. Це може призвести до гідролізу заліза та утворення твердого осаду в електролізері, що також не бажано. Для компенсації втрат кислоти необхідно збільшити кислотність вихідного розчину відповідно до рівняння (4):

$$g_M = g_d + g_{II} \quad (4)$$

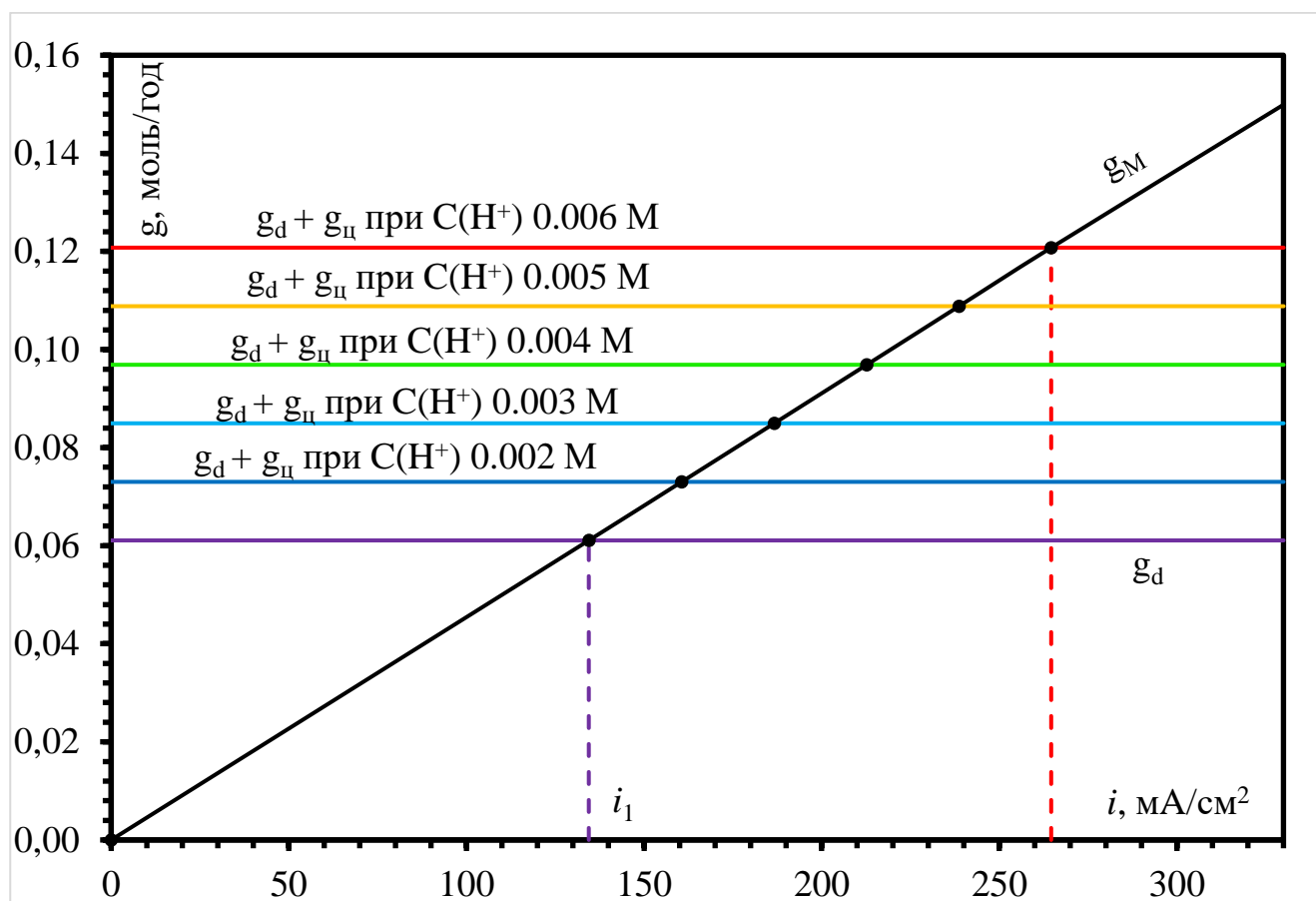


Рисунок 2. До розрахунку швидкості потоку аноліту при різних густинах струму

Із наведених розрахунків видно, що граничною густиною струму, коли міграційний і дифузійний потоки рівні, є приблизно 134 mA/cm². Збільшення щільності струму до 265 mA/cm² можливе зі збільшенням концентрації іонів гідроксонію до  $C = 0,006$  М при швидкості потоку електроліту  $j_{II} = 24$  л/год.

Отже, запропонована математична модель масових потоків в електролізері для отримання водню з розчинним залізним анодом дозволяє розрахувати оптимальні режими його роботи.

УДК 621.311

## **ОПТИМІЗАЦІЯ СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ У СИСТЕМАХ КОМПЛЕКСНОГО ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З ВІДНОВЛЮВАЛЬНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ**

*Притискач І. В., к.т.н., старший викладач*

*Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,  
м. Київ, Україна*

В умовах сьогодення питання енергетичної безпеки набуває особливої актуальності для багатьох країн світу. Одним із ключових факторів її зміцнення є активний розвиток та впровадження нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії (ВДЕ).

Використання потенціалу ВДЕ в Україні має не лише національне, а й глобальне значення, адже сприяє протидії змінам клімату та підвищує енергетичну безпеку європейської спільноти. Саме тому збільшення частки альтернативних джерел енергії та палива є одним з пріоритетних напрямків державної політики України у сфері енергозбереження. Сучасна концепція розвитку енергетики нашої країни передбачає впровадження інтелектуальних технологій в енергетичні мережі, що забезпечить ефективне функціонування розподіленої генерації та її інтеграцію до централізованої енергосистеми.

Дане дослідження спрямоване на вивчення шляхів оптимізації використання енергії в інтегрованих системах енергопостачання. В його межах планується розробка та вдосконалення моделей мультикритеріальної оптимізації роботи інтегрованих систем комплексного енергозабезпечення, що враховують економічні та екологічні аспекти.

У роботі розглянуто модель функціонування інтегрованої системи комплексного енергозабезпечення, головним завданням якої є максимально ефективно забезпечення споживачів електричною та тепловою енергією [1]. Така система розглядатиметься як енергетична спільнота, що взаємодіє з централізованими системами електро- та тепlopостачання. Основними видами енергії, що споживаються в межах енергетичної спільноти, є електроенергія та тепло, які використовуються для потреб житлових, громадських та невеликих промислових об'єктів [2]. Електроенергія забезпечує роботу систем освітлення, вентиляції, побутових приладів та технологічного обладнання. Теплова енергія споживається переважно у вигляді гарячої води.

Сформулюємо цільову функцію та обмеження оптимізаційної моделі. Цільова функція буде мати такий вигляд:

$$\sum_{k=0}^{T-1} (c_{\text{Ел.ен.}}(k)P_{\text{Ел.ен.}}(k) + c_{\text{Тепл.}}(k)P_{\text{Тепл.}}(k) + c_{\text{Газ.}}(k)P_{\text{Газ.}}(k)) \rightarrow \min$$

де  $c_{\text{Ел.ен.}}(k), c_{\text{Тепл.}}(k), c_{\text{Газ.}}(k)$  – тарифи на електроенергію, тепло та газ на ринку за  $k$ -ий інтервал часу (годину), грн/кВт·год;

$P_{\text{Ел.ен.}}(k), P_{\text{Тепл.}}(k), P_{\text{Газ.}}(k)$  – обсяг покупки електроенергії, тепла та газу на ринку за  $k$ -ий інтервал часу (годину), кВт·год.

У процесі визначення оптимальних режимів функціонування енергетичного хабу, поряд з економічними показниками, важливо враховувати й екологічні аспекти. Для математичного опису цього критерію використовується цільова функція, яка відображає сумарні викиди CO<sub>2</sub>. Вона враховує питомі викиди, пов'язані з генерацією електроенергії та тепла в традиційних централізованих системах енергопостачання, а також викиди, що виникають при спалюванні газу в когенераційній установці. Цільова функція для критерію мінімізації викидів CO<sub>2</sub> буде мати такий вигляд:

$$\alpha_{\text{Ел.ен.}} \sum_{k=0}^{T-1} P_{\text{Ел.ен.}}(k) + \alpha_{\text{Тепл.}} \sum_{k=0}^{T-1} P_{\text{Тепл.}}(k) + \alpha_{\text{Газ.}} \sum_{k=0}^{T-1} P_{\text{Газ.}}(k) \rightarrow \min$$

де  $\alpha_{\text{Ел.ен.}}, \alpha_{\text{Тепл.}}, \alpha_{\text{Газ.}}$  – питомі викиди на генерацію електроенергії та тепла в централізованих системах енергопостачання, а також викиди при спалюванні газу в когенераційній установці, кг/кВт·год.

Важливою складовою моделі оптимізації є баланс між надходженням та споживанням енергоресурсів. Для його формалізації використовуються рівняння балансу, які враховують перетворення різних видів енергії. В рівняннях балансу враховується можливість акумулювання енергії. Із врахуванням підходів запропонованих у [3], обмеження мають вигляд:

$$\mathbf{E}(k+1) = \mathbf{E}(k) + \mathbf{A}^{\text{zap}} \mathbf{Q}^{\text{zap}}(k) - \mathbf{A}^{\text{poz}} \mathbf{Q}^{\text{poz}}(k) - \mathbf{E}_L,$$

$$\mathbf{L}(k) = \mathbf{\Theta} \mathbf{P}(k) - \mathbf{Q}^{\text{zap}}(k) + \mathbf{Q}^{\text{poz}}(k),$$

$$\mathbf{P}(k)^{\min} \leq \mathbf{P}(k) \leq \mathbf{P}(k)^{\max},$$

$$0 \leq Q_i^{\text{zap}}(k) \leq \delta_i^{\text{zap}}(k) Q_i^{\max}(k) \quad i = 1, \dots, M,$$

$$0 \leq Q_i^{\text{poz}}(k) \leq \delta_i^{\text{poz}}(k) Q_i^{\max}(k) \quad i = 1, \dots, M,$$

$$\delta_i^{\text{zap}}(k) + \delta_i^{\text{poz}}(k) \leq 1 \quad i = 1, \dots, M,$$

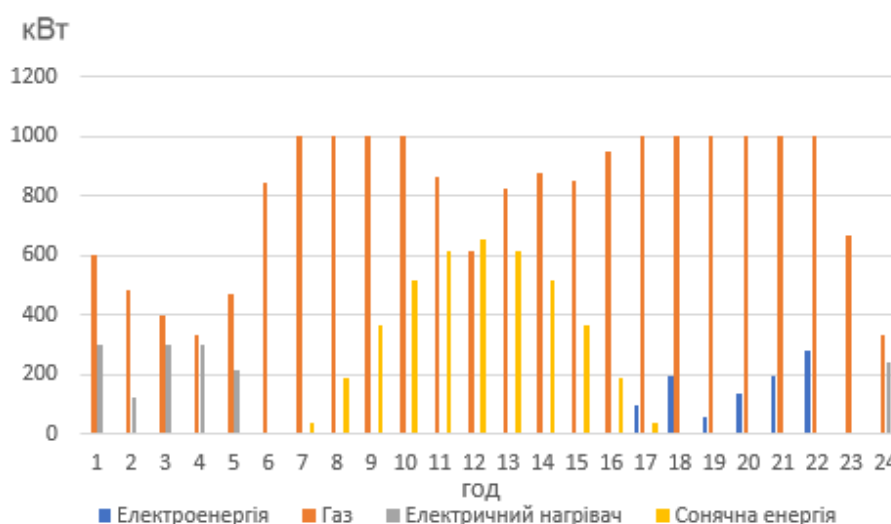
$$\mathbf{E}(k)^{\min} \leq \mathbf{E}(k) \leq \mathbf{E}(k)^{\max},$$

$$\mathbf{E}_0 = \mathbf{E}_T$$

де  $\mathbf{P}$  – вектор-стовпець, що представляє вхідні енергетичні потоки (рівні споживання кожного енергоресурсу);  $\mathbf{L}$  – вектор-стовпець, що представляє вихідні енергетичні потоки (споживання);  $\mathbf{\Theta}$  – матриця перетворення типів енергії (містить 0 при неможливості перетворення або

значення коефіцієнтів перетворення);  $\mathbf{P}^{\min}, \mathbf{P}^{\max}$  – вектори-стовпці, що представляють обмеження на мінімальні та максимальні рівні енергетичних потоків, визначається номінальною потужністю та навантажувальною здатністю елементів;  $\mathbf{Q}^{зар}, \mathbf{Q}^{роз}$  – вектори-стовпці, що представляють обмін енергією з пристроями накопичення енергії;  $\mathbf{A}^{зар}, \mathbf{A}^{роз}$  – діагональні матриці ККД накопичувачів різних видів енергії;  $\mathbf{E}$  – вектор, що містить рівень накопиченої енергії в накопичувачах;  $\mathbf{E}_L$  – вектор, що містить значення втрат енергії в накопичувачах за одиницю часу;  $\mathbf{E}_0$  – вектор, що містить рівень накопиченої енергії в накопичувачах в початковий момент часу для  $k = 0$ ;  $Q_i^{\max}$  – ємність накопичувачів енергії;  $\delta_i^{зар}, \delta_i^{роз}$  – додаткові бінарні змінні, які введені для реалізації обмеження на неможливість одночасного накопичення і використання енергії з накопичувачів (неможливості заряду і розряду в одну одиницю часу).

Для оцінювання ефективності застосування мультикритеріальної оптимізації було виконання моделювання одного із варіантів енергетичної спільноти. Моделювання проводилося протягом доби з інтервалом в одну годину. Такий підхід дозволяє вважати сценарій типовим, адже протягом доби накопичується достатньо даних про споживання енергії, що дає змогу прогнозувати потреби на наступну добу. Для моделювання використовувалися типові графіки споживання електроенергії та тепла для гарячого водопостачання, характерні для змішаного побутового та промислового навантаження [4]. Результати моделювання споживання енергоресурсів представлено на рисунку 1.



В

**Рисунок 1. Результати моделювання споживання енергоресурсів за використання мультикритеріального підходу**

Значення цільових функцій, які одержані для різних варіантів, представлено у таблиці 1.

**Таблиця 1. Розраховані значення цільових функцій оптимізації за використання різних критеріїв**

	Мультикритеріальна оптимізація	Економічний критерій	Екологічний критерій
Витрати коштів, грн/доба	23493	22615	22643
Викиди CO <sub>2</sub> , кг/доба	6092	7460	5474

Аналіз даних таблиці демонструє, що використання лише економічного критерію призводить до значного збільшення викидів CO<sub>2</sub> у порівнянні з мінімально можливим рівнем. Водночас, орієнтація на екологічний критерій призводить до зростання витрат на 6,5% у порівнянні з оптимальними. Застосування ж запропонованого методу мультикритеріальної оптимізації дозволяє досягти компромісу: витрати перевищують оптимальні лише на 0,5%, а рівень викидів CO<sub>2</sub> залишається близьким до мінімального.

Таким чином, запропонована модель, враховуючи динаміку ринкових цін на енергоносії та потреби споживачів, ефективно управляє роботою інтегрованої системи, мінімізуючи витрати на енергоспоживання. Порівняльний аналіз результатів моделювання демонструє, що використання мультикритеріальної оптимізації дозволяє досягти суттєвого зниження викидів CO<sub>2</sub> у порівнянні з оптимізацією лише за економічним критерієм. Таким чином, запропонований підхід сприятиме формуванню більш стійкої та екологічно чистої енергетичної інфраструктури, що відповідає сучасним викликам та цілям сталого розвитку.

#### **Викорисані інформаційні джерела:**

1. Veremiichuk Y., Yarmoliuk O., Prytyskach I., Mahnitko A., Varfolomejeva R., Analysis of the results of optimal energy consumption planning for residential complex energy hub. 2017 IEEE 58th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCON). 12-13 Oct. 2017.

2. Veremiichuk Y., Yarmoliuk O., Pustovyi A., Mahnitko A., Zicmane I., Lomane T. Features of electricity distribution using energy storage in solar photovoltaic structure. *Latvian journal of Physics and Technical Sciences*. 2020. No. 5. Pp. 18–29. DOI: <https://doi.org/10.2478/lpts-2020-0024>.

3. Parisio, A., C. Del Vecchio, and A. Vaccaro, «A robust optimization approach to energy hub management». *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, vol. 42, no. 1, pp. 98–104, 2012.

4. Веремійчук Ю. А., Опришко В. П., Притискач І. В., Ярмолук О. С. Оптимізація процесів розподілу електроенергії в системі електропостачання енергетичної спільноти. *Праці Інституту електродинаміки Національної академії наук України*. 2023. Вип. 66. С. 77–83. DOI: <https://doi.org/10.15407/publishing2023.66.077>.



УДК 658.5

## **ЗЕЛЕНЕ ВІДНОВЛЕННЯ УКРАЇНСЬКОЇ ЕНЕРГЕТИКИ: ВІЗІЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ**

*Хадарцев О. В., к.е.н., доцент*

*Національний університет «Полтавська політехніка  
імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна*

Сьогодні стабільне підґрунтя соціально-економічного розвитку України знаходиться під постійною загрозою критичного ураження ворогом. Кремлівський агресор систематично наносить удари по промислово-виробничим комплексам, і в першу чергу по енергетичній галузі. Але, не зважаючи на повномасштабну війну, Україна не відмовляється від обраного шляху сталого розвитку і виконання встановлених до 2030 року цілей стосовно:

- забезпечення економічного зростання;
- створення реального середовища соціальної справедливості;
- подальшого впровадження раціонального природокористування.

Відповідно головними завданнями розвитку Української енергетики в сучасних умовах є:

- забезпечення сталості її функціонування в умовах постійної військової загрози;
- трансформація єдиної енергетичної системи України за гнучкою, адаптивною моделлю, для підвищення автономності та мінімізації її загальної вразливості;
- зміна структури споживання енергоресурсів, знову ж таки для підвищення автономності української енергогенерації та мінімізації ризиків знищення логістичних каналів енергоімпорту.

Таким чином, зелена енергетика залишається важливою не лише для виходу України на рівень сталого розвитку європейських країн [1], а й набуває підвищеної пріоритетності у забезпеченні безпеки сьогодні. До того ж, впровадження зеленої енергетики в Україні цілком реальне не лише для повоєнної відбудови, а й для відновлення в умовах повномасштабної війни. Зокрема це стосується Полтавщини [2], сильними сторонами якої є:

- потужна ресурсна база;
- сприятливі кліматичні умови;
- промисловий потенціал машинобудування та паливно-енергетичного комплексу;

– розвинута агропромисловість, в першу чергу на основі рослинництва.

Тому проведення послідовної політики із залучення зовнішніх інвестицій та підтримки внутрішніх інвесторів дозволяє забезпечити

розвиток альтернативної енергетики, а також технічне переоснащення комунальної інфраструктури, щоб в свою чергу досягти переходу на 100% відновлювальних джерел енергії. В цьому сенсі, необхідно реалізовувати задачі із супутньої підтримки, як-то [2]:

- здійснення ефективної просвітницької роботи;
- формування та впровадження ефективних стимулюючих механізмів енергозбереження;
- створення преференцій та бенефітів для ОСББ, підприємств житлово-комунального господарства, управляючих компаній за підвищення енергоефективності.

Для активізації зеленого відновлення енергетики слухними є спільні рекомендації ПРООН та КШЕ [3], які спрямовані інтегрувати принципи зеленого відновлення і в єдину політику України, і в фінансові рамки відновлення. По-перше, це нормативне закріплення мінімальної регламентації показників «зеленості» для проєктів, а також визначення набору таких індикаторів. До того ж, на думку даних фахівців, наявність цих нормативних критеріїв дозволить не лише досягти більшого прогресу у руху до відновлювальної енергетики, а й створити ефективну взаємодію з міжнародними фінансовими структурами, інвесторами, тощо. Оскільки окремі випадки свідчать, що іноді залучення фінансування мало на меті не лише сталий розвиток України, а здійснювалось з метою грінвошингу. По-друге, потрібна розробка системи показників та візуалізації процесу зеленого відновлення, ілюструючи вплив на довкілля та клімат:

- траєкторія викидів, різниця між фактичними та запланованими викидами;
- частка нових будівель, відбудованих за принципами енергоефективності;
- частка витрат на зелені проєкти у загальних витратах на відбудову;
- обсяги ВДЕ загальній новій чи відновленій генерації тощо.

Це потрібно для усвідомлення усіма учасниками процесу (але в першу чергу урядом і стейкхолдерами) відповідності відновлення обраному шляху, відповідність цільовим орієнтирам. Також, на думку фахівців, ці дії створюють сприятливі переваги на користь України, і у майбутньому надають кращі вихідні позиції для подальшого узгодження євроінтеграційного руху.

Україна вже має певні напрацювання руху для успішного зеленого відновлення енергетики. Доцільно звернути увагу на досвід м. Запоріжжя, де ГО «Екосенс» було розроблено такі напрями, в рамках реалізації проєкту «Планування зеленого післявоєнного відновлення Запоріжжя з урахуванням кліматичних цілей». Так досліджено ряд сфер як генерації, так управління і споживання енергоресурсів, за результатами чого виявлено наступні фактори [4]:

- ефективне провадження муніципальної енергетичної політики – на

основі Муніципального енергетичного плану м. Запоріжжя на 2014-2030 роки, що дозволить за рахунок ревізії дій усунути їх дублювання, протиріччя чи неактуальності, провадити заходи за ієрархію, відповідно до цілісної моделі екологічного та енергетичного менеджменту;

– децентралізація теплогенерації та теплоспоживання – дозволить зменшити промислове забруднення житлової забудови, здійснити якісне впровадження проєктів зеленого теплового переходу, сприяти використанню індивідуальним систем на відновлюваних джерелах енергії, залучити промислове відпрацьоване тепло (25% потреби) та міське відпрацьоване тепло рекуперації (10% потреби);

– широке використання геліопотенціалу – геліоколектори, дахові СЕС, залучення вільних ділянок, тощо;

– дієвість служби енергоменеджменту та фасіліті-менеджменту – відповідність штату працівників потребам, впровадження стандартів «зеленого офісу» в адмінбудівлях, комунальних установах та закладах, навчання та періодичні інструктажі;

– аудит та експертиза енергоефективності житлового багатоквартирного фонду – отримання типових універсальних технічних рішень під потреби усередненого споживання;

– розроблення плану дій щодо циркулярної економіки – звернути увагу на успішні кейси європейських розумних міст, для досягнення кліматичної нейтральності до 2050 року.

Таким чином, навіть у сьогоднішніх небезпечних умовах, імплементація ряду цілей і завдань сталого розвитку саме енергетичного сектору є цілком перспективною і вже потребує невідкладних механізмів їх втілення.

### **Використані інформаційні джерела:**

1. Стратегія сталого розвитку: Європейські горизонти : Підручник / І. Л. Якименко та ін. К. : НУХТ, 2022. 337 с.

2. Стратегія розвитку Полтавської області на 2021-2027 роки. Рішення Полтавської обласної ради №27 від 29.12.2020 р. / Полтавська обласна військова адміністрація (офіційний сайт). URL: <https://poda.gov.ua/documents/138471> (дата звернення: 20.11.2024).

3. Рябчин О., Кулага Д. Зелене відновлення України: керівні принципи та інструменти для тих, хто ухвалює рішення / ПРООН Україна, Київська школа економіки, 2023. 188 с.

URL: <https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2024-04/undp-ua-green-recovery-ukr.pdf> (дата звернення: 14.11.2024).

4. Карпенко О. Зелене відновлення енергетичної інфраструктури м. Запоріжжя (з урахуванням потреби адаптації до різних надзвичайних ситуацій та цілей декарбонізації) / ГО «Екосенс». Запоріжжя, 2023. URL: <https://vidnova.info/wp-content/uploads/2023/04/Green-recovery-energy-Ecosense.pdf> (дата звернення: 18.11.2024)

## З М І С Т

**УПРАВЛІННЯ ГЛОБАЛЬНОЮ ТА РЕГІОНАЛЬНОЮ  
ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ  
ТА АДАПТАЦІЯ ДО ЗМІН КЛІМАТУ**

---

<b>Altaf Hussain Lahori, Monika Mierzwa-Hersztek, Irfan Saleem, Ambreen Afzal, Maria Taj Muhammad, Viola Vambol</b> IMMOBILIZATION OF Ni, Cu, Pb AND Cr IN SOIL BY IMPROVED BIOCHAR MODIFICATION.....	3
<b>Hanoshenko O., Huber-Humer M., Hanoshenko H.</b> MARTIAL LAW AND THE WASTE MANAGEMENT SYSTEM IN UKRAINE – CURRENT SITUATION.....	7
<b>Radomska M. M.</b> DYNAMICS OF NATURAL ECOSYSTEMS UNDER THE PRESSURE OF CLIMATE CHANGES AND ADAPTATION OF THEIR AGRICULTURAL POTENTIAL.....	13
<b>Андрусяк Д. В.</b> ІНТЕГРОВАНА СТРАТЕГІЯ УПРАВЛІННЯ ЛАНДШАФТНИМИ ПОЖЕЖАМИ В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ.....	16
<b>Батій І. В., Шмандій В. М., Ригас Т. Є.</b> ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГО-ЕНЕРГЕТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ В ПЕРІОД ПОВНОМАСШТАБНОЇ ВІЙНИ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕХАНІЗМІВ ЕКОЛОГІЧНОГО ІНСПЕКТУВАННЯ.....	19
<b>Бредун В. І., Миколайчик М. В.</b> АКТУАЛЬНІСТЬ УДОСКОНАЛЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ ПОЛІТИКИ АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВ УКРАЇНИ.....	22
<b>Вадурін К. О., Корцова О. Л., Перекрест А. Л., Бахарєв В. С.</b> ДО ПИТАННЯ РОЗПОДІЛУ КОНЦЕНТРАЦІЙ ЗАБРУДНЮВАЛЬНИХ РЕЧОВИН ВЗДОВЖ ДОРІГ НА ПРИКЛАДІ ЗОНИ «ПОЛТАВСЬКА»...	24
<b>Галактіонов М. С., Бредун В. І.</b> ОЦІНКА ВПЛИВУ АВТОТРАНСПОРТУ НА СТАН АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ІСНУЮЧИХ МОДЕЛЕЙ ПРОГНОЗУВАННЯ.....	28
<b>Лініх А. В., Шмандій В. М., Ригас Т. Є., Харламова О. В., Безденєжних Л.А.</b> ІНТЕГРАЦІЯ ДО ЄВРОПЕЙСЬКОГО ЗАКОНОДАВСТВА ЩОДО УТИЛІЗАЦІЇ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ МОДУЛІВ, ЯКІ ФОРМУЮТЬ БІОГЕОХІМІЧНУ ЕКОЛОГІЧНУ НЕБЕЗПЕКУ.....	32
<b>Некос А. Р., Щокіна М. М.</b> ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ МАЛИХ МІСТ НА ХАРКІВЩИНІ.....	36

<b>Петряшев І. І., Маланюк Н. І., Харламова О. В., Ригас Т. Є.</b> ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ДЕЯКИХ МЕТОДІВ ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ .....	41
<b>Сичова У.Є., Шмандій В.М., Ригас Т. Є., Харламова О. В.</b> УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ В УМОВАХ АДАПТАЦІЇ ДО ЗМІН КЛІМАТУ.....	44
<b>Шарий Г. І., Козлов В. В.</b> СТАЛИЙ РОЗВИТОК ПРИКОРДОННИХ ТЕРИТОРІЙ, ПОСТРАЖДАЛИХ ВІД БОЙОВИХ ДІЙ.....	47
<b>Яковенко Б. Д., Ілляш О.Е.</b> АНАЛІЗ ВПЛИВУ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА УМОВИ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ МІСТА ПОЛТАВА.....	51

**ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА,  
УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ  
ТА ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ**

---

<b>Altaf Hussain Lahori, Monika Mierzwa-Hersztek, Irfan Saleem, Ambreen Afzal, Maria Taj Muhammad, Sergij Vambol</b> COMPARISON OF SOME ORGANIC MATERIALS FOR SOIL REMEDIATION.....	55
<b>Stepova O., Stepovyi Ye.</b> CALCULATION OF STEEL PIPELINE CORROSION DEPTH FOR VARIOUS CONDITIONS OF ELECTROLYTE SOLUTIONS IN CRACKS.....	58
<b>Workneh Fanta, Sundaraa Rajan, Marisennayya Senapathy, Ramil Akhundov, Brentha Murugan</b> URGENT CHALLENGES AND LIMITATIONS IN MUNICIPAL SOLID WASTE MANAGEMENT: A CASE STUDY OF WOLAITA ZONE, SOUTHERN ETHIOPIA.....	62
<b>Арканова А. А., В'язовська К. М.</b> ЛІХЕНОІНДИКАЦІЙНА ОЦІНКА ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ МІСТА В КОНТЕКСТІ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ....	66
<b>Асмаковський Є., Карпенко Ю.</b> ІСТОРИЧНІ ТА СУЧАСНІ ЧИННИКИ РІЗНОЇ ПРИРОДИ ТА ЇХ ВПЛИВИ НА ЛІСОВІ ТЕРИТОРІЇ БАСЕЙНУ РІЧКИ СНОВ.....	70
<b>Бредун В. І., Ганженко М. О.</b> МІЖМУНІЦИПАЛЬНЕ СПІВРОБІТНИЦТВО ЯК ШЛЯХ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ В ПОЛТАВСЬКІЙ ОБЛАСТІ.....	75
<b>Бурда А. Ю., Бунякіна Н. В., Дрючко О. Г.</b> ПЕСТИЦИДИ, ЇХ ВПЛИВ НА ДОВКІЛЛЯ ТА ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ.....	78

<b>Вісич Р. М.</b> МОНІТОРИНГ СТАНУ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ ЗА ФІТОІНДИКАЦІЙНИМ МЕТОДОМ .....	81
<b>Гапій О. В., Футорна О. А., Пашкевич Н. А.</b> <i>SOLIDAGO CANADENSIS</i> В УКРАЇНСЬКИХ ЕКОСИСТЕМАХ.....	84
<b>Дьяченко М. Ю., Сафранов Т. А.</b> ОСОБЛИВОСТІ КОРИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОСТАЧАННЯ ПРИРОДНИХ СИСТЕМ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО ШЕЛЬФУ ЧОРНОГО МОРЯ .....	88
<b>Ілляш О. Е., Бредун В. І.</b> ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ СКЛАДУ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ НА ОСНОВІ МЕТОДУ КРИТЕРІАЛЬНО-ДІАПАЗОННОЇ ІНТЕРПОЛЯЦІЇ .....	91
<b>Ілляш О. Е., Серга Т. М., Бредун В. І., Чепурко Ю. В.</b> ВИЗНАЧЕННЯ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ.....	96
<b>Кремньов В. О., Беляєв Г.В., Жуков К. Л., Корбут Н. С., Стецюк В. Г., Тимощенко А. В.</b> ПРОБЛЕМА ПОЖЕЖОБЕЗПЕЧНОГО РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧОГО СКЛАДУВАННЯ ВОЛОГОЇ СИРОВИНИ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ БІОПАЛИВА ТА БІОДОБРИВ.....	99
<b>Кузнецова Т. Ю., Суптеля С. В., Коробка О. В., Соловйова І. В.</b> ЕНДОЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ АНТИОКСИДАНТІВ ДЛЯ АДАПТАЦІЇ ОРГАНІЗМУ ЛЮДИНИ ДО ЗМІНИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	103
<b>Кулікова В. А., Смоляр Н. О.</b> ЕКОЛОГІЧНІ ВИКЛИКИ – 2025: СВІТ І УКРАЇНА.....	107
<b>Медвідь М. М.</b> УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ В УМОВАХ НАРОСТАЮЧИХ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН ТА НЕСТАЧІ ПРІСНОЇ ВОДИ В ЗОНАХ СТИХІЙНИХ ЛИХ.....	111
<b>Огарь М. О., Саблій Л. А.</b> СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ПИВЗАВОДІВ.	115
<b>Прокопенко Н. В.</b> СТРАТЕГІЯ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ ПІДПРИЄМСТВ АГРАРНОГО СЕКТОРА.....	119
<b>Смоляр Н. О., Заспа М. Р.</b> ВАГОМІСТЬ ПОКАЗНИКІВ БІОРІЗНОМАНІТТЯ ПРИ ЕКОЛОГІЧНІЙ ОЦІНЦІ ОБ'ЄКТІВ ПЛАНОВАНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ.....	122
<b>Соколова Л. О., Плюта К. В., Тюнін Д. С., Овчаров В. І.</b> ОТРИМАННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ ІНГРЕДІЄНТІВ ІЗ ВІДХОДІВ ВИРОБНИЦТВА СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ В ЕЛАСТОМЕРНИХ КОМПОЗИЦІЯХ.....	128

<b>Тітова А. О., Шмандій В. М., Безденєжних Л. А.</b> АНАЛІЗ ПРОЄКТУ РЕГІОНАЛЬНОГО ПЛАНУ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ .....	131
<b>Троян М. В., Мовчан В. В.</b> ХАРАКТЕРИСТИКА БІОРІЗНОМАНІТТЯ ЗАПОВІДНОГО УРОЧИЩА «ЯРИ-ЗАГАТКИ».....	134
<b>Усенко Д. В., Усенко І. С., Смоляр Н. О.</b> ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ТА ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ВОДИ РІЧКИ ВОРСКЛА В УМОВАХ АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ.....	137
<b>Цвілинюк О. М., Буньо Л. В.</b> САЛЦИЛОВА КИСЛОТА – БЕЗПЕЧНИЙ ДЛЯ ДОВКІЛЛЯ СТИМУЛЯТОР РОСТУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР.....	144
<b>Шаповал А. В.</b> РОЗРОБЛЕННЯ ПЛАНУ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ АТ «УКРТРАНСГАЗ».....	146
<b>Шара С. Ю.</b> ФАКТОРНА ОЦІНКА СТАНУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД БАСЕЙНУ ДНІПРА.....	150
<b>Шерстюк М. Ю., Попович С. Ю., Скляр В. Г.</b> ФІТОЦЕНОКОМПОЗИЦІЇ В СИСТЕМІ ЗАХОДІВ ІЗ ОХОРОНИ РАРИТЕТНОГО ФІТОРІЗНОМАНІТТЯ.....	154

### **ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА НЕТРАДИЦІЙНІ Й ВІДНОВЛЮВАЛЬНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ**

---

<b>Vambol Vladyslava, Pustovit Diana, Vambol Sergij</b> THE POTENTIAL OF WOOD BIOMASS AS AN ENERGY SOURCE.....	157
<b>Бредун В. І., Якименко О. В.</b> ПРОГНОЗУВАННЯ НАПРЯМІВ РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ ПІДПРИЄМСТВАМИ «ГРУПА ДТЕК» В УМОВАХ ПІСЛЯВОЄННОГО ЧАСУ.....	162
<b>Голік Ю. С., Кутний Б. А., Серга Т. М., Манейло Є. М.</b> ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ СПАЛЮВАННЯ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ КОМПОЗИЦІЙНО З ТОРФОМ ЯК ЕЛЕМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ТЕПЛОТВОРНОЇ ЗДАТНОСТІ.....	166
<b>Гузик Д. В., Манейло Є. М.</b> СПІВПРАЦЯ ЗІ СТЕЙКХОЛДЕРАМИ ЯК ЧИННИК РОЗВИТКУ ЛАБОРАТОРНОЇ БАЗИ ЗВО.....	168
<b>Євтушенко Е. О., Кутний Б. А., Чернецька І. В.</b> ТЕПЛОФОТОЕЛЕКТРИЧНІ ПАНЕЛІ: СУЧАСНИЙ ДОСВІД ТА МАЙБУТНІ МОЖЛИВОСТІ.....	170

<b>Козлов Я. М., Ковальов С. В., Швець С.О., Дацко М. О., Усатий В. В.</b> ПІДВИЩЕННЯ МІЦНОСТІ ТА ДОВГОВІЧНОСТІ ЛОПАТЕЙ ВІТРОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ МАЛОЇ ПОТУЖНОСТІ.....	174
<b>Кутний Б. А., Загорулько В. А.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ ПАНЕЛЕЙ.....	177
<b>Кутний Б. А., Корнієнко Р. І.</b> РЕСУРСО- ТА ЕНЕРГООЩАДЖЕННЯ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ ГІДРАТНИХ ТЕПЛОАКУМУЛЯТОРІВ У ВИРОБНИЧИХ ТЕХНОЛОГІЯХ».....	180
<b>Манейло Є. М.</b> НЕОБХІДНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ ПЕРЕРОБКИ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ ТА БІОМАСИ МЕТОДАМИ ПІРОЛІЗУ.....	184
<b>Нефедов В. Г., Бічай А. І.</b> ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОТИ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОГО РЕАКТОРА ДЛЯ ОТРИМАННЯ ВОДНЮ ЗА ДОПОМОГОЮ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ.....	186
<b>Притискач І. В.</b> ОПТИМІЗАЦІЯ СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ У СИСТЕМАХ КОМПЛЕКСНОГО ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З ВІДНОВЛЮВАЛЬНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ .....	189
<b>Хадарцев О. В.</b> ЗЕЛЕНЕ ВІДНОВЛЕННЯ УКРАЇНСЬКОЇ ЕНЕРГЕТИКИ: ВІЗІЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ.....	193



*Електронне наукове видання  
комбінованого використання.  
Можна використовувати в локальному та мережовому режимах.*

**V Міжнародна науково-практична конференція  
«Екологія. Довкілля. Енергозбереження»  
19 грудня 2024 року**

**ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ**  
V Міжнародної науково-практичної конференції  
«Екологія. Довкілля. Енергозбереження»  
(Україна, Полтава, 19 грудня 2024 року)

---

Комп'ютерна верстка та  
редагування

Наталія СМОЛЯР

Відповідальна за видання  
завідувачка кафедри прикладної екології  
та природокористування

Оксана ІЛЛЯШ

---

Обл.-вид. арк. 12,31

---

Видавець: Національний університет  
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»  
36011, Полтава, Першотравневий проспект, 24  
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи  
до державного реєстру видавців, виготівників  
і розповсюджувачів видавничої продукції  
Серія ДК. №7019 від 19.12.2019 р.

---