

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ВСЕУКРАЇНСЬКА ЕКОЛОГІЧНА ЛІГА

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
“ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА”  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ “ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА”



МІНІСТЕРСТВО  
ОСВІТИ І НАУКИ  
УКРАЇНИ



## ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ

І Міжнародної науково-практичної конференції  
“ПОДОЛАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ ТА ЗАГРОЗ ДЛЯ  
ДОВКІЛЛЯ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ - 2022”



Полтава, 26 – 27 травня 2022 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ВСЕУКРАЇНСЬКА ЕКОЛОГІЧНА ЛІГА  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА  
ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»  
AKAKI TSERETELI STATE UNIVERSITY, GEORGIA  
UNIVERSITY OF LIFE SCIENCES IN LUBLIN, POLAND  
АЗЕРБАЙДЖАНСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ТЕХНОЛОГІЙ  
POZNAN POLYTECHNICAL UNIVERSITY, POLAND  
INSTITUTE OF MATHEMATICAL SCIENCES, FACULTY OF SCIENCE,  
UNIVERSITY OF MALAYA, MALAYSIA  
ISLAMIC AZAD UNIVERSITY SCIENCE AND RESEARCH BRANCH, IRAN ISLAMIA  
CENTRAL UNIVERSITY, NEW DELHI, INDIA  
ДЕРЖАВНА ЕКОЛОГІЧНА АКАДЕМІЯ ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ ТА УПРАВЛІННЯ  
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ МИХАЙЛА ОСТРОГРАДСЬКОГО  
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ В.Н. КАРАЗІНА  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ ІМЕНІ АДМІРАЛА МАКАРОВА  
ДЕПАРТАМЕНТ ЕКОЛОГІЇ ТА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ ПОЛТАВСЬКОЇ ОДА  
СПІЛЬНЕ ПІДПРИЄМСТВО «ПОЛТАВСЬКА ГАЗОНАФТОВА КОМПАНІЯ»  
ЕКОЛОГІЧНА РАДА ПОЛТАВЩИНИ

**I Міжнародна науково-практична конференція  
«ПОДОЛАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ ТА ЗАГРОЗ ДЛЯ  
ДОВКІЛЛЯ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ – 2022»**

**26 – 27 травня 2022 р.**

**ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ**

**ПОЛТАВА – ЛЬВІВ, 2022 р.**

## Міжнародний науковий комітет

СІВІЦЬКА Світлана – проректор з наукової та міжнародної роботи Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», к.е.н., доцент, голова оргкомітету.

СТЕПОВА Олена – завідувачка кафедри прикладної екології та природокористування Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», д.т.н., професор, заступник голови оргкомітету.

ГОЛІК Юрій – завідувач кафедри теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики, професор Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», к.т.н., доцент.

ЧЕРНЕР Крістіан – почесний доктор, ПП «Гігаджоуль», Австрія, Грац-Стрий, Україна.

KRZYSZTOF Józwiakowski – завідувач кафедри інженерії навколишнього середовища та геодезії Університету природничих наук в Любліні, д-р хабіл, професор.

TURKADZE Tsitsino – професор кафедри хімічних та екологічних технологій Державного університету імені Акакія Церетелі, д.т.н., професор.

САВИЦЬКА Барбара – професор кафедри технології рослинництва і товарознавства Університету природничих наук в Любліні, д-р хабіл, професор.

КААБАР Мохаммед К.А. – науковий співробітник Інституту математичних наук факультету природничих наук Малайського університету, Куала-Лумпур, Малайзія, д-р філос.

МОЗАФФАРІ Нілоофар – наукова співробітниця кафедри фізики, факультету природничих наук відділення науки і досліджень Ісламського університету Азад (IAU), Тегеран, Іран, винахідниця й запрошена редакторка Springer Nature Group, магістр наук.

КХАН Надім Ахмад – науковий співробітник кафедри цивільної інженерії Національного ісламського університету, Нью-Делі, Індія, д-р філос.

КАЛЮЖНИЙ Анатолія – в.о. директора навчально-наукового інституту нафти і газу Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», к.т.н., доцент.

ВАМБОЛЬ Віола – професор кафедри прикладної екології та природокористування Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», д.т.н., професор.

ІЛЛЯШ Оксана – доцент кафедри прикладної екології та природокористування Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», к.т.н., доцент.

СМОЛЯР Наталія – доцент кафедри прикладної екології та природокористування Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», к.б.н., доцент.

ГАНОШЕНКО Олена – доцент кафедри прикладної екології та природокористування Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», к.т.н., доцент.

БРЕДУН Віктор – доцент кафедри прикладної екології та природокористування Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», к.т.н.

ЧУХЛІБ Юлія – старший викладач кафедри прикладної екології та природокористування Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка».

БЄЛОКОНЬ Карина – доцент кафедри прикладної екології та охорони праці Запорізького національного університету, к.т.н., доцент.

ВАМБОЛЬ Сергій – професор кафедри безпеки життєдіяльності Державного біотехнологічного університету, д.т.н., професор.

ВНУКОВА Наталія – завідувач кафедри, професор кафедри екології Харківського національного автомобільно-дорожного університету, д.т.н., професор.

МАЛЬОВАНІЙ Мирослав – завідувач кафедри екології та охорони навколишнього середовища Національного університету «Львівська політехніка», д.т.н., професор.

НЕКОС Алла – завідувач кафедри екологічної безпеки та екологічної освіти Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, д.геогр.н., професор.

Василь ПЕТРУК – директор інституту екологічної безпеки та моніторингу довкілля Вінницького національного технічного університету, д.т.н., професор, заслужений природоохоронець України.

ТРОХИМЕНКО Ганна – завідувач кафедри екології та природоохоронних технологій Національного університету кораблебудування імені Адмірала Макарова, доктор технічних наук, професор.

САФРАНОВ Тамерлан – завідувач кафедри екології та охорони довкілля Одеського державного екологічного університету, доктор геолого-мінералогічних наук, професор.

ЧУГАЙ Ангеліна – декан природоохоронного факультету Одеського державного екологічного університету, доктор технічних наук, професор.

ШМАНДІЙ Володимир – професор кафедри екології та біотехнології Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського, доктор технічних наук, професор.



Відповідальна за випуск: завідувачка кафедри прикладної екології та природокористування,  
д.т.н., проф. Олена СТЕПОВА.

«Подолання екологічних ризиків і загроз для довкілля в умовах надзвичайних ситуацій – 2022»: Збірник матеріалів I Міжнародної науково-практичної конференції «Подолання екологічних ризиків та загроз для довкілля в умовах надзвичайних ситуацій – 2022», (26–27 травня 2022 року, Полтава – Львів). Полтава : НУПП, 2022. 692 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.

© Національний університет  
«Полтавська політехніка  
імені Юрія Кондратюка», 2022 р.

*Chorna N. A., Cand. Sc.(Tech.), Associate Professor, Podgorny A.  
Institute of Mechanical Engineering Problems of NASU,  
Kharkiv, Ukraine*

## **AUTONOMOUS POWER SUPPLY SYSTEM BASED ON RENEWABLE ENERGY SOURCES**

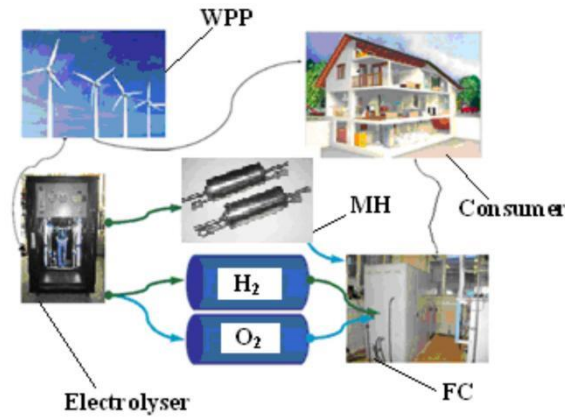
**Introduction.** The publications using hydrogen technologies aimed at attracting renewable energy sources to the infrastructure of energy technology complexes, namely, for autonomous power supply of small consumers in remote areas is analyzes [1, 2]. The potential for the use of solar and wind energy in Ukraine is high enough for widespread introduction into energy systems. When operating autonomous power complexes based on renewable energy sources, using solar and wind energy as sources, emergency situations are very likely due to the interruption of power supply due to the variability of energy supply or emergency failure of individual elements of the power complex. Therefore, in order to ensure uninterrupted power supply to an autonomous private consumer, it is necessary to provide for additional energy supply equalization systems. The use of technology for converting energy from primary sources using an electrolysis plant, a metal-hydride hydrogen storage system and a fuel cell will not only solve the problem of smoothing the uneven energy supply from renewable energy sources, but also reduce the environmental burden of Ukraine.

**Scientific novelty.** An alternative scheme of electric power and heat supply for a stand-alone house without using imported fuel is proposed. The advantage of such a scheme is that it is closed because hydrogen is produced on site to power the fuel cell, while the metal-hydride hydrogen storage system is capable of performing hydrogen absorption and its release due to the hot and cold water resources available in the system.

**Practical significance.** The technology for converting the energy of primary sources by creating a wind-driven energy technological complex using an electrolysis plant and a metal-hydride hydrogen storage system will solve the problem of smoothing the irregular electric power supply from renewable sources.

**Development description.** During wind-driven generator operation, the generated electric power is delivered to the high-pressure electrolyser via the control system [2]. The reaction of electrochemical dissociation of the liquid alkaline electrolyte yields oxygen and hydrogen that are delivered to the gas storage system of cylinders and used subsequently for fuel cell module operation. An inverter circuit is used to convert the DC voltage to alternating current. Then the converted electric power is delivered to the consumer. During hours when wind-driven generator power is excessive, hydrogen is stored in the metal-hydride accumulator jointly with the gas cylinder storage system.

Hence, wind energy is accumulated to be used subsequently for stand-alone power supply to consumers. During peak load hours (morning and evening), as well as during an abrupt prolonged wind speed drop, hydrogen and oxygen in the storage system are used for generating additional electric power with the help of the fuel cell module (Fig. 1).



**Fig. 1. Schematic diagram for autonomous power supply system based on renewable energy sources**

The use of hydrogen in fuel cells makes it possible to create efficient systems of autonomous power supply for private consumers. The most promising power plants for off-grid consumers are 1 kW to 20 kW power plants built around low-temperature alkaline fuel cells [2, 3]. They are distinguished by high efficiency, and are environmentally friendly and noiseless in operation. The analysis of publications showed that to provide power to fuel cells, the most compact, safe and environmentally friendly way is to use reusable metal-hydride batteries of high-purity hydrogen as part of an energy complex that meets the requirements for the placement of autonomous power supply systems.

**Results.** Based on the study, a technological scheme of an autonomous power supply system based on fuel cells has been developed, an approach to the creation of a metal-hydride system for accumulating hydrogen and its supply to fuel cells has been substantiated. A calculation algorithm has been developed that allows you to calculate the annual energy balance of a specific consumer and select the necessary equipment to implement the scheme based on the annual schedule of heat and electrical load.

It is shown that, for stand-alone consumers, power supply systems built around low-temperature alkaline 20 kW fuel cell are exceptionally interesting. The usage of a metal hydride hydrogen storage system in a wind energy technological complex meets the requirements to the installation of stand-alone power supply systems. Key characteristics of the main types of fuel cells are given in Table 1 [1].

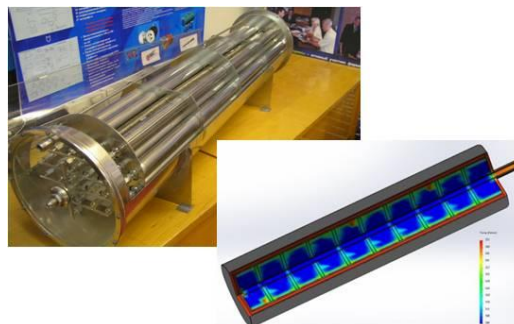
Table 1

**Types of fuel cells and their main characteristics**

Fuel cell types	Working temperature, K	Power generation efficiency, %	Resource, hours	Fuel type
Molten-carbonate fuel cells, MCFCs	82-973	50-70	до 2·10 <sup>4</sup>	Hydrocarbon fuel
Phosphoricacid fuel cell, PAFC	373-493	35-40	до 5·10 <sup>4</sup>	Pure hydrogen
Solid-oxide fuel cells, SOFC	723-1273	45-70	до 6·10 <sup>4</sup>	Hydrocarbon fuel
Direct-methanol fuel cells, DMFC	293-363	20-30	–	Methanol
Alkaline fuel cell, AFC	323-473	40-70	до 1·10 <sup>4</sup>	Pure hydrogen
Proton-exchange membrane fuel cell, PEMFC	303-373	35-50	до 2·10 <sup>4</sup>	Pure hydrogen

The operating modes of the selected fuel cell were studied and the parameters of influence on its output characteristics were investigated in order to determine the efficiency of the power plant for autonomous power supply systems for consumers in remote areas.

The operation of fuel cells with a metal-hydride hydrogen accumulation system was analysed for hydrogen storage accumulators and the schemes of their joint operation for a stand-alone cottage. The design chosen was that of a metal-hydride hydrogen accumulator with a length of L=0.15 m and an inner diameter of 0.04 m, and a productivity of up to 0.035 g/s (Fig. 2) [4, 5].



**Fig. 2. Appearance and temperature field of a metal-hydride hydrogen storage system**

The fuel cell of choice was DBX5000 with a power of 5.0 kW that provides the maximum electric power load of a stand-alone house [3].

The modes of operation of the metal-hydride system were optimized and the optimal operating conditions for the «metal-hydride – fuel cell» were selected. Recommendations have been developed for the use of metal-hydride hydrogen storage systems in autonomous power plants based on a fuel cell, taking into account the aspects of their fire and explosion hazardous operation.



Comparative assessment and level of technical training. Thus, as compared to present-day standby electric power supply systems based on storage batteries, fuel cells enable creating standby electric power supply systems with a 3 to 4 times longer time of operation in the stand-alone mode.

Hence, the combined application of advanced technologies for the production, storage and usage of hydrogen increases energy conversion effectiveness and significantly expands its application areas, especially for stand-alone power supply systems with a wind-driven power plant and a hydrogen energy accumulator.

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

1. Chorna N. A. *Prospects for application of hydrogen technologies for autonomous power complexes based on renewable energy sources. Scientific and Applied Journal Vidnovluvana energetika.* 2021. № 3(66). P. 18–32. [https://doi.org/10.36296/1819-8058.2021.3\(66\).18-32](https://doi.org/10.36296/1819-8058.2021.3(66).18-32). [in Ukraine].

2. *Application of highly efficient hydrogen generation and storage systems for autonomous energy supply / A.M. Avramenko [et al.] // Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu.* 2021. №.3. C. 69–74. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2021-3/069> [in English].

3. Matsevytyi Y. M., Chorna N. A., Shevchenko A. A. *Development of a Perspective Metal Hydride Energy Accumulation System Based on Fuel Cells for Wind Energetics. Journal of Mechanical Engineering.* 2019. 22(4). 48–52. <https://doi.org/10.15407/pmach2019.04.048>. [in English].

4. Chorna N. A., Hanchyn V. V. *Modeling Heat and Mass Exchange Processes in Metal-hydride Installations. Journal of Mechanical Engineering.* 2018. Vol. 21(4). P. 63–70. <https://doi.org/10.15407/pmach2018.04.063>. [in English].

5. Chorna N. A., Ganchin V. V. *Use of mathematical modeling to improve the mass and dimensions of metal hydride plants. Mathematical methods and physical and mechanical fields.* 2019. Vol. 2. №3. P. 159–167. [in Ukraine].

<sup>1</sup>*Deyneko N., Doctor of Technical Sciences, associate professor, lecturer,*

<sup>2</sup>*Divizinyuk M., Doctor of Physical and Mathematical Sciences, prof.,*

<sup>1</sup>*Shevchenko O., PhD*

<sup>1</sup>*National University of Civil Protection of Ukraine, Kharkiv, Ukraine*

<sup>2</sup>*Head of Department, State Organization «Institute of Environmental Geochemistry of the National Academy of Sciences of Ukraine», Kyiv, Ukraine*

## **ANALYSIS OF THE THERMAL STABILITY OF SOLAR CELLS ON A FLEXIBLE SUBSTRATE INTENDED FOR BACKUP POWER SYSTEMS EMERGENCY PREVENTION**

The effect of temperature on the output parameters of the ITO/CdS/CdTe/Cu/Au film solar cell on a flexible substrate, intended for use as an autonomous power supply for emergency prevention systems, has been investigated. It has been shown that a solar cell on a flexible substrate based on cadmium telluride with a Cu/Au back contact can be operated without a decrease in efficiency up to a temperature of 45°C. At higher temperatures, deterioration in diode characteristics is observed, due to a decrease in the value of the dark shunting electrical resistance and an increase in the value of the dark density of the diode saturation current.

The analysis of emergency situations shows that one of the problems of localization and elimination of consequences is a power outage due to damage to power lines. Therefore, it is necessary to provide emergency power supplies or the tools used must work autonomously. Modern security and control systems consume only a small part of the total energy consumption of the facility; their uninterrupted operation is ensured by the availability of electricity in the network. As a rule, such security systems have a backup power source in case of an emergency power outage in the network, but, in most cases, its charge lasts no more than 24 hours [1]. In this case, the use of solar cells becomes relevant.

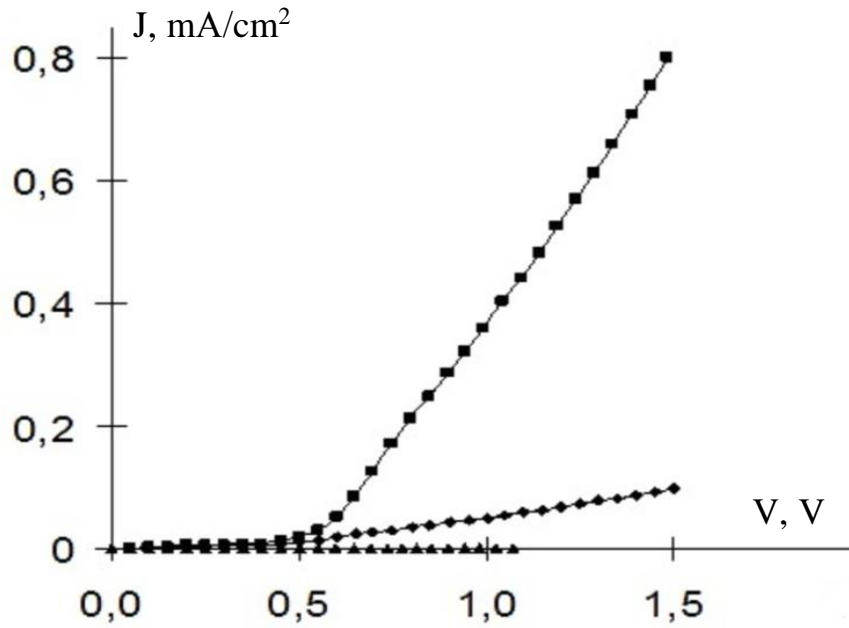
Solar cells have become an ideal alternative to conventional energy sources because of their superior mechanical strength and high energy conversion efficiency, which can meet human needs for environmentally friendly, inexpensive and portable power sources. The rapid development of wearable devices, telecommunications, transportation, modern sensors and, accordingly, the growing demand for affordable power supplies for modern devices of arbitrary shape and stability at elevated temperatures has become a new problem. In this regard, it is necessary to develop solar cells on a flexible substrate capable of efficiently operating at elevated temperatures.

In the field of power supply of large areas and clean energy, solar cells are widely used [2]. As the conversion efficiency increases and the cost decreases, solar cells are finding more and more commercial applications. The concept of

flexible solar cells has been around for a long time, since the flexible structure greatly facilitates the collection of solar energy [3, 4]. Silicon solar cells have been intensively studied since the early 1950s, and more and more photovoltaic materials are being researched to improve cell performance. Monocrystalline silicon and polycrystalline silicon are sequentially applied to solar cells. Since the 1970s, amorphous silicon solar cells have been developed [5]. Compared to crystalline silicon, amorphous silicon is much lighter and thinner. In recent years, many solar cells have been developed: dye sensitized solar cells (DSSC), organic solar cells, Cu (In, Ga) Se<sub>2</sub> (CIGS) solar cells, perovskite solar cells, etc. [6]. To overcome the flexibility problem, great efforts have been made to create various flexible component materials [7]. In particular, the transparent electrode is an integral part of solar cells, and conductive ITO films are commonly used [8]. Despite flexible ITO glasses, flexible solar cells with opaque fiber electrodes have been reported [9]. Another important criterion for increasing the demand for the use of solar cells is degradation resistance. In [10, 11], an analysis of the degradation processes that occurs in SC based on cadmium telluride was carried out and a method for restoring their efficiency was proposed. In [12], the radiation resistance of solar cells with an efficiency of ~ 10% with an anti-radiation glass structure was investigated. The authors found that, in this case, the main CdS / CdTe transition is easily destroyed. Thanks to the work of various groups of researchers [13], it was possible to increase the efficiency of solar cells based on CdTe/CdS by more than 16.5% for devices on a glass substrate coated with "transparent conductive oxide" (hereinafter referred to as TCO) [14, 15], while the predicted the theoretical maximum is about 30% [16] and more than 7% efficiency for devices on flexible metal substrates [17]. The polymer substrate has the advantage that the devices can be made in the front and rear configuration, while in the case of metal substrates, only the rear configuration is possible.

Typical experimental dark current-voltage characteristics of an ITO/CdS/CdTe/Cu/Au solar cell on a flexible substrate are shown in Figure 1.

On the dark CVC of the solar cell, two characteristic sections can be distinguished, corresponding to different mechanisms of charge transfer. The first section is exponential. It is observed when a forward bias is applied from 0 V to (0.6-0.7) V. In this section, CVC can be approximated by the theoretical current-voltage characteristic of a solar cell, for which the presence of a potential barrier affects the charge transfer mechanism. In the second section, CVC is linear. This indicates that charge transfer is described by Ohm's law, when the decisive role in the form of the current-voltage characteristic is played by the sequential electrical resistance of the device structure. With an increase in the forward bias, the transition from the exponential section of the SC CVC to the ohmic one is quite natural. This is due to the fact that when an external forward bias is applied, the potential barrier of the p-n junction decreases. When the external electric field becomes equal to the internal built-in field, the potential barrier disappears and the ohmic section sets in.



**Fig. 1. Experimental dark CVC of solar cells based on CdS/CdTe at different temperatures (▲ – 0°C, ◆ – 27 °C, ■ – 76 °C)**

The conductivity of a semiconductor material is determined by the concentration of equilibrium charge carriers, which increases with increasing temperature due to their thermal generation:

$$n = n_0 \exp(-E_g/kT) \quad (1)$$

where  $E_g$  – semiconductor band gap,  $k$  – Boltzmann constant,  $T$  – temperature,  $n_0$  – initial concentration of charge carriers.

The analysis indicates that with increasing temperature, there is a traditional increase in the density of the dark diode saturation current  $J_0$  by four orders of magnitude in accordance with the traditional relationship:

$$J_0 = J_{00} \exp(-E_g/kT) \quad (2)$$

Correspondingly to the growth of the diode saturation current density  $J_0$ , the diode ideality coefficient  $A$  also grows (from 1 to 2.2), the value of which is determined by the ratio of the generation and recombination components of the charge transfer mechanism. In the absence of recombination, the ideality coefficient of the diode is  $A = 1$ , and in the case of a pure recombination mechanism,  $A = 2$ . The contribution of the recombination component naturally increases with increasing temperature as the density of the diode saturation current increases.



A significant problem in the operation of solar cells is the performance of such instrument structures at elevated temperatures, since they are used in conditions of increased solar radiation. An analysis of the obtained dark diode characteristics shows that SC based on cadmium telluride with a Cu/Au back contact on a flexible polyamide substrate can be operated without a decrease in efficiency up to a temperature of 45 °C. At higher temperatures, deterioration in the diode characteristics of a solar cell is observed: a decrease in the value of the dark shunting electrical resistance and an increase in the value of the dark density of the diode saturation current.

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

1. Golovanov V. I., Kuznecova E. V. *Jeffektivnye sredstva ogneshchity dlja stal'nyh i zhelezobetonnyh konstrukcij, Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 9 (2015) 82–90.
2. Archer M. D., Green M. A. *Clean electricity from photovoltaics*, 2014, World Scientific.
3. Hwang T. H., *U.S. Patent Application 13/567*, 2012, 314.
4. Chen Z., *Large Area and Flexible Electronics*, 2015, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co.
5. Carlson D. E., Wronski C. R., *Amorphous Silicon Solar Cell*, *Appl. Phys. Lett.*, 1976, 28, 671–673.
6. Fu X., Xu L., Li J., Sun X., Peng H., *Flexible solar cells based on carbon nanomaterials*, *Carbon*, 2018, 139, 1063–1073.
7. Zhang X., Öberg V. A., Du J., Johansson E. M. J., *Extremely lightweight and ultra-flexible infrared light-converting quantum dot solar cells with high power-per-weight output using a solution-processed bending durable silver nanowire-based electrode*, *Royal Soc. Chem.*, 2018, 11, 354–364.
8. Cao B., Yang L., Jiang S., Lin H., and Li X., *Flexible quintuple cation perovskite solar cells with high efficiency*, *J. Mater. Chem. A*, 2019, 7, 4960–4970.
9. Zhang Z., Chen X., Chen P., *Integrated polymer solar cell and electrochemical supercapacitor in a flexible and stable fiber format*, *Adv. Mater.*, 2014, 26, 466–470.
10. *Degradation of CDTE SC during operation: Modeling and experiment* Bolbas, O., Deyneko, N., Yeremenko, S., Shevchenko, R., Yurchyk, Y. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2019, 6(12-102), P. 46–51.
11. Deyneko N. et al. *Development of a technique for restoring the efficiency of film ITO/CdS/CdTe/Cu/Au SCs after degradation*. 2019.
12. Guanggen, Z. Jingquan, H. Xulin, L. Bing, W. Lili and F. Lianghuan, «The effect of irradiation on the mechanism of charge transport of CdTe solar cell». 2013 IEEE 39th Photovoltaic Specialists Conference (PVSC), Tampa, FL, 2013, pp. 2801-2804, doi: 10.1109/PVSC.2013.6745054.

13. Solar F. *First Solar sets world record for CdTe solar cell efficiency* //2015-01-08]. [http://investor, firstsolar. com/releases. cfm](http://investor.firstsolar.com/releases.cfm). 2014.
14. Colegrove E., Banai R., Blissett C. et al. «High-efficiency polycrystalline CdS/CdTe solar cells on buffered commercial TCO-coated glass». *Journal of Electronic Materials*, vol. 41, №10. P. 2833–2837, 2012.
15. McCandless B. E., *Thermochemical and kinetic aspect of cadmium telluride solar cells processing*, *Proceeding Materials Research Society Symposium*. (2001) San Francisco (USA) P. H1.6.1- H1.6.10.
16. Sze S. M., *Physics of Semiconductor Devices*, Wiley Interscience, New York, NY, USA, 2nd edition, 1981.
17. Compaan A. D. and Karpov V. @*The fabrication and physics of high-efficiency CdTe thin-film solar cell*. *Annual Technical Report*, 2002.

*Demchuk L.I., candidate of pedagogical sciences, Associate Professor of the Department of Ecology State, Kireytseva G.V., candidate of economic sciences, Associate Professor of the Department of Ecology State University «Zhytomyr Polytechnic», Zhytomyr, Ukraine*

## **ENVIRONMENTAL AND TECHNOSPHERE THREATS IN UKRAINE**

Much of the territory of Ukraine is in an environmentally unsatisfactory condition due to supersaturation of the environment with various toxic compounds. It is constantly growing man-made load, which affects the level of environmental safety. The level of environmental safety is largely due to extremely high technology ever-increasing genetic load.

Ukraine's economy is characterized by a high share of resource-intensive and energy-intensive technologies, the introduction and expansion of which was carried out in the cheapest way without the construction of appropriate treatment facilities. There are still no economic incentives in our country introduction of environmentally friendly production technologies. The level remains low application of innovative, resource-saving and environmental technologies, including or technologies of processing, utilization and destruction of waste.

Accumulation of waste has become one of the most important factors in environmental pollution excess natural environment, negative impact on all its components [2]. Violate-you ecological balance is quite simple, immeasurably harder to restore it. Substances that destroy environment, very stable. However, some substances are mixed and neutralized and some remain unchanged and have a destructive power of up to 100 years, example of different types of CFCs [3, p.137–142]. Therefore, the expansion of the field related to waste generation, their disposal, disposal and environmentally sound disposal and successive their accumulation should become one of the most important tasks.

The main burden on the environment in the industrial sector is borne by enterprises chemical, metallurgical, mining and power industries. Also in the territories nuclear power plants carry out primary processing and temporary storage of radioactive waste. Limiting appropriations to security measures increases the level of risk occurrence of accidents with environmental consequences.

Accidents at industrial enterprises and the related problem of environmental degradation. The situation is mainly caused by a low level of production safety, insufficient training of human resources, outdated technologies or insufficient implementation of technological regulations. The stability of an object is understood as its ability to produce established types of products (material, energy, informational) in the appropriate volumes and nomenclature in situations,

and also the adaptability of this object to recovery in the event damage. For objects not related to the production of material valuables (for example, a radar station), stability determined by their ability to perform their functions under the conditions of the situation.

Increasing the stability of objects and technical systems achieved mainly by organizational and technical activities that are always preceded by a study of sustainability a specific object, and long before its commissioning. The region of the object has a great influence on the stability of the object. Location, which determines the level and likelihood of impact natural hazards (volcanoes, seismic impact, mudflows, landslides). Very important are meteorological conditions of the area (precipitation, direction prevailing winds, the maximum and minimum temperatures of the hot and coldest month): the terrain is being studied, the nature of the soil, the depth of groundwater, their chemical composition. When it comes to the stability of a functioning object, the study of the latter is carried out in two stages.

At the first stage, the stability and vulnerability of individual elements of the object in emergency situations, as well as assess the probability of exit failure or destruction of these elements or the entire object as a whole. In particular, the following are analyzed: the reliability of installations and technological complexes; consequences of past accidents of individual production systems; most likely directions propagation of a shock wave over the territory of an object during explosions vessels, communications, nuclear charges.

At the second stage of the study, measures are developed to increase resilience and prepare the facility for recovery after situation. These activities form the basis of the plan-schedule for increasing the stability of the object; it indicates the volume and the cost of the planned work, the list of basic materials and their quantity, machines and mechanisms, labor force, responsible performers, deadlines, funding sources.

In addition to the factors considered, the stability of the object is affected by the nature of the development of the territory (structure, type, density), surrounding object of related production, transport routes, as well as natural conditions of the surrounding area (for example, forests can be sources of fires, and water bodies – alternative transport communications).

Of particular importance is an objective assessment of the stability of systems production management at the facility. At the same time, the distribution of forces is studied and the state of control points and the reliability of communication centers; determine sources of replenishment of the labor force, analyze the possibilities interchangeability of organisms, their reproductive functions, composition and the structure of populations and biogeocenosis as a whole. As environmental consequences of pollution in accidents should also be considered negative changes in landscapes and disturbance of natural processes, occurring in ecosystems.



The environmental consequences of accidents and disasters in most cases are not limited to environmental pollution and subsequent changes in it for this reason. They are also in to a large extent, and sometimes mainly, due to the impact thermobaric fields, hydrodynamic waves and flows, others damaging factors arising from explosions, fires and other manifestations of technogenic accidents and catastrophes.

With this kind impacts on the environment, environmental consequences can expressed in very sharp and large-scale changes in the environment human habitat. They are associated with the destruction of life-sustaining structural elements of territorial production complexes and other natural and economic formations, destructive change landscapes and ecosystems.

In practical terms, it is important to determine the nature, the extent of the environmental consequences of accidents and the ecological state territories. This task must be addressed both in the interests of the adoption necessary measures to ensure the environmental safety of the population, and carrying out work to eliminate the consequences of accidents. Risk assessment - a procedure for determining it quantitative characteristics: probability of occurrence adverse events and possible damages. Three main risk assessment methods for specific processes:

- analysis of statistical data on adverse events, that took place in the past;
- theoretical analysis of the structure of cause-and-effect relationships processes (scenario approach);
- expert approach.

With statistical data on adverse events, it is possible to estimate the probability of their occurrence and possible sizes damage from such events. This method is suitable for frequent and similar events.

The environmental consequences of man-made accidents and disasters are very varied. First of all, they are manifested in those changes that undergoes the environment under the influence of emerging these accidents and catastrophes of damaging factors. Environmental pollution during accidents and catastrophes, as rule is complex and, depending on the nature accidents and emerging damaging factors, may include physical, chemical and, in some cases, biological components.

Physical component (physical pollution) in case of accidents characterized by pollutants – ingredients and physical fields, such as radioactive substances, electromagnetic, thermal, sound, ultrasonic fields. Chemical component – various types of simple substances and chemical compounds from among xenobiotics, alien to ecosystems and natural landscapes. These include before in total, some chemically hazardous materials accidentally thrown into ecosystems substances, as well as common nutrients, in certain quantities assimilated by the natural environment. The biological component pathogenic microorganisms.

An analysis of the natural and man-made accidents shows that the pollution that occurs during them environment is determined by one or some set of

ingredients and physical fields, quantitatively or qualitatively alien to natural biogeocenoses. These circumstances are one of the reasons for those adverse changes in environmental conditions and living conditions that occur during technogenic impacts.

***Used information sources:***

1. Bolshakov V. N. and others. *Ecology : Textbook*. M.: Logos, 2010. 504 p.
2. Bulavin L. A., Vygornitsky A. V., Lebovka A. I. *Computer modeling of physical systems*. Dolgoprudny: Ed. House «Intellect», 2011. 352 p.
3. *Geoecology: textbook for higher educational institutions mining and geological profile, 2nd edition, stereotypical* / Semyachkov A. I., Drebenshtedt K., Vorobyov A. E.; ed. acad. RAS V.N. Bolshakov and A.I. Tatarkin. Yekaterinburg: Publishing house of USGU, 2014. 289 p.
4. Denisov V. V. *Industrial ecology*. M. : ICC «Mart», Rostov-on-Don : Mart Publishing House, 2007. 720 p.
5. Semenova I. V. *Industrial ecology*. M. : Ed. Centre «Academy», 2009. 528 p.

UDC

*<sup>1</sup>Fidchunov Alexey, <sup>1</sup>Borisenko Oleksandr, <sup>2</sup>Miroshnichenko Denis, Doctor of Technical Sciences, Professor, <sup>3</sup>Kravchenko Serhiy*

*<sup>1</sup>State Enterprise «Ukrainian State Research Coal Chemistry Institute (UKHIN)», Kharkiv, Ukraine,*

*<sup>2</sup>National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine*

*<sup>3</sup>State Institute for Designing Enterprises of Coke Oven and by-Product Plants, Kharkiv, Ukraine*

## **MOVEMENT OF COKE IN THE DRY COKE QUENCHING PLANT DURING ITS UNLOADING**

The article presents experimental data on the nature of coke movement in the DRY COKE QUENCHING PLANT (DCQP) chamber during its unloading. It is shown that when the coke is unloaded, zones of accelerated coke descent and stagnant zones appear. The number of zones of accelerated descent of the quenched coke increases in proportion to the number of structural reinforcing beams. The dimensions of these zones are the larger, the smaller the surface of the blow head. A larger number of zones of accelerated descent create a condition for a more uniform descent of coke throughout the entire volume of the DCQP chamber. Also, the manifestation of the action of zones of accelerated descent begins the earlier, the smaller the surface of the blow head. This required a constructive way to achieve the uniformity of the descent of coke to improve the technological characteristics of the work of the DCQP.

Zones of accelerated coke descent and stagnant zones appear when the coke is unloaded. The dimensions of these zones are the larger, the smaller the surface of the blow head. The question of the nature of the movement of coke inside the DCQP chamber in the domestic coke chemical science is rather poorly covered. Only some works [1-3] deal with the issue of coke movement as a bulk material in the volume of the DCQP chamber.

The fact that this area of the process of dry coke quenching has not been studied indicates the relevance of this issue and is explained by the impossibility of conducting research on a directly operating industrial DCQP.

Such studies can be performed using either mathematical or laboratory modeling.

The study of the patterns of coke movement in the volume of the fire extinguishing chamber included:

- determination of the coke surface profile during unloading (emptying) through the unloading device;

- determination of the position of the zones of accelerated coke descent and, accordingly, stagnant zones during the movement of coke in the DCQP with

different design of the coolant supply to the blower head - one or two beam design, as well as various forms of the DCQP blower heads.

- determination of ratios in the speeds of coke movement inside the DCQP chamber regarding zones of accelerated descent and stagnant zones of coke.

The research methodology [4, 5] was carried out according to the following scheme: model coke was loaded into a model coke car, simulating the stacking of coke when unloading it from the coking chamber. Then the coke from the coke car was loaded through the loading funnel into the DCQP model until the level of the forechamber was filled with coke. Then, through the unloader, it was unloaded in equal portions (approximately 9% of the volume) from the DCQP, after which the analysis of these coke surface profiles was carried out after each emptying of the DCQP. Fixed breaks in the surface of the unloaded coke were considered to be either zones of accelerated descent of coke (pit) or stagnant zones (mountain).

In a single-beam DCQP, the surface profile was set for the points:

- above the blast beam along the plane dividing the side sectors in half (solid line);

- along a perpendicular plane dividing in half the sectors simulating the coke and boiler sides (dashed line).

In a two-beam DCQP, surface profiles were recorded in planes dividing the sectors in half. Also, the movement of coke was simulated when loading to the center of the car (in order to reduce coke segregation in the car), loading coke using a divider in the loading area and a loading device of a confuser-diffuser type, as well as blow heads of 5 and 2 levels and "flat" (single-level) blow head.

The numerical terms of the change in the rate of coke descent in the fire extinguishing chamber of the DCQP depending on the design of the blower head and the difference in the supply of refrigerant is presented.

Analyzing the obtained values of the maximum change in the speed of coke movement, it can be argued that the constructive creation of resistance to the movement of coke in the form of a two-beam structure for supplying coolant to the blower head creates conditions for a more uniform descent of the coke loaded into the quenching chamber of the DCQP, on average reducing the rate of descent of coke by  $8-3.4=4.6\%$ . The study presents a more detailed analysis of the revealed influence of the design of various units of the DCQP on the nature of the movement of coke in the quenching chamber of the DCQP during its unloading.

Comparison of the surface profiles of the considered DCQP indicates an earlier and noticeable manifestation of zones of accelerated coke descent with a single-level blow head, the reason for which is its smaller cross-sectional area than that of a five-level blow head.

The use of a two-beam DCQP with a single-level and five-level blow head is characterized by uniform coke descent in all sectors almost to the level of the blow head. Evidence of this is the parallelism of the coke surface profiles almost to the level of the blow head during its batch unloading. With a two-beam DCQP,

the acceleration of coke removal is observed in all four sectors and begins to visually manifest itself at the level of the blow head.

The movement of coke to the level of the blast head is characterized by the constancy of the rate of unloading of coke over the cross section of the quenching chamber, which creates optimal conditions for uniform distribution of the coolant in the array of quenched coke. Estimation of the number and size of zones of accelerated coke descent shows that a single-beam DCQP is characterized by the presence of two zones of accelerated descent located in the sectors of the boiler and coke sides.

A larger number of zones of accelerated descent creates a condition for a more uniform descent of coke throughout the entire volume of the DCQP chamber.

The manifestation of the action of zones of accelerated descent begins the earlier, the smaller the surface of the blow head.

The transition from a single-beam design of the DCQP to a two-beam one postpones the moment of the beginning of the formation of an accelerated descent zone, reduces its size and creates conditions for the same behavior of coke in all sectors of the quenching chamber.

Due to the fact that a single-level blower head is 40 mm (1 m in a real DCQP) lower than a two-level one and 80 mm lower than a five-level one, we consider it preferable to use it in a two-beam DCQP, since it ensures not only uniform washing of coke by the coolant, but also the time of contact of coke with the coolant on the coke and boiler sides increases at the same productivity of the DCQP.

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

1. Starovoyt A. G. *Kinetika dvizheniya i harakter ohlazhdeniya koksa v kamere USTK. Koks i himiya.* 1990; (3): 9–10.
2. Grebenyuk A. F., Pozdnyakov A. G., Ryazantsev A. A. *Osobennosti raboty USTK bunkernogo tipa. Koks i himiya.* 1998; (3): 14–16.
3. Yanhui Feng, Xinxin Zhang, Quan Zhongyin Shi. *Experimental and numerical investigations of coke descending behavior in a coke dry quenching cooling shaft. Applied Thermal Engineering.* 2008; 28(11–12): 1485–1490.
4. Fidchunov A.L. *Rezultati doslidzhennya protsesu ruhu koksu na mashtabny 3d modeli USGK. Materlali konferentsiyi. Postup v naftopererobny ta naftohimichny promislovostI. Lviv. 14-18 travnya 2018 r.* 242–246.
5. Fidchunov A. L., Stelmachenko S. Yu., Pozhar S. G., Kryuk R. A., Kovalev A. B. *3D model ustanovki suhogo tusheniya koksa. Uglehimicheskij zhurnal.* 2018; (6): 3–7.

*Glibovytska N. I., Candidate of Biological Sciences,  
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas,  
Ivano-Frankivsk, Ukraine*

## **BIOTIC CONSEQUENCES OF TECHNOGENIC ENVIRONMENTAL POLLUTION AS A GLOBAL ECO-PROBLEM**

The rapid speed of urbanization and industrialization has led to the release into the environment of a large number of artificial origin pollutants, uncharacteristic of nature. The ability of the biosphere to self-cleanse is not fully realized due to the constant anthropogenic pressure on the environment and its components. Man-made contaminants accumulate in the abiotic environment – soil, water and air, are absorbed by plant organisms and transmitted through the trophic chains of the food pyramid. The consequences of poisoning by man-made pollutants are the emergence of various diseases, reduced viability and viability of populations, as well as the extinction of species.

Acceleration of the rate of biological diversity reduction is the result of a number of destructive man-made processes – water and soil pollution, depletion of natural resources, displacement of animals from their natural habitat and others.

Among the global environmental problems of today, the danger of acid rain, pollution by heavy metals and petroleum products occupies a prominent place. The main sources of such substances are the oil refining industry and motor transport. Fuel combustion generates a number of chemicals dangerous to human and animal life, including heavy metals, aliphatic and aromatic hydrocarbons, acid oxides and other xenobiotics [2, 3].

Nitrogen and sulfur oxides, which enter the environment in large quantities, combined with atmospheric moisture, form weakly acidic solutions of precipitation with an acidity of less than 5.6. When entering rivers, lakes acid precipitation causes a change in the homeostasis of the aquatic ecosystem, which is manifested in the disappearance of aquatic inhabitants and the destruction of trophic chains [4]. Acid rain causes the development and complication of the respiratory and cardiovascular systems diseases. Plants respond to acid rain by the appearance of necrotic lesions of the spotted type of assimilation organs. Acidification of the soil leads to the transition of heavy metals from insoluble to mobile form, which intensifies the receipt of ionic forms of heavy metals in plants. Thus, acid rain is an environmental problem that causes another problem – pollution of biota by heavy metals. In turn, heavy metals in living organisms cause oxidative stress caused by the generation of free radicals in cells. The destruction of living systems cells by free radicals is the cause of premature aging and death of organisms. Plant organisms have some mechanisms of protection against the toxic effects of free radicals, in particular, the ability to bind metals in insoluble

complexes with the help of proteins – phytochelatins. In addition, plant cells have special organelles – vacuoles, lysosomes, which isolate heavy metals from other important compartments of the cell – nuclei, plastids, mitochondria. There are also transport obstacles for metals when moving inside the plant organism, but it depends on the individual genetic characteristics of the plant. On this basis, plants are divided into accumulators, eliminators and indicators. The former are able to actively accumulate man-made contaminants in tissues without visible damage, while acting as a powerful phytomeliorant of the environment. Eliminator plants are able to selectively absorb metals and are the most protected from the toxic effects of contaminants. Phytoindicators reflect the real content of specific pollutants in the environment, accumulating them in their tissues. These plant systems are used in ecological monitoring studies of the urbanized and man-made areas environment.

The diagnostic sign of damage to plants by heavy metals is the appearance of marginal necrotic lesions of leaf blades, inhibition of photosynthetic processes, inhibition of metabolism, the predominance of catabolic reactions over anabolic.

Petroleum products entering the environment are aromatic hydrocarbons and saturated or unsaturated hydrocarbons. Aromatic hydrocarbons pose the greatest danger to living systems, as they cause the development of cancer. Plant organisms have a natural ability to clean the environment from pollution of various origins, including petroleum products. There are known plants that are actively used in the practice of phytoremediation of oil-polluted environment. Animals and humans are extremely sensitive to all the effects of man-made pollution due to their low natural adaptive potential, as only plants have a natural ability to protect themselves from contaminants.

Along with chemical pollution, technogenesis has led to another type of pollution – physical, which to some extent poses the same danger as chemical. Physical pollution is a variety of electromagnetic radiation of varying strength and frequency, as well as noise and vibration. The greatest contribution to this type of man-made pollution is made by the transport of urban areas, the noise intensity of which significantly exceeds the maximum allowable level. Noise pollution affects all without exception the system of animal and human bodies, disrupts the functioning of the nervous, cardiovascular, respiratory, endocrine systems [1]. In birds and reptiles, man-made noise causes behavioral changes and disorientation in space, changes habitats, and reduces the range of species that migrate in search of a quieter and safer habitat.

Electromagnetic pollution, represented by radiation, is the most dangerous type of physical impact on living organisms, which is expressed in the strengthening of mutational processes in cells that lead to birth defects and cancer. The source of such physical impact are mobile power plants, telecommunications facilities, household appliances based on electric power, and so on.

By mechanical pollution we mean a variety of waste of man-made origin, which is removed from use as unusable. The current task of environmentalists is

to develop effective methods of solid and liquid waste disposal in order to reduce the burden on the environment and optimize production processes.

Another aspect of man-made impact is biological pollution, which has two forms – species invasion and biological weapons. Species invasion is the accelerated rate of certain species development in an area previously uninhabited by these species, which leads to the displacement of indigenous organisms and disruption of trophic and energy metabolism of the ecosystem. This phenomenon is observed in the purposeful introduction of certain species by humans in order to cultivate them for different economic and household needs. Another reason for this phenomenon is the involuntary introduction of invasive species to new territories by accidentally getting these species together with human things or tools. An example of a dominant invasive species is Sosnowski's hogweed, which has been the subject of long discussions among environmental scientists. Fighting invasive species is very difficult and requires considerable human and time resources [5].

As for biological weapons, they include the development of viruses and bacteria that are deadly to humans, threatening the destruction of human populations or even the death of humanity.

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

1. *Abdel-Mohsen O. Mohamed, Evan K. Paleologos, Fares M. Howari. Noise pollution and its impact on human health and the environment // Pollution Assessment for Sustainable Practices in Applied Sciences and Engineering, 2021. Chapter 19. P. 975–1026.*

2. *Hanfi M. Y., Mostafa M.Y.A., Zhukovsky M.V. Heavy metal contamination in urban surface sediments: sources, distribution, contamination control, and remediation // Environ Monit Assess, 2020. V. 192. –32 p. <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7947-5>*

3. *Harrison J. Schmitt, Eric E. Calloway, Daniel Sullivan, Whitney Clausen, Pamela G. Tucker, Jamie Rayman, Ben Gerhardstein. Chronic environmental contamination: A systematic review of psychological health consequences // Science of The Total Environment, 2021. V. 772. 145025 p. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145025>.*

4. *Li P., Karunanidhi D., Subramani T. Sources and Consequences of Groundwater Contamination // Arch Environ Contam Toxicol, 2021. V. 80, P. 1–10. <https://doi.org/10.1007/s00244-020-00805-z>*

5. *Osama Abdel Kadhim Mahdi, Sana Salem Najm, Nasreen Hamza Abbas, Falah Kamal Muhammad, Abdul Amir Khalaf Art. The extent of the impact of physical and biological pollutants from factories on achieving environmental balance from the viewpoint of workers in government factories // Basic Education College Magazine For Educational and Humanities Sciences, 2020. V. 48. P. 1622–1634.*



*Khokh A.*

*Scientific and Practical Center of The State Forensic Examination  
Committee of The Republic of Belarus, Belarus, Minsk*

## **INFLUENCE OF RECREATIONAL LOAD ON LIVE GROUND COVER**

The live ground cover (hereinafter referred to as LGC) is a sensitive indicator of the processes taking place in the forest phytocenosis, characterizing both its stable and dynamic state. Being a potentially stable component of phytocenosis, it is characterized by conditioned and regular dynamism and variability under the influence of external and internal environmental factors [1; 2].

The purpose of the paper is to study the variability of species diversity and the abundance of components of the live ground cover of forest ecosystems in the suburbs of Minsk of different recreational loads.

The object of the study was the pine forests of the Minsk and Sosny Forestries. The following associations were identified among them: lingonberry and heather, heather and lingonberry, bracken and mossy, blueberry and bracken, bracken and blueberry, and hazel and sorrel. Geobotanical research was carried out following the guidelines for the study of forest types [3; 4]. Ten trial plots 1 × 1 m in size were laid out in all the associations. Contours were distinguished using poles and chalk marks on tree trunks. At each, the entire species LGC composition was recorded and its abundance was assessed using a score (from 1 to 6), characterizing the role of the species in the phytocenosis.

When comparing the lingonberry and heather pine forest, it has been found that *Calluna vulgaris* (L.) Hill., the main indicator of the LGC, dominates both in the Sosny and in the Minsk Forestries. *Vaccinium vitis-idaea* L. is the co-dominant in the LGC. As well as Sosny Forestry is also the leader in its abundance. In the lingonberry and heather pine forest of the Sosny Forestry, *Achillea millefolium* L., *Campanula rotundifolia* L., *Carex remota* L., *Chimaphila umbellata* (L.) W. P. C. Barton., *Dechampsia caespitosa* (L.) P.Beauv., *Genista tinctoria* L., *Geranium sylvaticum* L., *Hieracium umbellatum* L., *Koeleria glauca* (Spreng.) DC., *Lycopodium complanatum* L., *Polygonatum odoratum* (Miller) Druce, *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn, *Rubus saxatilis* L., *Solidago virgaurea* L., *Viola canina* L. and *Centaurea jacea* L. have been found that are not observed in the Minsk Forestry.

In the heather and lingonberry pine forest, the ratio of the dominant and co-dominant is as follows: the *Vaccinium vitis-idaea* L. possesses 5/4 scores (hereinafter, the numerator is the Sosny Forestry, the denominator is the Minsk Forestry), and the *Calluna vulgaris* (L.) Hill co-dominant possesses 3/4 scores. The following species: *Chimaphila umbellata* (L.) W. Barton, *Dianthus arenarium* L., *Hieracium murorum* L., *Hypericum perforatum* L., *Koeleria glauca* (L.) Pers.

and *Linaria vulgaris* (L.) Mill. have been found in the LGC of the Minsk and Sosny Forestries. At the same time, the appearance of alien species has been recorded in the Minsk Forestry: *Betonica officinalis* L., *Geranium sanguinum* L., *Knautia arvensis* (L.) Coult. and *Dicranum scoparium* Hedw.

Mosses dominate in the live ground cover of the bracken and mossy pine forest. *Pleurozium Schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt. possesses 7/6 scores, *Dicranum scoparium* Hedw. – 5/4 scores. The codominant of this type of forest is *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn. The abundance of species in both cases is 4 scores. The following species have been found in the structure of the live ground cover in the Sosny Forestry: *Anthoxinum officinale* L., *Carex ericetorum* Poll., *Chimaphila umbellata* (L.) W. Barton, *Convallaria majalis* L., *Goodyera repens* (L.) R. Br., *Koeleria glauca* (Spreng.) DC., *Lycopodium complanatum* L. and *Solidago virgaurea* L., which are not present in the Minsk Forestry. It should also be noted that the Minsk Forestry included the species that were not typical for this type of forest: *Antennaria dioica* (L.) Gaertn., *Achillea millefolium* L., *Melampyrum pratense* L. and *Polytrichum junipericum* Hedw.

When comparing the floristic diversity of the live ground cover in the bracken and blueberry pine forest, it has been found that the Sosny Forestry, as in previous cases, dominates in the abundance of *Vaccinium myrtillus* L. (6 scores) and *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn (5 scores), while the abundance of the LGC dominant is 4 scores the Minsk Forestry, and the co-dominant is 3 scores. In the live ground cover of the Sosny Forestry, plant species: *Antennaria dioica* (L.) Gaertn., *Carex ericetorum* Poll., *Fragaria vesca* L., *Galium malugo* L., *Hieracium pilosella* L., *Nardus stricta* L., *Polentilla erecta* (L.) Raeusch and *Dicranum scoparium* Hedw. have been found that do not grow in the Minsk Forestry. However, in the Minsk Forestry live ground cover, a species has been reported that is not typical for this type of forest: *Knautia arvensis* (L.) Coult.

In the blueberry and bracken pine forest, the abundance of *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn, equals 5/3 scores, while the amount of the *Vaccinium myrtillus* L. co-dominant is the same. The following species have been found in the live ground cover of the studied forest areas: *Achillea millefolium* L., *Agrostis vulgaris* With., *Ajuga reptans* L., *Betonica officinalis* L., *Carex ericetorum* Poll., *Galeobdolon luteum* Huds., *Genista tinctoria* L., *Geranium sylvaticum* L., *Ramischia secunda* (L.) Garcke, *Jasione montana* L., *Lysimachia vulgavis* L., *Melampyrum silvaticum* L., *Trifolium alpestre* L., *Veronica chamaedrys* L., *Veronica officinalis* L. and *Viccia cracca* L. At the same time, in the LGC of the Minsk Forestry, the following were found: *Melampyrum pratense* L., *Trientalis europaea* L., *Stellaria holostea* L., *Driopteris spinulosa* (Vill.) H.P. Fuchs, *Peucedanum oreoselinum* (L.) Moench, *Equisetum hiemale* L., *Asparagus officinalis* L. and *Euphorbia cyparissias* L., which have not been found in the Sosny Forestry.

In the hazel and sorrel pine forest of the Minsk and Sosny Forestries, the dominant *Oxalis* has been found in the live ground cover in equal amounts.

In general, it should be noted that the maximum difference in the number of species is observed for the heather and lingonberry pine forest – 33/21, and the minimum for the bracken and mossy pine forest – 32/31.

Comparative characteristics of the LGC by botanical groups has demonstrated that the absolute dominant species in the Minsk and Sosny Forestries is forbs.

The number of species in the lingonberry and heather pine forest was 22/12, i.e. the number of species in the studied forest areas differed by 45,5% (hereinafter, the number of species in the corresponding type of forest in the Sosny Forestry was taken as 100%). Sedges are rare in this type of forest. The number of cereals in the lingonberry and heather pine forest is 4/3. Their number differs by 25%. The number of club mosses and ferns is sporadical; the ferns are found only in the Sosny Forestry.

The number of species of heather and lingonberry pine forest was 29/27, i.e. differed by 6,9%. The number of club mosses, sedges and ferns in the live ground cover is sporadical. The number of mosses in the heather and lingonberry pine forest in Minsk forestry is 33,3% higher. Horsetails have not been observed.

The number of species in the bracken and mossy pine forest is 21/22. The number of herb species is 4,8% higher in the Minsk Forestry. The live ground cover sedges, horsetails, club mosses, and ferns have been sporadically found. The number of mosses in the Minsk Forestry is 33,3% more.

The bracken and blueberry pine forest is not characterized by such an extensive species diversity. Sedges, ferns, and club mosses have occurred sporadically. The number of mosses in the Sosny Forestry is 33,3% higher, and the number of herb species is – 26,6%.

In the blueberry and bracken pine forest, the number of sedge and club moss species in the live ground cover is singular. The amount of cereals was 4/3, i.e. differed by 33,3%. The number of fern species in the Minsk Forestry is 50% less, and the number of mosses is 66,7% less.

In the hazel and sorrel pine forest, the number of forb species was 35/30, i.e. differed by 14,2%. The number of ferns, mosses and grasses is the same. Sedges and club mosses have been noted sporadically.

When comparing the number of plant species regarding the soil nutrient status in the Sosny and Minsk Forestries, it has been found that the Sosny Forestry has 10,5% more megatrophic plants and 20,4% more oligomesotrophic plants; the Minsk Forestry has 25,6% more megatrophic plants and 40,5% more oligomesotrophic plants.

When analyzing the ratio of plant species regarding the average moisture, it has been found that in the Minsk Forestry, the maximum number of hygrophytes is 62,1% and the minimum number of xeromesophytes is 14,9% compared to the Sosny Forestry. In the Minsk forestry, the number of xerophytes in the live ground cover is 32,1% higher.

In the LGC structure of the pine forests of the Sosny Forestry, the amount of hygromesophytes is higher by 44,2%, as well as mesophytes – by 12,6%. The number of mesoxerophytes in both forestries is the same and amounts to 6,9%. In the Sosny Forestry, groups of oligomesophytes in the amount 5,0% have been found, as well as groups of psychomesophytes – 3,1%, which have not been found in the Minsk Forestry.

Thus, according to the results of the study, it can be noted that the greater floristic diversity of plants of the pine forests of the Sosny Forestry is explained by the fact that citizens visit the forests less often, which makes it possible for natural phytocenoses to develop. The Minsk Forestry shows the opposite pattern: firstly, the low value of the projective cover, which is associated with constant trampling, and secondly, the presence of a large number of alien plants, which is associated with human household activities.

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

1. Anggarwanto W. *Herpetofauna Diversity and Taxa Richness Ground Cover Plant as Bioindicator Environmental Quality in Boon Pring at Sanankerto, Turen, Malang Regency* / W. Anggarwanto, E. Arisoesilaningsih // *Journal of Indonesian Tourism and Development Studies*. 2019. V. 7. №1. P. 45–49.

2. Zakamskii, V. *The impact of recreation on forest ecosystems and their elements in the national park lower kama in the republic of tatarstan* / Zakamskii V. // *International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM*. 2017.V. 17. P. 649–656.

3. Юркевич И. Д. *Лесотипологические таблицы* Мн., 1969. 51 с.

4. Сукачев В. Н., Зонн С.В. *Методические указания к изучению типов леса*. М., 1961. 150 с.

*Kondratenko O. M., D.Sc.(Eng.), Krasnov V.A., M.Sc., Kasionkina N.D.,  
Student, Polishchuk T.R., Student, Shpotia M.O., Student  
National University of Civil Defence of Ukraine of SES of Ukraine,  
Kharkiv, Ukraine*

## **CONSIDERING OF EMISSION OF HEAT ENERGY DURING CRITERIA-BASED ASSESSMENT OF ECOLOGICAL SAFETY LEVEL OF EXPLOITATION PROCESS OF RECIPROCATING ICE OF FIRE AND RESCUE VEHICLES**

In order to assess the values of indicators of the ecological safety (ES) level of the process of accident-free exploitation of power plants (PP) with reciprocating internal combustion engines (RICE), in particular units of fire and rescue equipment, it is advisable to use the mathematical apparatus of the complex fuel-ecological criterion  $K_{fe}$  of Prof. Igor Parsadanov, described in the monograph [1] and improved in the monograph [2].

Also no less important is the fact that RICE is the most common type of heat engines and, accordingly, a powerful source of thermal pollution of environmental components – the atmosphere, hydrosphere and lithosphere, as well as the biosphere in general and man in particular as superstructures over the listed components [2].

The mathematical apparatus of the  $K_{fe}$  criterion is described in [1,2]. To solve the problem of accounting for thermal energy emissions in the study, it is proposed to supplement the formula for determining the total reduced mass hourly emission of pollutants  $\Sigma(A(k) \cdot G(k))$  with the component  $A(Q) \cdot G(Q)$  (see formula (1):

$$\sum_{m=1}^h (A_k \cdot G_k) = A(PM) \cdot G(PM) + A(NO_x) \cdot G(NO_x) + A(C_n H_m) \cdot G(C_n H_m) + A(CO) \cdot G(CO) + A(Q) \cdot G(Q), \text{ kg/h. (1)}$$

where  $A_{fuel} = 38,4$  – ponderability of motor fuel consumption;  $A(PM) = 200$  – ponderability of particulate matter (PM) emission in exhaust gas (EG) flow;  $A(NO_x) = 41,1$  – ponderability of nitrogen oxides emission in EG flow;  $A(C_n H_m) = 3,16$  – ponderability of unburned hydrocarbons emission in EG flow;  $A(CO) = 1,0$  – ponderability of carbon monoxide emission in EG flow;  $H_u = 42,7$  MJ/kg – calorific value of motor diesel fuel;  $\sigma = 1,0$  – coefficient that takes into account the type of territory on which the exploitation of PP with RICE is carried out;  $f = 1,0$  – coefficient that takes into account the conditions of dispersion of EG in the atmosphere [1,2].

The ponderability of the thermal pollution of the environment components as the ES factor of such an exploitation process in this study is proposed to be assessed by formula (2).

$$A(Q) = A_{fuel} \cdot k_E = A_{fuel} \cdot E_{RICE} / E_W, \quad (2)$$

where  $A_{fuel} = 38,4$  – ponderability of fuel component of the  $K_{fe}$  criterion;  $k_E$  – energy coefficient;  $E_{RICE}$  – total amount of energy generated by RICE in the world energy balance, MJ;  $E_W$  – total amount of energy generated by anthropogenic PP in the global energy balance, MJ.

In this study, the values of the coefficient  $k_E = 0.75$  were used, then the value of the dimensionless coefficient  $A(Q) = 28.8$ .

The value of the mass hourly emission of motor fuel  $G_{fuel}$  as an indicator (equivalent) of the thermal pollution of environment in this study is proposed to be determined by the formula (3).

$$G(Q) = G_{fuel} \cdot (1 - \eta_e), \text{ kg/h.} \quad (3)$$

where  $\eta_e$  – effective efficiency coefficient of RICE.

The variants of the calculation study in this case are as follows.

Variant A – «Reference» – without taking into account the emission of thermal energy.

Variant B – «Pessimistic» – with taking into account the emission of thermal energy, and taking into account the fact that all the emitted thermal energy in the RICE combustion chamber will eventually turn into thermal energy, and the share of RICE in the structure of mechanical and electrical energy sources will reach 100 % ( $k_E = 1.0$ ).

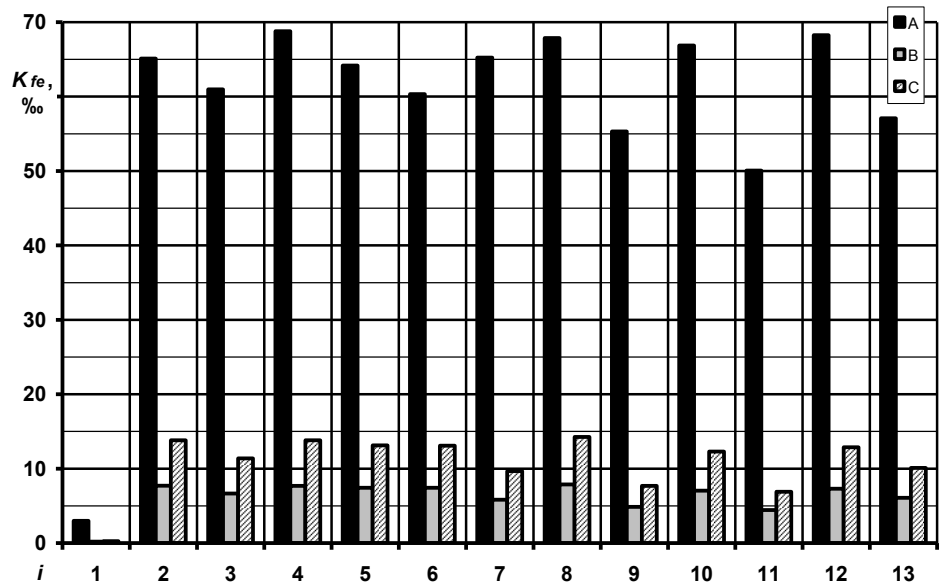
Variant C – «Actual» – with taking into account the emission of thermal energy at  $k_E = 0.75$ .

The results of the study on accounting for the emission of thermal energy during the exploitation process of the PP with RICE are shown in Fig. 1.

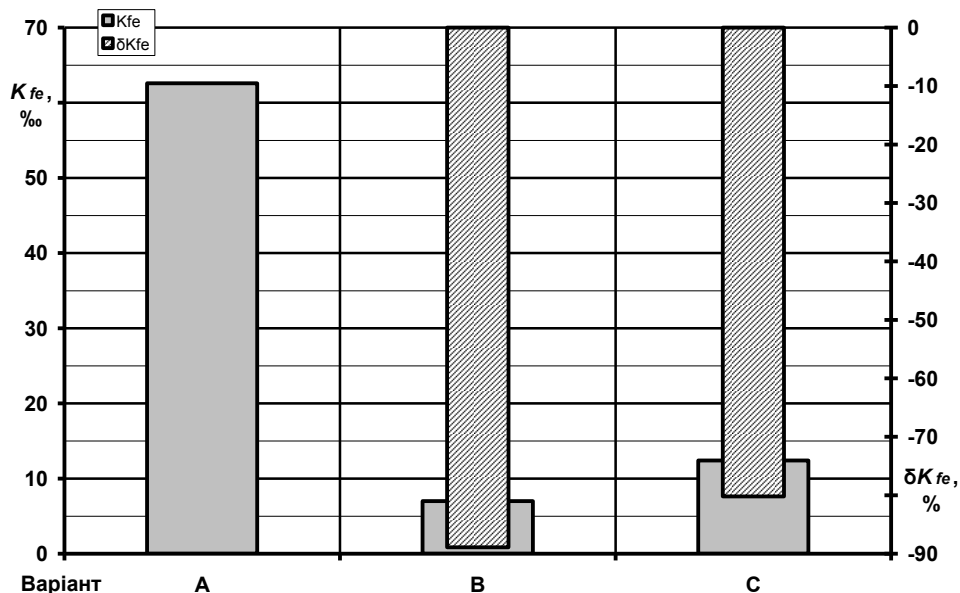
Graphs of the dependence of the values of the  $K_{fe}$  criterion and the effect  $\delta K_{fe}$  on the value of the coefficient  $k_E$  in Fig. 2,b and are described by the method of least squares by formulas (4) and (5) ( $R^2 = 1,0$ ).

$$K_{fe} = 1,931 \cdot 10^2 \cdot k_E^4 - 5,168 \cdot 10^2 \cdot k_E^3 + 5,143 \cdot 10^2 \cdot k_E^2 - 2,433 \cdot 10^2 \cdot k_E + 6,250 \cdot 10^0, \% , \quad (4)$$

$$\delta K_{fe} = 3,051 \cdot 10^2 \cdot k_E^4 - 8,203 \cdot 10^2 \cdot k_E^3 + 8,201 \cdot 10^2 \cdot k_E^2 - 3,893 \cdot 10^2 \cdot k_E + 3,015 \cdot 10^{-10}, \% . \quad (5)$$



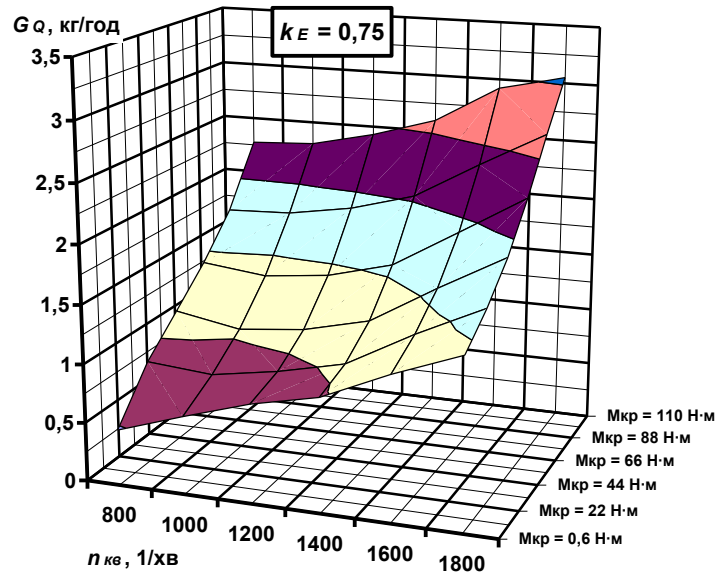
a



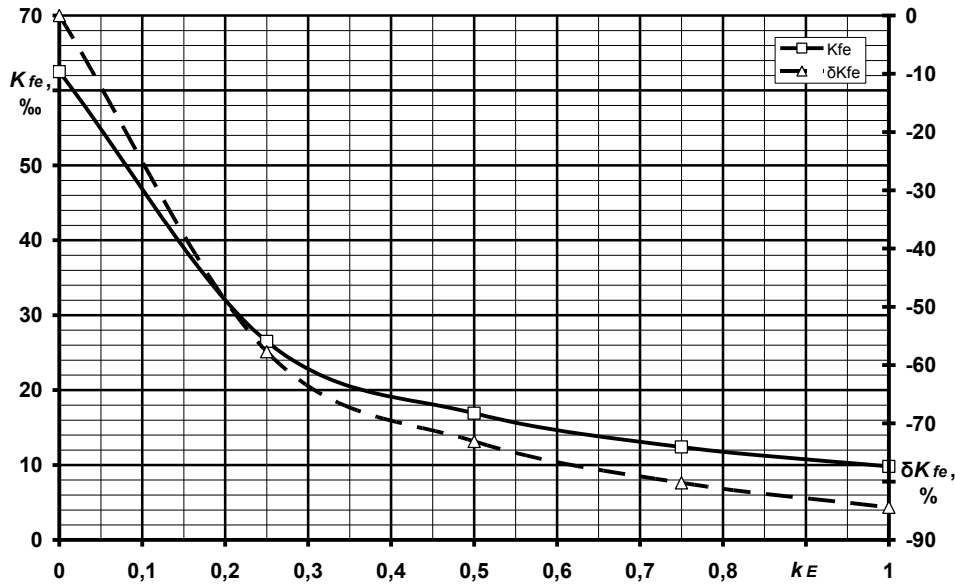
b

**Fig. 1. Distribution of the values of the  $K_{fe}$  criterion (a), the average operational values of the  $K_{fe}$  criterion and the effect  $\delta K_{fe}$  (b) according to the regimes of the ESC testing cycle for a 2Ch10.5/12 diesel engine at  $k_E = 0.75$  for all the studied variants**

Thus, the study describes the developed method for determining the value of the fuel equivalent of the emission of thermal energy into the components of the environment during the exploitation process of units of fire and rescue equipment with a RICE. The results of taking into account such emission in a complex criteria-based assessment of the ES level of the exploitation process are obtained and analyzed.



a



b

**Fig. 2. Distribution of the values of  $G(Q)$  on the field of exploitation regimes of the 2Ch10.5/12 autotractor diesel engine at  $k_E = 0.75$  (a) and graphs of the dependence of the values of the  $K_{fe}$  criterion and the effect  $\delta K_{fe}$  on the value of the coefficient  $k_E$  (b)**

**Used information sources:**

1. Parsadanov I. V. (2003) *Improving the performance and competitiveness of diesel engines on the basis of a complex fuel-ecological criterion: monograph.* Kharkiv, Publ. Prapor, 244 p.
2. Kondratenko O., Koloskov V., Derkach Yu., Kovalenko S. (2020) *Physical and mathematical modeling of processes in particulate matter filters in the practice of criteria-based assessment the ecological safety level: monograph,* Kharkiv, Publ. Styl-Izdat, 522 p.



<sup>1</sup>*Kunyskyi S. O., Ph. D.,* <sup>1</sup>*Shatnyi S. V., Ph. D.,* <sup>2</sup>*Galkina O. P., Ph. D.,*  
<sup>1</sup>*Ivanchuk N. V., Ph. D.,* <sup>3</sup>*Davidenko N. V., Ph. D.*

<sup>1</sup>*National University of Water and Environmental Engineering,  
Rivne, Ukraine*

<sup>2</sup>*O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv,  
Kharkiv, Ukraine*

<sup>3</sup>*Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine*

## **ANALYSIS AND DATA PROCESSING OF WATER STABILITY SYSTEMS IN UNCERTAIN OR UNPREDICTABLE CONDITION**

**Introduction.** Existing systems to ensure the stability of the water of the reversible system provides mainly manual control of technological parameters of processes. There is not a sufficient (for prompt assessment of the situation) number of control points and parameters so that the staff does not have a real situation and is not able to respond quickly. The equipment used is obsolete and does not provide the required control accuracy, which leads to the consequences mentioned above. To eliminate this, the following technical solutions are proposed for the automation of the technological process of stabilization of cooling water:

- Develop a unit for automated control of circulating water status and determination of the level of water stability.
- The project of automation of the water stabilization system should be performed on the basis of the automated unit.
- Control of circulating water condition using PC and microprocessor means.
- Switch to centralized control of the entire technological process of cooling water stabilization using 3 levels of automation (controllers, operational and administrative levels).

Automation of the process of controlling the stability of water systems will solve the following problems:

- improve the working conditions of operational staff;
- implementation of the control system will allow to transfer the jobs of operators to the central control panel;
- increase the efficiency and accuracy of process control;
- improve the quality of water stabilization;
- increase the service life of power equipment;
- increase labor productivity and technological discipline of staff.

### **Analysis of the existing control scheme of the water stabilization process.**

There are many definitions of stability indices [5]. This polyvariance is primarily due to the multicomponent carbonate water system (CARS), the author's

imagination, as well as the functional purpose of the index, which describes either the equilibrium of scale formation or corrosion activity. In addition, it is important to present the index through water quality parameters that are convenient for measurement.

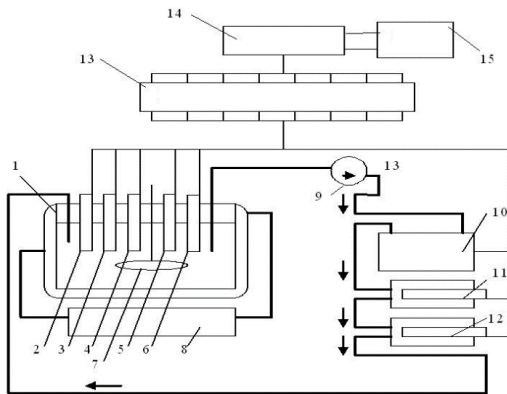
Among the most common stability indices are the following:

- Langelier index;
- index of the driving force of crystallization (IDFC);
- Snoynka-Jenkins index;
- Riesner index.

### Designing the structure of an automated measurement complex

According to our plan, the core of the circulating water stability control system, which generates a control signal for the reagent dosing system to influence the state of water stability, should be an hardware complex for determining the stability of the water system.

To implement a system of automatic control of the stability of water systems according to the structure scheme, shown in Fig. 1, we need the following technical means of automation



**Fig.1. Structure scheme of the measurement complex:** where 1 – block of measuring electrodes, 2 – reference electrode, 3 – pH sensor, 4 – Eh sensor, 5 – pCa sensor, 6 – temperature sensor, 7 – mechanical stirrer, 8 – thermostatic systems, 9 – pump, 10 – photoelectric sensor, 11 – electrical conductivity sensor, 12 – pCO<sub>2</sub> sensor, 13 – block of secondary converters 14 – multifunction ADC, 15 – PC

In the measuring cell of the analyzer of stability of water systems (ASWS) it is necessary to provide control:

- temperature of the studied water;
- concentration of calcium ions;
- concentration of dissolved CO<sub>2</sub>;
- pH value of water;
- specific electrical conductivity;
- light transmission of water.

When determining the level of water stability, it is necessary to dose alkali or acid solutions into the measuring cell, or to provide a system of CO<sub>2</sub> gas supply.

In addition, when determining the effectiveness of stabilizers water hardness, it is necessary to ensure a controlled supply of these stabilizers.

Control of the stability of the water system is done according to the maximum value of the calculated stability index and according to the transparency of the water system.

In addition, the DIA includes:

1) block of secondary converters, designed to coordinate and generate electrical signals and ensure the possibility of its further processing. Represents a set of high-resistance repeaters that provide an accuracy of measuring electrical potential  $\pm 1\text{mV}$ ;

2) conductometric transducer with a conductivity measurement range of  $99 \times 10^{-9} \text{ Cm / cm} \div 999 \times 10^{-6} \text{ Cm / cm}$  with a relative measurement error of 0.5%;

3) photocolometric transducer for measuring light transmission or optical density in the spectral range  $315 \div 980 \text{ nm}$ ; measurement ranges for light transmission  $5 \div 100\%$ , and for optical density  $0 \div 1.3$ . Accuracy of measurement of light transmission  $\pm 1.0\%$ , and optical density  $\pm 0.01$ ;

4) multi-channel repeater of electric potentials (MREP), which is an eight-channel measuring device; each MREP channel is a high-impedance repeater assembled on the basis of an operational amplifier with an input resistance of about  $1 \text{ GOhm}$ ; the absolute error of voltage transmission MREP is; MREP has a temperature measurement channel, as well as output sockets for connecting secondary measuring instruments [3];

5) data control, processing and registration unit; designed for programmable measurements, data conversion into digital form, statistical processing and data registration; consists of a multifunction ADC and PC.

### **Software implementation**

Using modern software development tools and system methods of communication between the device and the computer, developed a software package for processing, systematization and classification of data obtained from the automated hardware complex of circulating water analysis.

The designed software allows:

1) perform periodic data sampling from SDI modules ADC-16/32 (or compatible) with a specified frequency, from selected channels in a specified sequence, with a specified number of samples, the total number from 0 to 16.

2) perform arithmetic operations in the process of measuring over the obtained values in accordance with the specified program.

3) store the obtained values in a user-specified data file, the format of which is also set by the user.

4) display trends of parameter changes on diagrams, the display range of which can be changed by the user.

5) control external devices connected to the communication port of the PC in accordance with the specified program with a total of up to 8 discrete controlled devices.

6) perform automatic management of result files.

As mentioned in paragraph, each iteration of the cycle is started at a given time. During one iteration, the program performs:

1) polling channels in a given order, with the calculation of the corresponding expressions of the primary correction

2) calculates the expressions of the port programmer generates a signal at the output of the LPT port in accordance with the calculated values

3) if the program is in write mode, then appends to the working file the current calculated values.

4) displays the results in the summary table and on the charts of recorders.

## **Conclusion**

The structural-functional scheme for the automated complex of control of parameters of circulating waters in water supply system is offered. The presented results can be used as independent measuring systems and be integrated into existing measuring complexes into the water infrastructure. Developed software based shows the improvement of the parameters of processing large amounts of data without loss of accuracy and with the ability to work in real time. According to simulation results the speedup increases with the rising value. The system can be embedded into other systems and applied for processing large amounts of data at high speed and accuracy.

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

1. *Petro Skrypchuk, Viktor Zhukovskyy, Halyna Shpak, Nataliia Zhukovska, Halyna Krupko «Applied Aspects of Humus Balance Modelling in the Rivne Region of Ukraine», J. Ecol. Eng. 2020. 21. 42–52. doi:10.12911/22998993/123255. 1988, pp. 259–261.*

2. *Tymoshchuk P., Shatnyi S. «Hardware Implementation Design of Parallelized Fuzzy Adaptive Resonance Theory Neural Network», 2019 IEEE XV-th International Conference on the Perspective Technologies and Methods in MEMS Design, MEMSTECH'2019, 22-26 May 2019 Polyana, Ukraine P. 61–66.*

3. *Pukach A. I., Teslyuk V. M., Tkachenko R. O., Ivantsiv R.-A. D., «Implementation of neural networks for fuzzy and semistructured data», Proceedings of 11-th International Conference on The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics, Lviv – Polyana, Ukraine, Feb. 23-25, 2011, pp. 350–352.*

*Maira Tunio, MS student,  
Sindh Madressatul Islam University Karachi, 74000, Pakistan*

## **ENVIRONMENT FRIENDLY AND EFFICIENT BIO BRIQUETTES A WAY FORWARD TO SUSTAINABLE ENVIRONMENT**

The paucity of clean and economical fuel for domestic cooking and other industrial activities is one of the key difficulties confronting most parts of the world today, particularly in developing countries. The majority of residents in these countries cannot afford to cook with kerosene, liquefied or natural gas, or electricity. As a result of the circumstance, trees are being felled and natural resources are being destroyed indiscriminately for use as fuel wood or charcoal. Renewable energies (cow dung, wood, coal, charcoal, and forest wood) are utilized by roughly 2.8 billion people around the world for cooking and heating. Fossil fuels, which emit greenhouse gases into the environment when burned, are currently the most important source of energy. Biomass can be turned into products that effectively replace coal, such as biogas and synthetic gas instead of natural gas, and liquid bio-fuels, such as biodiesel, can be produced and Bio-ethanol, rather than diesel and gasoline (petrol), and solids such as pellets and briquettes, rather than coal, have the capacity to enhance impact as a renewable energy source. These environmental advantages are in addition to the fact that biomass is renewable, making it a climate-friendly briquette component. As comparison to the raw feedstock, Torre faction of biomass has been proven to reduce particle emissions from burning by 40%. Briquetting is a cost-effective densification technique that generates a consistent fuel, boosts energy density, and minimizes biomass residual transport and handling costs. People in northern Pakistan have always used firewood as a source of residential heating and cooking. Because they lacked alternate fuel sources, they collected woods for free from the nearest forest and felled trees for daily energy needs. 70-79 percent of Pakistani families rely on fuel wood as their primary source of energy. Biomass briquettes, as a low-cost energy source, have a significant effect on lower areas due to their easy availability, low cost, and long-term sustainability. It is made from readily available loose biomass wastes from agriculture and forestry. The aim of this study is to produce environmental friendly and efficient bio-briquettes by using feedstock and clay material that helps us to meet the goal 7 of sustainable development affordable and clean energy.

**Key Words:** Bio-Briquettes, Bio-mass, Renewable energy, Sustainable power generation, Pakistan, Northern areas.

*Miroshnichenko D. V., Doctor of Technical Sciences,  
Malik I. K., graduate student  
National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»,  
Kharkiv, Ukraine*

## **PREDICTION OF THE HEATS OF COMBUSTION OF PLANT RAW MATERIALS BASED ON THE ELEMENTAL ANALYSIS DATA**

The heat of combustion of fuel is determined as the amount of thermal energy released upon the combustion of a certain amount of this fuel [1, 2]. Heat of combustion is an important property of plants, which can reflect the ability to absorb solar radiation during photosynthesis. The heat of combustion of coniferous wood is higher than that of deciduous wood, and different components of wood, such as stump, trunk, top, bark, foliage, and branches also have different heats of combustion.

The heat of combustion of plant raw materials is related to their elemental composition, in particular, to carbon, hydrogen, and oxygen contents. Different types of plant raw materials are characterized by different elemental compositions; therefore, they have different heats of combustion [3].

The heat of combustion of plant raw materials also depends on their chemical composition, in particular, on the concentrations of cellulose, lignin, hemicellulose, and resinous substances in them.

Within the framework of this study, we analyzed the relationships of the proximate ( $W_t^r$ ,  $A^d$ , and  $V^{daf}$ ) and elemental ( $C^{daf}$ ,  $H^{daf}$ ,  $N^{daf}$ ,  $S^{daf}$ , and  $O^{daf}$ ) analysis data and C/H, C/N, C/S, and C/O atomic ratios of various types of plant raw materials with their gross calorific values ( $Q_s^{daf}$ ).

For the analysis, we used a unique database [4], which contains information on the composition and properties of plant raw materials, which can be used for the production of biogas, charcoal, and torrefied biomass [5]. A total of 362 samples were studied, including the following: untreated wood, which included fresh wood and waste from parks and sawmills; the samples of hard (deciduous) and soft (coniferous) wood species were presented; treated wood—composted wood, saw cut wood, preservative-treated wood, and chipboard; straw—residues of cereals such as wheat, barley, rice, corn, rapeseed, rye, sorghum, sunflower, oats, beans and other unspecified crops; grass and vegetation—various (undefined) grass mixtures and hemp, jute, kenaf, fruits, vegetables, and flowers; husks, shells, and kernels—hard parts of various nuts (walnuts, almonds, hazelnuts, cocoa, etc.) and olive industry waste; seaweed—leaves, stems, roots, and parts of the vascular system of marine plants.

The quality characteristics of plant raw materials were determined according to the following regulatory documents: CEN/TS 14774:2004 Methods for the Determination of Moisture Content: Oven Dry Method for moisture content ( $W_t^r$ );

CEN/TS 14775:2004 Solid Biofuels: Method for the Determination of Ash Content for ash content ( $A^d$ ); CEN/TS 15148:2005 Solid Biofuels: Determination of the Content of Volatile Matter for the yield of volatile matter ( $V^{daf}$ ); CEN/TS 15104:2005 Solid Biofuels: Determination of Total Content of Carbon, Hydrogen, and Nitrogen. Instrumental Methods for the carbon ( $C^{daf}$ ), hydrogen ( $H^{daf}$ ), and nitrogen ( $N^{daf}$ ) contents; CEN 15289:2006 Solid Biofuels: Determination of Total Content of Sulfur and Chlorine for the sulfur content; and CEN/TS 14918:2005 Solid Biofuels: Method for the Determination of Calorific Value for the gross calorific value ( $Q_s^{daf}$ ).

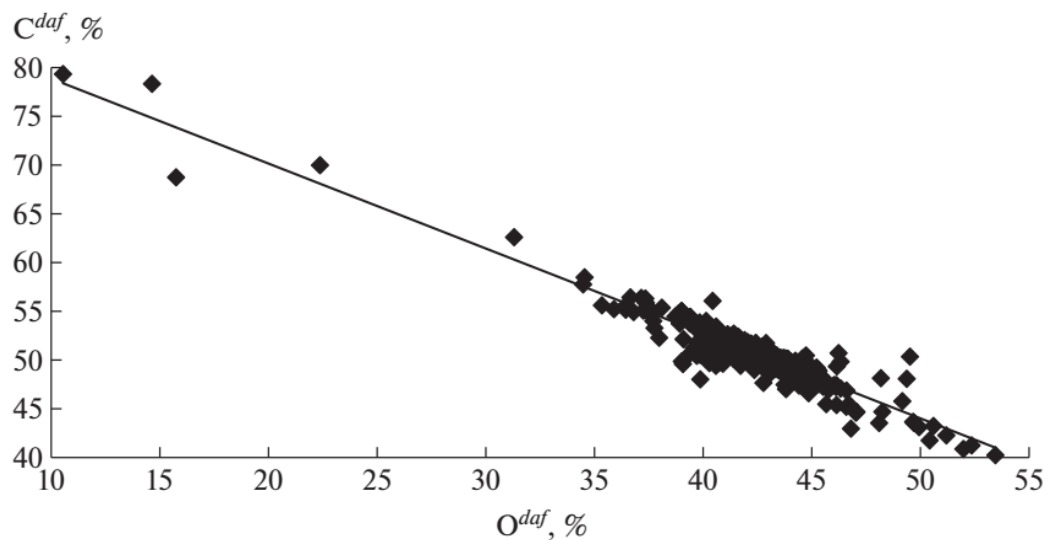
Although the oxygen content is a calculated value, its role in the formation of the calorific value of plant raw materials can be compared only with that of the carbon content because its concentration can be 50% or higher.

The article summarizes the maximum, minimum, and arithmetic mean values and the ranges of quality characteristics of plant raw materials. Based on an analysis of the data, we can state that they are characterized by rather wide ranges.

The above changes in the proximate and elemental analysis data were reflected in the gross calorific values ( $Q_s^{daf}$ ) of the test samples: they varied from 16.25 to 33.82 MJ/kg.

Paired correlation coefficients between different quality characteristics of plant raw materials were calculated for the test samples.

An analysis of these relationships allowed us to state that they were predominantly quadratic in nature. The only exception is a relationship between  $C^{daf}$  and  $O^{daf}$ , which is a linear function (fig.1).



**Fig.1 Relationship between  $C^{daf}$  and  $O^{daf}$**

The statistical analysis of the test relationships showed that they were generally characterized by satisfactory accuracy, as evidenced by the high values of determination coefficients ( $R^2 > 0.849$ ).

The only exceptions were mathematical relationships between the C/H ratios and  $C^{daf}$  ( $R^2 = 0.345$ ) or  $H^{daf}$  ( $R^2 = 0.562$ ).

***Used information sources:***

1. Balaeva, Ya. S., Miroshnichenko, D. V., and Kaftan, Yu.S., *Solid Fuel Chem.*, 2018, vol. 52, no. 5, p. 279. <https://doi.org/10.3103/S0361521918030023>
2. Balaeva, Ya. S., Miroshnichenko, D. V., and Kaftan, Yu.S., *Solid Fuel Chem.*, 2017, vol. 51, no. 3, p. 141. <https://doi.org/10.3103/S0361521917030028>
3. Demirbas, A., *Energy, Explor. Exploit.*, 2002, vol. 20, no. 1, p. 105.
4. *Database for the Physicochemical Composition of (Treated) Lignocellulosic Biomass, Micro- and Macroalgae, Various Feedstocks for Biogas Production and Biochar.* <https://phyllis.nl/>
17. Kambarova, G. B. and Sarymsakov, Sh., *Solid Fuel Chem.*, 2008, vol. 42, no. 3, p. 183. <https://doi.org/10.3103/S0361521908030129>



*Mohammed K. A. Kaabar, Institute of Mathematical Sciences, Faculty of Science, University of Malaya, Kuala Lumpur 50603, Malaysia*

## **A NEW POWERFUL MATHEMATICAL TOOL FOR MODELING SCIENTIFIC PHENOMENA IN ECOLOGICAL AND ENVIRONMENTAL SCIENCES**

**Abstract:** Several scientific phenomena in ecological and environmental sciences can be modelled mathematical with the help of some mathematical tools. While there are many classical mathematical tools exist for modeling various scientific scenarios, including but not limited to modeling epidemic diseases, oceanographic, ecological, and environmental phenomena with stability analysis, researcher have recently started to pay a special attention to a new mathematical tool based on the definitions and properties of fractional-order calculus. Fractional calculus is basically a generalization of classical calculus, and it has almost the same history as the usual calculus, but this field had been previously studied in the context of pure mathematics, till recently, researchers have started studying this field in the context of applied mathematics, particularly in modeling scientific phenomena, due to its important properties such as nonlocality and memory effects which are essential for modeling various systems accurately.

**Keywords:** Mathematical Modeling, Fractional Calculus, Abu-Shady–Kaabar Fractional Derivative, Applied Mathematics.

The history of the idea of fractional calculus goes back to 1695 when two well-known mathematicians: L'Hôpital and Leibniz had a mathematical discussion concerning the possibility of extending the usual integer order derivative to the half-order derivative. Then, after this discussion, the first fractional derivative was expressed by other mathematicians as the  $n$ -th derivative of the power function. At that time, this field was considered as a pure mathematics field, and it has not been considered as applied mathematics till recently, where researchers have paid more attention to the applied part of this field by employing its definitions and properties in various applications of physics, engineering, and natural sciences. Two well-known definitions of fractional calculus, Caputo and Riemann–Liouville fractional definitions, have been extensively employed in many scientific applications. However, these two definitions have advantages and disadvantages. This means that the range of their applicability in modeling scenarios are limited, and they are not suitable for all systems. Therefore, in the field of fractional calculus, there is always a need for proposing new generalized fractional definitions to overcome some challenges that are associated with these two definitions and other classical fractional definitions.

One of the challenges associated with these classical fractional definitions is the complexity of obtaining analytical solutions for the problems formulated in the context of fractional calculus. As we know in mathematical physics, obtaining analytical and exact solutions are very important for modeling physical phenomena where nonlinear partial differential equations can be encountered in these modeling scenarios. By using classical fractional definitions to solve the formulated nonlinear partial differential equations, obtaining analytical or exact solutions is very complicated and even impossible for some cases. To solve this issue, Khalil et al. [1] introduced a new derivative, named conformable derivative, to provide a simple way to obtain analytical solutions to fractional differential equations that can be encountered while modeling scientific phenomena in the context of fractional calculus. Many physical phenomena and theoretical investigations have been studied in the sense of conformable derivative such as wave equation [2], nonlinear partial differential equations via triple Laplace transform decomposition method [3], (3+1)-Dimensional Wazwaz–Benjamin–Bona–Mahony Equation [4], multivariable calculus [5], and nonlinear fractional Schrödinger equation [6]. In addition, a recent study discussed the fractional-order Liouville equation arising from mechanics of water waves and meteorological forecasts. Therefore, fractional calculus is a powerful tool in modeling various scientific scenarios. However, conformable derivative cannot be employed for certain systems in comparison to Caputo derivative [8]. The conformable derivative is expressed as follows:

**Definition 1.** [1] For a function  $f: [0, \infty) \rightarrow R$ . Then, the conformable derivative of order  $\alpha$  is expressed as:

$$(T_\alpha f)(t) = \lim_{\epsilon \rightarrow 0} \frac{f(t + \epsilon t^{1-\alpha}) - f(t)}{\epsilon}, \quad (1)$$

$\forall t > 0; 0 < \alpha \leq 1$ . If  $f$  is  $\alpha$ -differentiable in some  $(0, a)$ ,  $a > 0$ , and  $\lim_{t \rightarrow 0^+} (T_\alpha f)(t)$  exists, then it is defined as:

$$(T_\alpha f)(0) = \lim_{t \rightarrow 0^+} (T_\alpha f)(t). \quad (2)$$

As a result, a new generalized fractional derivative (GFD), named Abu-Shady–Kaabar fractional derivative, is recently proposed and employed to solve some various fractional differential equations [9]. While the classical fractional derivatives such as Caputo and Riemann-Liouville do not satisfy the important basic properties of usual derivatives, conformable derivative and Abu-Shady–Kaabar fractional derivative satisfy all these properties. However, the results using conformable derivative do not coincide with the classical definitions results. Therefore, to overcome this issue, Abu-Shady–Kaabar fractional derivative has proven to satisfy all classical results, and the obtained solutions are very simple to obtain, this newly proposed definition is expressed as follows:

**Definition 2.** [9] Given a function  $f: [0, \infty) \rightarrow R$ , the Abu-Shady–Kaabar fractional derivative of order  $\alpha$ ,  $0 < \alpha \leq 1$ , of  $f$  at  $t > 0$  is defined as:

$$D^{GFD} f(t) = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{f\left(t + \left(\frac{\Gamma(\beta)}{\Gamma(\beta - \alpha + 1)}\right) \varepsilon t^{1-\alpha}\right) - f(t)}{\varepsilon}, \beta > -1, \beta \in R^+. \quad (3)$$

If  $f$  is  $\alpha$ -differentiable in some  $(0, a)$ ,  $a > 0$ , and  $\lim_{t \rightarrow 0^+} D^{GFD} f(t)$  exists, then it is defined as

$$D^{GFD} f(0) = \lim_{t \rightarrow 0^+} D^{GFD} f(t). \quad (4)$$

This definition provides a great mathematical tool to model various scientific phenomena arising in the field of ecology and environmental sciences because it provides researchers with a newly simple and efficient tool to solve analytically various classes of fractional differential equations.

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

1. Khalil, R., Al Horani, M., Yousef, A. and Sababheh, M. (2014). «A new definition of fractional derivative», *Journal of Computational and Applied Mathematics*, Vol. 264, P. 65–70.

2. Kaabar, M. (2020). «Novel methods for solving the conformable wave equation», *Journal of New Theory*, Vol. 2020, №31, P. 56–85.

3. Bhanotar, S.A. and Kaabar, M.K.A. (2021). «Analytical solutions for the nonlinear partial differential equations using the conformable triple Laplace transform decomposition method». *International Journal of Differential Equations*, Vol. 2021, 9988160.

4. Kaabar, M.K.A., Kaplan, M. and Siri, Z. (2021). «New Exact Soliton Solutions of the (3+1)-Dimensional Conformable Wazwaz–Benjamin–Bona–Mahony Equation via Two Novel Techniques», *Journal of Function Spaces*, Vol. 2021, 4659905.

5. Kaabar, M.K.A., Martínez, F., Martínez, I., Siri, Z. and Paredes, S. (2021). «Novel Investigation of Multivariable Conformable Calculus for Modeling Scientific Phenomena», *Journal of Mathematics*, Vol. 2021, 3670176.

6. Kaabar, M.K.A., Martínez, F., Gómez-Aguilar, J.F., Ghanbari, B., Kaplan, M. and Günerhan, H. (2021). «New approximate analytical solutions for the nonlinear fractional Schrödinger equation with second-order spatio-temporal dispersion via double Laplace transform method», *Mathematical Methods in the Applied Sciences*, Vol. 44, No. 14, P. 11138–11156.

7. Yue, X.G., Zhang, Z., Akbulut, A., Kaabar, M.K.A. and Kaplan, M. (2022). «A new computational approach to the fractional-order Liouville equation

*arising from mechanics of water waves and meteorological forecasts», Journal of Ocean Engineering and Science, DOI: DOI:10.1016/j.joes.2022.04.001.*

8. Abdelhakim, A. A. (2019). «The flaw in the conformable calculus: it is conformable because it is not fractional», *Fractional Calculus and Applied Analysis*, Vol. 22, №2, P. 242–254.

9. Abu-Shady, M. and Kaabar, M.K.A. (2021). «A generalized definition of the fractional derivative with applications», *Mathematical Problems in Engineering*, Vol. 2021, 9444803.

<sup>1</sup>*Mukina N. V.,* <sup>2</sup>*Miroshnichenko D. V., Doctor of Technical Sciences,*  
<sup>1</sup>*«Arcelor Mittal Kriviy Rig», Kriviy Rig,*  
<sup>2</sup>*Ukraine National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»,*  
*Kharkiv, Ukraine*

## **COKING OF STAMPED COAL BATCH. YIELD OF CHEMICAL PRODUCTS**

Given that coal may be oxidized and the yield of ammonia and hydrogen sulfide cannot be predicted from the volatile matters, mathematical formulas describing the yield of the basic coking products as a function of the elemental composition of the initial stamped coal batch are derived. It is found that, with increase in the content of gas coal (and hence in the volatile matter) in the stamped batch, the coke yield declines, but there is a higher yield of tar, benzene, carbon dioxide, pyrogenetic moisture, and coke-oven gas.

The yield and quality of coking products characterize the performance of coke plants. Prediction methods for the yield of coke and other coking products has been complicated by the significant variation in batch composition, because Ukrainian coke plants are making greater use of imported coal.

Many of these coal concentrates are nonuniform in petrographic composition and hence differ from Donetsk coal in terms of their properties, their elemental composition, and their behavior on coking. Today, several laboratory methods may be used to determine the yield of coke and other products (tars, raw benzene, ammonia, hydrogen sulfide, carbon dioxide, pyrogenetic moisture, and coke-oven gas) in coking.

1. Coking of small weighed portions (Ukrainian State Standard DSTU 7689:2015 [1] or Russian State Standard GOST 18635–73) [2].
2. Coking in a 2-kg laboratory furnace (Russian State Standard GOST 9521–74).
3. Coking in a two-chamber laboratory furnace (standard PG 401–548–72).
4. Determination of the yield of coke and other coking products in a 5-kg laboratory furnace.
5. Coking on the Karbotest laboratory system.

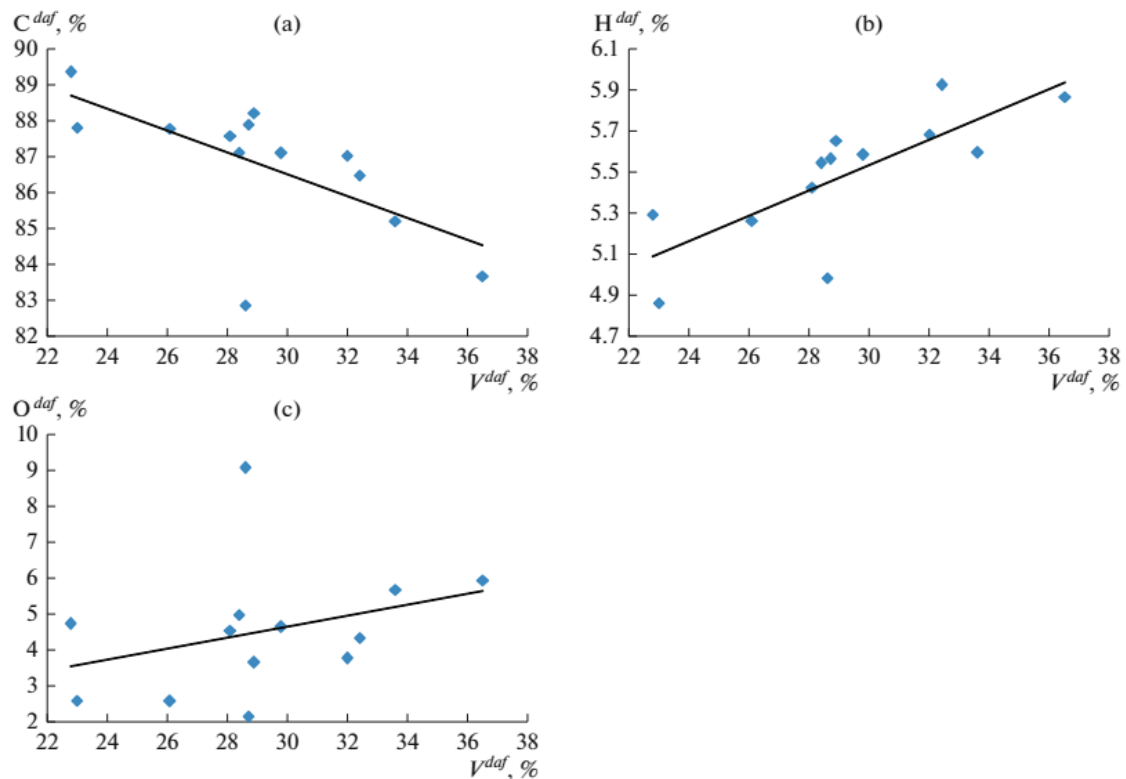
We consider method of Coking of small weighed portions and method of Determination of the yield of coke and other coking products in a 5-kg laboratory furnace [3].

### **1. COKING OF A WEIGHED SAMPLE**

We select 13 samples of coal concentrates employed at Arcelor Mittal Krivoy Rog [4].

Their elemental composition confirms the principle that greater metamorphic development (decrease in the volatile matters) is accompanied by increase in the

carbon content and decrease in the hydrogen and oxygen content. The nitrogen and sulfur concentrations remain practically unchanged.



**Fig. 1. Concentrations  $C^{daf}$  (a),  $H^{daf}$  (b) and  $Q_d^{daf}$  (c) as a function of the volatile matters  $V^{daf}$**

In Figure 1, we plot the content of individual elements against the volatile matters (the coal's metamorphic stage). Note that, in assessing the correlation of the elemental content with the coal's metamorphic stage, we find an aberrant point. More detailed analysis indicates a relatively high analytical moisture content in that case (2,7%); that may correspond to oxidation of the coal [5].

With greater metamorphic development, the coke yield increases, while the yield of tars, raw benzene (the sum of benzene and unsaturated compounds), pyrogenetic moisture, and coke-oven gas decreases.

Given that the yield of ammonia and hydrogen sulfide cannot be predicted from the volatile matters, we develop equations for calculating the product yield from the elemental composition of the initial coal.

We present the corresponding equations, as well as the determination coefficient  $R^2$  and standard error SE.

On the basis of the equations, the product yield may be predicted by elemental analysis of the coal. These predictions are more accurate than those based on the volatile matters.

The equations correspond to elemental analysis of the initial coal in the loose state and do not take account of its compaction to  $\sim 1,15 \text{ t/m}^3$  on stamping. Accordingly, we use a 5-kg laboratory furnace for the coking of stamped batch.

## 2. COKING IN A LABORATORY FURNACE

In the work present the composition of the coking batches and summarize the properties and elemental composition of the initial coal concentrates and batches. The content of gas-group coals varies (from 30 to 60%) in the coal batches.

Analysis of the characteristics indicates that the batches are similar in ash content and total sulfur conreflection coefficient and reflectogram of vitrinite.

As a result of the coking carried out, data on the yield of the product and its characteristics were obtained.

Product yield depends on the content of gas coal (the volatile matters) in the initial batch. With increase in content of gas coal (volatile matters), we note decrease in the coke yield and increase in the yield of tars, raw benzene, carbon dioxide, pyrogenetic moisture, and coke-oven gas. The yield of ammonia and hydrogen sulfide depends primarily on the composition of the coal's organic mass.

The properties and composition of the experimental coal batches were summarized in tables. Note that the selected concentrates are not oxidized. Accordingly, the influence of coal oxidation on the product yield may be ruled out. Overall, the characteristics of the coal concentrates correspond to their expected values.

Equations are given for predicting the output of products from a stamped batch with the corresponding statistical indicators.

The coke samples have similar ash content and total sulfur content. The volatile matters in the coke is 0,5-0,7%. That indicates adequate conditioning. Analysis shows that the product yield is closely correlated with the volatile matters of the initial batch. With increase in the volatile matters, the coke yield declines. We also note increase in the yield of tars, raw benzene, carbon dioxide, pyrogenetic moisture, and coke-oven gas. The yield of ammonia and hydrogen sulfide mainly depends on the composition of the coal's organic mass.

The yield of the basic coking products is found to be additive. Hence, the total yield for the enterprise may be calculated, if the characteristics and proportions of the stamped and unstamped coal batches are taken into account.

### *Used information sources:*

1. DSTU (State Standard) 7689:2015. *Coal. Determination of the Yield of Chemical Products of Coking*, Kyiv: Ukr. Naukovo-Doslid. Navch. Tsentrl. Probl. Standart., Sertif. Yakosti, 2016.

2. GOST (State Standard) 18635-73: *Coals. Method for the Determination of the Yield of Chemical Coking Products*, Moscow: Izd. Standartov, 1973.

3. *Spravochnik koksokhimiya. Tom 1. Ugli dlya koksovaniya. Obogashchenie uglei. Podgotovka uglei k koksovaniyu*(A Handbook of Coke Chemistry, Vol. 1: Coking Coal, Coal Enrichment, Coal Preparation for Coking), Borisov, L.N. and Shapoval, Yu.G., Eds., Kharkov: INZhEK, 2010.

4. Mukina, N.V., Zhadan, S.P., Chernousova, E.P., et al., *Forecast of the yield of chemical products of coking according to elemental analysis of initial coals*, *Uglekhim. Zh.*, 2011, nos. 3–4, pp. 12–19.

5. Desna, N.A. and Miroshnichenko, D.V., *Oxidized coal in coking: a review*, *Coke Chem.*, 2011, vol. 54, no. 5, pp. 139–146.



<sup>1</sup>*Pankiv Natalia, Associate Professor, <sup>2</sup> Chornovil Viacheslav*  
<sup>1</sup>*Department of Tourism, Institute of Sustainable Development, Lviv*  
<sup>2</sup>*Polytechnic National University, Lviv, Ukraine*

## **CRIMES AGAINST THE ENVIRONMENT IN THE CONDITIONS OF WAR IN UKRAINE**

On February 24, 2022, the Russian Federation launched a full-scale, war of aggression against Ukraine on land, sea, and airspace. The invasion has already resulted in significant civilian casualties and damage to Ukraine's natural heritage. Under the First Protocol to the Geneva Conventions of 12 August 1949, relating to the Protection of Victims of International Armed Conflicts, adopted in 1977, warring states are required to protect the environment from «large-scale, long-term and serious damage» and prohibit methods. or means of warfare that are «ntended or likely to cause» such harm. Principle 24 of the Rio Declaration on Environment and Development declares that war is inherently destructive to sustainable development. Therefore, states respect international law, which protects the environment during armed conflict [7].

During the war, everyone's attention is focused on the main issues for survival: financing the army, housing refugees, and providing assistance to the wounded. But at the same time, it is necessary to pay attention to other possible consequences of the war and study them comprehensively, as environmental problems can easily turn into social threats. Armed actions are already causing disturbances, destruction of soil, pollution and poisoning of air and water, and destruction of flora and fauna. From the point of view of the environment, there is no local war, because the consequences of even the slightest hostilities spread to the whole world.

What threatens Ukraine and the world? There are 4 nuclear power plants in Ukraine! Additionally, nuclear waste storage facilities are located on the territory of the Chernobyl NPP! Conducting any hostilities near nuclear power plants poses a direct threat to their possible destruction and spread of radioactive contamination, including transboundary! There are 465 tailings and sedimentary storage in Ukraine. These are high-risk facilities that store 6 billion tons of waste, some of which contain highly toxic substances. In the event of destruction of protection, some facilities may become sources of transboundary pollution. Of particular concern are chemical phenol plants and high-phenol waste storage facilities. Metallurgical facilities are also in danger. Near the Dniester, there are waste storage facilities with sulfur ore residues. This is a direct danger not only for Ukraine. Damage to public infrastructure and the lack of green corridors increase the risk of huge animal waste in livestock enterprises [6]. Environmentalists have counted several hundred crimes against the environment banned by the Geneva Convention as a result of Russian aggression since the start

of a full-scale invasion of Russian troops. From the first days, shelling and bombing of industrial and energy facilities were recorded, forests were set on fire, oil depots were blown up, and the Black and Azov Seas were polluted. Any war poses a huge environmental threat to the population, but hostilities in Ukraine can have particularly catastrophic consequences for the environment.

Eastern Ukraine is an industrial center. This region is the most industrialized. Under normal circumstances, risks could be localized quickly, but not under shelling and constant bombing. The Russian army often does not allow specialists to localize the negative environmental impact. Nuclear power plants, seaports, hazardous waste warehouses, and industry, including chemical and metalworking plants, are currently in the area of active hostilities. There are fires at oil depots, gas stations, and landfills, there are facts of damage to heat and water supply facilities.

The whole world was shocked by the news of the seizure of the Chornobyl and Zaporizhzhya nuclear power plants. On March 14, the occupiers blew up part of the ammunition on the site of the captured ZNPP. At the Chornobyl nuclear power plant, they damaged a high-voltage line that is supposed to supply electricity there, including for the cooling of spent nuclear fuel at local storage facilities. Due to the lack of electricity, the temperature in the holding pools rose, leading to the release of radioactive substances into the environment. In addition to the nuclear threat, shelling and occupation increase the risk of toxic waste emissions from Ukraine's industrial enterprises. Today, the State Register of Potentially Hazardous Facilities contains detailed information on more than 23,000 facilities, including 2,987 facilities that store highly toxic pesticides. The most significant number of them is located in Donetsk, Dnipropetrovsk, Zaporizhia, Kharkiv, and Lviv regions. Some of these enterprises found themselves in a war zone. Thus, on March 21, ammonia leaked at the Sumykhimprom chemical enterprise, which is located near Sumy, as a result of enemy shelling. Novoselytsia.

Most environmental crimes were recorded in Kyiv, Kharkiv, and Mykolayiv oblasts. In these areas, the enemy destroyed industrial and energy facilities. As a result of enemy shelling, the facts of explosions at thermal power plants, capture and damage of Kakhovka HPP, and destruction of gas pipelines and gas distribution stations were recorded. In particular, the explosion of a gas pipeline in Kharkiv on February 27 led to a powerful explosion and shock wave, which damaged buildings in residential areas of the city. According to civil safety standards, an accident of this magnitude is a man-made disaster.

Since 2014, Donbas has been on the verge of an ecological catastrophe, due to the occupation of the territory by pro-Russian forces and active hostilities for 8 years. Due to the lack of access to the entire territory, the final information on environmental damage for these years is not known. Water supply facilities were affected, leaving hundreds of thousands of civilians without access to water. There was damage to the energy infrastructure, which led to disruptions in the pumping

system, thus exposing the risk of flooding in mines that store toxic and nuclear waste.

Armed attacks on energy infrastructure have also been reported in recent months, leading to the flooding of the Zolote mine, the Grady shelling of the Avdiivka Coke Plant, and the bombing of an oil refinery in Luhansk Oblast. And on April 2, the Russian military launched a missile strike on the Kremenchuk refinery. The infrastructure of the company, which provided a third of the Ukrainian fuel market, was destroyed. In addition, oil depots in many regions of Ukraine are being destroyed en masse. In particular, on March 13, 2022, the TT-Nafta oil depot was damaged as a result of shelling in Chernihiv. On March 24, after the shelling, an oil depot in the village of Kalynivka, Kyiv region, caught fire. An oil depot near Lviv was destroyed after a rocket attack on March 26. On March 27, Russia launched a missile strike on an oil depot in Lutsk and others. In general, after the destruction of 20 oil depots and the Kremenchuk refinery, the country inevitably experienced a shortage of fuel at gas stations during the sowing campaign [3].

Russian troops are not only creating man-made and environmental disasters, but they are also destroying natural areas that have provided habitats for rare and endangered species and habitats. According to the Ukrainian Conservation Group, 44% of the most valuable areas of the nature reserve fund are in the war zone, under the temporary control of Russian invaders, or are inaccessible to Ukraine. Even in the first days of the invasion of Ukraine, Russian troops captured the north of the Kyiv region. Ukrainian authorities have completely lost control of the Chernobyl Exclusion Zone. This has created significant risks associated with radiation contamination. One of which arose in late March. According to the European Forest Fire Information System, there were large-scale fires in the western part of the Chernobyl zone. 31 fires were recorded, which caused increased levels of radioactive air pollution. The total area of the burned area was over 7600 hectares. Mostly forests or fallows. More than 6,400 hectares of forests were burning near the settlements of Narodychi and Radcha, just west of the Chernobyl zone. These data are confirmed by the Ministry of Environmental Protection of Ukraine. Forest fires also broke out near the village of Rozvazhiv, Ivankiv district, Kyiv region [4].

From mid-April, forest fires continued in the Kherson region, in particular, near the villages of Heroyske and Ivanivka, which were difficult to extinguish due to the temporary occupation of the region. As of May 5, the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine reported that the fires affected 130 hectares of forest in the Kherson region: 70 hectares in Heroyskyi and 60 hectares in Ivanivskyi forests. Due to the actions of the occupiers, and dry and windy weather, the timely localization of fires became more difficult, as the Russians do not allow forest guards to the fires. Thus, the fire destroyed entire ecosystems of Ukrainian forests, which will be difficult to restore later [2]. Due to the shelling of the Russian occupiers in the Donetsk region, forests were also

covered on a large scale. In particular, the forests of the state enterprise "Lyman Forestry" suffered from them. As of 05.05.2022, the area of forest fires reached 935 hectares. Large-scale fires were observed in the Lymansky and Yampilsky forestries, which could not be extinguished by fighting and constant shelling of forests and forestry infrastructure [1].

According to the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine: «As a result of Russia's military aggression, there are three times more fires in Ukrainian forests today than in the same period of 2021. The average area of one fire increased 16 times. Today we have 191 cases of forest fires on a total area of 1,754 hectares, «the ministry said. Fires, in particular, are caused by enemy shelling (both from the ground and the sea) and by subversive measures in Kyiv, Kherson, Mykolaiv, Dnipropetrovsk, Odesa, Donetsk, and Kharkiv regions. Extinguishing forest fires is complicated by fighting, the presence of unexploded ordnance, and mining of forest areas.

The information gathered is only the first step in assessing Russia's crimes against the environment. Amid hostilities, it is difficult to see the real scale and level of pollution. Even under such conditions, we already have more than a hundred recorded crimes in just one month. A real assessment will be made after the end of active hostilities, and Ukrainians will feel the consequences for years to come. That is why it is important now to record crimes against the environment to be able to judge Russia for them as well. Anyone can help gather information initiated by the NGO Ekodia by sending information on the environmental damage caused by the Russian aggression to [ekozlochyn@ecoact.org.ua](mailto:ekozlochyn@ecoact.org.ua), which will also be sent to the Ministry of Environment. Your messages will be valuable evidence in lawsuits to restore the Ukrainian environment [5]. The struggle continues. We must save Ukraine! We must preserve a land suitable for life!

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

1. *Forests are burning in the Donetsk region due to Russian shelling / [Electronic resource]. – Access mode:*

*<https://novynarnia.com/2022/05/05/cherez-obstrily-rosiyan/>*

2. *Forests are burning in the Kherson region, but the Russian occupiers forbid extinguishing them / [Electronic resource]. – Access mode:*

*<https://hromadske.ua/posts/na-hersonshini-goryat-lisi-ale-rosijski-okupanti-zaboronyayut-yih-gasiti>*

3. *Information on the consequences for the environment from Russian aggression in Ukraine on February 24 – March 9, 2022 / [Electronic resource]. – Access mode: <https://mepr.gov.ua/news/39028.html>*

4. *Radiation-contaminated forests are burning in the Chornobyl Exclusion Zone / [Electronic resource]. – Access mode:*

*<https://denzadnem.com.ua/nadzvyhajno/107791>*

5. *The month of the war. Crimes against the environment / [Electronic resource]. – Access mode:*

*[https://www. althoughda.com.ua/columns/2022/03/26/684714/](https://www.altogether.com.ua/columns/2022/03/26/684714/)*

6. *What threatens the direct violation of Ukrainian environmental legislation, human rights, nuclear safety and peace in the world: key risks / [Electronic resource]. – Access mode:*

*<https://ecolog-ua.com/news/chym-zagrozhuye-pryame-porushennya-ukrayinskogo-ekologichnogo-zakonodavstva-prav-lyudyny>*

7. *Zberzhemo prirodno-zapovidnyi fond Ukrainy / Verkhovna Rada Ukrainy / [Electronic resource]. – Access mode:*

*<https://www.rada.gov.ua/news/razom/220659.html>*

*<sup>1</sup>Pankova O. V., PhD, <sup>2</sup>Sirovitskiy K. G.*

*<sup>1</sup>Kharkov National Automobile and Road University, Kharkov, Ukraine*

*<sup>2</sup>State Biotechnological University, Kharkov, Ukraine*

## **ELECTRIC CAR AS A MEANS OF EUROPEAN ECOTOURISM**

Under the influence of various factors affecting the development of ecotourism in recent times, several current trends have emerged. Firstly, eco-tourism is becoming more and more diverse, as new forms and manifestations arise. Secondly, there is a growing integration of ecotourism with other types of tourism and tourism industries. Adherents of the true meaning of ecotourism, which is add up to the environmental sense, persons which are perplexed by the negative impact of large flows of ecotourists gain the point aimed at prohibition the maintenance of any form of tourist activity in specially protected natural territories. Despite their position, eco-tourism has already become a part of mass destinations. For example, short-term visit to nature reserves, national parks and other protected natural areas construed as an excursion component in many cultural and educational or beach tours. Of course, the emergence of new trends changes the original meaning and significance of ecotourism and, often, dilutes the concept of ecotourism. Today, eco-tourism is one of the most promising and rapidly developing sectors of the tourism industry, occupies one of the most well-known positions. According to experts, eco-tourism accounts for more than 10-20% of the profits of the entire tourist market. In Australia, Germany, Ireland, Finland, Great Britain, South African countries, Asian countries, ecological tourism has gotten global development. According to experts, goods and services produced for the needs of ecotourism for 55 billion dollars. At home of ecotourism Costa Rica, income reach 650 million dollars per a year. In Kenya, the annual income from the use of national parks makes up \$ 450 million. Ecuador collect revenue more than \$ 180 million annually [1].

With the development of infrastructure, the share of foreign tourists in all tourist places in Europe has increased, which has led to the development of the economy of tourist regions and an increase in the share of tourism in the formation of national GDP of countries. In turn, this caused a number of problems, the most important of which is environmental friendliness. The conventional top five on environmental pollution includes emissions from road transport. More specifically, about 40% of all air eutrophication is the share of land motor transport [2].

Scientists have found that, on average, a car for a year of its work emits into the atmosphere 140 kg of carbon monoxide, 30 kg of nitrogen derivatives, 20 kg of hazardous carbon and hydrogen compounds, up to 10 kg of benzopyrene, 4 kg of sulfur dioxide, 1,5 kg of solid hazardous waste.

In the case of using the usual arithmetic data, 500 million cars on the planet per a year emit about 700 megatons of carbon monoxide and other dangerous substances. In addition to the listed chemical elements, the most dangerous lead compounds and other harmful combinations get into the air. If we talk about the role of emissions of cars with internal combustion engines, they are huge as on a global scale and for every person. An excellent alternative to existing cars in many countries around the world is becoming an electric vehicle. It is not just more economical to use, but does not harm the environment.

An electric car is a car driven by one or more electric motors powered by an independent source of electricity (batteries, fuel cells, capacitors, etc.) and not by an internal combustion engine. Electric cars have low transportation costs. Ford Ranger consumes 0.25 kWh per kilometer, Toyota RAV4 EV - 0.19 kWh per kilometer. The average annual vehicle mileage in the United States is 19,200 km (52 km per day). When the cost of electricity in the United States is from 5 to 20 cents per kWh, the cost of the annual mileage of the Ford Ranger accounts from \$ 240 to \$ 1,050, RAV-4 – from \$ 180 to \$ 970. The most famous commercially available models of electric vehicles can be considered: Toyota RAV4 EV, ZENN, ZAP Xebra, General Motors EV1, Chevrolet Volt, Volvo C30 BEV, Tesla Roadster, Tesla Model S, Modec EV, Reva NXR, Renault Series ZE, Renault ZOE, Nissan LEAF, Tazzari ZERO, Lada Ellada (Electric car, 2019).

According to the IRS Group, as of 01/04/2019, the number of registered electric vehicles in Ukraine is 12 119 units, whose average age is 4.9 years. Nissan Leaf prevails – 67% of the total [4].

Active work concerning the introduction of electric vehicles and infrastructure is done in the European countries. So the German government plans to bring 1 million electric vehicles, hybrid cars and full hybrids (PHEV) to the country's roads by 2020 [5]. Mass production began in 2011. In 2012, 500 million euros was allocated from the budget for these purposes [6]. The government of Ireland plans to turn 10% of transport into electricity by 2020 [7]. The Norwegian government plans to fully converting all motor vehicles in the country to electric vehicles by 2025 [8]. The Swedish government has planned to completely stop selling cars with a gasoline engine by 2030 [4].

As can be seen from the above, the development of the electric car industry is growing very fast. The sphere of service and charging of such machines also is growing very fast. Electric cars and charging stations are considered as an important element of demand management for electricity [9] (the first tests of the transfer of energy from cars to the electrical network (Eng. Vehicle-to-grid (V2G) began in January 2009 in Newark, Delaware, USA [10] Charging stations are divided into two main types: standard alternating current charging station (they are notable for the distinguished by low cost and charging time ~ 10 hours) and fast charging station on direct current (fast) and alternating current (standard). They are notable for the duration of charging within 1 hour, but it has a high cost. A Swedish company ABB, out into Terra High Power DC, the fastest and most

powerful charger for electric cars. This device has a maximum output power of 350 kW, which is three times higher than the power of charging stations Tesla Superchargers [6]. In Germany at the end of 2016, the number of charging stations was 7407 units [11]. In France, the number of charging stations in 2017 was 2,689 units [12].

**Used information sources:**

1. *Alekseeva E. V., Dreval E. V., Yudin A. G., Kartseva E. V. (2015) Ecological Tourism: Problems and Prospects // Problems of the Environment and Natural Resources. №8. P. 99–112.*
2. *By what are frightful car emissions? (2016) (<https://ecocars.com.ua/chem-strashnyi-vyibrosyi-avtomobilya/>)*
3. *Electric car (2019) (<https://ru.wikipedia.org/wiki/Электромобиль>)*
4. *The number of registered passenger and light commercial electric vehicles and hybrids in Ukraine (2019) (<http://irsgroup.com.ua/wp-content/uploads/e-cars-UA-Mar19.jpg>)*
5. *Germany Aiming for 1M EVs and PHEVs by 2020 (2008) (<https://www.greencarcongress.com/2008/11/germany-aiming.html>)*
6. *New Atlas, «World’s fastest EV charger gives drivers 120 miles in 8 minutes» (2018) (<https://newatlas.com/abb-350kw-fast-charger/54377/>)*
7. *Govt plan to have 10 % of all cars electric by 2020 (2008) (<https://www.belfasttelegraph.co.uk/breakingnews/ireland/govt-plan-to-have-10-of-all-cars-electric-by-2020-14080506.html>)*
8. *Deutsche Welle (2019) ([https://ru.wikipedia.org/wiki/Deutsche\\_Welle](https://ru.wikipedia.org/wiki/Deutsche_Welle))*
9. *The California utility wants to figure out EV owners’ level of price sensitivity (2015) (<https://www.greentechmedia.com/articles/read/sce-tests-electric-vehicles-for-demand-response>)*
10. *Newark, Delaware Tests Vehicle-to-Grid Technology (2009) (<https://renewenergy.wordpress.com/2009/01/30/newark-delaware-tests-vehicle-to-grid-technology/>)*
11. *BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (2017) Zahl der Stromtankstellen steigt. (<https://www.bdew.de/presse/presseinformationen/zahl-der-stromtankstellen-steigt/>)*
12. *Market Brief – E-Mobility in France (2016) (2017) (<https://www.export.gov/article?id=Market-Brief-E-Mobility-in-France-2016>)*



## **THE PERSPECTIVES OF THE DISTRIBUTED RENEWABLE ENERGY GENERATION FACILITIES IN UKRAINE**

**Introduction.** One of the most important features of the development of the modern world is the increased attention of the world community to the problems of rational and efficient use of energy resources, the introduction of energy saving technologies and the search for alternative energy sources.

Under current economic conditions and political situation, the solution to the problem of improving the energy security of Ukraine is considered a high priority task and could be solved through the use of alternative fuels.

**Alternative energy sources for Ukraine.** Ukraine's dependence on the import of expensive energy resources leads to considerable socio-economic problems, as well as weakens its political position and forms inadequate interactions with countries-suppliers. Accounting the war conditions, which have been taking place in the country for the last 8 years and heightened to real action war in 2022, there is an urgent need to improve the energy provision of the country.

Ukraine had declared plans to reach gas self-sufficiency by 2020, which implies 35% more output [1]. In combination with increased energy efficiency, this would allow Ukraine to become self-sufficient in terms of gas production and even export gas in the years to come. Government forecasts indicating rise in gas extraction in such a short time looked not very realistic, and under current conditions are not achievable.

While achieving energy self-sufficiency remains unrealistic, this does not mean that Ukraine should sit idly by in the face of the economy's vulnerability to oil and gas prices spike. Self-sufficiency could do by developing its shale gas reserves, extracting coal bed methane and improving its own existing gas production wells, but in the future priority sources must based on renewables.

Over the last years, Ukraine has significantly improved its position in the field of renewable energy development. The production of wind, solar and bioenergy has significantly increased and gives hope for the possibility of future based on renewables. Increasing the use of renewable energy sources can contribute not only to energy security, but also to further reduction of CO<sub>2</sub> emission and reorientation of the labor market.

The dramatic change in the situation in 2022 makes the prognosis about the development of alternative energy sources, made by the Cabinet of Ministers of Ukraine in 2017 («Security, Energy Efficiency, Competitiveness» strategy), REMAP («Renewable Energy Prospects for Ukraine») and National Institute of Technical Research in Kiev invalid. This potential is quite significant, technically

attractive in the context of significant increase in prices for traditional energy resources in Ukraine, but set aside from priority of the governmental agenda for the upcoming years.

Still the need in power supply is in place, but some additional requirements have emerged.

The use of renewable energy sources is a priority way of building sustainable energy systems in Ukraine today and with the need to restore and rebuild many settlements after the war activities creates unexpected opportunities for the implementation of renewable energy technologies in the restoration plans and designs.

However, the natural preconditions of Ukraine don't give the possibility to choose one type of energy source and build our energy independence relying on it. Now, it is not only wind, solar, hydro and biomass that have some potential attention. The pre-pandemic analysis of renewable energy sources prevalent in different regions of Ukraine clearly shows the predominance of solar energy in the renewable industry over others.

The most realistic pathways to replace fossil sources in Ukraine are:

- increase in nuclear energy to the maximum;
- capacity building for wind energy;
- solar Energy Capacity Building;
- bioenergy use;
- «energy mix» from renewable energy sources.

The most acceptable are the solar and wind energy, but their combined potential for substitution is from 19 to 34%, which obviously not enough. As a result it is the «energy mix», which can provide the full substitution. It has advantage of flexibility and adaptability to the local conditions of each community, but is hard to plan and manage from the national level.

However, the new reality of Ukraine raises the need not only for the independence of the country energy system, but the independence of communities and even housing cooperatives from the centralized network, prone to failures due to hostilities and other obstacles imposed by war. Under such conditions the distributed power supply by renewable energy facilities is a very important perspective. Such microgrids are able to provide the needs of a single cooperative even under harsh conditions in the absence of fossil fuels supply and centralized power supply.

The first signs of the rise of microgrids have appeared in times of COVID pandemics and after the implementation of «green tariff» legislation. Mostly these were individual solar panels installed on private house or single apartments. Since they proved their efficiency under such conditions, it is worth investing efforts in the promotion of this approach among communities and housing cooperatives. It is also a good option for urban design solutions in reconstruction plans.

The successful example of communities, which have already built their alternative power supply grids are known in Bolgrad, Izmail and Kiliya

communities in Odesa region, which own the best potential of solar energy in the Ukraine; Voznesensk, Mykolaiv Oblast, introduced biogas production facility; communities of the Arabat Spit have also succeeded in solar energy potential development. Many touristic venues of Lviv, Ivano-Frankivska and Zakarpatska Oblast have all their power supply from individual wind power installations or solar panels, used for either power generation or heating.

The distributed generation can help support delivery of clean, reliable power to additional customers and reduce electricity losses along transmission and distribution lines. It can benefit the environment if its use reduces the amount of electricity that must be generated at centralized power plants, in turn can reduce the environmental impacts of centralized generation. Distributed generation can harness energy that might otherwise be wasted, for example, through a combined heat and power system.

However, distributed generation has drawbacks, which must be accounted in making decisions before enrolling into such projects. Thus, they take up space and raise land-use concerns. Since they are located closer to the end-user, some distributed generation systems might be unpleasant to the eye or be the source of noise (wind power installation) or electromagnetic pollution, if accumulation batteries are included. Some distributed generation technologies, such as waste incineration, biomass combustion, and combined heat and power, may require water for steam generation or cooling. Finally, distributed generation systems that use combustion may be less efficient than centralized power plants due to efficiencies of scale.

In the residential sector, common distributed generation systems include solar photovoltaic panels and small wind turbines. In the commercial and industrial sectors, distributed generation can include resources such as combined heat and power systems, solar photovoltaic panels, wind, small hydropower, biomass combustion or cofiring, municipal solid waste incineration.

The efficient implementation of such independent power supply solution is in need for support from the authorities and local and national levels. In particular, introduction of administrative conditions for the creation of new energy companies and enabling individual users to provide energy to the general network; green credits to the housing cooperatives, commercial facilities and small business for the purchase and mounting the equipment ; further development of «green tariffs» system.

***Used information sources:***

- 1. Ukrainian Energy Market: Overview of the sector and future projects. Belgium, Brussels: Flanders: State of the Art, 2018. 56 p.*
- 2. Kurbatova T., Khlyap T. State and economic prospects of developing potential of non-renewable and renewable energy resources in Ukraine. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 52, 2015, 217–226.*

*Salamon I., prof., Dr., MBA*  
*Department of Ecology, Faculty of Humanities and Natural Sciences,*  
*University of Presov, Presov, Slovakia*

## **DETERMINATION OF RADIOACTIVITY FOR SELECTED CULTIVATED SPECIES OF MEDICINAL PLANTS**

**Abstract:** The therapeutic quality and effectiveness of medicinal plants depends on environmental conditions, which also directly affect their growth on the cultivation fields. Natural radioactivity levels have a direct effect on vegetation and crop production. The aim of this contribution is to inform about the results of measuring the radioactivity of flower heads of chamomile, peppermint and sage leaves from their large-scale cultivation in a period from 1998 to 2018. The first two species were newly-bred varieties – chamomile '*LIANKA*' (high in  $\alpha$ -bisabolol in essential oil) and mint '*KRISTINKA*' (high in menthol), which are currently of great interest of pharmaceutical companies, not only in Slovakia, but mainly abroad. The measured values of radioactivity were compared with the Regulation of the Council of the European Community No. 733 from 2008 on the conditions governing imports of agricultural products originating in the countries following the accident at the Chernobyl nuclear power station.

**Key words:** Cesium <sup>134</sup> and <sup>137</sup>, Chamomile, Peppermint, Radioactivity, Sage.

The largest catastrophe in history of civil using of nuclear energy was in Chernobyl, Ukraine, in April 26, 1986. The strong radioactivity was influenced on 5 million people and 1.25 millions of children have the healthy problems. 70 % of radioactivity fall affected on Ukraine respectively Byelorussia and Sweden, Finland, former Czechoslovakia, Poland, Austria, Germany and formerly Yugoslavia was affected heavily [3].

Actually, the main environmental concerns of nuclear power are the risk of radioactive contamination and fallout after an accident at a power station, pollution from uranium mining, leakage from storage of spent nuclear fuel, accidents during the transport of nuclear fuel. Reprocessing of spent nuclear fuel to separate the plutonium is also an activity with high risk for radioactive contamination [2].

The therapeutic quality and effectiveness of medicinal plants depends on environmental conditions, which also directly affect growth at the site of their occurrence and cultivation. In regard to herbal market it is very important to determine the radioactivity values of herb goods to foreign and domestically customers.

The aim of this contribution is to inform about the results of measuring the radioactivity of flower heads of chamomile, peppermint and sage leaves from their large-scale cultivation in a period from 1998 to 2018

The dried plant parts (drugs) – flower inflorescences of chamomile, peppermint and sage leaves from their large-scale cultivation were used to determination of the mass radionuclide activities in a period from 1998 to 2018. This plant material was originated from a large-scale cultivation of these special crops in various areas of eastern Slovakia (Trebíšov, Prešov and Plavnica).

The cultivated variety '*LIANKA*' is used for chamomile, which as a diploid form is characterized by a high content of  $\alpha$ -bisabolol (52-55%) and chamazulene (18-19%), a low content of  $\alpha$ -bisaboloxides A and B (less than 3%) in essential oil. The essential oil content is at the level of 0,65-0,85%.

The cultivated peppermint variety '*KRISTINKA*' is a specific chemotype within the type of peppermint. It is characterized by a high content of essential oil in the stem (2,6%) and a very high content of menthol in the essential oil (80-85% in the leaves).

Radioactivity is measured as equivalents of disintegrations per second (d.p.s.) or per minute (d.p.m.) in Becquerel's (Bq). Measuring instruments need to be calibrated with a known radioactive source ( $^{134}\text{Cs}$  and  $^{137}\text{Cs}$ ) in order to give accurate results, and background radiation needs to be taken into account.

Germanium detectors are mostly used for gamma spectroscopy in nuclear physics, as well as x-ray spectroscopy. While silicon detectors cannot be thicker than a few millimeters, germanium can have a depleted, sensitive thickness of centimeters, and therefore can be used as a total absorption detector for gamma rays up to few MeV. These detectors are also called high-purity germanium detectors (HPGe) or hyperpure germanium detectors [2].

The radioactivity of medicinal plants was determined by HPGe detector (type PGT IGC25) using cesium isotopes in cooperation with the Regional Office of Public Health based in Banská Bystrica, Department of Health Protection against Ionizing Radiation (address: Cesta k nemocnici, 975 56 Banská Bystrica, Slovakia). The second workplace implementing similar gamma spectrometric determinations with a GeLi detector, which was used for result comparison, is the Regional Office of Public Health with its registered office in Košice (address: Ipeľská 1, 040 11 Košice, Slovakia).

The regulation on the highest permissible radioactivity in food in the European Union is notified by the Council Regulation No. 733 from 2008 on the conditions governing imports of agricultural products originating in third countries following the accident at the Chernobyl nuclear power station [1].

The document states that the accumulated maximum radioactive value with respect to  $^{134}\text{Cs}$  and  $^{137}\text{Cs}$  isotopes f. e. must not exceed  $370 \text{ Bq.kg}^{-1}$  for milk, and dairy products. The maximum value of  $600 \text{ Bq.kg}^{-1}$  must not be exceeded for all other relevant food products.

Ionising radiation is known to have harmful health effects on people also at low levels. The mechanism which damage occurs, and the relationship between dose and time and effect, is not entirely understood. Exposure to high concentrations of radionuclides over short periods of time courses obvious acute toxicity. Exposure to radioactivity in lower doses leads to genetic damage such as chromosomal aberrations. If DNA in somatic cells is damaged it may result in various cancers.

The study of the radioactivity levels of plants is very important and provides information in the monitoring of environmental radioactivity. The mass activity characteristics of radionuclides  $^{134}\text{Cs}$  and  $^{137}\text{Cs}$  in  $\text{Bq.kg}^{-1}$  chamomile, peppermint and sage drugs are given in Table 1.

Table 1

**Determination of mass radionuclide Cs-isotope activities**

Medicinal Plants Species	Radioactivity [ $\text{Bq.kg}^{-1}$ of herbal drugs]			
	Radionuclides	1998	2016	2018
Chamomile <i>Flower heads</i>	$^{134}\text{Cs}$	< 5,90	< 2,20	< 0,67
	$^{137}\text{Cs}$	< 6,20	< 1,40	< 0,78
Peppermint <i>Leaves</i>	$^{134}\text{Cs}$	< 7,80	< 4,10	< 1,49
	$^{137}\text{Cs}$	< 7,90	< 4,30	< 1,79
Sage <i>Leaves</i>	$^{134}\text{Cs}$	< 3,90	< 1,00	< 0,64
	$^{137}\text{Cs}$	< 3,90	< 1,10	< 0,74

The above results show that the highest measured average activity of radionuclides  $^{134}\text{Cs}$  and  $^{137}\text{Cs}$  was in dry peppermint leaves in 1998, when it reached  $7,90 \text{ Bq.kg}^{-1}$  drugs. The lower value radioactivity of the raw material from this medicinal plant was measured 10 years later, in 2018,  $1,79 \text{ Bq.kg}^{-1}$ . The lowest determined radioactivity was for the dry chamomile flowers in the sequence of years: 1998: <5,90, 2016: <2,20 and 2018: <0,78  $\text{Bq.kg}^{-1}$ .

Measurements of the mass activities of Cesium isotopes in herbal drugs have not been performed to such an extent. The results are original in this respect. Natural radionuclides are transferred and cycles through natural processes and between the various environmental compartments by entering into plant habitat.

This processes involving photosynthesis include the absorption of soluble radionuclides in soil-water by root uptake and a plant exposure at the site. Icelandic Lichen, *Cetraria islandica* L. Ach. is a good example. This thallopatric plants is occurred on the rocks in the High and Low Tatras (the Slovak parts of Carpathian Mountains). In regard to radioactivity determination of Icelandic Lichen thallus were gotten at from 350 to 600  $\text{Bq.kg}^{-1}$  of  $^{134}\text{Cs}$  &  $^{137}\text{Cs}$  mass radionuclide activities [4].

## Conclusion

Natural radioactivity levels of some selected medicinal plants commonly used in pharmaceutical industry were investigated using gamma-ray spectrometry.

According to the measured results of chamomile, peppermint and sage drugs, the maximum permissible values of radioactivity of  $600.00 \text{ Bq.kg}^{-1}$  were not exceeded after its determination on the isotopes  $^{134}\text{Cs}$  and  $^{137}\text{Cs}$  according to the EC Council Regulation No. 733/2008. Hence, the medicinal plant samples from the large-scale cultivation in the Eastern Slovakia are considered safe in terms of the radiological hazard.

### *Used information sources:*

1. *Nariadenie Rady (ES) č. 733/2008 o podmienkach, ktorými sa riadi dovoz poľnohospodárskych výrobkov pochádzajúcich z tretích krajín po havárii v jadrovej elektrárni v Černobyle, 6 s.*

2. *Pohrebennik V., Politylo R., Yakovleva V., Salamon I. 2016. Radioecological Monitoring of Groundwater Resources in the Chernobyl Exclusion Zone. In: Acta Facultatis Studiorum Humanitatis et Naturae Universitatis Presoviensis (Natural Sciences: Biology – Ecology). Vol. XLIII., No. 1, p. 136-141, ISBN 978-80-8165-149-6*

3. *Salamon I. 2016. Chernobyl Radioactivity Area and its Monitoring by Selected Herbs in Slovakia. In: Džugan, M. [ed.], Environmental Influence on the Food Quality and Human Health, 1.ed., Wydawnictwo Uniwersytetu Rzeszowskiego, Rzeszow, Poland, p. 193-198, ISBN 978-83-7996-409-3*

4. *Salamon I. 1999. Selected Slovak Medicinal Plants and their Radioactivity. In: Proceedings of 8th Days of Plant Physiology, July 23-28, 1999, University of Olomouc, Czech Republic, p. 206–207.*

*<sup>1</sup>Sawicka Barbara, <sup>2</sup>Krochmal-Marczak Barbara, <sup>3</sup>Vambol Viola*

*<sup>1</sup>Department of Plant Production Technology and Commodity Science,  
University of Life Sciences in Lublin, 20-950 Lublin, Poland*

*<sup>2</sup>Department of Food Production and Safety, Carpathian State College in  
Krosno, 38-400 Krosno, Poland*

*<sup>3</sup>Institute of Industrial Safety and Occupational Safety and Health,  
National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Ukraine*

## **WASTE MANAGEMENT IN THE GORLICE COUNTY**

**Abstract.** The paper deals with issues related to environmental pollution and awareness of the society about the dangers of poor waste management. Hence, the aim of the research was to find out the opinion of the community of Gorlice County in south-eastern Poland on waste management. The awareness of the inhabitants of the Gorlice powiat in terms of waste, its harmfulness and methods of its management is growing. Realized inhabitants are guided by respect for health, well-being and environmental protection.

### **INTRODUCTION**

Waste management covers a number of activities related to the handling of waste, from its production to management through the recovery of secondary raw materials and its safe disposal for the environment and humans [1,2]. The issue of waste management due to their quantity, diversified composition and properties is complex and complicated. This is mainly due to two closely related reasons. The first relates to the increase in the mass of waste along with the increasing number of people, economic development, as well as the increase in the welfare of the society. The second one is related to the nuisance and risk of waste, especially hazardous to the environment, and thus to humans. Therefore, one should strive to establish detailed and precise legal and organizational rules for dealing with various types of waste, which should also translate into the application of these provisions in practice [3,4]. In waste management processes, waste prevention is preferred, and landfilling is the least desirable. However, all economic human activity is now inextricably linked with the production of waste. The increase in the amount of produced waste has been recorded in the countries of Western Europe and the USA since the beginning of the 1950s and reached its peak in the second half of the 1980s [4]. According to Krupnik [5], the waste management system should be based on the prevention, reduction and minimization of their production. Everyone who designs, produces, sells has the primary responsibility to prevent or reduce waste [6]. The waste that cannot be avoided should be prepared for reuse. If waste does not qualify for reuse, it should be recycled or otherwise recovered, such as energy recovery [7]. However, when neither of the previous methods is possible, the waste should undergo appropriate



treatment processes [8]. Currently, ecological issues are becoming more and more popular. This is related to the growing awareness of the society about the risks that may result from poor waste management. Hence, the aim of the research was to find out the opinion of the South-Eastern Poland community on the natural environment, including waste management.

## **MATERIAL AND METHODS**

The work was based on a questionnaire survey and statistical data from the Małopolskie voivodship. The survey was conducted among the inhabitants of the communes of Gorlice powiat: Biecz and Uście Gorlickie, where there are landfills in their area. A questionnaire form was used, containing 25 questions, both open and closed. The survey was conducted among a population of 1000 people in June-July in 2021. The questions concerned, among others: the distance of their place of residence from the landfill, the smell from the landfill, the occurrence of diseases related to the presence of the landfill in the immediate vicinity, of the increase in the population of rodents, insects in the commune due to the presence of the landfill and the impact of the landfill on their well-being. Most of the people participating in the survey were men (64,7%), aged 30-60 (60,4%), 34% were respondents aged > 60 and only 5.6% were respondents under 30 years. Thus, at least half of the respondents had some life experience. The place of residence of the respondents, in relation to the location of the landfill, varied. 13,7% of the respondents lived within 600 m from the landfill site; 9% of people – within 600-1000 m; 20,8% of respondents – within 1-2 km, while as many as 56,6% of respondents lived more than 2 km from the landfill. In the population of the respondents, 60,1% had vocational education; 21,3% – secondary education; 15,3% – primary, and the remaining 4,3% – higher education. The collected data was analyzed mainly with the SPSS package and Microsoft Office Excel.

## **RESULTS**

### **Waste management In the opinion of the respondents**

According to the respondents who live more than 2 km from the landfill, the presence of landfills in their municipalities does not bother them (67%). Other residents, on the other hand, whose farms are located in close or very close proximity to the landfill, find this presence very disturbing.

The respondents felt the nuisance of the landfill in various ways. Among the respondents, as many as 61,7% of the respondents stated that they did not feel any unpleasant smell, and only 39,3% of respondents felt this smell, especially in the summer period, when there is the most waste and high air temperature.

Most of the respondents (74,7%) stated that they did not feel the impact of the landfill on their health, while 26,3% of people noticed that they felt bad only in hot weather.

An increased number of rodents and insects in the vicinity of the landfill was noticed by 100% of respondents, with 77,9% of respondents noticing more insects, and 22,1% of people noting an increased number of rodents. This proves very favorable conditions for the reproduction of insects and rodents in the

vicinity of the nearest landfill. The vast majority of respondents (65%) stated that the landfill is properly secured (fenced and controlled).

When asked whether unauthorized persons may enter the municipal waste dump, the majority of respondents (57,9%) stated that no one, except employees, should have access to the municipal waste dump. Such an answer was given mainly by respondents from the Uście Gorlickie commune, where the dump is secured, well guarded and no one except the employees has access there. 43,1% of the respondents answered positively to this question. They were mainly respondents from the Biecz commune, where the landfill is not fenced and secured.

Among the respondents, as many as 72,1% of people said that they were not interested in the times when companies operating the landfill bring waste. They were respondents living on farms far away from the landfill site and therefore were not interested in the time of waste collection. Other inhabitants (27,9%) were of the opposite opinion, they were respondents whose farms were in the immediate vicinity of the landfill.

The respondents, when asked if they would now consent to the construction of a landfill in their commune, responded mostly negatively (71,8%), while 28,2% of the inhabitants answered that they did not care.

#### **Type and quantity of waste subjected to recovery processes**

According to WSO data (2021) it was recovered in the poviats Gorlice approx. 0,9 million Mg of waste from groups 01-19. In terms of quantity, the greatest amount of waste was recovered from Oil re-refining or another reuse (group 9) – 59,18%. Subsequently, these were waste from group 12 (Exchange of waste for any of the processes listed in R 1 to R 11). Recycling or recovery of metals and metal compounds (R4). Only slightly more than 28% of waste was processed in this way. The first method (use mainly as a fuel or other means of generating energy) was only 0,08% (table 1).

*Table 1*

#### **List of hazardous waste recovery methods used in 2021 in the Gorlice poviats**

Methods	Process name	Waste weight (%)
R1	Use mainly as a fuel or other means of generating energy	0,08
R2	Solvent recovery / regeneration	0,01
R4	Recycling or recovery of metals and metal compounds	2,84
R9	Oil re-refining or another reuse	59,18
R12	Exchange of waste for any of the processes listed in R 1 to R 11	37,89
	Total	100,00

Source: Anonymous [9]

Due to the diversity of non-municipal biodegradable waste, various methods of preventing the generation of such waste are used (modernization of the

technologies used in the production and processing processes is of great importance in this respect).

### **Conclusions**

1. Ailments related to the presence of waste in the study area are not frequent, but their ailments are more and more often articulated.
2. The increased number of insects and rodents, and the unpleasant smell makes
3. the inhabitants of communes believe that building a landfill near their farms is inadvisable.
4. The awareness of the inhabitants of the Gorlice powiat in the aspect of waste, its harmfulness and methods of its management is increasing. The inhabitants are guided by respect for health, well-being and environmental protection.

### **Used information sources:**

1. Szydłowski K., Podlasińska, J. 2017. *Oddziaływanie nielegalnych wysypisk śmieci w północnozachodniej części gminy Barlinek na zawartość metali ciężkich w glebie. Inżynieria Ekologiczna*, 18(1), s. 166–174. (in Polish)
2. Zalewska J. 2019. *Waste management system in Poland - current state and directions of improvement, Ekonomika i Organizacja Logistyki*, 4(1), 2019, 103–113. DOI: 10.22630/EIOL.2019.4.1.9. (in Polish)
3. *Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach, Dz. U. 2013 poz. 21 ze zm.*
4. Toruński J. 2010. *Zarządzanie gospodarką odpadami komunalnymi w Polsce. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczo- Humanistycznego w Siedlcach, Administracja i Zarządzanie*, 14(87), 31–47. (in Polish)
5. Krupnik D. 2015. *Wybrane zagadnienia dotyczące systemu gospodarowania odpadami i transgranicznego ich przemieszczania, Systemy Logistyczne Wojsk* 42, 108–121. (in Polish)
6. Więclawska J. 2015. *Spektakularne metamorfozy składowisk odpadów*, <https://portalkomunalny.pl/spektakularne-metamorfozy-skladowisk-odpadow-316374/3/> [accessed: 06.04.2022]. (in Polish)
7. Malinauskaite J., Jouhara H., Czajczyńska D., Stanchev P., Katsou E., Rostkowski P., Anguilano L. 2017. *Municipal solid waste management and waste-to-energy in the context of a circular economy and energy recycling in Europe. Energy*, 141, s. 2013–2044.
8. Styś T., Foks R. 2014. *Rynek gospodarowania odpadami komunalnymi w Polsce. Perspektywa 2030, Instytut Sobieskiego, Warszawa 2014.* (in Polish)
9. *Anonimous 2016. Waste management plan of the Małopolskie voivodship for 2016-2022. Krakow 2016,* [https://www.malopolska.pl/\\_userfiles/uploads/PGOWM\\_2016-2022.pdf](https://www.malopolska.pl/_userfiles/uploads/PGOWM_2016-2022.pdf) (accessed 05.-5.2022) (in Polish)

UDC: 502.37

*Sydorenko V. L., Doctor of Engineering, Yeremenko, S. A., Doctor of Engineering, Pruskyi A. V., Doctor of Engineering  
Institute of Public Administration and Research in Civil Protection,  
Kyiv, Ukraine*

## **BIOREMEDIATION OF PETROLEUM CONTAMINATION**

The demand for petroleum as a source of energy and as a primary source of raw material in many industries like a lubricant and petroleum jelly has been increasing. In 2016 world consumes 35,442,913,090 barrels of oil which is equivalent to 97,103,871 barrels per day. Global oil consumption per capita is 5 barrels of oil (199 gallons) per person each year (based on the 2016 world population of 7,464,022,049 people) or 0.5 gallons per capita per day.

The petroleum hydrocarbon is the organic pollutants with complex composition, wide distribution and toxicity. The most common petroleum hydrocarbon includes branched, aliphatic, cycloaliphatic alkanes, monocyclic and polycyclic aromatic hydrocarbon. These includes naphthalene, fluorene and anthracene etc. Petroleum does not have defined composition rather it's a combination of different hydrocarbon result in different volatility, toxicity, persistence and degradability.

Presence of oil in water can block oxygen, light and nutrients access to aquatic plants and animals. The availability and toxicity of hydrocarbon present in petroleum depend on their physical and chemical nature. Lethal effect of petroleum hydrocarbon depends on three factors a) duration of susceptibility, b) way of susceptibility and c) nature of petroleum fraction. Damage caused by the petroleum hydrocarbon may take several months and years. The aromatic compounds present in petroleum are environmental pollutants naphthene-aromatic, polyaromatic compounds are in heavy fractions. This compound has a carcinogenic effect, may lead to tumors, and damages the nervous system. The petroleum hydrocarbon contains polar organic compounds which can easily drift from the contamination sites into the ground water which ultimately result in the increase of petroleum hydrocarbon in the drinking water and make them unsafe for human beings and aquatic plants.

Petroleum is a mixture of thousands of different hydrocarbons of various types. There are several ways to treat them with microbes. Microbes added or present in the soil can attach themselves to the hydrocarbon and use them as a source of carbon and energy. The low solubility of high molecular weight hydrocarbon can limit the bioremediation rate which can be improved by the addition of biosurfactants. Due to the difference in chemical nature of different hydrocarbons present in petroleum, some of them can be readily degraded, some resist degradation, and some are non-degradable. The Bioremediation of these compounds occurs simultaneously but at a different rate, which results in the

removal, of individual components of petroleum over a certain period. Enzymes are produced by microorganisms, which are responsible for the bioremediation of petroleum. Many pathways and different types of enzymes are involved in this process. It may also note that absence of any effective enzymes (that are produced by microbes), can act as a barrier or result in incomplete degradation.

This scientific review is conducted to highlight recent advances in bioremediation for the removal of oil pollutants, present an analysis of the information in the reviewed sources, as well as identify gaps in this area and prospects for future research. In this regard, the search for sources was carried out in Scopus, PubMed, ScienceDirect, ResearchGate, Google Scholar on the totality of the keywords (bioremediation, petroleum, pollutant, degradation) of this study in various combinations. Since the keywords are in English, English-language sources were studied. After receiving the search results, scientific publications were selected containing the following information about:

- Interaction of microorganisms with hydrocarbons
- Nutrient requirements
- Factors affecting the degradation of oil hydrocarbons
- Mechanisms of oil hydrocarbons degradation
- Enzymes involved in the degradation of hydrocarbons and bioremediation agents available on the market
- Bioremediation strategies.

If there were duplicate publications, they were excluded. This sorting was done manually. At this stage, the primary database of publications was formed. Then, a search for sources among the references of selected publications was carried out, which made it possible to identify additional literary sources.

The information obtained was analyzed, verified by comparing with information (results, conclusions, conclusions) in other sources containing similar studies, and structured using synthesis, generalization and deduction.

Bioremediation can be achieved either by situ or ex-situ treatments. Aim of choosing bioremediation strategies is to remove of any limiting factors and increase the bioremediation rates. Situ treatment involves the treatment at the polluted site only, whereas in ex-situtreatment polluted soil is transported to the place, where suitable treatment environment can be established. Four major problems that may be occurred during bioremediation of petroleum hydrocarbons are 1) limitation of nutrient such as nitrogen and phosphorus due to excess of hydrocarbon source, 2) insufficient oxygen during aerobic degradation, 3) low availability of hydrocarbon, 4) non-efficient microorganisms with can slow the degradation rates Bioaugmentation, biostimulation, and bioventing strategies are used in situ treatments for hydrocarbon polluted soils. Bioaugmentation is the addition of genetically modified microorganisms to treat the contaminated sites. It is effective where native microorganisms do not have the capability to perform the degradation. Biostimulation is the process of adding nutrients and optimizing environmental condition at the treatment sites to stimulate the bacteria involve in

degradation. Bioventing is the process used to enhance the aerobic bioremediation by providing air using slotted pipes. Biopiles, and landfarming are the common strategies are used in ex-situ treatments for hydrocarbon polluted soils. Biopiles is the process of mixing polluted soil with organic materials this improves microbial activity by enhancing aeration, moisture, and soil texture. Landfarming is the process in which contaminated soil is mixed with some fertilizers and rotated occasionally. It increases the degradation rate by enhancing the bacterial growth. Organic matters that have anti-oxidant property can increase the bacterial tolerance to toxicity of aromatics and the oxidative stress during their degradation. Physiochemical process costs are commonly higher than the bioremediation, cost depend on the depth of pollution in the contaminated soils and soil type. In general, costs per soil volume increase when the site is small, the pollution is deep, and the soil particles are small, i.e., clay/silt soil is harder to remediate than sandy soils. In addition, the possibility of delivering microorganisms to the contaminated area should be taken into account, since contaminated places are not always easily accessible. In some cases, the delivery of microorganisms for bioremediation of significant contaminants can be achieved using nozzles similar to those used in the study.

In nature aerobic process dominate the hydrocarbon breakdown. The main aerobic strategy for hydrocarbon activation is hydroxylation. Successive oxidation of alkane produces carboxylic acids that can be  $\beta$ -oxidation pathway. High diversity of mono- and dioxygenases for alkane hydroxylation has been reported. Aromatic hydrocarbons are oxidized by RHDs, which are less diverse than alkane oxygenases. Hydrocarbon degradation pathways expand the microbial metabolic versatility and the carbon source range for growth.

Bioremediation is usually case-specific; however, some general rules can be pointed out. Bioremediation is usually simple, and less labour is required. It is the most economical method for the treatment of contaminated soil if the soil to be treated is more. Rate of bioremediation can be increased by managing environmental conditions such as temperature, pH, dissolved oxygen, water content, and nutrient availability. The efficacy and safety of using bioremediation techniques will have to be convincingly demonstrated and communicated to the public.

The paper gives the state of art related for tribological behavior of Biolubricants with nanoadditives, performance of nanoparticles as an additives and mechanism of lubrication of nanoparticles additives. The research conducted notified that the nanoparticles as additives in Biolubricants enhance its performance. The lubrication mechanism of nanoparticles reported in the paper is complex to understand, because there are large number of nanoparticles and each nanoparticle work in a different manner for different applications. Nano-particles performance parameters, is also reported in the paper and the most important performance parameters i.e. Dispersion stability is important to be maintained for better performance of the lubricants. It was reported that different dispersion

techniques, surface modification techniques and surfactants are used for complete dispersion of the nanoparticles in the Biolubricants. Biodegradability is an important issue and the global demand of Biolubricant is also reported in the paper which focuses on the development of biodegradable bio lubricants as the alternative for mineral oils. For the future, researcher must work on the development of new nano additives; chemically modified Biolubricants for different tribological applications. They should work on new lubrication mechanism and performance parameters which affect the tribological properties of the Biolubricants.

It has been found that several factors affecting the bioremediation which includes:

Microbial population-Microorganisms make their availability almost everywhere and make themselves active for the pollution to get interact with them.

Temperature-Temperature has its specific role In the activity of microorganisms, after reaching at high temperature the activity of microorganisms' increases.

Moisture-Water is essential for microorganisms to work as degradants. Low water availability reduces the intracellular water potentials resulting in decrease of hydration and activity of enzyme.

pH-pH determines the acidity and basicity of different compounds. In general, soil whose pH is 7.5 exhibit greatest and fastest rate of biodegradation.

Pollutants even in small volume but spread in a large area can also easily disturb the balance of ecosystem, substances that are accumulated at a specific place for a long period or for a long unused period is considered as pollutant the pollutant substrate is calculated by matching the values pf substrate with the different parameters considering concentrations, pH, temperature change, acidity and alkalinity.

Enzymes are used to remove the excess nutrients present in form of pollutants, which are actual hazards for the ecosystem and also for the human beings. Enzymes used as bioremediation are cost-effective, self-reliable, less toxic, and handier and also, it's a costeffective.

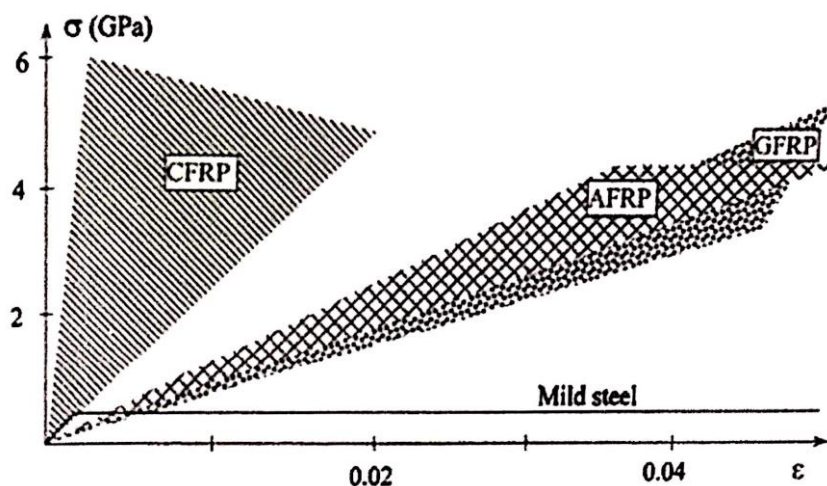
#### ***Used information sources:***

1. Khan S., Tripathi A.K., Srivastava R., Saleem M.S., Yeremenko S. & Sydorenko V., 2022, *Bioremediation of Petroleum Contamination: A Short Review. Ecological Questions*, 33(2). <http://dx.doi.org/10.12775/EQ.2022.012>.

*Solovyov V.V., Ph.D., professor, Head of the Department of Chemistry and Physics, Usenko D.V., MPhys, Senior lecturer Department of Chemistry and Physics, Settou Hajar, student of group 202-Bi, Imhanwa Meereelin Esegboriah, student of group 102-Bi National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Poltava, Ukraine*

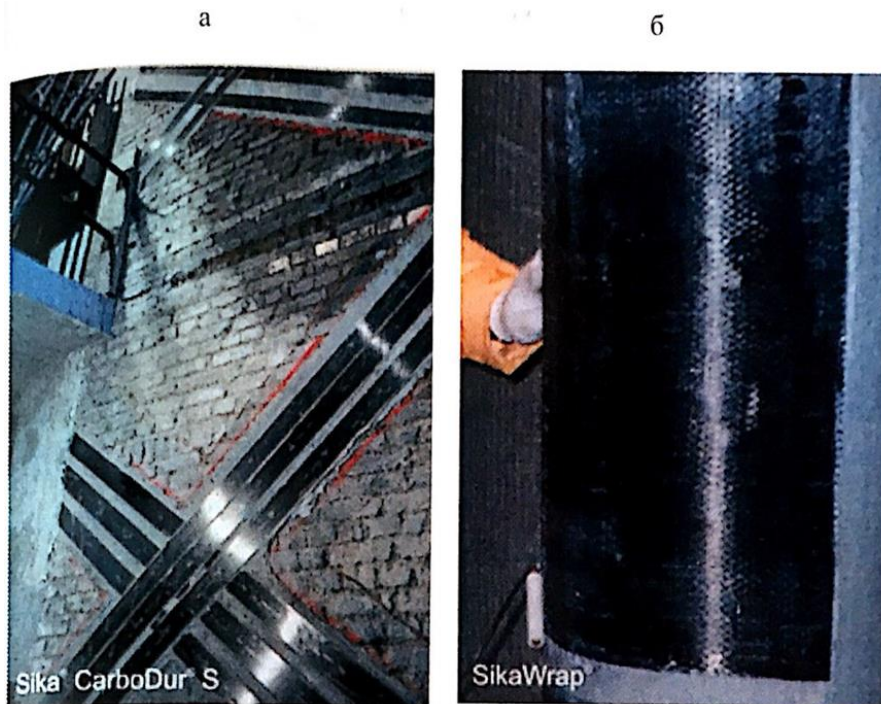
## COMPOSITE MATERIALS USE TO BRICK STRUCTURES REINFORCEMENT

One of the most developed and effective modern materials used in repairs, restoration and reinforcement today is considered to be the technology of the international concern Sika [1]. Traditionally, to reinforce brick walls and piers, metal structures (rolled, sheet steel, meshes) with welded or bolted joints are used. When comparing the properties of metal and, for example, carbon (more commonly used) composite reinforcement elements, the latter have significant advantages: a significantly lower ratio of dead weight to strength, almost complete corrosion resistance, no length restrictions, simplified, cheaper and faster installation, greater fatigue strength [2]. The only disadvantages are tensile work, load distribution only along the fibers, the need for thermal protection and the high cost of the material. On figure 1 shows diagrams [3], illustrating, first of all, the strength advantages of composite materials over steel ones. In addition, carbon composites have greater rigidity.



**Fig.1. Diagrams of «stress-strain» in uniaxial tension for different types of composite materials and steel (CFRP – with carbon fibers, AFRP – aramid, GFRP – glass)**





**Fig.2. Examples of applying tapes (a) and reinforcement webs (б), respectively**

It should be noted that Sika reinforcement tapes may be prestressed when applied. Such a possibility, subject to the calculation justification, can significantly increase the effectiveness of the reinforcement, creating an additional compression of the masonry, which reduces or neutralizes the corresponding tensile forces and increases the adhesion of the masonry elements [4].

The study of this reinforcement system with composite materials allows us to highlight such advantages as a high tensile strength of the reinforcing components; corrosion resistance; ease of installation; low weight of the material and, as a result, minimal loads on the restored structures; versatility of application to any form and, as a result, the preservation of the architectural appearance of structures.

Epoxy or micro-cement adhesive is used for gluing the tapes, which ensures that the reinforcement of the material is quickly included in the joint work with the structure. The use of epoxy adhesive requires additional safety measures during work, since its vapor is dangerous to humans. Work should be carried out in ventilated areas and with the use of gloves and special clothing.

Microcement with the addition of polymer resins, unlike epoxy glue, is safer both in terms of work and fire resistance. When reinforcing with meshes, a cement-based mortar is also used to fix them on the surface of the reinforced structures.

The strengthening of composite materials also has a number of disadvantages: high cost of the material; low fire resistance of epoxy adhesives (starting from 50 ° C).

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

1. Підсилення композитними матеріалами звуглецевих волокон Sika CarboDur [Електронний ресурс]. – 2005. – Режим доступу до стор.: <http://stopwater.ru/info/kart.html>
2. Старцев С. А., Сундукова Л. А. Усиление кирпичной кладки композитными матеріалами и винтовыми стержнями//Строительство уникальных зданий и сооружений. №6 (21). 2014. С. 17–31.
3. Сіка Україна: Офіційний сайт «Сіка Україна» / ООО «Сіка Україна». - 2005. - Режим доступу: [www.sika.ua](http://www.sika.ua).
4. Sika Ukraine. 2020. «Sika Ukraine» Accessed April 1. <http://ua.sika.com/ua/group.html>.

UDC 33

<sup>1</sup>*Tkachenko S. A., Doctor of Economic Sciences, Professor, <sup>2</sup>Potyshniak O. M., Doctor of Economic Sciences, Professor, Professor of the Department of Organization of Production, Business and Management, State, <sup>3</sup>Poliakova Ye., Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Vice-rector for scientific-pedagogical work (educational process, <sup>3</sup>Tkachenko V. A., Lecturer*  
<sup>1</sup>*Academician of the Academy of Technical Sciences of Ukraine, Academician of the Academy of Economic Sciences of Ukraine, Rector of the International Technological University «Mykolayiv Polytechnics», Mykolayiv, Mykolaiv region, Ukraine*

<sup>2</sup>*Biotechnology University, Kharkov, Kharkov region, Ukraine*

<sup>3</sup>*International Technological University «Mykolayiv Polytechnics», Mykolayiv, Mykolaiv region, Ukraine*

## **A SHARP REDUCTION IN WASTE AND LOSSES OF RAW MATERIALS AND MATERIALS AT ALL STAGES OF THEIR PROCESSING, STORAGE AND TRANSPORTATION, A MORE COMPLETE USE OF SECONDARY RESOURCES AND BY-PRODUCTS IN THE PRODUCTION**

Wastes of the procedure (process) of production of an industrial enterprise are the remains of raw materials, basic and auxiliary materials or semi-finished products and fuel that arise in the process of converting initial material and raw materials into finished products if they cannot be used for their intended purpose. Irrevocable are wastes that have completely lost their consumer properties and have no practical value. Recyclable waste is waste that retains fully or partially certain consumer quality characteristics, they can be disposed of, usefully used for the production process of an enterprise of any finished product and therefore retain a sales value, have a price, etc. In various branches of the procedure (process) of production of an industrial enterprise, a scientific and production association, a significant amount of waste material and raw materials and by-products is generated. So, about 10 (ten) million tons of blast-furnace slags are taken to dumps per year and about 2 (two) times more slags from the steel-smelting, ferroalloy production process. Thermal power plants of the country accumulate approximately 70 (seventy) million tons of pulverized ash and slag, which can be used in the cement production process, used as mineral additives, lightweight concrete aggregates and for other needs.

The struggle to reduce waste and rational use of by-products is of inestimable economic importance for the national economic system of the country, helps to reduce the material intensity of the production process and increase its economic efficiency, and ensures the production of additional finished products without increasing material and raw materials. For example, reducing the waste of finished rolled ferrous metals in mechanical engineering and metalworking by 1 % allows

additional production of about 160 thousand Daewoo Lanos per year, etc.

In pursuance of the decisions of the ruling government party structures, public, economic and other organizations of all forms of ownership, labor collectives, the dominant point of view (concept) has been adopted on strengthening work to save raw materials, fuel and energy, and other material resources. It provides an indication of the need to ensure a sharp reduction in waste and losses of raw materials and materials at all stages of their processing, storage and transportation, a more complete use in the production process of an industrial enterprise and the scientific association of secondary resources and by-products of finished products, etc. The introduction of the achievements of scientific and technical (innovative) progress is of paramount importance in the struggle to reduce waste and rational use of by-products. The more perfect the technique and technology, the more rational the design (shape, dimensions) of the manufactured finished product, the relatively less waste and losses in the production process, and as a result, the lower material intensity of the finished product and the higher the utilization rate of material and raw materials. In all sectors of the economy of the national economic system of the country, special attention is paid to the solution of the task set by the government party structures, public, economic and other organizations of all forms of ownership, labor collectives to widely introduce resource-saving equipment, low-waste and waste-free technology, and integrated processing of raw materials and materials. Significant reserves in the next cycle of economic development should be used through the use of progressive, high-quality raw materials and materials, for example, economical rolled profiles, improving product designs, improving storage facilities, storage and transportation of material, raw materials and fuel and energy resources. It is very important that the used raw materials, materials, fuel and the like be well prepared for subsequent processing; fully comply with the technology requirements in terms of their quality, shape, sections, dimensions, chemical composition and other indicators. In cases where the possibilities of waste reduction have been exhausted, it is important to ensure their maximum utilization, put them into action, for example, use them for the manufacture of secondary, non-core finished products or sell them where they can be useful, used for the production procedure of an enterprise in the desired country of finished products, etc. Large reserves can be mobilized through the recovery, reuse or reuse of raw materials and material resources, for example, spent foundry sands, motor oils, cleaning raw materials and materials, restored parts and assemblies that have served their useful life. This allows you to save a lot of material and raw materials, reduces labor costs for their production process, reduces transportation costs of an industrial enterprise, etc. Of great importance is the correct choice of the most rational, economically productive (effective) ways of waste disposal. It is irrational, for example, to use waste generated during logging, woodworking, trade, processing of agricultural finished products as fuel. Such wastes can serve as valuable raw materials for the production process of useful finished products.

*Аблєєва І. Ю., к. т. н., доцент, Березна І. О., Бережний Д. М.  
Сумський державний університет, м. Суми, Україна*

## **КОНТРОЛЬ ОСНОВНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ В УПРАВЛІННІ ЯКІСТЮ ТА ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ ДИГЕСТАТУ**

На сьогоднішній день найбільш доцільним способом переробки органічних відходів залишаються біогазові технології. Саме завдяки таким технологіям процес анаеробного зброджування (АЗ) можна контролювати через ряд факторів. Здійснюючи контроль основних технологічних параметрів, зокрема таких як: хімічний склад та концентрація речовин у завантажувальному субстраті; температура процесу зброджування; час перебування біомаси в метантенку; навантаження за органічною речовиною; режим завантаження; перемішування вмісту метантенка – можна управляти якістю побічного продукту метаногенезу – дигестатом.

Сам процес виробництва дигестату з подальшою переробкою та застосування його як добрива вимагає управління якістю та контролю протягом усього процесу АЗ. Управління якістю передбачає використання високоякісної сировини із застосуванням попередньої обробки окремих її видів. Основне правило при цьому полягає в тому, що якщо ефективне видалення забруднюючих речовин неможливо досягти ні шляхом попередньої обробки, ні за допомогою процесу анаеробного бродіння, відповідний матеріал не можна використовувати як сировину на біогазових установках, де дигестат планується використовувати як добриво [1].

Фазовий стан дигестату, тобто відношення вмісту твердої фази до рідкої одночасно обумовлюється, з одного боку, вартістю подальших операцій щодо переробки, зберігання чи транспортування, а з іншого – способами і засобами внесення таких продуктів у ґрунт. Дигестат найкраще застосовувати протягом вегетаційного періоду, коли він найкраще використовується сільськогосподарськими культурами. Натомість, виробництво дигестату – це безперервний процес і тому необхідна ємність для зберігання до тих пір, поки він буде вноситься під посіви в період вегетації. Дуже важливо забезпечити місця тимчасового зберігання дигестату від потрапляння дощової води та накрити сховища, оскільки це запобігає втратам поживних речовин і забрудненню через викиди амоніаку та залишкове виробництво метану.

Під час розроблення біогазового проекту доцільно розглянути можливість подальшого вигідного використання всіх технологічних продуктів, у тому числі дигестату. Варто звернути увагу на мінімізацію об'єму рідкої фракції дигестату, а також на планування цільового фізико-

хімічного складу дигестату. Попередження надмірного утворення рідкого дигестату можливе завдяки вибору технології бродіння (сухий тип бродіння замість мокрого), але доцільність використання певної технології залежить від типу субстрату. Аграрну сировину, як правило, перетравлюють шляхом вологого бродіння. Сухий тип варто використовувати для неоднорідних видів сировини з низьким вмістом води, особливо якщо така сировина містить механічні включення (харчові відходи, гній з підстилкою тощо).

Технологічне рішення також може включати максимальне перероблення рідкого дигестату в процесі, що стосується переважно субстратів з низьким початковим вмістом вологи. Якщо дигестат буде використовуватися як високоякісне органічне добриво з регламентованим складом, технологічний проект може передбачати підбір певної суміші сировини, при необхідності додавання макро- і мікроелементів.

Попередня обробка сировини включає три основні методи, спрямовані на попередню санітарну обробку, покращення засвоюваності та розділення рідини та твердої речовини [2]. Подальшу обробку проводять окремо для твердої та рідкої фракцій дигестату за допомогою низки методів. У деяких випадках також необхідна попередня обробка, коли сировина складається з фізичних домішок, таких як необроблена солома, легко плаваючі або осаджуючі матеріали. Якщо можливо, можна продовжити простий скринінг. В іншому випадку, краще уникнути забруднення субстрату шляхом зовнішнього контролю або виключити його використання на біогазовій установці.

Вибір вихідної сировини та виключення матеріалів з високим ризиком біологічного забруднення є життєво важливими заходами контролю якості дигестату. Для деяких конкретних типів сировини може знадобитися етап попередньої санації перед додаванням у біогазовий реактор і змішуванням з рештою біомаси. Попередня санація лише зазначеної сировини дозволяє уникнути забруднення всієї сировинної суміші та заощаджує додаткові витрати, пов'язані з пастеризацією всього об'єму реактора.

Контроль процесу АЗ відбувається через регулювання часу перебування вихідної сировини у реакторі (час утримування) при постійній температурі процесу, який впливає на якість дигестату. У біогазовому реакторі безперервного потоку з перемішуванням можливо, що фракції сировини (і домішки, що містяться в них) знайдуть короткий шлях через біогазовий реактор. Уникають короткого періоду в біогазовому реакторі періодичної дії, а також там, де сировина утримується в партії перед зварюванням при необхідній температурі протягом необхідного часу.

Процес АЗ має перш за все санітарний ефект, завдяки якому він здатний інактивувати більшість патогенів, присутніх у сировинній суміші всередині метантенку чи ферментатора. Знищення патогенів є головним результатом комбінованого впливу технологічних температур (термофільних або мезофільних) і часу утримання сировини у метантенку. Чим вища

температура та довший час утримування, тим вищий ефект інактивації/знищення патогенів (табл. 1).

Таблиця 1

**Порівняння часу знищення 90% патогенів для деяких патогенних бактерій у системі АЗ та в системі необробленої суспензії**

Бактерії	АЗ система		Система необробленої суспензії	
	53 °С години	35 °С дні	18-21 °С тижні	6-15 °С тижні
<i>Salmonella typhimurium</i>	0.7	2.4	2.0	5.9
<i>Salmonella dublin</i>	0.6	2.1	-	-
<i>Escherichiacoli</i>	0.4	1.8	2.0	8.8
<i>Staphylococcus aureus</i>	0.5	0.9	0.9	7.1
<i>Mycobacterium paratuberculosis</i>	0.7	6.0	-	-
<i>Coliform bacteria</i>	-	3.1	2.1	9.3
<i>Group D Streptococci</i>	-	7.1	5.7	21.4
<i>Streptococcus faecalis</i>	1.0	2.0	-	-

Хоча комбінація температур процесу та часу утримування є найважливішим фактором санітарії патогенних організмів, інактивація патогенів є більш складною і відбувається внаслідок їх комбінованого впливу з іншими параметрами процесу, такими як рН, окисно-відновний потенціал і концентрація NH<sub>3</sub> у метантенку. З цієї причини важливо оптимізувати й уважно стежити за процесом АЗ та параметрами процесу.

Контроль за процесом АЗ безпосередньо впливає на стабільність утвореного дигестату. Незбалансований процес АЗ може призвести до накопичення вищих кислот із подальшим падінням рН нижче 6. У цьому випадку дигестат не стабілізується і не може бути ефективно оброблений або внесений як добриво. Балансування процесу АЗ зазвичай відбувається шляхом контролю технологічних режимів та/або додавання певних додаткових хімічних речовин та/або мікроелементів.

Таким чином, виробництво та переробка дигестату як добрива вимагає управління якістю та контролю якості протягом усього циклу АЗ від виробництва сировини до остаточної утилізації дигестату. Управління якістю передбачає використання високоякісної сировини, попередню обробку окремих видів сировини, ретельний контроль процесу АЗ та параметрів процесу, що впливають на якість дигестату, переробку дигестату, декларування та оптимальне зберігання та застосування як добрива.

**Використані інформаційні джерела:**

1. Сергієнко С. А. та інші. Застосування графічного середовища LabView у моделюванні біотехнологічних процесів. Вісник КрНУ імені М. Остроградського. 2018 (6). С. 86–94.
2. Digestate as fertilizer. German Biogas Association. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. November 2018.

*Адаменко Я. О., д.т.н., Чуна В. М.*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
м. Івано-Франківськ, Україна*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ РІВНІВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ ПРОМИСЛОВОЇ ЧАСТОТИ В ЗОНІ ВПЛИВУ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА**

Електромагнітне забруднення територій населених пунктів і промислових підприємств із розвиненими мережами електротранспорту та засобів бездротового зв'язку, високою щільністю житлової та промислової забудови стає дедалі вагомішим фактором негативного впливу на людей та екосистему в цілому. При цьому персонал підприємств з великою кількістю електричного та електронного обладнання зазнає додаткового впливу цього фізичного фактору.

Системи розподілу електроенергії, внутрішньо будинкові мережі електроживлення (крім споруд, побудованих за останні кілька років) не пристосовані до живлення нелінійних електроспоживачів. Наслідком цього є те, що сучасні імпульсні джерела живлення з малим енергоспоживанням, енергозаощаджувальні освітлювальні прилади генерують у силових енергомережах некомпенсовані електроструми частотою 150 Гц і більше, кратні трьом (гармоніки промислової частоти 50 Гц) та інтергармоніки (25, 12,5 Гц), які створюють магнітні поля гігієнічно значущих рівнів. Джерелами електричних та магнітних полів ненормативних рівнів є повітряні лінії електропередачі з великими строками експлуатації через забруднення та зношеність гірлянд ізоляторів, надмірне провисання дротів, коронування на опорах тощо.

Попередні дослідження довели, що зниження електромагнітного навантаження на довкілля можливе тільки на комплексній основі зі створенням відповідних баз даних [1-3] та урахуванням економічних чинників.

Найбільш дієвими засобами зниження електромагнітних впливів на працюючих є перехід на підземні лінії електропередачі (особливо на підприємствах з великими енерговитратами).

Метою наших досліджень є визначення рівня екологічної безпеки електромагнітного забруднення населених пунктів навколо промислових підприємств.

Об'єкт дослідження – населені пункти (Ямниця та Клузів), які межують із промисловим підприємством (ПрАТ «Івано-Франківськцемент»). Предмет дослідження – низькочастотне електромагнітне випромінювання від промислових та побутових джерел.



Дослідження електромагнітного поля проводились за допомогою 3D низькочастотного аналізатора з реєстратором даних NFA-400. Усі дослідження були здійснені в рамках міжнародного проекту HUSKROUA/1702/6.1/0022 «Regional Center for Training and Monitoring of the Environmental impact of Electrical installations CRIMIGE» [4].

Початковим етапом дослідження електромагнітного поля промислової частоти на території населених пунктів було визначення об'єктів, що випромінюють електромагнітне поле, такими можуть бути: як лінії електропередачі, кабельні лінії та енергетичні підстанції різних підприємств, одна з таких знаходиться на території ПрАТ «Івано Франківськцемент».

Дослідивши карту розміщення об'єктів, які могли б впливати на здоров'я населення, було прокладено маршрут за яким проводилися заміри. Для проведення маршрутного вимірювання рівнів електромагнітного випромінювання, прилад NFA-400 ми синхронізували з смартфоном. Для цього на смартфон необхідно завантажити програмне забезпечення: «GPS-трекер».

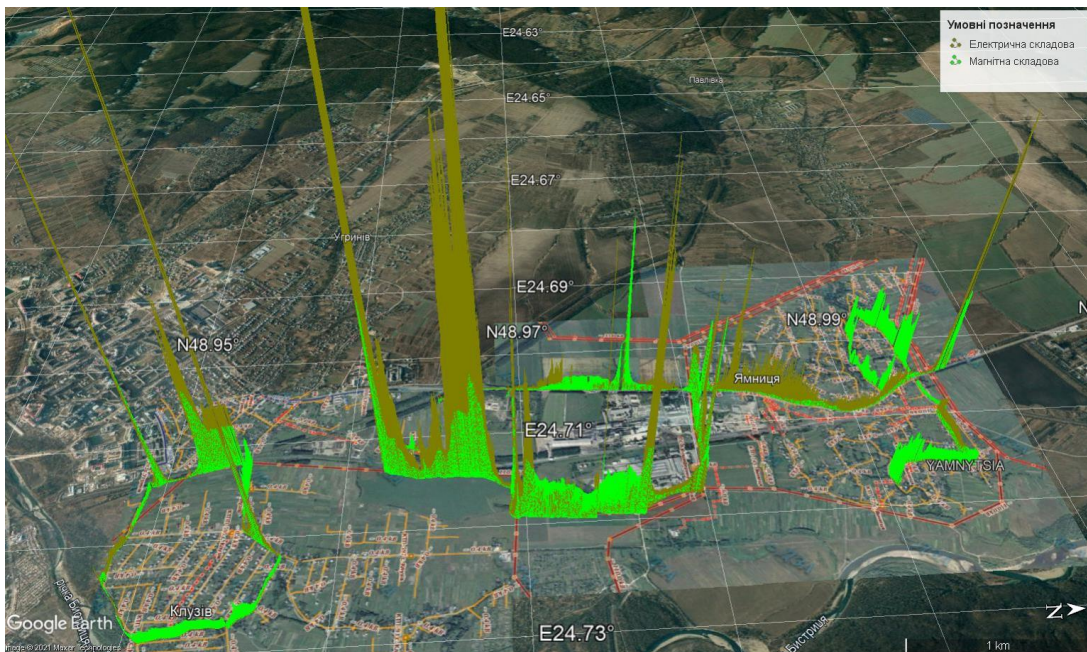
За час польових вимірювань було здійснено три маршрути, за якими було проведено заміри електромагнітного випромінювання. На кожному з яких можна виділити мінімальне, максимальне і середнє значення напруженості магнітної та електричної складової електромагнітного поля.

За результатами вимірювань рівнів напруженості електромагнітного випромінювання у с. Клузів було одержано, що максимальнє значення напруженості магнітної складової частотою 50/60 Гц – 1167, 30 нТл, середнє – 71,70 нТл. Максимальнє значення напруженості електричної складової становить 3287,90 В/м, середнє – 73,04 В/м. На території с. Ямниця максимальнє значення напруженості магнітної складової частотою 50/60 Гц – 1443,20 нТл, середнє – 94,97 нТл. Максимальнє значення напруженості електричної складової становить 2050,70 В/м, середнє – 38,58 В/м. При вимірах електромагнітного поля навколо ПрАТ «Івано-Франківськцемент» максимальнє значення напруженості магнітної складової частотою 50/60 Гц – 1485,00 нТл, середнє – 270,77 нТл. Максимальнє значення електричної складової становить 3580,60 В/м, середнє – 340,05 В/м.

На рисунку подано узагальнену карту поширення електромагнітного поля промислової частоти на досліджуваній території.

Отже, дослідження електромагнітного поля в на території сіл Клузів, Ямниця та поблизу території ПрАТ «Івано-Франківськцемент» проводились за допомогою 3D низькочастотного аналізатора з реєстратором даних NFA-400. Максимальні значення рівнів напруженості електромагнітного поля були зафіксовані поблизу території ПрАТ «Івано-Франківськцемент». Проте жодні максимальні значення напруженості електричного поля на

території зони житлової забудови не перевищують гранично-допустимих рівнів за ДСанПіН-239 [5].



**Рис. Розподіл електромагнітного випромінювання на території сіл Клузів, Ямниця та поблизу території ПрАТ «Івано-Франківськцемент»**

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

1. Кундельська Т. В., Дзудзило К. М. Дослідження електромагнітного забруднення в межах урбосистеми Івано-Франківської МТГ (на прикладі мікрорайону Пасічна та с. Вовчинець). Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. 2(24), 2021. С.54-63. <http://surl.li/bzfhha>

2. Мердех І. І. Управління соціальною складовою екологічної безпеки міських агломерацій в умовах електромагнітного випромінювання (на прикладі м. Івано-Франківська) : автореф. дис. на здобуття наук. ступ. канд. техн. наук: 21.06.01. Івано-Франківськ, 2017. 24 с.

3. Глива В. А., Ніколаєв К. Д., Колумбет В. П., Левченко Л. О. Методологія дослідження низькочастотних електромагнітних полів в умовах сталого розвитку технологій // Системи управління, навігації та зв'язку. 2017. Вип. 6. С. 219–223. - URL: <http://surl.li/bzfgw>

4. Проект «Регіональний центр навчання та моніторингу впливу електроустановок на навколишнє середовище» – URL: <http://surl.li/bzfgp>

5. Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань, затверджені наказом МОЗ України від 01.08.1996 №239. – режим доступу: <http://surl.li/bzfgu>

*Андрєєв С. М., к.т.н., Прийма А. С., студент  
Харківський національний аерокосмічний університет  
ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», Україна*

## **ВИКОРИСТАННЯ ДАНИХ ДЗЗ ДЛЯ ПОБУДОВИ ЕКОЛОГІЧНИХ КАРТОГРАФІЧНИХ МОДЕЛЕЙ ПОВІТРЯ НА ПРИКЛАДІ МІСТА МАРІУПОЛЬ**

На даний момент екологічна ситуація в Україні наближається до кризової – країна з кожним роком посідає все вищі щаблі в світових анти-рейтингах забрудненості атмосферного повітря чи загальної екологічної ситуації.

Щороку жителі великих міст і промислових центрів потерпають від смогу, збільшується відсоток захворюваності і, як наслідок, смертності від хвороб, спричинених екологічними факторами.

Одним із таких промислових центрів є м. Маріуполь в Донецькій області. Місто характеризується як один із центрів важкої промисловості України, спеціалізується на металургії, машино- і суднобудуванні, має свій морський торговельний порт. Внаслідок роботи підприємств за останні десятиліття місто посідало перше місце за забрудненістю атмосферного повітря в країні. Через відсутність державного контролю на належному рівні підприємства часто нехтують законодавством щодо поводження з відходами виробництва та контролю за викидами шкідливих речовин в атмосферу.

В атмосферному повітрі на території міста переважає концентрація оксидів сірки, азоту та вуглецю. Також в місті існує суттєва проблема – високий рівень забруднення дрібнодисперсними частинками, що завдає найбільшої шкоди здоров'ю населення міста.

На сьогодні стрімкими темпами розвивається сфера ДЗЗ [1] – дані з супутників оснащені новітніми технологіями збору та передачі даних належної якості й дозволяють оперативно отримувати різноманітну інформацію про стан земної поверхні і атмосфери. У вільному доступі знаходяться ГІС, що надають дані, отримані з засобів ДЗЗ [2].

Сучасні джерела ДЗЗ дозволяють проводити оперативний моніторинг якості атмосферного повітря. Отриману інформацію можна у короткі строки візуалізувати за допомогою різноманітного програмного забезпечення, що спеціалізоване для обробки геопросторових даних у вигляді картографічних моделей.

У даній роботі було створено екологічні картографічні моделі [3] концентрації оксидів сірки, вуглецю і азоту, а також концентрації дрібнодисперсних частинок в повітрі на території м. Маріуполь на основі

даних ДЗЗ і інформації, отриманої з ГІС реального часу, що знаходяться у вільному доступі.

Роботу виконано у програмному забезпеченні ArcGIS Desktop 10.5 студентської версії [4], що містить велику кількість інструментів для здійснення геопросторового моделювання.

За картографічну основу території, що досліджується, було взято супутникові знімки з супутника місії Sentinel 2. Нами побудовано картографічну модель зонування території міста (рис. 1), спираючись на атлас дешифрувальних ознак об'єктів, зображення яких отримано із засобів ДЗЗ.

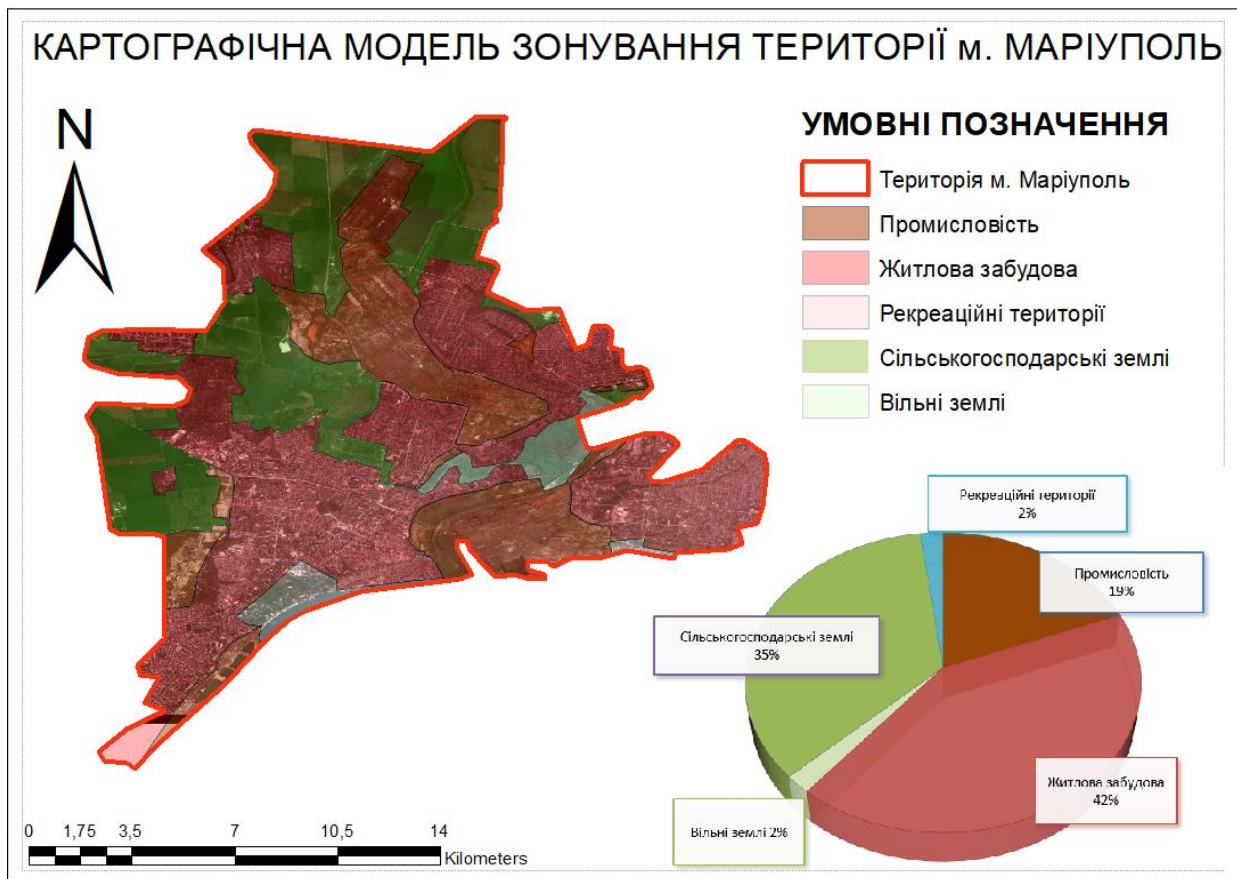


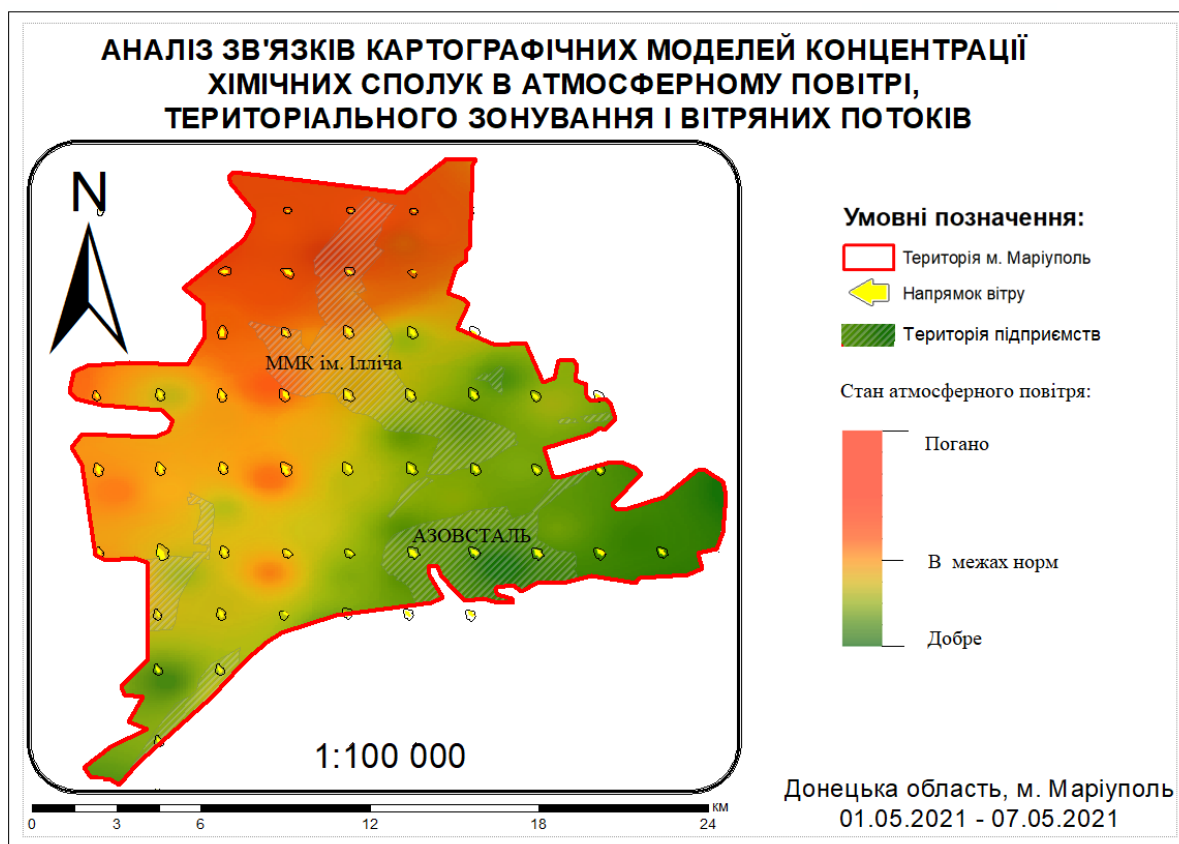
Рис. 1. Картографічна модель зонування території м. Маріуполь

За допомогою методів математичного моделювання було визначено, що сила і напрям вітру спричиняють перенесення мас шкідливих речовин у повітрі. Для подальшого дослідження було створено картографічну модель вітряних потоків на території м. Маріуполь за той проміжок часу, на період якого буде створено картографічні моделі концентрації шкідливих речовин у повітрі.

Картографічні моделі концентрації в повітрі оксидів сірки, вуглецю, азоту а також дрібнодисперсних частинок фракції PM 2,5 було об'єднано в одну модель, після чого поєднано із картою вітряних потоків. Результат



побудови екологічної картографічної моделі забруднення повітря на прикладі м. Маріуполь представлено на рисунку 2.



**Рис. 2. Екологічна картографічна модель забруднення повітря  
на прикладі м. Маріуполь**

На основі створених картографічних моделей концентрації хімічних сполук в атмосферному повітрі було визначено, що загальний стан якості повітря на території міста є критичним і ситуація потребує щонайскорішого вирішення.

Проаналізувавши створені картографічні моделі, було виявлено, що концентрація забруднюючих хімічних сполук напряму залежить від інфраструктури підприємств важкої промисловості, які є основними джерелами забруднення, а також від напрямку і сили вітру на території міста.

Побудована екологічна модель забруднення повітря дозволяє проведення оперативного моніторингу стану навколишнього середовища і сприяє підтримці прийняття рішень на основі візуалізації геоданих. Розроблена методика дозволяє створювати екологічні картографічні моделі для різних територій на основі засобів ДЗЗ.

### **Використані інформаційні джерела:**

1. *Геоінформаційні системи. Вступний курс : навч. посіб. / А.Д. Тевяшев, В.П. Ткаченко, М.І. Губа та ін. – Х. : ХНУРЕ, 2017. – 392 с. – ISBN 966-659-238-8;*
2. *Research Methods in Geography: A Critical Introduction / V. Gomez, J.P. Jones (Eds.). – Blackwell Publishing, 2010. – 459 p;*
3. *Earth Science Reference Handbook. A Guide to NASA's Earth Science Program and Earth Observing Satellite Missions* Архивная копия от 15 апреля 2010 на Wayback Machine // NASA, 2006. Page 31, «Key EOSDIS Science Data Product Terminology».
4. *ArcGIS 10.2 Delivers Transformational Capabilities: Latest Release of ArcGIS Includes New Online Analysis Tools, Live Data Integration, and Enhanced Business Intelligence" (Press release). Esri. 2013-07-30;*
5. *Застосування геоінформаційних технологій для побудови картографічних моделей небезпечних метеорологічних явищ. Системи управління, навігації та зв'язку. збірн. науков. праць / С.М. Андрєєв, С. І. Горелик, А.С. Нечаусов, Д. Сауль-Гоце. – Полтава : ПНТУ, 2022. – Т. 1 (67). – С. 4.*

<sup>1</sup>*Афанасьєв В. В., к. т. н.,* <sup>2</sup>*Андрєєв С. М., к.т.н.,* <sup>3</sup>*Афанасьєв Ю. В.,*  
<sup>1</sup>*Литвинчук Д. В.,* <sup>1</sup>*Сургай В. М.*

<sup>1</sup>*Харківський національний університет Повітряних Сил*  
*ім. І. Кожедуба, Харків, Україна,*

<sup>2</sup>*Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ»,*  
*Харків, Україна,*

<sup>3</sup>*Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна*

## **МЕТОД СИНТЕЗУ СИСТЕМИ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ НА ОСНОВІ БАГАТОПОЗИЦІЙНОЇ СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖІ**

Дослідження питань функціонування системи екологічної безпеки свідчить про її ефективність за умови постійного моніторингу навколишнього середовища та прогнозування надзвичайних ситуацій. Розвиток сучасних технологій дозволяє реалізовувати комплексні рішення на основі побудови багаторівневих систем моніторингу і контролю стану довкілля. Такий підхід дозволяє реалізовувати відповідні програми досліджень екології на регіональному, державному та міжнародному рівнях. Оцінювання стану довкілля здійснюється на основі даних систем моніторингу наземного, морського (річкового), повітряного, космічного базування. Комплексна оцінка рівня екологічної безпеки можлива за рахунок синтезу систем екологічного моніторингу [1].

У роботі [2] авторами запропоновано синтез системи мобільного екологічного моніторингу з використанням аерокосмічних технологій та визначено перелік необхідних підсистем. Аналіз такого підходу свідчить про необхідність реалізації певних вимог до відповідних підсистем, що обумовлено можливими змінами функціонального стану системи моніторингу, наприклад безпосередньо під час виникнення надзвичайних ситуацій. До таких вимог відносяться: своєчасність збору та передачі даних у відповідності до конкретних просторово-часових меж; система повинна мати властивості автономності та енергоефективності; застосування ГІС – технологій необхідно здійснювати з урахуванням вимог щодо використання повітряного простору засобами моніторингу та ін.

Одними з перспективних технологій, які досліджуються та впроваджуються в різні сфери діяльності, є технології Інтернету речей (IoT), міжмашинної взаємодії (M2M). Основою їх реалізації є комплексне застосування різноманітних сенсорів, безпроводових технологій передачі даних, безпілотних літальних апаратів [3]. Вирішення задачі позиціонування стаціонарних та рухомих об'єктів здійснюється як за допомогою супутникових навігаційних систем, так і методів локалізації об'єктів в IoT-системах [4]. Таким чином, показано, що актуальним є

дослідження питання розвитку системи екологічного моніторингу на основі синтезу сучасних технологій в концепціях IoT, M2M.

Метою роботи є дослідження елементів системи екологічного моніторингу на основі впровадження інфокомунікаційних технологій у концепції IoT (M2M).

Одним із напрямів ефективного реагування у випадках надзвичайних ситуацій є своєчасне виявлення факторів, які обумовлюють їх виникнення. В роботі представлено результати експериментального дослідження структурних елементів системи екологічного моніторингу на основі багатопозиційної сенсорної системи в концепції IoT (рис. 1). Так, одними з особливих умов виникнення надзвичайних ситуацій є умови ведення бойових дій. У цих умовах має місце порушення функціонування елементів системи реагування на надзвичайні ситуації, наприклад, порушення системи станціонарних засобів моніторингу, порушення системи обміну даними в мережі, порушення системи оповіщення, тощо, що приводить до деградації системи моніторингу.

У роботі запропоновано створення багатопозиційної сенсорної мережі, яка забезпечує реалізацію функцій моніторингу, позиціонування на основі сучасних систем безпроводового зв'язку. Враховуючи задачі, вирішення яких необхідно забезпечити в умовах обмеженого функціонування існуючої системи, а саме: оперативність розгортання, автономність, економічність, дальність дії, функціонування в умовах забудов, застосовано наступні вимоги до системи.

- система датчиків (сенсорів) повинна визначати задані фізичні параметри стану повітря тривалий час, що необхідно реалізувати шляхом застосування низькоенерговитратних елементів і технологій;

- сенсори об'єднані в єдину систему, яка може функціонувати в умовах її деградації, що можливо за рахунок застосування mesh-технологій;

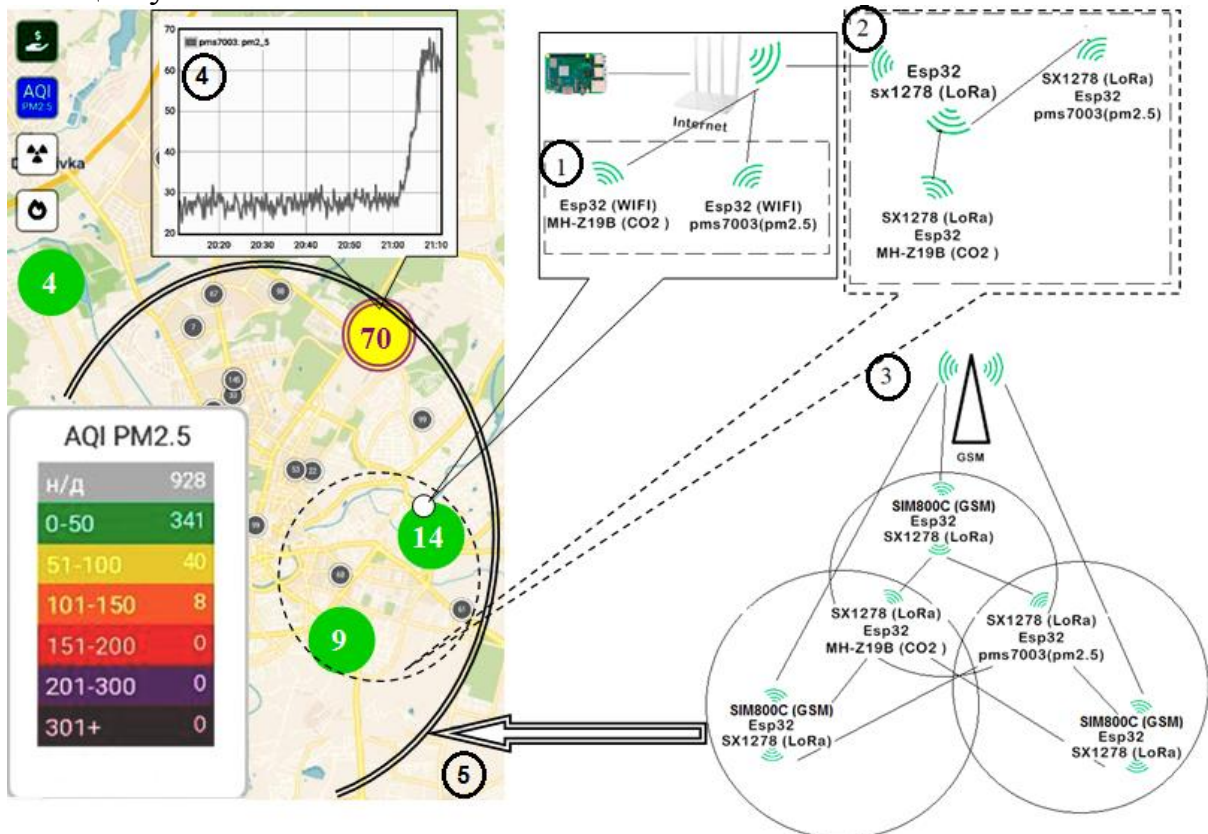
- система повинна функціонувати в умовах наявності забудов. Таку функцію запропоновано реалізувати за рахунок застосування безпроводових технологій дальньої дії (Long Range – LoRa);

- система повинна забезпечувати функціонування на великій території. Характер рельєфу місцевості, розташування населених пунктів є основою для визначення топології сенсорної мережі;

- дальність дій безпроводових технологій зв'язку залежить від типу технологій, а також умов їх реалізації, а саме штучних перешкод: будівель, дерев (посадок, лісів). Врахування даних факторів можливо здійснювати на основі застосування ГІС-технологій. Обмеженнями на даний час є відсутність математичних моделей для розрахунку робочих зон безпроводових систем зв'язку в умовах складної інфраструктури. На даний час цей напрямок реалізується шляхом проведення експериментальних досліджень. Реалізація багатопозиційної сенсорної системи моніторингу на складних об'єктах, таких як аеропорти, промислові підприємства, об'єкти



критичної інфраструктури тощо ускладнюється великим масштабом проведення експериментальних досліджень. Тому з метою збору статистичних даних конкретних об'єктів для формування відповідних моделей доцільно сумісно з сенсорами застосовувати засоби позиціонування. На відкритій місцевості до таких засобів відносяться GNSS. В умовах наявності штучних перешкод має місце фактор багатонаправленості розповсюдження сигналів, що знижує точність позиціонування.



**Рис. 1. Схема моніторингу на основі багатопозиційної сенсорної мережі**

Таким чином, із урахуванням вимог, що висунуто до системи екологічного моніторингу, її побудову запропоновано виконати на основі синтезу мережі різнорідних сенсорів моніторингу, безпроводових технологій обміну даними, комплексу топологій побудови мережі. На рисунку 1 наведено варіанти масштабування системи та результати експериментальних досліджень. Так, на схемі 1 представлено варіант передачі даних у локальній мережі за допомогою Wi-Fi. Передачу здійснюють два пристрої, які представляють собою поєднання датчика (сенсора) та мікроконтролера. Один пристрій передає значення концентрації CO<sub>2</sub>, а інший концентрацію часток у повітрі pm2.5. Дані передаються на сервер в якості якого виступає мікрокомп'ютер Raspberry Pi 4. На схемі 2 показано збір даних за допомогою технології LoRa. Дані збираються локально на сервер через проміжний вузол, на якому встановлено радіомодуль SX1278. На пристроях, які збирають дані з датчиків CO<sub>2</sub> та

часток, встановлюється радіомодуль SX1278. На схемі 3 зображено варіант збору даних із датчиків за допомогою технології LoRa та трьох шлюзів, які передають інформацію далі по каналу GSM. Особливостями даного варіанту схеми моніторингу є використання вузлів LoRa в якості засобів передачі та ретрансляції даних, а можливість одночасного прийому даних від декількох шлюзів дозволяє фіксувати час прибуття сигналу на сервері та (за умови розробки та застосування спеціального програмного забезпечення) визначити координати пристрою. Також, завдяки тому, що одночасно приймається інформація декількома шлюзами, то покращується відмовостійкість системи в прийомі інформації з датчиків. На схемі 4 наведено результати експериментальних досліджень параметрів атмосфери. За результатами моніторингу зафіксовано перевищення кількості часток  $pm_{2.5}$  (70), що було зафіксовано датчиком  $pm_{s7003}$ . Дані багатопозиційної системи моніторингу можуть бути одним із джерел для формування карти забруднення повітря в Україні, елемент якої представлено на схемі 5 (<https://www.saveecobot.com>).

Результати експериментальних досліджень підтвердили функціональність системи, що запропонована. При застосуванні пілотованої та безпілотної авіації для задач моніторингу можливі обмеження на повне або часткове функціонування засобів навігації та спостереження (CNS/ATM) в умовах виникнення надзвичайних ситуацій. Тому окремим напрямком дослідження також є пошук та обґрунтування нових методів позиціонування на основі сучасних інфокомунікаційних технологій в системах моніторингу.

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

1. *Машков О. А., Жукаускас С. В., Нігородова С. А. Прогнозування надзвичайних ситуацій щодо зменшення екологічних загроз та оцінювання ризиків з використанням аерокосмічних технологій. Екологічні науки. 2019. №4(27). 201–205.*

2. *Машков О. А., Фролов В. Ф., Жукаускас С. В., Нігородова С. А. Системне застосування методів дистанційного моніторингу екологічного та технічного стану водних техноекосистем / Екологічні науки: науково-практичний журнал / К.: ДЕА, 2019. № 2(25), 2019, С. 28–39.*

3. *Huang-Chen Lee, Kai-Hsiang Ke, Monitoring of Large-Area IoT Sensors Using a LoRa Wireless Mesh Network System: Design and Evaluation. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement. 2018. Vol. 67, No. 9, P. 2177–2167.*

4. *Ni Ni San Hlaing, Ma Naing, San San Naing. GPS and GSM Based Vehicle tracking system. International Journal of Trend in Scientific Research and Development. 2019. Vol. 2. No. 4. P. 271–275.*

<sup>1</sup>*Батажок О.В., магістрант, <sup>2</sup>Мазур Т.Г., к.вет. н., доцент*

<sup>1</sup>*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», кафедра електронних пристроїв та систем, Київ, Україна*

<sup>2</sup>*Білоцерківський національний аграрний університет, кафедри загальної екології та ектофології, Біла Церква, Україна*

## **МОДИФІКАЦІЯ ПРИПЛИВНО-ВИТЯЖНОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ З МЕТОЮ ЕКОЛОГІЧНОГО ОЩАДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОРЕСУРСІВ ТА ЗМЕНШЕННЯ ТЕПЛОВИТРАТ**

**Abstract.** Today, the state of the energy market brings to the fore the use of economic equipment, the reuse of spent energy. In the ventilation system, the use of secondary thermal energy resources can reduce operating costs. The need to save energy is more relevant than ever, so carrying out the ventilation project, it is necessary, first of all, to think about how you can reduce the cost of equipment operation. In ventilation, climate and refrigeration equipment, in the world of information technology, in heating and household appliances, in the industry of industrial automation or cars, in the field of telecommunications – wherever fan or drive technology «works», there is also room for saving electricity.

Економія енергоресурсів та зменшення тепловитрат є основним напрямком енергоощадності в Україні та світі. Завдяки припливно-витяжним системам вентиляції ми отримуємо свіже повітря в приміщення, в яких перебуваємо впродовж дня. Під енергоощадністю розуміється комплекс заходів, спрямованих на зменшення теплової та електроенергії, споживаної будівлями, що необхідно для підтримки необхідних параметрів мікроклімату в приміщеннях, із відповідним техніко-економічним обґрунтуванням впроваджених заходів і забезпеченням безпеки. Ці системи мають значні енергозатрати, але це можна вирішити заміною необхідного обладнання.

Припливно-витяжна система вентиляції – це комплекс обладнання, що забезпечує приплив чистого повітря в приміщення і відведення з нього відпрацьованих шкідливих газів і випарів. Основною особливістю є поєднання цих функцій. Найефективнішою вважається припливно-витяжна вентиляція для будівлі площею від 100 м<sup>2</sup>, оскільки в цьому випадку її потужності задіюються повністю. Також системи цього типу затребувані на об'єктах промислового, торгового, комерційного призначення, на підприємствах сфери послуг і в офісних будівлях. Комплекс обладнання підбирається з розрахунку площі всіх приміщень, легко розміщується як на етапі будівництва, так і після його завершення.

Припливно-витяжна система вентиляції з рекуперацією тепла – оптимальне рішення для об’єктів замиського домобудівництва. Завдяки додатковим компонентам, що отримується в ході роботи техніки енергія може перенаправлятися на обігрів будівлі. Сумарна економія становить до 90%. Устаткування для теплообміну, якою забезпечена рекупераційна припливно-витяжна система, забезпечує підвищення загальної енергоефективності об’єкта, скорочує витрати на його утримання.

Перевагами припливно-витяжної системи є забезпечення безперервного повітрообміну; очищення і нагрівання повітря в приміщенні; додаткове зволоження через випаровування конденсату; регулювання теплообміну, запобігання поширенню неприємних запахів, пара, вологи.

Припливно-витяжні системи з рекуперацією підійдуть особливо для людей, які страждають на алергічні захворювання і охочими економити на споживанні енергоресурсів. Завдяки рециркуляції (нагрів або охолодження) підготовленого повітря взимку можна обійтися без електрообігрівача, а влітку – без кондиціонера.

Заміна старих вентиляторів із асинхронним двигуном на сучасні з електрокомутованим, дозволяє зекономити велику кількість електроенергії. Електрокомутовані двигуни забезпечують зниження до 30% витрати електричної енергії порівняно зі звичайними асинхронними двигунами, які комплектуються з вентиляторам. Також це дозволить підвищити ККД (до 90%) та зменшити тепловтрати.

Для визначення кількості зекономленої електроенергії можна використовувати формулу:

$$\Delta W = \frac{h \cdot Q \cdot t \cdot (\eta_2 - \eta_1)}{102 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_e \cdot \eta_c}, \quad (1)$$

де  $\eta_1$  – ККД старого вентилятора,  $\eta_2$  – ККД нового вентилятора;  $\eta_e, \eta_c$  – ККД електродвигуна й мережі відповідно;  $t$  – час роботи вентилятора з підвищеним ККД.

Споживання потужності асинхронних вентиляторів і електрокомутованих наведені в таблиці 1.

*Таблиця 1*

**Споживання потужності за різних способів регулювання**

Двигун	Об’ємні витрати, м <sup>3</sup> /с	Потужність, Вт
Звичайний асинхронний	11 000	1200
Сучасний комутований	11 000	550

Вентилятор із електрокомутованим двигуном сам по собі має дуже високу ефективність на будь-якій швидкості. По даним таблиці 1 видно, що при однакових об’ємних витратах потужність, яка потрібна для стабільної роботи двигуна, відрізняється на 118%. Отже, за номінальної частоти обертання ці двигуни забезпечують економію енергії більше ніж на 10%. У

випадку плавного регулювання швидкості обертання, абсолютна і відносна економія набагато вища. У порівнянні, звичайний фазовий асинхронний двигун з контролем швидкості потребує вдвічі більше енергії. Також ці двигуни матимуть інші позитивні якості, які відобразяться за їх використання.

Принциповою умовою підвищення енергоефективності є створення такої законодавчої і нормативної бази вимог до енергоспоживаючих технологій, машин та устаткування, яка зробила б неможливою експлуатацію в країні енергетично неефективних технологій, машин та устаткування, що не відповідають світовому рівню. За розробки такої правової бази необхідно враховувати існуючий стан економіки країни та велику інерційність оновлення основних фондів.

Необхідно забезпечити неможливість розвитку окремих підприємств за рахунок впровадження енергетично неефективних, застарілих технологій та устаткування, а також продаж населенню побутової техніки з низькою ефективністю використання енергоресурсів.

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

1. Акінішина О. В., Третьякова Л. І., Антоненко О. М. *Енергоаудит у системі енергоменеджменту підприємства // Вісник НУ «Львівська політехніка». Логістика. 2012. №735. С. 4–11.*

2. ДСТУ Б А.2.2-12:2015 **ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ БУДІВЕЛЬ. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні.** К. : Мінрегіон України, 2015.

3. *Енергоефективність та енергозбереження: економічний, техніко-технологічний та екологічний аспекти: колективна монографія. Кол. авторів; за заг. ред. П. М. Макаренка, О. В. Калініченка, В. І. Аранчій. Полтава : ПП «Астрая». 2019. 603 с.*

*Безроднова О. В., к. б. н., НПП «Слобожанський», Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, м. Харків, Україна*

## **ЗАГРОЗИ ІСНУВАННЮ БІОТОПІВ З РЕЗОЛЮЦІЇ №4 БЕРНСЬКОЇ КОНВЕНЦІЇ НА ТЕРИТОРІЇ НПП «СЛОБОЖАНСЬКИЙ»**

Національний природний парк «Слобожанський» (далі – Парк) знаходиться у північно-західній частині Харківської області. У межах його території переважають за площею біотопи деревного типу, деревостани більшість з яких є штучно створеними. Разом із тим, у межах Парку наявні біотопи, що мають високу екологічну цінність і повинні охоронятися згідно до Резолюції №4 Бернської конвенції:

1. Мокрі або вологі високотравні та папоротеві узлісся і луки (E5.4).
2. Понтично-сарматські листопадні чагарникові зарості (F3.247).
3. Березові ліси зі сфагновими мохами (G1.51).
4. Термофільні листопадні ліси (G1.7).
5. Сарматські ліси степової зони з *Pinus sylvestris* (G3.4232).
6. Заплавні періодично мокрі ліси з домінуванням *Alnus* або *Fraxinus* (G1.21).

Для цих біотопів нами встановлено ступінь репрезентативності й збереженості (таблиця). Як зазначено у Національному каталозі біотопів України [1], ступінь репрезентативності є мірилом того, наскільки певний тип біотопу є типовим. Це особливо важливо щодо співвідношення типів біотопів з переліку із типами біотопів Резолюції №4 Бернської конвенції відповідно до їхньої характеристики в тлумачних посібниках, які можна вважати еталоном типовості. Репрезентативність оцінювалася за трьома категоріями; А – найвища репрезентативність, В – висока репрезентативність, С – значна репрезентативність. Ступінь збереженості включає три складових – ступінь збереженості структури (І – найвищий, ІІ – високий, ІІІ – середній або частково деградована структура), ступінь збереженості функції або здатність зберігати структуру в майбутньому (І – найкращі перспективи, ІІ – хороші перспективи, ІІІ – середні або погані перспективи) і можливість відновлення (І – відновити легко, ІІ – відновити можливо помірними зусиллями, ІІІ – відновити важко або неможливо).

Ступінь збереженості є інтегральною оцінкою цих трьох складових: А – найвищий ступінь збереженості (найвища ступінь збереженості структури незалежно від результатів оцінки інших двох складових або високий ступінь збереженості структури і найкращі перспективи збереження незалежно від результатів оцінки третьої складової); В – високий ступінь збереженості (високий ступінь збереженості структури і хороші перспективи незалежно від результатів оцінки третьої складової; або

високий ступінь збереженості структури, середні або погані перспективи, легке або можливе помірними зусиллями відновлення; або середня або частково деградована структура, найкращі перспективи, легке або можливе помірними зусиллями відновлення; або середня або частково деградована структура, хороші перспективи і легке відновлення), С – середній або низький ступінь збереженості (усі інші комбінації).

Таблиця

**Ступінь репрезентативності і збереженості біотопів із  
Резолюції №4 Бернської конвенції та загрози існуванню**

Назва оселища	Репрезентативність	Ступінь збереженості	Загрози існуванню
Мокрі або вологі високотравні та папоротеві узлісся і луки	А	В	Осушувальна меліорація, інвазії чужорідних видів, розорювання
Понтично-сарматські листопадні чагарникові зарості	В	В	Інвазії чужорідних видів, пожежі
Березові ліси зі сфагновими мохами	В	С	Зміна клімату і водного режиму ґрунту, зміни клімату, експансія інвазійних видів рослин, пожежі
Термофільні листопадні ліси	С	С	Створення культур сосни після рубок, зміни рослинності після суцільних рубок, пожежі
Сарматські ліси степової зони з <i>Pinus sylvestris</i>	А	В	Вирубка і заліснення неаборигенними деревними породами, експансія чужорідних видів, пожежі
Рівнинні незаболочені ліси вільхи чорної і ясена	В	В	Зниження рівня ґрунтових вод, експансія інвазійних видів рослин, пожежі

Встановлено, що найменшим ступенем репрезентативності і збереженості характеризуються біотопи, які можна віднести до типу «Термофільні листопадні ліси» (Національний каталог біотопів України: Д1.4.1 Слабоацидофільні флористично багаті дубові і сосново-дубові ліси). Внаслідок колишніх суцільних рубок відбулися зміни видового складу і просторової структури переважної частини таких біотопів, а на значній

площі взагалі на їх місці були створення культури сосни. За таких умов лише на деяких ділянках зберігається високе видове різноманіття. Взагалі за видовою насиченістю вищих судинних рослин цей тип біотопів є одними з найбагатших лісових біотопів Європи (часто більше 70 видів на опис площі 400 м<sup>2</sup>, у той час як на у межах Парку максимально можна зустріти 50 видів).

Із 9 характерних видів (*Cruciata glabra*, *Carex montana*, *Potentilla alba*, *Scorzonera humilis*, *Serratula tinctoria*, *Trientalis europae*, *Betonica officinalis*, *Frangula alnus*, *Orthilia secunda*, *Pulmonaria angustifolia*) можна зустріти тільки чотири останні (4 види є пороговим значенням). Із 10 рідкісних видів, що охороняються на національному й Європейському рівнях і зустрічаються в цьому типі біотопів, у складі трав'яного покриву на території Парку можна знайти лише 5: із Резолюції №6 Бернської конвенції – *Dracocephalum ruyschiana*, *Iris hungarica* (*Iris furcata*), *Pulsatilla patens*; із Червоної книги України – *Neottia nidus-avis*, *Platanthera bifolia*, *Pulsatilla patens* (відсутні *Carex umbrosa*, *Cephalanthera longifolia*, *Lilium martagon*, *Muscari botryoides*, *Platanthera chlorantha*).

Найбільшою репрезентативністю характеризуються лише два типи біотопів – «Мокрі або вологі високотравні та папоротеві узлісся і луки»; «Сарматські ліси степової зони з *Pinus sylvestris*». Із 19 характерних видів судинних рослин у біотопах першого типу на території Парку відсутні тільки 5. Ці біотопи характеризуються, як правило, високим ступенем збереженості, але займають незначну площу. Найбільшу загрозу для цих біотопів на заплаві становить розорювання. Для біотопів, що належать до типу Сарматських лісів степової зони з *Pinus sylvestris*, найбільшою загрозою у минулому (до створення Парку) були вирубка й залицення неаборигенними деревними породами. Наразі постійною загрозою є експансія чужорідних видів (особливо чагарників *Caragana arborescens*, *Amelanchier spicata*) і пожежі.

Високими показниками репрезентативності й збереженості характеризуються біотопи типу Понтично-сарматські листопадні чагарникові зарості. З чотирьох характерних видів *Amygdalus nana*, *Caragana frutex*, *Chamaecytisus spp.*, *Rosa pimpinellifolia agg.*, *Cerasus fruticosa* на території Парку наявний лише останній (порогове значення – 1 вид). Біотопи цього типу поширені фрагментарно і займають незначні площі. Певною загрозою для їх існування є пожежі (але набагато меншою у порівнянні із іншими біотопами фанерофітного типу).

Перезволожені біотопи деревного типу представляють «Березові ліси зі сфагновими мохами» і «Рівнинні незаболочені ліси вільхи чорної і ясена». Обидва типи характеризуються високим ступенем репрезентативності, але для біотопів першого типу характерно середній або низький ступінь збереженості внаслідок змін клімату і гідрологічного режиму. Разом із тим, спостерігається тенденція до збільшення площ біотопів цього типу у



майбутньому за рахунок заростання боліт і перетворення їх на березняки [2].

Як відомо, вирубування лісів, зміни гідрологічного режиму, пожежі, механічне, хімічне, біологічне забруднення навіть у мирні часи є загрозами існуванню як окремих біотопів і їх певних компонентів, так і великих за площею природно-територіальних комплексів. Особливостями сьогодення є збільшення масштабів загроз, що згадувалися вище. Необхідно зазначити, що для більшості біотопів Парку, які мають високу екологічну цінність і повинні охоронятися згідно до Резолюції №4 Бернської конвенції, найбільшою загрозою є пожежі. Нажаль, вірогідність виникнення останніх внаслідок обстрілів збільшується в рази.

Наразі на значній території України спостерігається руйнація або повне знищення не тільки об'єктів соціальної інфраструктури, але й агроєкосистем, напівприродних і природних комплексів. Так пошкодження систем водопостачання і водовідведення є загрозою не тільки безпосередньо для водойм, але й для біотопів їх долин. Знищення внаслідок бойових дій таких об'єктів інфраструктури як нафтопереробні підприємства, хвостосховища, шламосховища, сміттєзвалища призводить до техногенного забруднення навколишнього середовища не тільки на локальному, але і регіональному рівнях.

Саме тому згідно з Принципом 25 Декларації Ріо-де-Жанейро щодо навколишнього середовища і розвитку – мир, розвиток і охорона навколишнього середовища є взаємозалежними. Наразі важливими складовими природоохоронної діяльності залишається проведення наукових досліджень, до яких відтепер додається фіксація негативних наслідків бойових дій, оцінка їх масштабів, розробка планів менеджменту трансформованих природних комплексів.

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

1. *Національний каталог біотопів України. За ред. А. А. Куземко, Я. П. Дідуха, В. А. Онищенко, Я. Шеффера. К. : ФОРМ Кліменко Ю.Я., 2018. 447 с.*
2. *Безроднова О. В., Клещ А. А., Ларіонова А. М., Голуб В. Р. Рослинні угруповання перезволожених біотопів у складі генерального профілю №1 НПП «Слобожанський» // Охорона довкілля : зб. наук. статей XVI Всеукраїнських наукових Таліївських читань. Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2020. С.10–12.*

*Бернацька Н. Л., к. т. н., Джумеля Е. А., к. т. н., Тупіло І. В., к. х. н.  
Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна*

## **ВЕБ-ІНСТРУМЕНТИ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ТА ПІДЗЕМНИХ ВОД ГІРНИЧО-ХІМІЧНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

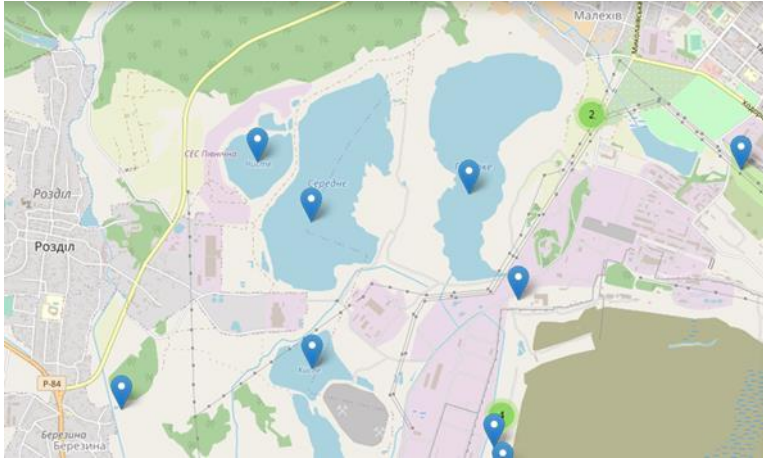
Гірничо-хімічна промисловість займає одне з провідних місць в інфраструктурі економіки нашої країни [1]. Але, разом із цим, діяльність гірничо-хімічних підприємств є визначальним чинником техногенезу, який істотно ускладнює екологічну ситуацію на локальних територіях зі зміною форм рельєфу, гідрологічного та біогеохімічного режимів територій, що спричинене нагромадженням на земній поверхні значної кількості відходів виробництва [2]. Одним із промислових басейнів, що зазнали інтенсивної експлуатації, є Передкарпатський сірконосний басейн [1]. На даний момент екологічна ситуація в межах Роздільського державного гірничо-хімічного підприємства «Сірка» є однією з найнапруженіших в Україні [1, 2]. Півстолітня історія розробки сірчаного родовища, збагачення сірчанних руд, виробництва мінеральних добрив, а також складний фінансово-економічний стан підприємства в останні 20 років, супроводжувалась різноманітними негативними екологічними наслідками: створенням глибоких кар'єрів, накопиченням відвалів розкривних порід, відходів збагачення, завезенням небезпечних промислових відходів, облаштуванням відстійників оборотних вод та сміттєзвалища на березі водойми, забрудненням ґрунтів, підземних і поверхневих вод кислими стоками, атмосферного повітря сірководнем [2, 3]. Тут нагромаджено переважна більшість усіх твердих промислових відходів Львівщини – понад 100 млн. т: хвостів збагачення сірчаної руди, фосфогіпсу, угорських гудронів, комової сірки [4].

Роздільське ДГХП «Сірка» знаходиться на стадії ліквідації, але все ще несе загрозу довкіллю. Тому є необхідність в створенні інформаційно-аналітичної системи моніторингу (ІАСМ) [4]. ІАСМ – це комп'ютерна система, за допомогою якої можна отримати, створити інформацію та здійснити її опрацювання та аналізування. Опрацювання та аналізування – не єдині переваги інформаційно-аналітичної системи. Вона може забезпечувати і прогнозування – визначення наслідків ситуації [5, 6]. Функція прогнозування передбачає можливі зміни в довкіллі на підставі даних про поточний екологічний стан території підприємства. Метою такої системи є ефективне зберігання, оброблення та аналізування даних [5]. Організацію системи моніторингу на об'єктах гірничого виробництва

залежно від видів впливу необхідно розглядати за джерелами екологічного впливу, оскільки кожне джерело може мати декілька видів впливу на елементи біосфери [5, 7]. Створення такої системи є важливим кроком до підвищення екологічної безпеки території, бо вчасно надана інформація про екологічний стан забезпечує вчасного усунення проблеми з мінімальними ризиками і наслідками [7, 8]. Важливим в інформаційно-аналітичній підсистемі промислових відходів є створення інформаційної бази – інформація про утворення, наявність, видалення та використання промислових відходів, розміщення об'єктів техногенного впливу, якими є гірничі виробки, зони накопичення промислових відходів та зміна їх кількості та розмірів у часі [9, 10].

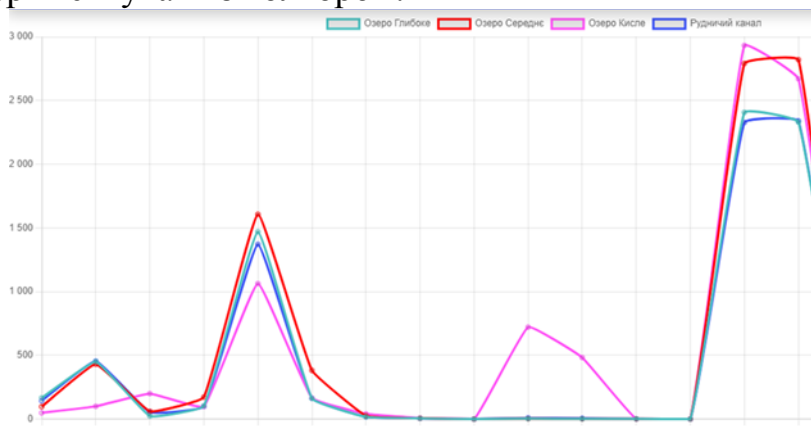
Науковцями Національного університету «Львівська політехніка» проводяться дослідження, спрямовані на удосконалення методології оцінювання показників, що визначають рівень екологічної небезпеки після закриття гірничо-хімічного підприємства на основі аналізу процесів впливу на довкілля основних джерел небезпеки. На основі отриманих результатів досліджень створюються основи ІАСМ для комплексних заходів по накопиченню та ефективному використанню різнохарактерної інформації. Структура цієї системи реалізується через безпосередній збір інформації, використання її початкових видів оцінки стану об'єктів та вирішення задач регулювання та ефективного керування процесів, які формуються. Створення інформаційно-аналітичної системи дозволить вирішити наступні завдання: оптимальне нормування, раціональне планування, оперативне та довгострокове прогнозування показників стану системи і, найголовніше, покращення стану екологічної безпеки гірничо-хімічного підприємства на стадії ліквідації.

За результатами моніторингу стану поверхневих та підземних вод створений веб додаток на основі інтерактивної карти пунктів відбору проб води та візуалізації отриманих результатів гідрохімічного моніторингу Роздільських озер. Даний веб додаток доступний в інтернеті за посиланням <http://ecotest.infostore.in.ua/>. Показ інтерактивної карти моніторингу налаштовано з допомогою інтерактивних карт Leaflet – JavaScript бібліотеки з відкритим кодом для відображення мап на html-сторінках (рис. 1). Бібліотека реалізує підтримку шарів мап, які побудовані за технологією: WMS, GeoJSON, або векторного відображення поверхні. Веб-додатки карт можуть бути чудовими інструментами для забезпечення доступності та візуалізації різноманітних наборів геологічних даних завдяки зручному доступу з веб-браузера, інтерактивній візуалізації та простоті використання.



**Рис. 1. Скріни веб-додатку інтерактивної карти відбору проб води на території ДГХП «Сірка»**

Для побудови відображення графічної інформації використано Chart.js – популярний інструмент, який призначений для створення графіків та діаграм (рис. 2). Дана бібліотека дозволяє створювати графіки та діаграми будь-якого типу, а також вибудовувати дані на діапазоні часу та логарифмічній шкалі. Також у неї вбудовані засоби роботи з анімацією, що дозволить ефектно видозмінювати графіки залежно від нових даних, а також експериментувати з кольором.



**Рис. 2. Скрін веб-додатку візуалізації отриманих результатів аналізу проб води на території ДГХП «Сірка»**

Таким чином, розробка ІАСМ дозволить значно поліпшити стан моніторингу довкілля регіону, прискорить і покращить роботу працівників науково-дослідних екологічних станцій, а також полегшить візуалізацію екологічного стану місцевості за допомогою інтерактивних карт забруднень. Інформаційно-аналітичне забезпечення регіонального екологічного моніторингу дозволить реалізувати збір первинних даних від суб'єктів моніторингу, збереження, обробку, передачу та аналіз інформації про стан навколишнього природного середовища для моделювання та прогнозування розвитку екологічної ситуації в регіоні та прийняття науково обгрунтованих управлінських рішень у галузі екологічної безпеки.

### **Використані інформаційні джерела:**

1. Pohrebennyk V., Dzhumelia E. *Evaluation of Impact of Mining and Chemical Enterprise on Ecological State of the Water Environment. Water Security*. 2016. P. 155–169.
2. Погребенник В. Д., Джумеля Е. А. *Екологічний аспект створення стабільної території Роздільського державного гірничо-хімічного підприємства «Сірка». Агроекологічні, соціальні та економічні аспекти створення й ефективного функціонування екологічно стабільних територій: колективна монографія*. 2016. С. 56–66.
3. Pohrebennyk V., Dzhumelia E. *The methodology for design of informational and analytical system for environmental monitoring of mining and chemical enterprise in the liquidation. Environmental Problems*. 2017. Vol. 2, №4. P. 215–220.
4. Pohrebennyk V., Koszelnik P., Mitryasova O., Dzhumelia E. Zdeb M. *Environmental monitoring of soils of post-industrial mining areas. Journal of Ecological Engineering*. 2019. vol. 20. P. 53–61.
5. Бахарєв В. С., Шевченко І. В., Коваль С. С., Корцова О. Л. *Інформаційно-технологічні аспекти управління екологічною безпекою в системах муніципального моніторингу атмосферного повітря. Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. Випуск 4/2017*. С. 68–73.
6. Karpinski M., Pohrebennyk V., Bernatska N., Ganczarchyk J., Shevchenko O. *Simulation of Artificial Neural Networks for Assessing the Ecological State of Surface Water. 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2018. 2 July – 8 July 2018, Albena, Bulgaria*. P. 693–700.
7. Bondarenko E., Kyryliuk M., Yatsenko O. *Geoinformation support data analysis of monitoring studies (on the example of air pollution) Geoinformatics 2021. 11-14 May 2021, Kyiv, Ukraine*. P. 1–6.
8. Погребенник В., Дяків В., Джумеля Е. Ковальчук М. *Оцінювання сучасного стану гірничо-хімічних підприємств на стадії ліквідації. Науковий та педагогічний супровід сталого розвитку: Дискурс 2019 : колективна монографія*. 2019. С. 38–55.
9. Shevchenko I., Tertyshnyi V., Koval S. *Designing a model of a decision support system based on a multi-aspect factographic search // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. Vol. 4, Issue 2 (88). P. 20–26.
10. Pengyu C. *Visualization of real-time monitoring datagraphic of urban environmental quality. EURASIP Journal on Image and Video Processing*. 2019. P. 1–9.

*Белоконь К. В., к. т. н., доцент, заступник директора з наукової роботи  
Інженерний навчально-наукового інститут ім. Ю.М. Потєбні,  
Запорізький національний університет, м. Запоріжжя, Україна*

## **ОЦІНКА РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ЗВАЖЕНИМИ ЧАСТКАМИ ПИЛУ**

Бурхливий розвиток промисловості призводить до появи перед людством гострої проблеми збереження екологічних систем. Останніми роками екологічні системи потерпають від впливу антропогенних факторів. Тому прогноз зміни екологічних систем в наслідок вказаних причин є актуальним завданням, вирішення якого складається з двох етапів: а) дослідження процесу забруднення навколишнього середовища викидами промислових підприємств; б) оцінка впливу шкідливих забруднень на атмосферу.

В атмосферному повітрі сучасних міст присутні сотні різних хімічних класів органічної та неорганічної природи, які поступають з чисельних джерел, як правило, антропогенного походження. Основними джерелами надходження шкідливих речовин в атмосферне повітря міст є металургійні підприємства та автотранспорт, а найбільш розповсюдженими забруднюючими речовинами – пил (зважені речовини різної природи), сполуки сірки, оксиди азоту, оксид вуглецю та вуглеводні (кілька сотень хімічних речовин). Саме вони вносять найбільший вклад у формування екологічно залежних захворювань та станів.

Метою роботи було встановити рівні ризику для здоров'я населення Заводського та Вознесенівського районів м. Запоріжжя від забруднення атмосферного повітря зваженими частками пилу.

Повна, або базова, схема оцінки ризику передбачає проведення чотирьох взаємопов'язаних етапів, а саме: ідентифікацію небезпеки, оцінку експозиції, характеристику небезпеки (оцінку залежності «доза-відповідь»), характеристику ризику [1].

Основними причинами забруднення повітряного басейну є потужний промисловий комплекс та застарілі технології на підприємствах. В Україні одним із великих промислових центрів є Запоріжжя. Його промисловий профіль сформовано підприємствами чорної та кольорової металургії. За обсягами викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря Запорізька область займає четверте місце. Її вклад у загальнодержавне забруднення від різних джерел складає 4,4-6,7%.

Як об'єкт дослідження було вибрано Заводський та Вознесенівський райони. Основними забруднювачами атмосферного повітря Заводського

району є: зважені речовини, двоокис азоту, фенол, фтористий водень, сірководень, сірковуглець, сірчаний ангідрид, мідь та її сполуки, марганець та його сполуки, алюмінію оксид, хлор та його сполуки, сірчана кислота, хром та бенз(а)пірен.

У Заводському районі, порівняно з іншими районами міста, вищий рівень захворюваності. На першому місці стоять гострі захворювання органів дихання різної етіології, з кожним роком за словами медиків збільшується кількість хронічних захворювань, хвороби крові і систем кровообігу, серцево-судинної системи, рухового апарату, імунної системи. Тому виникає потреба в проведенні досліджень у визначенні зон найбільшого техногенного навантаження підприємств підвищеної небезпеки на стан здоров'я населення [2].

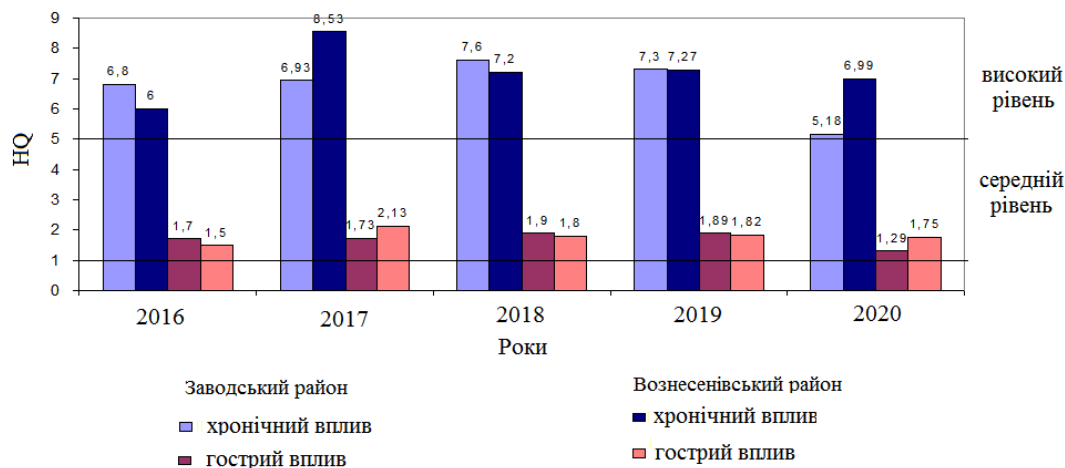
Як джерела забруднення обрано такі об'єкти: ПАТ «Запоріжсталь», ПАТ «Дніпроспецсталь», ПАТ «Запорізький завод феросплавів», ПАТ «Український графіт», ПАТ «Запоріжвогнетрив», ПрАТ «Запоріжжкокс», ТОВ «Запорізький титано-магнієвий комбінат».

Що стосується направленості дії та впливу пилу на здоров'я населення (органи та системи), то можна зазначити, що пил викликає широкий спектр порушень стану здоров'я людини, які можна розглядати як різні форми прояву токсичних ефектів, які реєструються на молекулярному, клітинному, тканинному, популяційному рівнях. Постійний тиск забрудненого повітря на здоров'я населення впливає на показники захворюваності та смертності. В першу чергу – це збільшення хронічних захворювань органів дихання, серцево-судинних захворювань.

Зважені речовини з розмірами менше 10 мкм наносять значні незворотні збитки у вигляді скорочення тривалості життя за рахунок додаткових випадків смерті. Вплив  $PM_{10}$  за 24 години призводить до підвищення добової смертності від 0,5 до 1,6% на кожні  $10\text{мкг}/\text{м}^3$ , а при збільшенні середньодобової концентрації  $PM_{10}$  на  $10\text{ мкг}/\text{м}^3$ , частота патологічних симптомів з боку органів дихання підвищується на 2,4%.

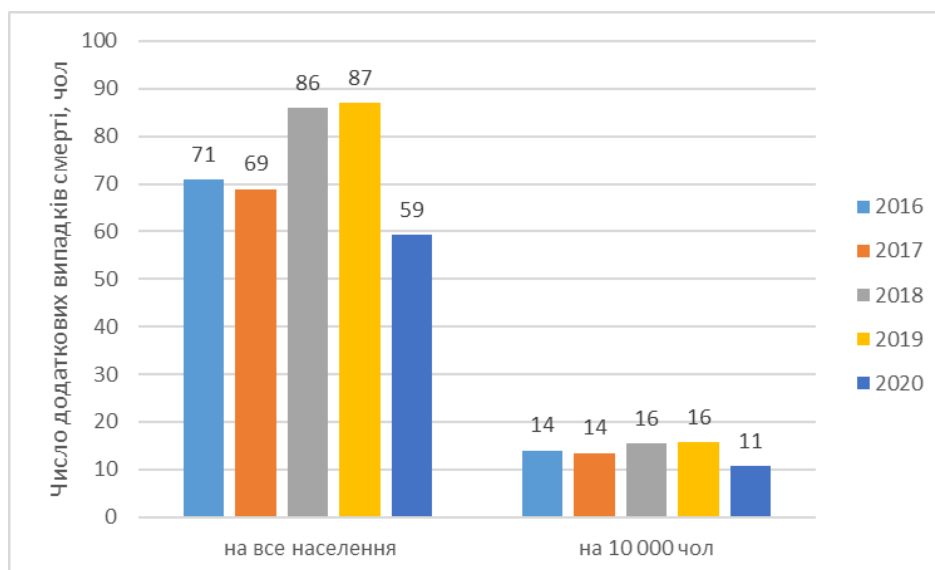
На основі розрахованих рівнів експозиції були встановлені характеристики ризику для Заводського та Вознесенівського районів від забруднення атмосферного повітря зваженими речовинами, обумовлені викидами підприємств, які включали [2-4]: неканцерогенні ризики (коефіцієнти небезпеки для зважених часток пилу (HQ); число додаткових випадків смерті (AM) при хронічній інгаляційній дії зважених частинок діаметром  $< 10\text{ мкм}$  ( $PM_{10}$ ).

Середні значення коефіцієнтів небезпеки у 2016-2020 рр. перевищують допустимий рівень та знаходяться на високому рівні при довічному інгаляційному впливі у Заводському районі ( $HQ = 5,18 \div 7,6$ ) та Вознесенівському районі ( $HQ = 6 \div 8,53$ ), та на середньому рівні – при гострому впливі у Заводському районі ( $HQ = 1,29 \div 1,9$ ) та Вознесенівському районі ( $HQ = 1,5 \div 2,13$ ) (рис. 1).



**Рис. 1. Середні значення коефіцієнтів небезпеки при оцінці хронічних та гострих інгаляційних впливів викидів зважених речовин у досліджуваних районах за період 2016-2020 рр.**

Розрахунки додаткових випадків смерті від дії завислих часточок у Заводському районі представлено на рис. 2. Вони складають 71 в 2016 році, 69 в 2017 році, 86 в 2018 році, 87 в 2019 році, 59 у 2020 році на все населення Заводського району, або у перерахунку на 10 000 населення: 14 в 2016 році, 14 в 2017 році, 16 в 2018 році, 16 в 2019 році, 11 в 2020 році, що свідчить про зменшення у 2020 році додаткових випадків смерті від дії завислих часточок  $PM_{10}$ .

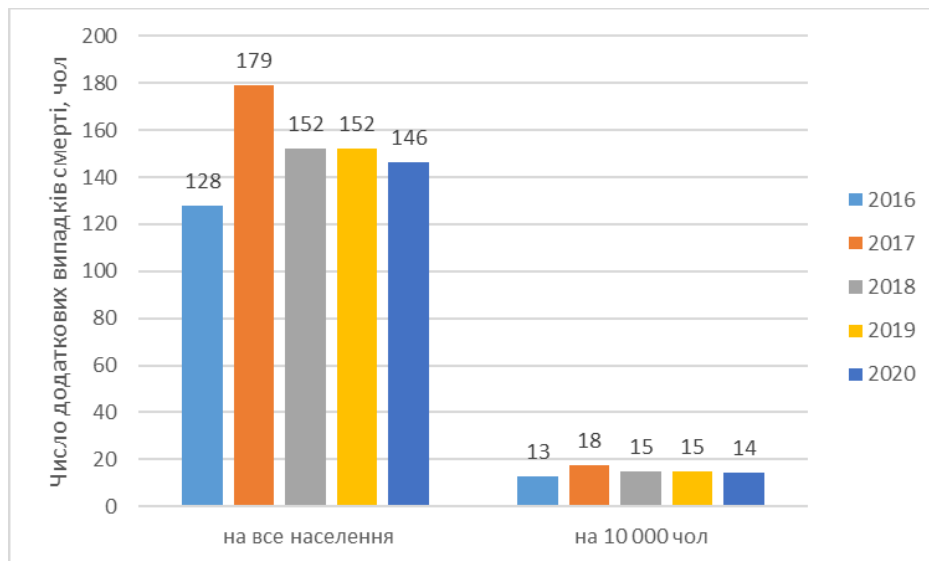


**Рис.2. Число додаткових випадків смерті від дії завислих речовин ( $PM_{10}$ ) на досліджуваних вулицях Заводського району у 2016-2020 рр.**

Розрахунки додаткових випадків смерті від дії завислих часточок у Вознесенівському районі представлено на рис. 3. Вони складають 128 в 2016 році, 179 в 2017 році, 152 в 2018 та 2019 роках, 146 у 2020 році на все населення Вознесенівського району, або у перерахунку на 10 000 населення:



13 в 2016 році, 18 в 2017 році, 15 в 2018 та 2019 роках, 14 в 2020 році, що свідчить про зменшення у 2020 році додаткових випадків смерті від дії завислих часточок РМ<sub>10</sub>.



**Рис.3. Число додаткових випадків смерті від дії завислих речовин (РМ<sub>10</sub>) на досліджуваних вулицях Вознесенівського району у 2016-2020 рр.**

Аналізуючи вищевикладене, на підставі проведених досліджень необхідно проведення природоохоронних та профілактичних заходів на етапі управління ризиком.

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

1. *Методичні рекомендації. Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря: Наказ МОЗ № 184 від 13.04.2007 р. К., 2007. 28 с.*

2. *Белоконь К. В., Манідіна Є. А., Куранова Я. О. Дослідження впливу викидів металургійних підприємств на забруднення атмосферного повітря м. Запоріжжя. Металургія. 2018. Вип. 1 (39). С. 136–140.*

3. *Белоконь К. В. Впровадження системи оцінки ризиків для здоров'я населення в місті Запоріжжі. Круглий стіл «Дискусійні питання з теорії та практики сучасної експертизи» (24.11.2020) Запоріжжя: ЗНУ, 2020. С. 77–81.*

4. *Белоконь К. В. Дослідження впливу викидів промислових підприємств на забруднення атмосферного повітря в Заводському районі м. Запоріжжя. Збірник наукових праць Дніпровського державного технічного університету (технічні науки). 2018. Вип. 2 (33). С. 91–96.*

**Беляєв Г. В., к. т. н., Беляєва І. П., к. т. н., Гартвіг А. П., Жуков К. Л.,  
Кремньов В. О., Корбут Н. С., Стецюк В. Г.**

*Інститут технічної теплофізики НАН України, Київ, Україна*

## **УТИЛІЗАЦІЯ ТВЕРДИХ ВІДХОДІВ БІОЛОГІЧНОГО ПОХОДЖЕННЯ ВІД ДІЯЛЬНОСТІ ЮРИДИЧНИХ ОСІБ ЯК МОЖЛИВІСТЬ ЗНАЧНОГО ЗНИЖЕННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПОЛІГОНІВ (ЗВАЛИЩ)**

**Анотація.** Доповідь присвячена негативному впливу на довкілля при біологічній деградації відходів біологічного походження, які організовано здаються на полігони юридичними особами і мотивації об'єднаних територіальних громад щодо їх використання в якості технологічної сировини при утилізації.

**Ключові слова:** полігон (звалище), тверді відходи біологічного походження, біогенні аміни, аблігатна та факультативна мікрофлора.

На обговорення виноситься чергова (третя) доповідь циклу доповідей, поєднаних загальною темою «Системна інтенсифікація тепло- й біотехнологічних багатостадійних процесів при утилізації ресурсоцінних відходів лісівництва, агропрому, торгівлі, громадського харчування та соціальної сфери для виробництва палива, теплової та електричної енергії, добрив, кормів та фармацевтичних напівфабрикатів» [1, 2].

У попередніх доповідях циклу були наведені: перелік широко поширених місцевих відходів біологічного походження, які щорічно утворюються на територіях і не використовуються, а також вплив виробництва і використання місцевого палива на основі відходів лісівництва на розвиток об'єднаних територіальних громад.

Ця доповідь присвячена очікуваному впливу на соціальні та екологічні наслідки переведення твердих відходів біологічного походження із категорії відходів у категорію технологічної сировини.

Тверді відходи біологічного походження, які щорічно утворюються на території об'єднаної територіальної громади (ОТГ) і не використовуються у суспільному господарстві (окрім відходів лісівництва) на теперішній час спрямовують у наступних напрямках:

- на територіально наближений полігон (звалище);
- на територіально наближений сміттєспалювальний завод;
- на скотомогильник (для відходів м'ясопереробки);
- на несанкціоновані звалища з порушенням вимог законодавства.

Спрямування відходів на полігон супроводжується витратами на завантажувальні роботи, перевезення на полігон і за приймання на звалище.

Потрапляння таких відходів в об'єм сміття, яке зберігається на полігоні спричиняє поступове перетворення звалища на техногенне родовище звалищного займистого газу, що свідчить про активну роботу факультативної та аблігатної анаеробної мікрофлори. Це зазвичай супроводжується не тільки небажаними газоподібними викидами, а також забрудненням вод і розповсюдженням вкрай неприємних запахів.

Все це спричиняє соціальне напруження і знижує якість життя місцевого населення.

Крім того, полігони призводять до виведення з господарчого обігу значних земельних ділянок і знецінення територій, наближених до звалищ.

Реалізація запропонованих заходів із утилізації твердих відходів біологічного походження не в змозі зовсім усунути потрапляння на полігони сировини для утворення займистих газів через її вміст у складі побутового сміття, яке знаходиться поза впливом нашої уваги (з огляду на відсутність у авторів конкретних пропозицій).

Утім реалізація заходів із утилізації, які пропонуються, призведе до значного зниження негативного впливу полігонів на соціальне становище території ОТГ і екологію (як глобальну так і місцеву).

Слід зауважити, що у ряді розвинених країн для котрих характерне суворе екологічне законодавство (наприклад, у Данії та ін.) взагалі законодавчо заборонене спрямування на полігони біомаси для запобігання утворення продуктів її гнилісної та анаеробної мікробної деградації. Такий жорсткий підхід для сучасних умов України, на наш погляд, не є реалістичним. Ми прогнозуємо, що заходи з утилізації ресурсоцінних відходів будуть переважно фінансуватись у формі державно-приватного партнерства, а роль ОТГ полягає в першу чергу в створенні організаційних умов для комерційно привабливого бізнесу по утилізації відходів.

До таких умов належить, у першу чергу, сприяння сталому виробництву відносно дешевого деревного палива на основі місцевих відновлюваних ресурсів, забезпечення його міжсезонного складування, постачанням відповідно довгостроковим юридично зобов'язуючим договорам тощо.

Ми виходимо з того, що відходи біологічного походження, які потрапляють на полігони являють собою здебільшого тверді колоїдні капілярно пористі тіла у полідисперсному стані.

Вологість цих відходів залежить від виробничих умов у місцях утворення відходів; відходи овочесховищ, підприємств громадського харчування зазвичай досить вологі ( $W \geq 50\%$ ), а відходи хлібопекарської, круп'яної промисловості наближені до так званого «повітряно сухого» стану ( $W \leq 20\%$ ). Вологі відходи відразу після потрапляння починають піддаватись біологічній деградації, а повітряно сухі – в міру їх зволоження через опади.

Достатня вологість завжди є необхідною умовою для діяльності будь-якої мікрофлори. При розташуванні відходів на полігоні у верхніх шарах при достатньому надходженні кисню повітря і обмеженій вологості розвиваються переважно грибові культури – цвіль (біла й чорна), в тому числі небезпечні для довкілля.

При достатній вологості і надходженні кисню процеси біологічної деградації ідуть переважно за рахунок діяльності аеробної мікрофлори. Цей процес – так зване «дихання» за фізико-хімічною сутністю є процесом окислення, як і горіння і його кінцевими продуктами є  $\text{CO}_2$  та  $\text{H}_2\text{O}$  у газоподібному стані. Такий різновид біологічної деградації відходів на полігоні є негативним для глобальної екології і майже толерантним щодо локальної (місцевої) екології.

Відходи розташовані у середніх шарах, де є кисень, але у недостатній кількості зумовлює переважну діяльність так званої факультативної мікрофлори, в тому числі гнилісної.

Діяльність такої мікрофлори призводить до утворення продуктів неповного розпаду і так званих біогенних амінів, таких як кадаверин, путрісцин, яким притаманний виключно неприємний запах, а також така речовина, як меркаптан. Вказані продукти діяльності факультативної (гнилісної) мікрофлори є виключно стійкими у часі.

Наприклад, для термічної руйнації біогенних амінів необхідна температура  $\geq 400^\circ\text{C}$ .

Для розповсюдження таких вкрай неприємних запахів на велику відстань і заповнення ними значних площ потрібна вельми незначна кількість цих речовин у повітря. Така кількість не призводить до біологічної небезпеки, але спричиняє значущі негативні соціальні наслідки.

Значно погіршує якість життя місцевого населення на великій площі навколо звалища і спричиняє законне обурення та соціальне напруження, незадоволення діяльністю, в першу чергу, органів місцевої влади.

Відходи, що розташовані у нижніх шарах звалищ за умов достатнього зволоження без доступу кисню потрапляють у сферу діяльності аблігатної анаеробної мікрофлори. Ця мікрофлора одержує енергію за рахунок розкладання складних біополімерів до більш простих. Цей процес супроводжується виділенням займистих газів, надходження яких у довкілля вважається вельми негативним для глобальної екології.

Використання полігонів, як технології поводження з відходами біологічного походження є очевидно небажаним для глобальної, локальної екології і соціальних наслідків.

Пропозиції з утилізації таких відходів і їх усунення з полігонів на сьогодні можуть бути розповсюджені лише на організовані форми утворення й перевезення відходів юридичними особами. Решта таких речовин буде і далі потрапляти на полігони у складі твердих побутових відходів (сміття), але негативний вплив на довкілля буде принципово

зменшений. У майбутньому, при умові широкого впровадження роздільного збирання побутового сміття, потрапляння на полігони відходів біологічного походження може бути повністю припиненим.

### **Висновки**

1. Тверді вологі відходи біологічного походження є головним фактором, що обумовлює значний негативний вплив полігонів (звалищ) на якість життя, екологію об'єднаних територіальних громад та глобальну екологію.

2. Спрямування на утилізацію ресурсоцінних відходів біологічного походження, які організовано утворюються при господарчій діяльності юридичних осіб, замість їх здавання на полігони здатне принципово знизити негативний вплив полігонів на довкілля, а за умов впровадження в подальшому роздільного збору побутових відходів буде досягнута можливість повної законодавчої заборони здавання на полігон відходів біологічного походження, як це робиться у найбільш розвинених країнах.

### **Використані інформаційні джерела:**

1. *Беляєв Г. В., Жуков К. Л., Корбут Н. С., Кремньов В. О., Стецюк В. Г. Ширококорозповсюджені місцеві ресурсоцінні відходи біологічного походження і їх утилізація, як фактор сталого розвитку територій // Відновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті : Доповідь на XXIII міжнародній науково-практичній конференції, 19–20 травня 2022 року.*

2. *Кремньов В. О., Беляєв Г. В., Жуков К.Л., Корбут Н. С., Стецюк В. Г. Вплив виробництва і використання місцевого альтернативного палива на основі неліквідних відновлюваних відходів лісівництва на розвиток об'єднаних територіальних громад // Відновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті : Доповідь на XXIII міжнародній науково-практичній конференції, 19–20 травня 2022 року.*

УДК 528.92, 004.9

<sup>1</sup>*Бобрицький В. В., учень 9 класу, <sup>1</sup>Буряк Ю. Л., учитель географії*

<sup>2</sup>*Андрєєв С. М., к. т. н., доцент*

<sup>1</sup>*Харківська загальноосвітня школа*

*I-III ступенів №140 Харківської міської ради Харківської області,*

*м. Харків, Україна*

<sup>2</sup>*Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ»,*

*м. Харків, Україна*

## **ОЦІНКА СТАНУ ЛІСОВИХ ТЕРИТОРІЙ ХАРКІВСЬКОЇ ТА ЧЕРНІГІВСЬКОЇ ОБЛАСТЕЙ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ГІС-ТЕХНОЛОГІЙ**

Актуальними залишаються питання вивчення стану лісових територій, що забезпечить необхідну інформаційну основу для формування стратегічних цілей та завдань державної політики у сфері лісового господарства. Звичайних даних статистики та польових досліджень є вкрай недостатньо для повного аналізу стану лісів. Саме тому дана робота присвячена підвищенню якості екологічної оцінки лісових територій за рахунок побудови актуалізованих картографічних моделей з використанням ГІС-технологій та даних космічного моніторингу Землі, що дозволяють швидко, точно та надійно оцінити стан досліджуваних ділянок.

Аналіз лісових ресурсів Харківської області дозволив визначити, що лісистість становить 12% при оптимальній лісистості для області 15%, а аналіз лісових ресурсів Чернігівської області показав, що лісистість області становить 20,9%, при оптимальній лісистості 23%. У роботі визначено основні чинники впливу на стан лісів: а саме кліматичний, гідрогеологічний та антропогенний.

Дослідження відмінностей зображення лісових територій Чернігівської та Харківської областей за допомогою спектральних знімків отриманих із супутника Sentinel-2 та дешифрування ознак порід дерев візуальним методом на інфрачервоних знімках із довжиною хвилі від 740 нм до 2500 нм, дозволило виявити схожість їх видового складу, а саме дуб, ясен, вільху та сосну (рис. 1).



**Рис. 1. Інфрачервоні знімки долин річок Десни (ліворуч) та Сіверський Донець (праворуч)**

Для аналізу космічних знімків було використано знімки, виконані у істинному кольорі (True Color) із довжиною хвилі від 380 нм (фіолетовий) до 740 нм (червоний), які знаходяться на рівні обробки даних L1C (Level 1C – орто-трансформований продукт, тобто проекція зображення виходить за допомогою системи DEM для виправлення геометричних спотворень, включає географічні та радіометричні коефіцієнти калібрування, а також прив'язку по часу та додаткову інформацію), мають роздільну здатність 10м<sup>2</sup> в 1 пікселі. (рис. 2, рис. 3)

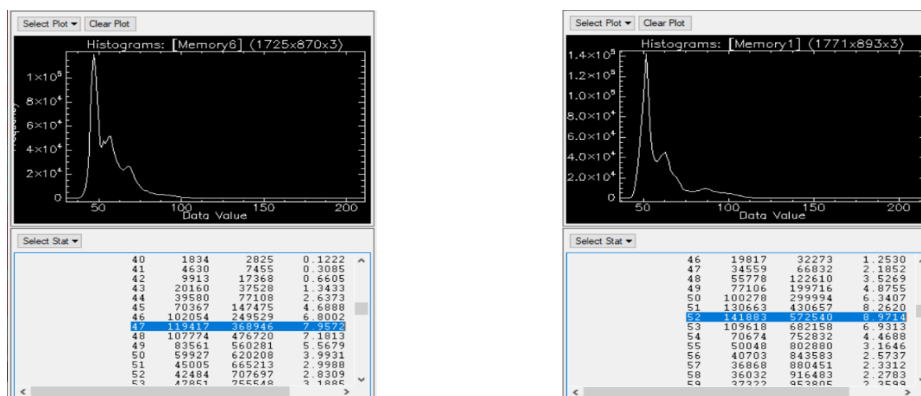


**Рис. 2. Ліси біля с. Протопоївка, Харківська область (ліворуч 2013 рік, праворуч 2020 рік)**



**Рис. 3. Ліси біля с. Вишенки, Чернігівська обл. (ліворуч 2013 рік, праворуч 2020 рік)**

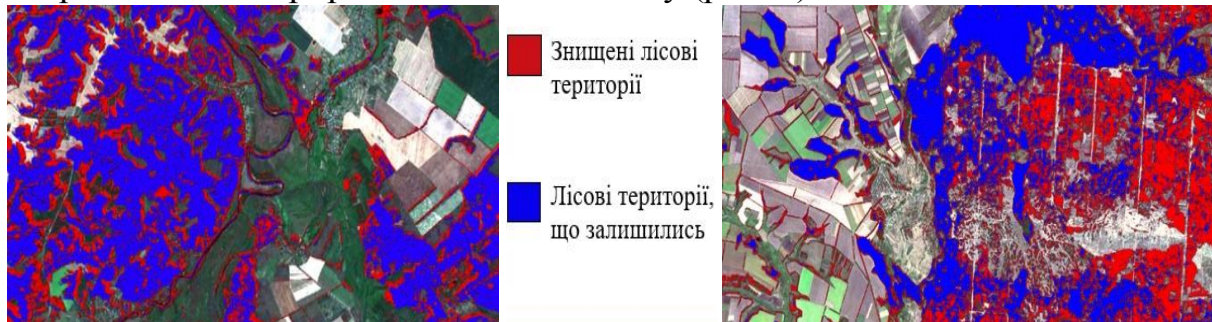
За допомогою функції Threshold було виділено пікселі лісових масивів. Для цього було визначено необхідний діапазон, побудовано гістограму зображення та обрано необхідні показники яскравості пікселів у каналі Green (рис. 4)



**Рис. 4. Максимальне значення гістограми в каналі Green (ліворуч Чернігівська область 2020 рік, праворуч Харківська область 2020 рік)**



Аналіз площі оброблених полігонів в середовищі ENVI показав зменшення площі лісів з 2013 по 2020 роки: в долині р. Сіверський Донець з 500 га до 304 га, у долині річки Десна зменшилась з 701 га до 542 га, що підтверджує і Державне агенство лісових ресурсів України та свідчить про антропогенні та природні чинники впливу (рис. 5).



**Рис. 5.** Зменшення лісових ділянок за період з 2013 (червоний колір) по 2020 (синій колір) роки (ліворуч Чернігівська область, праворуч Харківська область)

### **Використані інформаційні джерела:**

1. Буришинська Х. В., Поліщук Б. В., Ковальчук О. Ю. Дослідження методів класифікації лісів з використанням космічних знімків високого розрізнення // *Геодез., картогр. і аерофотознім.* 2013. №78. С. 101–110.
2. Дистанційне зондування. Введення в дистанційне зондування [Електронний ресурс] <http://e-lib.gasu.ru/eposobia/gis/7.html>
3. Дистанційні методи та ГІС у природокористуванні. Опорний конспект лекцій для аспірантів спеціальності 103 «Науки про Землю». УНУС, 2016. 87 с.
4. Малишева Н. В. Пособие по дешифрированию древесной растительности на сверхдетальных изображениях // *Збірник наукових праць.* Москва, 2014. С.20–30.
5. Огляд космічних знімків із супутника Sentinel-2. [Електронний ресурс] <https://apps.sentinel-hub.com/eobrowser> (дата звернення 25.08.2020).
6. Функціональні можливості ENVI. [Електронний ресурс] [http://www.esri.ua/article.php?name=envi\\_capab](http://www.esri.ua/article.php?name=envi_capab)



*Бондаренко А. Ю., Рашкевич Н. В., PhD,  
Лобойченко В. М., д. т. н., Шевченко Р. І., д. т. н.  
Національний університет цивільного захисту України,  
Харків, Україна*

## **ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ В ПОПЕРЕДЖЕННІ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ, ПОВ'ЯЗАНИХ ІЗ ЗАБРУДНЕННЯМ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ, ДЕ ВІДБУВАЛИСЬ БОЙОВІ ДІЇ**

Багатоденні бойові дії на території України, спричинені військовою агресією з боку Росії, призводять до масштабних руйнувань інфраструктури, величезних людських жертв та значного погіршення стану довкілля. В умовах, коли наша держава вже потерпає від надзвичайних ситуацій, що спричинені застарілістю та зношеністю матеріально-технічного фонду підприємств [1], нераціональною господарською діяльністю [1], системними порушеннями при поводженні з відходами [3], бойовими діями на Донбасі, що тривають із 2014 р. [4] чинні події багатократно збільшують екологічні загрози для довкілля. В цих умовах очевидно є нагальна потреба термінового пошуку та реалізації заходів з попередження та мінімізації наслідків для навколишнього середовища тих надзвичайних подій та ситуацій, що спричинені бойовими діями в нашій країні. Для населених пунктів, що концентровано містять об'єкти інфраструктури та інженерно-транспортні мережі, ситуація може бути ускладнена комплексним впливом низки негативних антропогенних чинників, які часто чинять сумарний ефект на навколишнє середовище, що також вказує на необхідність пошуку інноваційних підходів до збереження структури «зеленого міста» [5]. Слід відмітити й негативні наслідки пандемії COVID-19, що чинять додатково вплив медичних відходів на стан захаращеності міст [6], у тому числі й на поверхневий стік. Має місце значне забруднення пластиком та мікропластиком від масок, респіраторів, рукавичок, халатів тощо, які використовуються при пандемії COVID-19, не повністю з'ясовано хімічні впливи від цієї групи відходів.

Враховуючи вищезазначене, актуальним є дослідження стану довкілля, і зокрема, водних об'єктів в населених пунктах та виділення чинників, що його визначають [7]. Науковці можуть застосовувати різні механізми досліджень. Це можуть бути розрахункові та експериментальні методи, із залученням складного обладнання, або, навпаки, портативних простих приладів. Серед останніх тенденцій в дослідженнях стану довкілля або окремих його складових можна відмітити комплексне застосування методів математичного прогнозування, машинного навчання, моделювання,

використання біомаркерів, фізико-хімічних методів, програмного забезпечення із повною або частковою автоматизацією процесів в онлайн режимі. Як приклади, можна відмітити дослідження впливу стихійних лих та ризику, що мають місце при забудові міст [8], необхідність використання Blue-Green Infrastructure для боротьби з повенями в містах [9], застосування різноманітного інструментарію для моделювання водного перенесення в системі реального часу з урахуванням потенційних надзвичайних ситуацій [10].

Однак, відзначимо, що застосування подібних підходів до окремих водних об'єктів в населених пунктах обмежене внаслідок складності реалізації.

Наслідки впливу боєприпасів на довкілля як результат бойових дій слід віднести до надзвичайної ситуації, яка спричиняє додатковий значний негативний вплив на водні об'єкти населених пунктів. Забезпечення моніторингу стану таких водних об'єктів як елемент попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних із їх забрудненням, є на сьогодні актуальним питанням сьогодення.

Враховуючи вищезазначене, в роботі запропоновано підхід до попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних із забрудненням водних об'єктів населених пунктів, де відбувались бойові дії з урахуванням здійснення екологічного моніторингу цих водних об'єктів.

Вплив бойових дій на стан довкілля та водних об'єктів, зокрема, відзначається в багатьох публікаціях. Можна відзначити доповіді UNEP та OSCE відносно бойових дій в Сирії, Іраці, на Донбасі (Україна) з порушенням довкілля та потраплянням забруднюючих речовин в ґрунти, повітря, воду. В них також відмічається нагальна потреба вирішення екологічних проблем, що мають місце.

У той же час на сьогодні спостерігається недостатність наукових даних щодо впливу збройних конфліктів на водні ресурси та управління ними, що спонукає дослідників на пошук інших рішень при вирішенні цього питання. Недостатня кількість даних та складність отримання верифікованої достовірної інформації вказують на потребу певних припущень в дослідженнях подібного напрямку

Так, на сьогодні відома низка робіт, де автори досліджують вплив вибухів боєприпасів на склад ах на стан навколишнього середовища.

Зокрема, Івановим зі співавторами [11] проаналізовано чинники, що впливають на частоту надзвичайних ситуацій на складах боєприпасів та оцінено кількість ртуті, яка потрапила в довкілля при їх вибухах розрахунковим методом. Азаров та Сидоренко в своїх роботах оцінюють на прикладі вибухів боєприпасів на складі в с. Новобогданівка (Україна) потенційний ризик життєдіяльності населення, що мешкає на прилеглій до аварійного об'єкту території, ризику захворюваності населення, обумовлене хімічним забрудненням питної води або атмосферного повітря. З

урахуванням вмісту важких металів в прилеглий річці, виміряних після цієї надзвичайної ситуації отримано, що наявність сполук марганцю міді, заліза та цинку підвищує параметри небезпеки порівняно з прийнятним рівнем. Єдиної методології досліджень на сьогодні не існує.

У роботі запропоновано використовувати елементи авторського підходу в рамках методів попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних з потраплянням забруднюючих речовин у воду та ґрунт [1, 14], адаптовані до надзвичайних ситуацій, пов'язаних із забрудненням водних об'єктів населених пунктів, де відбувались бойові дії. В межах запропонованої методології подальші дослідження та моніторинг стану водних об'єктів у населених пунктах, які що постраждали внаслідок бойових дій слід здійснювати за п'ятьма етапами в такій послідовності: вибір періодичності досліджень та місць відбору проб води; вимірювання проб води за параметром електропровідності; визначення коефіцієнтів ідентифікації цих проб; порівняння отриманих коефіцієнтів ідентифікації з референтними значеннями (якими є усереднені сезонні значення, виміряні в довоєнний період); прийняття управлінських рішень щодо стану вод. Кожен із етапів може містити сукупність процедур, що є індивідуальними для окремих досліджуваних ситуацій, та включати рішення низки завдань.

Дана методологія може бути повністю або частково автоматизованою та є особливо необхідною для невеликих населених пунктів, Можлива інтеграція даного алгоритму в систему цивільного захисту в частині попередження надзвичайних ситуацій, допустимим є також його використання як самостійного елемента в системі локального чи національного екологічного моніторингу. Акцентуємо також на інформативності, експресності, екологічній безпечності, низькій собівартості запропонованого підходу.

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

1. Лобойченко В.М. *Формування методики ідентифікації передумов поширення надзвичайних ситуацій унаслідок накопичення шкідливих речовин на хімічних об'єктах. Комунальне господарство міст. 2020. 1(154), 298–305. URL: <https://khg.kname.edu.ua/index.php/khg/article/view/5568>.*

2. Loboichenko V., Strelec V. *The natural waters and aqueous solutions express-identification as element of determination of possible emergency situation. Water and Energy International. 2018. 61 (9), 43–50.*

3. Rashkevich N., Shevchenko R., Khmyrov I., Soshinskiy A. *Investigation of the influence of the physical properties of landfill soils on the stability of slopes in the context of solving civil security problems. Materials Science Forum. 2021, 1038 MSF, 407–416.*

4. *Оцінка екологічної шкоди та пріоритети відновлення довкілля на сході України. К. : ВАІТЕ, 2017. 88 с.*

5. Frantzeskaki N., Oke C., Barnett G. et al. *A transformative mission for prioritising nature in Australian cities.* *Ambio.* 2022. 51, 1433–1445 <https://doi.org/10.1007/s13280-022-01725-z>.
6. Polat E. G. *Medical waste management during coronavirus disease pandemic at the city level.* *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 2019. 19, 3907–3918 (2022). <https://doi.org/10.1007/s13762-021-03748-7>.
7. Nitasha Khatri & Sanjiv Tyagi. *Influences of natural and anthropogenic factors on surface and groundwater quality in rural and urban areas,* *Frontiers in Life Science,* 2015. 8:1, 23-39, DOI: 10.1080/21553769.2014.933716.
8. Mesta C., Cremen, G. & Galasso C. *Urban growth modelling and social vulnerability assessment for a hazardous Kathmandu Valley.* *Sci Rep.* 2022. 12, 6152. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-09347-x>.
9. Hamel P., Tan L. *Blue-Green Infrastructure for Flood and Water Quality Management in Southeast Asia: Evidence and Knowledge Gaps.* *Environmental Management.* 2022. 69, 699–718 <https://doi.org/10.1007/s00267-021-01467-w>.
10. B. Samuels W., Bahadur R. *An integrated water quality security system for emergency response.* In: Pollert, J., Dedus, B. (eds) *Security of Water Supply Systems: from Source to Tap.* NATO Security through Science Series, vol 8. Springer, Dordrecht. 2006. [https://doi.org/10.1007/1-4020-4564-6\\_9](https://doi.org/10.1007/1-4020-4564-6_9).
11. Ivanov E. V., Loboichenko V. M., Artemiev S. R., Vasyukov, A. E. *Emergency Situations With Explosions of Ammunition: Patterns of Occurrence and Progress.* *EEJET.* 2016, 1, 26–35.
12. Азаров С. І., Паламарчук В. І., Сидоренко В. Л. *Оцінка ризику для населення, що вживає питну воду після аварії на складі боєприпасів* *Вісник КДУ імені Михайла Остроградського.* 2010. Вип. 5 (64), ч. 1, 141–144.
13. Сидоренко В. Л., Азаров С. І. *Оцінка потенційного ризику від аварії на артскладі.* *Екологічна безпека.* 2010, 1/2010(9), 52–56.
14. Лобойченко В. М. *Розробка процедури ідентифікації факторів небезпеки на об'єктах малотонажного хімічного виробництва.* *Проблеми надзвичайних ситуацій.* 2019. № 2(30), 176–186.

*Бордун І. М., д. т. н., Мальований М. С., д. т. н., проф.  
Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна*

## **ВДОСКОНАЛЕННЯ ПОРИСТОЇ СТРУКТУРИ ВУГЛЕЦЕВОГО МАТЕРІАЛУ З ВІДХОДІВ БІОСИРОВИНИ**

Вуглецеві матеріали з відходів біосировини знаходять широке застосування у різних галузях науки і техніки як ефективні адсорбенти, носії каталізаторів, електродні матеріали для систем накопичення заряду тощо [1, 2]. Виробництво біовуглеців із відновлювальних ресурсів біомаси найчастіше реалізують за допомогою різних термохімічних процесів при умовах обмеженого доступу кисню і при відносно низьких температурах (менше 700 °С), включаючи піроліз, гідротермальну карбонізацію, газифікацію тощо. Отриманий біовуглець зазвичай має добре розвинуту пористу структуру і поверхню, яка містить різноманітні функціональні групи та мінеральні компоненти за рахунок видалення вологи та летких речовин біомаси методом термічної обробки [3]. Такі властивості призводять до високої реакційної здатності біовуглецю, його добрих адсорбційних властивостей та здатності до накопичення електричного заряду. Недоліком багатьох методів активації є висока зольність та низька сорбційна активність отриманого біовуглецю. У зв'язку з цим, для ефективного вирішення багатьох технологічних проблем додатково використовують методи модифікації вже готових вуглецевих матеріалів, особливо якщо йдеться про використання такого вугілля у якості активного матеріалу електродів суперконденсаторів чи ефективних сорбентів [4-6]. Отже, вивчення способів зміни морфології поверхні і пористої структури біовуглеців є особливо актуальним для прогнозування ефективності їх практичного використання.

Дослідження, проведені у [7], показали, що ультразвукова (УЗ) обробка у кавітаційному режимі спричинює досить суттєві зміни атомної структури зразків і призводить до збільшення ступеня графітизації вуглецевого матеріалу. При цьому промислові високопористі види вугілля, які досліджено у цій роботі, практично не зазнали відчутних змін пористої структури. З другого боку, УЗ вплив застосовується для ефективного подрібнення різних матеріалів, хоча для активованого вугілля дослідження зміни пористої структури при цьому практично не проводилися.

Використання різних хімічних активаторів при синтезі активованого вугілля досить часто є найбільш ефективним методом розвитку пористої структури. Особливо така методика дозволяє робити це контрольовано при двостадійному методі синтезу – спочатку отримують карбоніат при температурах 300-400 °С, а потім проводять активацію просоченого

активатором карбонізату при вищих температурах, зазвичай 600-1000 °С. Такий метод найчастіше використовується при КОН- чи NaOH-активації [8, 9]. Як наслідок отримують високопористе активоване вугілля, яке є як ефективним сорбентом, так і активним матеріалом електродів суперконденсаторів.

Проведений аналіз літературних джерел показав різні підходи до методів впливу на пористу структуру вуглецевих матеріалів. Але так і не було зроблено порівняння ефективності методів хімічного і УЗ впливу. Тому метою даної роботи є порівняння впливу на структуру вуглецевого матеріалу УЗ обробки у кавітаційному режимі і додаткової хімічної активації із застосуванням КОН. Як вихідний зразок було використано біовуглецевий матеріал, одержаний із гранульованої соломи пшениці шляхом карбонізації без активаторів за температури 400 °С. У подальшому позначатимемо вихідний біовуглець АВ0.

Для проведення дослідження впливу УЗ опромінення вихідне вугілля подрібнювали механічним способом, просівали на просівній машині та відбирали фракцію з розміром частинок менше 100 мкм. Підготовлений таким чином біовуглець поміщали у резонатор УЗ установки ВАКУ-9050 та заливали дегазованою дистильованою водою. Тривалість впливу УЗ становила 10 хв за потужності випромінювання 30 Вт. Частота УЗ впливу становила 42 кГц. Отримане таким чином вугілля позначатимемо АВ-УЗ.

Для додаткової активації за допомогою лугу використано КОН марки х.ч. Співвідношення вихідний біовуглець : луг становило за масою 1 : 3. Біовуглець просочувався розчином лугу і витримувався впродовж доби. Далі зразок поміщали у піч та висушували до сталої маси за температури 105 °С. Після висушування просочений біовуглець поміщали у реактор печі для синтезу активованого вугілля. Синтез проводили за температури 700 °С і витримці при ній впродовж 90 хв з додатковою парогазовою активацією. Газоподібні продукти реакції відводились струменем аргону через гідрозатвор. Отримане таким способом вугілля позначатимемо АВ-КОН.

Рентгенодифракційні спектри зразків отримували на автоматизованому рентгенівському дифрактометрі ДРОН-3 в  $\text{Cu K}\alpha$ -випромінюванні ( $\lambda=1,5418 \text{ \AA}$ ), монохроматизованому відбиванням від площини (002) монокристала пірографіту, встановленого на дифрагованому пучку. Дифрактограми записували в режимі неперервного переміщення детектора з кутовою швидкістю 2 град./хв.

Параметри пористої структури синтезованих біовуглеців (питома площа поверхні, загальний об'єм пор, середній розмір пор) оцінювали за допомогою ізотермічних процесів адсорбції/десорбції азоту при температурі кипіння ( $T=77 \text{ K}$ ). Для цього було використано автоматизований аналізатор питокої поверхні і пористості Quantachrome NOVAtouch LX2. Перед вимірюваннями досліджувані зразки дегазували у вакуумі при температурі 473 К протягом 16 годин.

Відомо, що аморфні вуглецеві матеріали є низькорозмірними графітоподібними структурами. Тому для аналізу структурних особливостей зразків положення дифузних максимумів порівнювали з положенням дифракційних ліній полікристалічного графіту (002), що відповідають тривимірному упорядкуванню та (100), (110) пов'язаних з двохмірною дифракцією від окремих графенових шарів. З цією метою дифракційні спектри представляли у вигляді суперпозиції окремих максимумів, профіль яких описували функцією Лоренца. За кутовим положенням максимумів визначено середню відстань між шарами  $d$ , що значно перевищує відстань між площинами (002) графіту ( $d_{002}=3,35 \text{ \AA}$ ) для усіх трьох зразків. Крім того, максимуми аморфної фази, локалізовані в околі кутів дифракції  $2\theta \approx 42^\circ$  є зміщеними вправо відносно лінії (100) графітової фази. Така картина відповідає двохвимірній дифракції від окремих графенових шарів. Оцінені за півширинами максимумів аморфної фази близьких до ліній (002) та (100) графіту розміри графітоподібних блоків в напрямках відповідно перпендикулярному та паралельному графеновим шарам наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

### Параметри максимумів вуглецевої фази

Зразок	$2\theta$ , град	(hkl)	$d$ , $\text{\AA}$	$L_{(002)}$ , нм	$L_{(100)}$ , нм
AB0	23,2	(002)	3,830	0,8	1,4
	44,4	(100)	2,040		
AB-УЗ	22,84	(002)	3,893	0,85	3,35
	43,68	(100)	2,072		
AB-КОН	24,5	(002)	3,630	0,9	2,4
	43,0	(100)	2,100		

Як видно з табл. 1, обробка УЗ спричинює суттєве зростання графітизації у досліджуваному зразку за рахунок зростання розмірів графітоподібних блоків у напрямі паралельно графеновим шарам, що добре узгоджується із висновками, отриманими у роботі [7].

Дослідження ізотерм адсорбції здійснено на основі теорії полімолекулярної адсорбції Брунауера, Еммета і Теллера (БЕТ). При цьому для кожного зразку було розраховано питому площу поверхні, питомих об'єм пор, середній розмір пор і відповідний коефіцієнт кореляції для багатоточкового методу БЕТ. Отримані параметри наведено у табл. 2. Як видно з неї, для слабопористого вугілля найбільш ефективним методом розвитку пористості є використання додаткової хімічної активації.

**Параметри пористої структури синтезованих біовуглеців  
згідно даних адсорбції/десорбції азоту**

Зразок	$S, m^2/g$	$V, cm^3/g$	$\bar{d}, nm$	$r, відн.од.$
AB0	3,47	1,03	1,2	0,997
AB-УЗ	4,94	1,42	1,14	0,986
AB-КОН	532,5	3,11	2,34	0,995

Таким чином, проведені дослідження дозволили встановити, що для вдосконалення пористої структури біовуглеців ефективним є використання методів хімічної активації. Використання УЗ впливу дозволяє збільшити графітизацію вуглецевого матеріалу, але не спричинює суттєвого зростання пористого простору.

**Використані інформаційні джерела:**

1. *Yahya M. A., Al-Qodah Z., Ngah C. Z. Agricultural bio-waste materials as potential sustainable precursors used for activated carbon production: a review. Renew. Sust. Energ. Rev. 2015, 46, 218–235.*

2. *Sandar R. I., Hasan S., Saba B., Mahmud Md. Review on Production of Activated Carbon from Agricultural Biomass Waste. Int. J. Renewable Energy and its Commerc. 2021, 7, 2, 26–37.*

3. *Liu W. J., Jiang H., Yu H. Q. Development of biochar-based functional materials: Toward a sustainable platform carbon material. Chem. Rev., 2015, 115(22), 12251–12285.*

4. *Остафійчук Б. К., Будзуляк І. М., Рачій Б. І. та ін. Вплив хімічної обробки на властивості активованих вуглецевих матеріалів. Фізика і хімія твердого тіла. 2008, 9, 3, 609–612.*

5. *Zhou A., Ma X., Song Ch. Effects of oxidative modification of carbon surface on the adsorption of sulfur compounds in diesel fuel. Applied Catalysis B: Environmental. 2009, 87, 3–4, 190–199.*

6. *Wolak E. Modyfikacja chemiczna węgla aktywnych dla układów magazynowania energii. Inż. Ap. Chem. 2013, 52, 5, 496–497.*

7. *Ptashnyk V., Bordun I., Malovanyu M., Chabecki P., Pieshkov T. The change of structural parameters of nanoporous activated carbons under the influence of ultrasonic radiation. Appl. Nanoscience. 2020, 10, 12, 4891–4899.*

8. *Bagheri N., Abedi J. Preparation of high surface area activated carbon from corn by chemical activation using potassium hydroxide. Chem. Eng. Res. Des. 2009, 87, 1059–1064.*

9. *Vervikishko D. E., Yanilkin I. V., Dobele G. V., Volperts A., Atamanyuk I. N., Sametov A. A., Shkol'nikov E. I. Activated carbon for supercapacitor electrodes with an aqueous electrolyte. High Temp. 2015, 53, 758–764.*



*Боровик П. М., к. е. н., доцент, Удовенко І. О., к. е. н., доцент,  
Борона Р. О.*

*Уманський національний університет садівництва, м. Умань, Україна*

## **ПРОБЛЕМИ ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ СЕЛЯНСЬКИХ ДОМОГОСПОДАРСТВ В УКРАЇНІ**

У результаті економічних реформ в Україні були сформовані різноманітні аграрні утворення та побудовані повноцінні ринкові відносини. Одним із наслідків реформування аграрного сектору економіки було становлення особистих селянських господарств (ОСГ), або домогосподарств сільського населення. Це господарства сімейного типу які займаються вирощуванням та збутом лишків сільськогосподарської продукції без створення юридичної особи. Відповідно до вимог Закону України від 15.05.03 р. № 742-IV «Про особисте селянське господарство» вони повинні мати присадибні ділянки у розмірі не більше 2 га [1].

Поряд із цим, у процесі розпаювання угідь сільськогосподарських підприємств жителі сіл отримали право на виділення земельної частки (паю), внаслідок чого розміри земельних угідь ОСГ зросли в декілька разів, адже, відповідно до вимог українського законодавства, кожен із членів сім'ї який працював у сільськогосподарському підприємстві отримав та, в більшості випадків, успішно реалізував своє право на безкоштовну приватизацію земельної частки (паю). Враховуючи, що особисті селянські господарства в Україні виробляють значну частину сільськогосподарської продукції, вирішення проблем їх функціонування та державного регулювання розвитку зазначених суб'єктів аграрних відносин є важливим завданням для держави.

Варто зазначити, що в процесі використання земельних угідь селянськими домогосподарствами виникла низка проблем. Зокрема, однією із недоречностей, пов'язаних із використанням селянськими домогосподарствами сільськогосподарських угідь є те, що частина сільськогосподарських угідь, які належать окремим ОСГ, нині не обробляється та не використовується за призначенням.

Невикористання сільськогосподарських угідь за призначенням протягом кількох років спричиняє зниження якісних характеристик таких ресурсів а також захаращення земельної ділянки бур'янами та чагарниками. Зазначені земельні угіддя, віднесені статистичною звітністю до «перелогів» автоматично стають розсадниками бур'янів, тобто породжують нові проблеми для ефективних землевласників і землекористувачів, які використовують сусідні земельні ділянки.

Проблемою також є недотримання більшістю вітчизняних ОСГ

сівозмін та інших технологій вирощування сільськогосподарських культур, позаяк незначні площі угідь ОСГ не дозволяють використати в процесі вирощування рослинницької продукції повноцінні сівозміни, а незначні доходи ОСГ не дозволяють їм найняти спеціаліста агрономічного профілю та провести повноцінний агрохімічний аналіз ґрунтів. Крім того, більшість ОСГ не мають можливості придбати мінеральні добрива в достатній кількості, а поголів'я тварин, яких вони доглядають, не в змозі забезпечити такі господарства органічними добривами.

Результатом відмови від обробітку земельних ресурсів, недотримання сівозмін та невнесення, або недостатнього внесення добрив є зниження якісних характеристик ґрунтів, скорочення їх родючості та ерозія ґрунтового покриву. Крім того, наслідком невнесення добрив та засобів захисту рослин є зниження якісних характеристик вирощеної продукції.

Проблемою для невеликих рослинницьких домогосподарств є необхідність проведення окремих видів сільськогосподарських робіт та недостатня кількість у господарствах сільськогосподарської техніки.

Перелічені проблеми використання земельних ділянок сільськими домогосподарствами зумовлюють зниження якісних характеристик як земельних ресурсів, так і сільгосппродукції. Реальним шляхом вирішення окреслених нами та інших проблем як використання сільськогосподарських угідь селянськими домогосподарствами, так і взагалі діяльності ОСГ, як демонструють результати окремих досліджень, є кооперація селянських домогосподарств у межах окремо взятого населеного пункту [2]. Лише об'єднання ОСГ дозволить забезпечити належний рівень ефективності використання земельних ресурсів та підвищить показники якісних характеристик сільськогосподарської продукції, яка вирощується і реалізується ОСГ. Крім того, держава, особливо в час війни, повинна виважено використовувати податкові важелі та стимули з метою врегулювання зазначених нами та багатьох інших проблем, пов'язаних з використанням сільськогосподарських угідь селянськими домогосподарствами [3, с. 93].

Підсумовуючи результати дослідження, зазначимо, що лише кооперація рослинницьких домогосподарств дозволить вирішити більшість проблем землекористування зазначених суб'єктів земельних відносин. При цьому, ефективним важелем державного стимулювання процесів кооперування рослинницьких ОСГ може бути тимчасове (наприклад – на 5 років) звільнення від оподаткування новостворених кооперативів селянських домогосподарств.

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

1. *Про особисте селянське господарство: Закон України від 15.05.03 р. № 742-IV. Баланс Агро. 2003. №6-2 (54). С. 4-7.*

2. *Щурик М. В., Котова Т. В. Регулювання земельних відносин становлення та розвитку домогосподарств. [Електронний ресурс]. Режим доступу: [http://Sturikh\\_&\\_Kotova\\_OSG\\_Economic\\_News\\_pdfactory.com.ua](http://Sturikh_&_Kotova_OSG_Economic_News_pdfactory.com.ua). (дата звернення: 14.04.2022).*

3. *Боровик П. М. Посилення ролі податкових джерел у фінансуванні землеохоронних заходів. АгроІнком. 2006. № 9-10. С. 90–94.*

*Босюк А. С., аспірант  
Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м.Харків, Україна*

## **МОЖЛИВІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ЗАМКНУТИХ ЦИКЛІВ НА МАШИНОБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ**

Екологічна безпека – одна з головних задач сучасності, при вирішенні якої гостро стоїть питання щодо контролю над рівнем забруднення навколишнього середовища та раціонального використання водних ресурсів. На сьогодні, в країні залишається не вирішеним питання очищення стічної води промислових підприємств, у т.ч. машинобудівних, від екологічно небезпечних домішок, які негативно впливають на природне середовище.

Унаслідок надходження у водойми зі стічними водами шкідливих домішок органічного й неорганічного походження відбувається процес забруднення води. Стічні води, до складу яких входять розчинні органічні речовини або суспензії органічної природи, сприяють зниженню вмісту кисню у воді.

Головне завдання і напрям захисту водного середовища в промисловості – скорочення обсягів скидів забруднень й перехід підприємств до роботи за схемою замкнутого циклу водокористування та повторного використання вже очищеної води.

Стічні води – води, які внаслідок використання їх на побутові або на виробничі потреби суттєво погіршили свої первинні властивості, стали непридатними для використання, а також негативно впливають на гідросферу. До них також належать води, які стікають з територій населених місць, промислових підприємств і сільськогосподарських полів внаслідок випадання атмосферних опадів.

Стічні води машинобудівних підприємств можна розділити на три основні категорії: виробничі стічні води, які утворюються в технологічному процесі; побутові стічні води (від санітарних вузлів виробничих і невиробничих приміщень, від душових установок, наявних на території промислових підприємств); поверхневі стічні води (дощові, талі та поливомийні).

Традиційні системи відведення та очищення не дозволяють провести очистку до рівня вимог скиду в водоймища, що згубно впливає на флору і фауну, шкідливо діє на якість води, викликаючи забруднення і замулення.

Виробничі та поверхневі стічні води необхідно піддавати очистці на підприємстві перед скиданням у каналізаційні мережі або у водні об'єкти.

Кількість виробничих стічних вод на машинобудівних заводах коливається в значних межах і визначається характером виробництва та його потужністю.

Із усіх видів стічних вод машинобудівних підприємств стоки гальванічних цехів забруднені найбільшою мірою отруйними хімічними речовинами, при цьому концентрації забруднень залежать від виду технологічного процесу нанесення гальванопокриття.

Гальваніка – це електрохімічний метод нанесення металевих і хімічних покриттів на матеріал для надання йому певних властивостей: захисних антикорозійних, захисно-декоративних, декоративних, спеціальних: антифрикційних, для додання твердості, зносостійкості тощо.

Види покриття: хлористоамонійне кадмування, ціаністе цинкування, ціаністе міднення, лужне цинкування, лудіння, нікелювання блискуче сталевих деталей, електрополірування нержавіючих сталей, анодування тверде сірчаноокисле, анодування сірчаноокисле, хімічне оксидування сталі, оксидне фосфатування, катодне хроматування-ціаністе сріблення, покриття сплавом свинець-індій, анодування магнієвих сплавів, тверде хромування, хімічне пасивування нержавіючих сталей, хімічне пасивування мідних сплавів, анодування хромоокисле, зняття корозії, хімічне оксидування магнієвих сплавів, хімічне нікелювання, оксидування латуні, кадрування.

До недоліків роботи очисних споруд гальванічного виробництва слід віднести великі витрати реагентів та економічні витрати на їхню закупівлю, потребу в значних площах для реагентного господарства, вторинне забруднення очищених стічних вод, неможливість забезпечення дотримання вимог граничнодопустимих концентрацій при скиді очищених стічних вод у водойми рибогосподарського призначення.

Основна мета існуючих методів очистки – зниження вмісту важких металів до значень гранично допустимих концентрацій, що дозволяє здійснювати скид очищеної води в міську каналізацію або повернення очищеної води у гальванічне виробництво.

Рациональне вирішення проблем очистки стічних вод дозволяє створювати замкнені системи водопостачання машинобудівних підприємств, при яких повністю виключається скид стічних вод у водойми, що дозволяє запобігти втраті цінних компонентів, а споживання свіжої води передбачається лише для поповнення невідновних технологічних втрат води.

### **Використані інформаційні джерела:**

1. *Природоохоронні технології. Навчальний посібник. Ч2 : Методи очищення стічних вод / [Петрук В. Г., Северин Л. І., Васильківський І. В., Безвозюк І. І.]. Вінниця : ВНТУ, 2014. 254 с.*

*Бредун В. І., к. т. н.,  
Національний університет «Полтавська політехніка  
імені Юрія Кондратюка», м. Полтава*

## **МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗВИТКУ ЛОГІСТИЧНОЇ СТРУКТУРИ РЕГІОНАЛЬНИХ СИСТЕМ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ**

Для регіонального рівня управління відходами питання розробки логістичних схем збору муніципальних, у т.ч. побутових відходів, є визначальними у забезпеченні економічної, технологічної та екологічної ефективності системи управління відходами. Оптимальне прогнозування логістичної структури можливо при розумінні тенденцій її розвитку у прогностичному періоді, обумовлених специфікою регіональних факторів. На даний період існують методики розробки регіональних систем поводження з ТПВ за відомими показниками [1]. Однак, актуальним є питання прогнозування розвитку логістичних структур, обумовленого взаємодією комплексу соціально-технологічних факторів, що формуються під впливом регіональних умов.

Аналіз концепцій розвитку логістичної організації регіональної системи поводження з відходами є одним з можливих шляхів вирішення актуальної науково-практичної задачі зі зниження ризиків реалізації регіональних проектів системи поводження з відходами та підвищення їх ефективності. Це дозволяє встановити найбільш перспективні типи та технології логістичної організації процесу управління відходами в регіоні.

Відповідно до поставлених завдань нами розроблена структурно-логічна схема процесу прогностичних досліджень (рис. 1). Особливістю даної схеми є врахування всіх аспектів формування логістичної складової регіональної системи поводження з відходами.

Дослідження перспектив розвитку логістичної організації регіональних систем управління відходами базуються на: детальному структурно-генетичному та факторному аналізі концепцій розвитку логістичної організації регіональної системи поводження з відходами, передбачених регіональними планами; визначенні типу логістичної організації системи поводження з відходами, обумовленого урбаністичною структурою регіону; дослідженнях демографічних тенденцій в регіоні та встановленні критеріїв включення населених пунктів до логістичних схем; прогнозів обсягів перевезень; встановлені критеріїв вибору транспорту, визначення перспективної видової бази сміттєвозів; аналізі маршрутів основних перевезень, критеріїв використання дорожньої мережі, процесів формування дорожньої мережі області і планів її модернізації.



**Рис.1. Методологія прогностичних досліджень розвитку логістичної структури регіональних систем поводження з відходами**

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

1. Наказ Міністерства екології та природних ресурсів №142 від 12.04.2019 зі змінами від 10.09.2021 Наказ №586 «Про затвердження Методичних рекомендацій з розроблення регіональних планів управління відходами». [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0142737-19#Text>

*Бредун В. І., к. т. н.,  
Миколайчик Т. І., магістрант  
Національний університет «Полтавська політехніка  
імені Юрія Кондратюка», м. Полтава*

## **ВПЛИВ ДЕМОГРАФІЧНИХ ЧИННИКІВ НА ФОРМУВАННЯ ЛОГІСТИЧНОЇ СТРУКТУРИ ТА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ СИСТЕМИ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ У ОПІШНЯНСЬКІЙ ТГ**

Вирішення завдань з оптимізації систем видалення відходів на рівні окремої громади має проводитися в рамках оптимізації всієї системи поводження з відходами області. Для регіонального рівня управління відходами питання розробки логістичних схем збору муніципальних, у т.ч. побутових відходів, є визначальними у забезпеченні економічної, технологічної та екологічної ефективності системи управління відходами.

Системи видалення відходів із населених місць можуть бути реалізовані за різними сценаріями залежно від місцевих умов (великості населених пунктів, щільності та характеру забудови територій, кількості обслуговуваних системою жителів, наявності та характеру місць компактної утворення відходів, віддаленості об'єктів інфраструктури щодо поводження з відходами від місць їх утворення, наявності резервних територій, економічних, соціальних та інших умов тощо) у вигляді як прямого, так і двоетапного та змішаного видалення відходів. Таким чином формування регіональної системи поводження з відходами на рівні області в значній мірі визначається специфічними особливостями окремих громад. Об'єктом нашого дослідження є перспективи розвитку систему поводження з відходами у Опішнянській громаді Полтавської області.

Як і більшість громад області, Опішнянська громада має селищно-сільський тип логістичної організації системи поводження з відходами, що суттєвим чином впливає на фактори формування логістичної структури системи поводження з відходами. Одним із таких факторів є демографічна ситуація у громаді. Вона прямо впливає на прогностні об'єми утворення та перевезення ТПВ. Згідно даних [1] коефіцієнт зміни кількості населення з 2022 року на 2025 та 2030 роки, у Полтавській області становить відповідно 0,964 та 0,921. Таким чином, існує стійка тенденція до зниження кількості населення області. Дана тенденція цілком властива і для Опішнянської громади. Як наслідок – прогнозоване зменшення утворення відходів. Розрахунок-прогноз кількості ТПВ на 2025 та 2030 роки, використовуючи



дані прогнозованої чисельності населення дає наступні обсяги утворення побутових відходів на рік: 2025 рік – 2437,03 т; 2030 рік – 2330,02 т.

Ще одним важливим аспектом, обумовленим демографічними чинниками є зменшення кількості перспективних населених пунктів. Це зменшення відображає наслідки урбаністичних процесів, що відбувалися на Україні останні десятиріччя. Результатом стало зменшення сільського населення. На даний час на території Полтавської області існує значна кількість сіл, в яких майже не залишилось населення. На території Опішнянської громади за даними [2] з 30 населених пунктів 9 мають кількість населення менше 10 осіб (села Діброва, Яблучне, Безруки, Хижняківка, Бабанське, Заїки, Клименки, Кольченки, Пругли), і це переважно люди глибокого пенсійного віку. Ці села не мають ні виробничої ні соціальної інфраструктури. Таким чином, при плануванні системи поводження з відходами на рівні громади в сучасному періоді включення даних населених пунктів до схем санітарної очистки є економічно та екологічно недоцільним. У перспективному періоді планування системи поводження з відходами Опішнянської територіальної громади в рамках реалізації РПУВ [1] вище згадані 9 сіл мають бути виключені із схеми. Характерними наслідками такого рішення є:

- практично повна відсутність його впливу на показник обсягів перевезення ТПВ;

- враховуючи просторове розташування цих населених пунктів на території громади, їх виключення із логістичної структури призведе до суттєвого скорочення протяжності маршрутів сміттєзбиральних машин.

При подальшому розвитку сучасних демографічних тенденцій у громаді в групу низькоперспективних потрапляють також села Драни, Лавринці, Кирякове.

Ще одним важливим фактором потенційного зниження обсягів видалення ТПВ є використання їх окремих компонентів у власному домогосподарстві у сільській місцевості. В рамках області, за даними [1], вага даного фактору може складати до 12,33% від загальної кількості ТПВ.

Таким чином, селищно-сільський тип урбаністичної структури громади та її демографічні показники є одним з вагомих чинників у формуванні структури та техніко-економічних параметрів логістичної складової регіональної системи поводження з твердими побутовими відходами Опішнянської громади, особливо у перспективний період реалізації РПУВ у Полтавській області до 2030 року.

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

1. *Регіональний план управління відходами у Полтавській області до 2030 року. Полтава, 2021.*

2. *Опішнянська громада. Картка громади. Режим доступу: <http://opishnya.gromada.org.ua/structure>*

## **ЗМІНИ КЛІМАТУ: НАСЛІДКИ ТА ПРОТИДІЯ**

Зміни клімату на земній кулі, що спостерігаються, викликають перерозподіл тепла і вологи по території, що призводить місцями до надмірного висушення земель, а місцями до раптових сильних повеней. Дослідження зміни характеристик клімату у просторі та часі проводилося та проводиться постійно і для різних регіонів земної кулі та України в тому числі [1, 3, 6, 9, 10]. Результати цих досліджень знаходять застосування в різних моделях та прогностичних схемах багатьох звітів та посібників, як щодо прогнозування наслідків, так і адаптації до них територій та населення тощо [9, 7 та ін.]. Зміни клімату на території України виявляються у зростанні температури повітря, кількості атмосферних опадів та випаровування як з водної поверхні, так і з ґрунту [2, 4]. Загалом в Україні відзначається суттєва відмінність температурно-вологісного режиму між десятиліттями кінця ХХ та початку ХХІ ст. [6].

Проведені дослідження показують зміну як середніх характеристик клімату, так і екстремальних (максимальних та мінімальних їх значень). Так, наприклад, на метеостанції Сарни зростання середньої температури повітря більш виразне, тоді як зміна абсолютних максимумів температури повітря за рік показує наявність більш виразних тимчасових циклів на тлі зростання в часі. Абсолютні максимум і мінімум температури повітря збільшуються, а різниця між ними зменшується. Зменшується середня та мінімальна відносна вологість повітря за рік, незважаючи на зростання кількості опадів за рік. Максимальна добова кількість атмосферних опадів показує наявність деякої циклічності і в середньому невеликий ріст у часі, причому у разі випадання дощу за добу випадає опадів менше 50 мм у 80% випадків.

Максимальна інтенсивність опадів має деякі циклічні коливання в часі. У слід за зміною кліматичних показників спостерігається зміна параметрів зволоження земної поверхні та гідрологічного режиму річок [2,4], що відображається в перерозподілі стоку річок по сезонах року, зменшенні максимумів стоку, а отже порушення режиму стоку наносів, що склався. На тлі замулення річок спостерігається зменшення мутності води.

Зміни, що спостерігаються, відбиваються на мікрокліматі як сільськогосподарських земель так і територій населених пунктів.

Ріст населених пунктів, відставання переобладнання колекторної мережі в них, побудованої орієнтуючись на величини злив, що спостерігалися 40-50 років тому, на тлі коливань клімату викликають необхідність перегляду самих принципів організації території, як населених пунктів, так і території землекористування взагалі [3].

Основні питання, які належить вирішити при організації території населеного пункту у зв'язку з наслідками зміни клімату, лежать у площині зниження наслідків від нагрівання поверхонь та їх затоплення при інтенсивних зливах.

Нагрівання поверхонь добре зменшує деревна рослинність, що добре зарекомендувала себе в цьому зв'язку в різних природних зонах світу [7]. Однак, підвищення прогріву поверхонь у містах створює труднощі в існуванні насаджень у них. І тут у нагоді буде досвід по вирощуванню лісових насаджень у степу, що був проведений В. Докучаєвим й тривалий час підтримувався К. Юніцкім (на даний час цей об'єкт має назву ботанічний заказник ім. К. Юницького), за допомогою системи загат, що з одного боку попереджували розвиток ерозійних процесів на схилових землях, а з іншого – створювали умови для підвищення зволоження ґрунтового покриву. На даний час існує декілька систем землеробства й організацій території землекористування, що сприяють покращенню мікроклімату, збереженню вологи у ґрунті й родючості ґрунтів [5, 8].

Із вирішенням питань про відвертання затоплення територій справа йде важче. При використанні протиерозійної організації території для відвертання затоплення поверхонь необхідно:

1. Розбиття населеного пункту на елементарні водозбірні ділянки (визначення вододілів і напрямів стоку).
2. Обчислення статистичних характеристик дощів по найближчих метеостанціях, що обладнані півніографами.
3. Визначення на елементарних водозборах відсотка площ із різною щільністю поверхні (ділянки землі, даху, асфальт тощо), довжини і ухилів схилів.
4. Розрахунок потенційного стоку на елементарних ділянках по одній або декількох існуючих методиках розрахунку стоку з малих водозборів [5,8]. Визначення необхідних об'ємів затримання води на ділянках.
5. Підбір конструкцій споруд під об'єм води, що треба затримати з урахуванням стійкості схилів і споруд на них.
6. Вписування вибраних конструкцій у плани населеного пункту з дотриманням техніки безпеки для населення.

Для забезпечення стійкості споруд й не допущення перегрівання поверхонь у населеному пункті, споруди мають бути підсилені деревною чагарниковою рослинністю, що також вписується в планування населеного пункту.

Комплекс гідротехнічних і лісомеліоративних заходів, застосований у населеному пункті, забезпечить безпеку населення і матеріальних цінностей від несприятливої дії природного середовища в умовах коливань клімату.

### **Використані інформаційні джерела:**

1. Бабиченко В. Ф. Основные характеристики особо обильных дождей на Украине. Труды УкрНИГМИ, 1961. Вып.23, С.39–48.
2. Budnik S. V. Spatio-Temporal Change of Atmospheric Precipitation on Territory of North-West of Ukraine.// *Journal of Atmospheric Science Research*. Vol 2, No 4 (2019). P.4. DOI: <https://doi.org/10.30564/jasr.v2i4.1564>
3. Будник С. В. Организация территории землепользования и адаптация к изменениям климата // Проблемы трансформации естественных ландшафтов в результате антропогенной деятельности и пути их решения : Сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч. экол. конф. Краснодар : КубГАУ. 2021. С.546–548.
4. Budnik S.V. Actions on Humidifying Catchments of the Rivers and to Counteraction to the Spontaneous Phenomena Caused by Changes of a Climate. // *Hydrology*. 2020. Vol. 8, No. 1, 2020, pp. 1–6. doi: 10.11648/j.hyd.20200801.11
5. Герасименко В. П., Кумани М. В. Рекомендации по регулированию почвенно-гидрологических процессов на пахотных землях. Курск. 2000. 84 с.
6. Мартазинова В. Ф., Иванова Е. К., Щеглов О. А. Тенденция современного температурно-влажностного режима Украины к аномальности за счет атмосферных процессов в летний сезон. *Наук.прац УкрНигми*, 2016. Вип. 268, С.15–24.
7. Изменение климата и земля: Специальный доклад МГЭИК об изменении климата, опустынивании, деградации земель, устойчивом управлении земельными ресурсами, продовольственной безопасности и потоках парниковых газов в наземных экосистемах. Резюме для политиков. // Под ред. П. Р. Шукла, Д. Ски, Дж. Мэйли и др. МГЭИК, 2019. 39 с.
8. Методические указания по проектированию противоэрозионной организации территории при внутрихозяйственном землеустройстве в зонах проявления водной эрозии. М. :Агрпром СССР. ГИЗР. 1989. 80 с.
9. Bates, B. C., Z.W. Kundzewicz, S. Wu and J.P. Palutikof, Eds. *Climate Change and Water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva, 2008. 210 pp.*
10. DeGaetano A. T., Castellano C. M. *Downscaled Projections of Extreme Rainfall in New York State. Technical Document. Northeast Regional Climate Center Cornell University Ithaca, NY. 2017. 35 p.*

*Величко С. Д., Левченко М. А., студ., Бутенко О. С., д.т.н., проф.  
Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна*

## **АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛОЗЕМНОГО ПРОСТОРУ**

Безкраї глибини космосу завжди вабили людство. Вчені всього світу вивчають походження та особливості зірок, планет, галактик та проводять космічну діяльність. На жаль, космічна техніка має властивість руйнуватися. Саме через це зростає кількість космічного сміття. Це може бути фрагменти руйнування штучних космічних об'єктів, відпрацьовані ступені ракет, космічні апарати, що припинили свою роботу, навіть найменший гвинтик може завдати фатальних пошкоджень.

Тому актуальність теми досліджень полягає в виборі оптимальних методів боротьби з «космічним сміттям» для попередження загрози руху космічних апаратів на підставі аналізу даних спостереження за забрудненням космічного простору.

За даними Управління ООН з питань космічного простору, в даний час у районі низьких навколоземних орбіт аж до висот близько 2 000 км знаходиться, близько 300 тис. техногенних об'єктів загальною масою до 5000 тонн (на жовтень 2009), але з кожним днем ця цифра збільшується.

Тому для забезпечення вирішення цієї проблеми міжнародне співробітництво з проблематики «космічного сміття» розвивається за такими пріоритетними напрямками, як спостереження за «космічним сміттям» і ведення каталогу об'єктів «космічного сміття», що тягне за собою значні фінансові вкладення в цю сферу, коли ці фінанси можливо витратити на більш необхідні напрями. Також космічне сміття тягне за собою такі витрати як на «профілактичні роботи» [1]

Класифікація профілактичних робіт:

- розробка способів і засобів захисту космічних апаратів від впливу високошвидкісних частинок «космічного сміття»;
- розробка та впровадження заходів, спрямованих на зниження засміченості ОКП;
- виготовлення об'єктів космічної діяльності більш міцними
- посилення захисту від ударів;
- зробити супутники більш маневреними [2].

Аналіз існуючих методів боротьби з космічним сміттям:

- Сітки та гарпун. Більш відома як Electro Dynamic Debris Eliminator (EDDE), ця ідея полягає в тому, щоб відправити в космос супутник, озброєний сітками і гарпуном. І дійсно, захоплювати супутники і інші об'єкти, що

збилися зі шляху, можна звичайною сіткою. Цей план недорого коштує, зручний і може будь-коли вирушити з місією на низьку навколораземну орбіту.

- Перенаправлення за допомогою лазера. Laser Orbital Debris Removal, або LODR, може використовувати потужні імпульсні лазери, які будуть стріляти з поверхні і створювати плазмові джети на космічне сміття. Це призведе до того, що сміття буде сповільнюватися і повторно входити в атмосферу, падаючи в океан. За планом на один об'єкт буде витрачатися до мільйона доларів [2].

- Реактивний буксир. Для більших об'єктів можна було б використовувати окремих суїцидальних роботів, які будуть рухати супутники до повторного входу в атмосферу. Проект Clean Space One від EPFL, наприклад, включає супутниковий куб, який буде переслідувати, захоплювати і знищувати космічне сміття [3]. Щоправда, вартість буде непомірно високою близько 200 мільйонів доларів для кожної місії.

- Самоскид сміття на геостационарному цвинтарі. Замість того, щоб захоплювати об'єкти кігтями, гарпунами і сітками, ми могли б переміщати великі об'єкти, не торкаючись них [3]. Для цього супутники-прибиральники повинні бути оснащені електростатичним керуванням і двигунами малої тяги, щоб уникати будь-яких контактів.

Аналіз існуючих методів боротьби з космічним забрудненням показав наступне. Згідно з обраними критеріями оцінки (оперативність, якість, цінність) були обрані чотири методи покращення екологічної ситуації навколоразмітного простору. В результаті було зроблено висновок що такі засоби боротьби як, сітки та гарпун, LODR, реактивний буксир та самоскид сміття, є найбільш оптимальними. Додатково було розглянуто та проаналізовані методи й засоби уводу космічних апаратів з робочих орбіт по закінченню терміну активного існування та відомі способи й системи активного видалення фрагментів космічного сміття. Аналіз показав, що космічне сміття – реальна екологічна загроза, новий антропогенний чинник, який наносить шкоду екології планети. Тому необхідним є проведення постійного моніторингу за рівнем концентрації космічного сміття та розроблення нових методів боротьби з ним. В Україні на сучасному етапі розвитку проводяться дослідження кількісних і якісних характеристик космічного сміття, проте, на жаль, поки що Україна не долучена до проектів з очищення навколораземного простору.

### **Використані інформаційні джерела:**

1. «ВІТ.иа. На орбіті вбиває навіть шматок фарби: чим небезпечно космічне сміття та як його намагаються прибрати». Наукова стаття. Спецпроект, 2021 URL: <https://bit.ua/2021/11/na-orbiti-vbyvaye-navit-shmatok-farby-chym-nebezpechne-kosmichne-smittya-ta-yak-jogo-pamagayutsya-prybraty/> (дата звернення: 01.05.2022)

2. Г'ю Льюїс «Проблема на орбіті: що робити з космічним сміттям». Наукова стаття, 2015 URL: [https://www.bbc.com/ukrainian/science/2015/08/150806\\_space\\_junk\\_problem\\_s](https://www.bbc.com/ukrainian/science/2015/08/150806_space_junk_problem_s) (дата звернення: 20.04.2022)
4. Борзак О. П. «Космічне сміття» — Організаційно-правові та методологічні аспекти». Наукова стаття, 2019 URL: <https://www.google.com/url>

*Вергельська Н. В., д. геол. н.*

*Державна установа «Науковий центр гірничої геології, геоекології та розвитку інфраструктури НАН України», м. Київ, Україна*

## **ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВУГЛЕВИДОБУВНИХ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ**

В останні роки багато уваги приділяють закриттю вуглевидобувних підприємств та екології техногенно навантажених вугледобувних регіонів, яка тривалий час перебуває в зоні військового конфлікту. Діяльність вуглевидобувних підприємств на території України протягом понад 250 років зумовила істотне та багатопланове техногенне навантаження на довкілля. Площі вуглевидобутку займають близько третини території України і представлені кар'єрами Дніпровського буровугільного басейну, шахтами Донецького та Львівсько-Волинського басейнів, закритими вуглевидобувними підприємствами Закарпатської та Прикарпатської вугленосних площ. Ліквідація шахт і кар'єрів у останні роки призводить до виникнення та розвитку взаємопов'язаного комплексу нових негативних явищ і процесів впливу на довкілля.

Вивчення техногенних ландшафтів вуглевидобувних підприємств та їх вплив на довкілля є актуальними дослідженнями. Питання впливу наслідків вуглевидобутку на літосферу, гідросферу, атмосферу та кліматичні зміни стало ще більш актуальним у зв'язку зі світовими дослідженнями його впливу на зміни клімату та активних бойових дій в нашій країні [1, 4].

Робота ґрунтується на матеріалах досліджень 2019-2022 років. Проаналізовано понад 200 проб вугілля, суміші порід і газу з териконів. Лабораторні дослідження проведено в комплексній лабораторії ДП «Укрнаукагеоцентр» у м. Полтава.

У районах вуглевидобутку під час проведення дистанційних методів дослідження і дешифрування космознімків виявлено формування техногенних дрібних структур, названих «шагреневою шкірою» [2]. Найтипівіші вони для Донецького басейну, де вугільні пласти залягають під кутом, і частину з них розробляють перпендикулярно до падіння, що дає змогу в разі просідання покрівлі формувати «шагреневу шкіру». Це негативно впливає на поверхневі ландшафти й ґрунтові води, а в умовах степової зони регіону – на розвиток рослинного покриву й біоценозів.

Під час розробки вугільних пластів у межах міст через кілька років можна простежувати просідання будівель і міських комунікацій. Також



вуглевидобуток дається взнаки й на транспортних дорогах у містах і за їхніми межами, у зонах впливу відпрацьованого простору вугільних шахт.

Розвиток тріщинуватості вуглепородних масивів впливає на підвищення газової міграції й формування газових зон на поверхні, які можуть бути причинами загоряння. Особливо небезпечна міграція газу до поверхні в містах, оскільки скупчення вуглеводневих газів у підвалах будівель призводить до вибухів і пожегів. За нашими дослідженнями вміст вуглеводневих газів у ґрунті зростає вчетверо, порівнюючи із зонами, незачепленими підземними виробками. Зараз ці дослідження тривають, щоб визначити зміни в часі [2, 3].

У разі закриття шахт або відпрацьованих ділянок так званою мокрою консервацією підвищується рівень підземних вод. Шахтні води за своїм хімічним станом зазвичай агресивніші й легко вступають у реакцію з рудниковою атмосферою та залізними конструкціями [2]. Через структуру шахтних полів суміжні шахти взаємопов'язані, що призводить до перерозподілу вод, збагачених газом і новоутвореними хімічними розчинами, різними горизонтами виробок. Варто зазначити, що підземні води не тільки переносять газ, а й витісняють його на поверхню. У відпрацьованому просторі внаслідок газової міграції відбувається насичення води газом, що було досліджено на шахті «Святопокровська» (ділянка п'ять років закрита мокрою консервацією). Зазначимо, що кількість вуглеводневих газів у воді збільшувалася, а водоносний горизонт поступово трансформувалася у водо-газоносний. Поширення шахтних вод негативно впливає на породи, з якими вони вступають у контакт, порушуючи природний баланс. Для всіх вугледобувних басейнів характерна наявність териконів, що неабияк впливають на ґрунт унаслідок підняття рівня ґрунтових вод і міграції хімічних сполук з териконів у ґрунт, а також розширення їхньої підшови. Але процеси перетворення в самих териконах вивчено недостатньо.

Дегазація відпрацьованого простору набагато зменшує емісію метану і  $\text{CO}_2$  в атмосферу. Гідрогеологічний моніторинг закритих шахт дає змогу контролювати припливи води, але без можливості оцінити їхній хімічний стан, що ускладнює прогнозування хімічних процесів на ділянках закритих вуглевидобувних підприємств. На жаль, вивчати процеси в закритих шахтах неможливо, але під час дослідження відпрацьованих частин можна проводити аналогії для обґрунтування робіт зі зменшення техногенних навантажень на території вугледобувних підприємств і поліпшення екологічної ситуації.

Зазначимо, що процеси водної та газової міграції під час закриття виробок (шахт) активізуються. Унаслідок усі процеси, передбачені під час

відпрацювання вугільного пласта, поступово розвиваються за мало дослідженими напрямками. Вивчення результатів впливу відпрацьованих виробок на довкілля характеризується початковим етапом, що не дає змоги максимально знизити цей вплив ані в літосфері (зміщення порід, розвиток тріщинуватості, міграція води й газу), ані гідросфері чи атмосфері.

Із точки зору захисту довкілля необхідно твердо визначитися зі стратегічним курсом на розвиток сонячної, вітрової, атомної та біоенергетики. У контексті євроінтеграційних перспектив Україні також потрібно буде відповідати жорстким нормативам ЄС щодо обмеження викидів CO<sub>2</sub>. Насамперед їх слід досягати підвищенням енергоефективності й тільки в перспективі потрібно буде відмовлятися від вугілля.

Утім, брак фінансування на екологічний моніторинг не дозволяє повною мірою проводити роботи ані в напрямі вивчення екологічної ситуації, ані в напрямку її покращення.

Отже, на сучасному етапі суспільного розвитку, якому притаманне загострення екологічних проблем та забруднення навколишнього середовища в техногенно навантажених вуглевидобувних регіонах, особливого значення набуває процес формування та реалізації дієвої та ефективної державної екологічної політики, яка буде базуватися на природно-ресурсному потенціалі регіонів.

### **Використані інформаційні джерела:**

1. Барановський В. А. Екологічна географія і екологічна картографія: монографія. Київ : Фітосоціоцентр, 2001. 252 с.
2. Вергельская Н., Вергельская В., Мельник В. Влияние отработанных угольных выработок на окружающую среду. Сборник научных трудов IX INTERNATIONAL GEOMECHANICS CONFERENCE, 7-11 сентября 2020, г. Варна, Болгария, 2020. С. 304–310.
3. Вергельська Н. В., Скопиченко Є. І. Моніторинг териконів вуглевидобувних підприємств Донецького басейну // Гірнична геологія та геоecологія. №1 (2) 2021. С. 52–63.
4. Заключний звіт з науково-дослідної роботи «Проведення аналізу стану реалізації регіональної екологічної політики» [Електронний ресурс]. – Режим доступу:  
<http://www.menr.gov.ua/docs/activityecopolit/NDR%20regionalna%20politika%202013.doc>.

<sup>1</sup>*Вергельська Н. В., д. геол. н.,* <sup>2</sup>*Сіра Н. В., к. геол. н.,*

<sup>3,4</sup>*Крошко Ю. В., к. геол. н.,* <sup>4</sup>*Головченко Д. М.,*

<sup>5</sup>*Вергельська В. В.*

<sup>1</sup>*Державна установа «Науковий центр гірничої геології, геоecології та розвитку інфраструктури НАН України», м. Київ, Україна,*

<sup>2</sup>*ДП «Укрнаукагеоцентр», м. Полтава, Україна,*

<sup>3</sup>*Інститут геологічних наук НАН України,*

<sup>4</sup>*Державна установа «Науковий центр гірничої геології, геоecології та розвитку інфраструктури НАН України», м. Київ, Україна*

<sup>5</sup>*Державна установа «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України», м. Київ, Україна*

## **ОСОБЛИВОСТІ МОНІТОРИНГУ ТЕРИКОНІВ ВУГЛЕВИДОБУВНИХ ПІДПРИЄМСТВ ДОНБАСУ**

Україна належить до найзабрудненіших та екологічно проблемних країн, за оцінками Індексу якості навколишнього середовища (Environmental Performance Index), які здійснює Йельський університет (США), Україна займає 87-е місце серед 163 країн світу. Рівень навантаження на навколишнє природне середовище в Україні в 4-5 разів перевищує аналогічні показники інших країн. Вуглевидобувні регіони України, що перебувають в стані глибоких техногенних змін, перетворень і пошуків, мають шанс використати результати інтенсивних геолого-техногенних реальностей для висновків щодо пошуків наукових основ природокористування і збереження довкілля.

Техногенне навантаження – ступінь прямого і опосередкованого впливу людей, господарства на природу в цілому та окремі її компоненти і елементи [5]. Аналіз техногенного впливу на природне середовище – це складний процес, обумовлений різноманітністю форм людського впливу на нього. Вивченням впливу техногенного навантаження на природне середовище займалися В. А. Барановський, Ю. А. Олішевська, І. К. Нестерчук та ін. [1, 6, 7].

Із позиції зміни териконів вугільних шахт та їх впливу на довкілля, розробка та використання методик для визначення техногенного впливу вуглевидобувних підприємств на суміжні природні та сільськогосподарські ландшафти є актуальним дослідженням.

За основу взято польові дослідження, проведені в 2019–2021 рр., авторами публікації при дослідженні териконів діючих та закритих вуглевидобувних підприємств Красноармійського вуглепромислового району. Відібрані проби на визначення газового складу в породах терикону та хімічний склад порід. Лабораторні дослідження хімічного та газового

складу порід териконів проводилися у комплексній лабораторії ДП «Укрнаукагеоцентр» (м. Полтава).

Вуглевидобувні підприємства (зокрема шахти та вуглерозрізи) мають як загальні, так і індивідуальні наслідки розробки вуглепородних масивів, які негативно впливали і впливають на навколишнє середовище і корелюються з геологічною будовою регіону [2, 3, 4, 8].

Моніторинг структурно-геоморфологічних новоутворень у геологічному середовищі, що мають природно-техногенне походження особливо в районах відпрацювання гірничих виробок можуть бути використані як полігони для проведення навчальних і дослідних робіт для розробки методики антропогенного (техногенного, біосферного) картування гірничопромислових агломерацій використовуючи сучасні методи GIS, та карти сучасного стану поверхні Google.

Саме сучасні методи GIS дозволяють моніторинг площі териконів, їх форми та руйнування, що негативно впливає на сільськогосподарські угіддя з якими вони межують.

Із розгляду сучасного стану териконів (рис. 1, 2, 3), не виникає сумнівів в актуальності та необхідності геологічного картування об'єктів, які є наслідком взаємодії природно-техногенних факторів сучасного геологічного процесу. Доцільно злучити картування поверхні з позиції пошуку і розвідки вторинних (техногенних) родовищ відвалів, териконів, відпрацьованих гірничих виробок тощо.



**Рис. 1. Фрагмент терикону шахти Родинська  
(з ділянками, зміненими температурою)**

Виведені та підняті на поверхню значні маси у природний енергетично-речовинний кругообіг речовини та енергії на поверхні, стає процесом геологічним, що відображає природно-техногенні, в тому числі геолого-геохімічні процеси, які продовжуються на поверхні (рис. 1-3).





2



3

**Рис. 2, 3. Процеси руйнування терикону шахти Родинська (рік після закриття)**

Варто не дооцінювати вплив териконів і на поверхневі та підземні води. Під час опадів із терикону хімічно забруднені води потрапляють у поверхневі, що значно погіршує їх якісні характеристики. В той же час складно оцінити зміни підземних вод при розробці вугільних виробок. Підземні води трансформуються у шахтні води, які за нашими попередніми дослідженнями є агресивними та газонасиченими [8].

Під час дослідження варто зважати на особливості поширення газу та хімічний склад порід териконів, оскільки це дозволить запобігати небезпечні зміни в териконах, в тому числі й загоряння. Нашими дослідженнями встановлено особливості газонасиченості териконів, які в осінньо-зимовий період проявляється як диміння (рис. 2) териконів при підвищенні їх температури [4]. Таким чином відбувається негативний вплив на атмосферу, з потраплянням у повітря  $\text{CO}_2$ .

Процеси перетворення, в самих териконах вивчені недостатньо, що не дає можливості повною мірою оцінити ризики для літосфери, атмосфери та біосфери.

Отже, для визначення стану та зміни териконів варто застосовувати дослідження, які будуть відображати зміну площі та висоти териконів за допомогою сучасних методів GIS; визначати їх геолого-геохімічні та гідрогеологічні зміни.

Запропоновані напрями досліджень дозволять визначати основні напрями використання техногенно навантажених територій вуглевидобувних районів.

На території закритих шахт доцільно проводити повну рекультивацію, для покращення екологічного стану техногенно навантажених (гірничодобувних) регіонів перевагу доцільно віддавати комплексним еколого-промислово-туристичним проектам.

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

1. Барановський В. А. Екологічна географія і екологічна картографія : монографія. Київ : Фітосоціоцентр, 2001. 252 с.

2. Вергельская Н., Вергельская В., Мельник В. Влияние отработанных угольных выработок на окружающую среду // Сборник научных трудов IX INTERNATIONAL GEOMECHANICS CONFERENCE, 7-11 сентября 2020, г. Варна, Болгария, 2020. С. 304–310.

3. Вергельська Н. В., Вергельська В. В. Техногенні ландшафти вуглевидобувних підприємств України // Мінеральносировинні багатства України: шляхи оптимального використання : Матеріали восьмої науково-практичної конференції, 2 жовтня 2020 р., смт. Хорошів. Київ, 2020. С. 31–34.

4. Вергельська Н. В., Скопиченко Є. І. Моніторинг териконів вуглевидобувних підприємств Донецького басейну // Гірнича геологія та геоекологія. №1 (2) 2021. С. 52–63.

5. Кравців В. С. Регіональна екологічна політика в Україні та механізми її реалізації: НАН України. Інститут регіональних досліджень. Львів, 2007. 72 с.

6. Нестерчук І. К. Геоекологічний аналіз: концептуальні підходи, сталий розвиток : монографія. Житомир: ЖДТУ, 2011. 312 с.

7. Олішевська Ю. А. Методика геоекологічного районування території України : автореф. дис. канд. геогр. наук : 11.00.11 Київ, 2005. 22 с.

8. Лівенцева Г. А., Вергельська В. В., Мельник В. В. Еколого-гідрогеологічні виклики вугледобувних регіонів України // Тектоніка і стратиграфія. 2019. Вип. 46. С. 133–140.

*Винников Ю. Л., д.т.н., професор, Харченко М. О., к.т.н., доцент,  
Ягольник А. М., к.т.н., доцент, Вольченкова А. В., старший викладач,  
Вовк М. О., старший викладач, Волошко І. В., студент  
Національний університет «Полтавська політехніка  
імені Юрія Кондратюка», Полтава, Україна*

## **ОБГРУНТУВАННЯ ГЕОТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ LNG РЕЗЕРВУАРІВ НА СЛАБКИХ ГРУНТАХ**

Об'єкти зберігання зрідженого природного газу (LNG) відносять до найвищої категорії складності й класифікують як споруди підвищеної відповідальності та екологічної небезпеки. Для територій зі складними інженерно-геологічними умовами суттєво підвищується загальна вартість будівництва та ускладнюється забезпечення проектних технологічних вимог щодо їх експлуатації, особливо при динамічних впливах. Тому комплексне врахування цих чинників потребує надійного обґрунтування рішень системи «основа – фундаменти – інженерна споруда», розроблення ефективних конструктивно-технологічних рішень для зведення сучасних економічних і безпечних резервуарів вуглеводнів, а також забезпечення проектних технологічних вимог при їх експлуатації [1].

Розглянемо наочний приклад такого обґрунтування раціонального та одночасно надійного рішення складу вуглеводнів газонаповнювальної станції в Харківській області. Металеві ємкості для зберігання вуглеводнів, які розміщують на залізобетонних плитах (фундаментах) площею 6 м<sup>2</sup> (3 x 2 м), подано на рис. 1, а. Проміжні залізобетонні елементи між ємкостями та цими плитами, а також самі опорні плити вміщено на рис. 1, б.



а



б

**Рис. 1. Металеві ємкості для зберігання вуглеводнів (а) і проміжні залізобетонні елементи між ємкостями й плитами та самі плити (б)**

У геоморфологічному відношенні майданчик приурочено до стику річної заплави й тераси. Територію сплановано насипними ґрунтами. До



глибини 12 м від земної поверхні залягають відклади систем: крейдної (суглинисті білі крейди – суглинки текучі) на глибинах від 4,4 м до 10,6 м; палеогенової (глини тугопластичні, піски середньої крупності, піски мілкі до пилюватих) на відкладах верхньої крейди; четвертинної, що поділені на фації: руслову (суглинки м'якопластичні), розмиву (піски мілкі та суглинки) й заплавної (піски мілкі, середньої щільності, насичені водою).

Сучасні четвертинні відклади – суглинки текучопластичні, замулені, з домішками органічних речовин (ІГЕ-2) та торфи м'якопластичні (ІГЕ-2а). Грунт ІГЕ-2а відносно до слабких (модуль деформації  $E < 5$  МПа). Розрахункові значення властивостей ґрунту такі: кут внутрішнього тертя  $\varphi_{II} = 10^\circ$ ; питоме зчеплення  $c_{II} = 30$  кПа; модуль деформації  $E = 3$  МПа;  $\varphi_I = 9^\circ$ ;  $c_I = 20$  кПа. Потужність ІГЕ-2а звичайно не перевищує 0,6 м, місцями до 1 м. Шари ґрунтів не витримані за глибиною та площею.

Гідрогеологічні умови зумовлені геоморфологічними особливостями та геологічною будовою майданчику. Його гідрогеологічні особливості суттєво визначає гідрогеологічний режим річки. Рівень ґрунтових вод склав 0,40-1,80 м від земної поверхні, тобто, майданчик підтоплений, а сезонні коливання рівня ґрунтових вод складають 0,8 м.

За таких умов у якості штучної основи залізобетонних фундаментів (3 x 2 м) металевих емкостей для зберігання вуглеводнів прийнята піщана подушка. Тому четвертинні відклади (ІГЕ-2 та ІГЕ-2а) було перекрито пісками насипними, середньої крупності, що відсипані пошарово й ущільненні укочуванням. Товщина піщаної подушки 1,0-1,2 м.

Головний природно-техногенний чинник, що вплине на територію при зведенні й експлуатації споруд, – це зміни гідрогеологічного режиму. Ця інформація стала обґрунтуванням необхідності додаткових інженерно-геологічних досліджень фактичного масиву майданчику вертикальним статичним навантаженням штампами площею 60000 см<sup>2</sup> відповідно до ДСТУ Б В.2.1-6-2000 «ґрунти. Польові випробування». Залізобетонні штампи площею 6 м<sup>2</sup> розміщували безпосередньо на вирівняній поверхні ділянки. До штампу були приєднані струни трьох прогиномірів (з ціною поділки 0,01 мм), закріплених на реперних системах (рис. 2, а), якими вимірювали осідання штампу. Для аналізу приймали середнє значення. Штмп (плита) важив 45 кН, його завантажували аналогічними плитами (рис. 2, б і 2, в). Тиск під подошвою штампу від ваги кожного з таких вантажів склав 7,5 кПа. Кожна ступінь навантаження звичайно (крім перших) складала 2 плити, тобто відповідний тиск складав 15 кПа.

Кожну ступінь навантаження витримували до умовної стабілізації осідання основи штампу, за яку приймали її приріст у 0,1 мм за дві години спостережень. При виконанні цієї умови до штампу прикладали наступну ступінь навантаження. Кінцевий тиск під подошвою штампу склав 150 кПа. Після цього його розвантажували. Результати статичних випробувань



грунтів трьома штампами подано у вигляді графіків залежності осідання основи штампу від тиску  $S=f(p)$  під його підшвою (рис. 3).



а

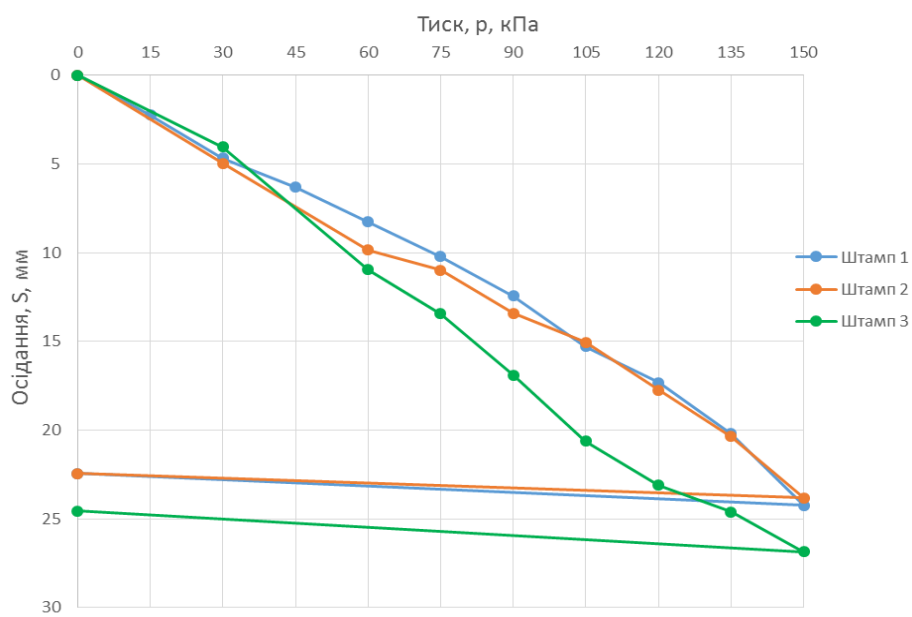


б



в

**Рис. 2.** Реперні системи та закріплені на них прогиноміри для виміру осідань основи штампу (а) та завантаження штампу плитами (б і в)



**Рис. 3.** Графіки осідань основи штампів від тиску

Модуль деформації такої основи визначено з відомого виразу

$$E = \omega(1 - \nu^2) b \frac{\Delta p}{\Delta S}, \quad (1)$$

де  $\omega$  – безрозмірний коефіцієнт, прийнятий для круглого жорсткого штампа 0,8;  $\nu$  – коефіцієнт бічного розширення від 0,27 до 0,42 залежно від виду ґрунту;  $b$  – діаметр штампа, см;  $\Delta p$  – прирощення тиску, МПа,  $\Delta p = p_n - p_1$ ;  $\Delta S$  – прирощення осідання штампа, см,  $\Delta S = S_n - S_1$ .

Із аналізу графіків  $S=f(p)$  (рис. 3) видно, що до тиску  $p = 135$  кПа залежність може бути прийнята лінійною. Тоді для проектування значення модуля деформації для кожного зі штампів було прийнято при величині коефіцієнта Пуассона  $\nu = 0,37$ : для першого штампу  $E = 11,2$  МПа; для другого  $E = 11,0$  МПа; для третього  $E = 9,5$  МПа.

При заповненні ємкості водою тиск під подошвою штампів площею  $6 \text{ м}^2$  складає близько 60 кПа, а при її заповненні газом тиск під штампами з урахуванням привантаження від ґрунтової засипки навколо ємкості на всю її висоту не перевищить 105-110 кПа. Отже, за такого тиску несуча здатність і деформативність основи фундаментів площею  $6 \text{ м}^2$  металевих ємкостей для зберігання вуглеводнів буде забезпечена.

Однак через наявність у межах стислої товщі основи фундаментів площею  $6 \text{ м}^2$  торфу (ІГЕ-2а) є ймовірність, зокрема, при зниженні рівня ґрунтових вод, розвитку додаткових осідань шару торфу від розкладання органічних речовин. Тому основу фундаментів слід посилити. За найбільш надійні варіанти посилення основ під фундаменти ємкостей для зберігання вуглеводнів рекомендовано: підсилення шару торфу втрамбовуванням у нього щебеню за технологією набивних паль у пробитих свердловинах; вертикальне армування торфу ґрунтоцементними елементами.

Більш дешевий варіант посилення основ (який, однак, не виключає можливих додаткових осідань основи внаслідок розкладання органічних речовин, які містить торф) – це влаштування подушки зі щебеню чи гравію (товщиною не менше 0,6 м) по укладеній геосітці на вже існуючий пошарово ущільнений пісок подушки. За нього, в разі розвитку додаткових нерівномірних осідань основи через розкладання органічних речовин слід рихтувати технологічне обладнання ємкостей для зберігання вуглеводнів.

### **Використані інформаційні джерела:**

1. *Ефективні конструктивно-технологічні рішення об'єктів зберігання нафти і нафтопродуктів у складних інженерно-геологічних умовах: Монографія / В.О. Онищенко, Ю.Л. Винников, М.Л. Зоценко, М.О. Харченко, І.І. Ларцева, В.І. Бредун, Т.М. Нестеренко. Полтава : ПолтНТУ імені Юрія Кондратюка, 2019. 246 с.*

*Вирожемський В. К., к. т. н., Харитонова Н. М., Ярошук О. С.  
Державне підприємство «Державний дорожній науково-дослідний  
інститут імені М. П. Шульгіна» (ДП «ДерждорНДІ»),  
м. Київ, Україна*

## **ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ЗРУЙНОВАНИЙ КОНСТРУКЦІЙ ПРИ БУДІВНИЦТВІ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ**

Питання утилізації відходів в останні роки здобувають вирішальне значення для зниження антропогенного впливу на середовище існування людини, а також у зв'язку з ростом цін на сировину, що супроводжує неминуче виснаження природних ресурсів.

Безвідповідальний підхід до питання утилізації будівельних відходів веде до виснаження природних ресурсів і забруднення навколишнього середовища.

Грамотна утилізація цього виду сміття дозволяє:

- вчасно розвантажувати будівельний майданчик, що не дає виникнути застою в роботі, це спрощує пересування фахівців і техніки, дозволяє уникнути проблем з контролюючими органами;

- зберігати природні ресурси шляхом використання вторинної сировини – собівартість таких матеріалів у рази менше, що вигідно для компаній з виробництва будівельних товарів;

- уникати забруднення навколишнього середовища через масове поховання і розпад будівельного сміття, яке може привести до суттєвих наслідків, зберегти ліси і пасовища, захистити водні, земельні і повітряні ресурси.

Згідно з Державним класифікатором України ДК 005-96 «Класифікатор відходів» до групи 45 включено відходи, що утворюються під час будівельних робіт, знесення будівель і споруд, а також відходи, які утворилися внаслідок техногенних катастроф (аварій), природних катастроф та явищ. Цю діяльність класифіковано в розділі 45 КВЕД.

Такими відходами є: ґрунт, залишки асфальту, гравій, щебінь, пісок, мука доломітова, заповнювачі, гіпсоцементи, мастика гідроізоляційна, речовини зв'язувальні зіпсовані, забруднені або неідентифіковані, їх залишки, металеві деталі, деревина непридатна.

Фактично більшість цих відходів буде утворюватися в незначній кількості в порівнянні з загальними обсягами відходів будівництва:

- гравій, щебінь, пісок, мука доломітова, заповнювачі, гіпсоцементи, мастика гідроізоляційна, речовини зв'язувальні зіпсовані, забруднені або не ідентифіковані, їх залишки, які не можуть бути використані за призначенням;

- емульсії дорожні зіпсовані, забруднені або не ідентифіковані, їх залишки, які не можуть бути використані за призначенням;

- матеріали зв'язувальні органічні зіпсовані, забруднені або не ідентифіковані, їх залишки, які не можуть бути використані за призначенням;

- вироби стінові бетонні, стовпи, черепиця бетонна зіпсовані, забруднені або не ідентифіковані, які не можуть бути використані за призначенням;

- продукція будівельна (у т. ч. від ремонту чи розборки будівель і споруд, доріг, мостів, шляхопроводів тощо) некондиційна.

Основний обсяг відходів будівництва припадає на виробничо-технологічні відходи (4510.2), які будуть утворюватися в результаті демонтажу пошкоджених та відпрацьованих конструкцій дорожнього одягу, інженерних мереж і комунікацій (існуючої системи освітлення).

У будівельних нормах та національних стандартах, якими користуються при проектуванні будівництва, реконструкції та капітального ремонту автомобільних доріг передбачені заходи щодо мінімізації утворення відходів.

На виконання вимог нормативних документів, у розділах із охорони навколишнього середовища необхідно наводити дані щодо:

- кодування відходів, у відповідності з Класифікатором відходів ДК 005-96;

- розрахунків та орієнтовних обсягів утворення відходів відповідно СОУ 42.1-37641918-096:2012 Виробничі норми природних втрат дорожньо-будівельних матеріалів;

- способу поводження з відходами (локалізація, тимчасове зберігання, переробка та вивезення).

Остаточне рішення щодо утилізації (знешкодження) відходів будівництва приймається генпідрядною будівельною організацією (за узгодженням з замовником робіт) у встановленому порядку на етапі розробки проекту виробництва робіт (ПВР).

Проект виробництва робіт в обов'язковому порядку повинен містити: узгоджену схему збору відходів; графік їх вивезення; угоди (або інші підтверджувальні документи) на передачу запланованих обсягів відходів іншим організаціям (підприємствам) для повторного використання, утилізації (знешкодження).

У зв'язку зі збройною агресією зі сторони російської федерації в нашій країні на даний час вже багато зруйнованих об'єктів, що перетворені на будівельне сміття, яке необхідно демонтувати і по можливості використовувати повторно. На даний момент в Україні зруйновано 23 тис.км доріг та 273 штучні споруди. Про це на брифінгу в Ukraine Media Center заявив перший заступник голови Укравтодору.

Бій та уламки бетонних конструкцій, бій та уламки цегли може бути використаний як крупний та дрібний заповнювач для цементобетонів, асфальтобетонів і як матеріал для основи дорожнього одягу.

Бітумні суміші, що містять нафтову складову (покрівельні та гідроізоляційні бітумні будівельні вироби) можуть бути використані як домішки для виробництва асфальтобетонних сумішей, чорного щебеню, інших органо-мінеральних сумішей.

Матеріали, що містять азбест, після помолу до стану тонкодисперсних порошків, можуть бути використані для виробництва мінерального порошку як складової асфальтобетонної суміші.

Будівельні вироби (продукція), виготовлені з використанням відходів від руйнування, повинні відповідати вимогам Технічного регламенту будівельних виробів (продукції), затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 20 грудня 2006 р. № 1764.

Одним із варіантів повторного використання зруйнованого дорожнього одягу є виконання холодного ресайклінгу.

Холодний ресайклінг – процес ремонту і часткової заміни асфальтобетонного покриття автомобільних доріг шляхом зняття пошкоджених частин дорожнього покриття і в подальшому переробки його на дорозі чи на асфальтобетонному заводі із додаванням нових матеріалів для відновлення його властивостей.

### **Використані інформаційні джерела:**

1. Закон України від 5 березня 1998 року № 187/98-ВР Про відходи. Закону України від 05.05.1999 № 619-XIV Про металобрухт.
2. Державним класифікатором України ДК 005-96 Класифікатор відходів.
3. ДБН А.2.2-1-2003 Проектування. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд.
4. ДБН В.2.3-4:2015 Автомобільні дороги. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво.
5. ДСТУ 9030:2020 Автомобільні дороги. Оцінка впливів на навколишнє середовище. Вимоги до проектної документації.
6. ДСТУ 9076:2021 Автомобільні дороги. Оцінка впливу на довкілля.
7. ДСТУ 8978:2020 Настанова з влаштування шарів дорожнього одягу за технологією холодного ресайклінгу.
8. ДСТУ-Н Б В.2.3-39:2016 Настанова з влаштування шарів дорожнього одягу з кам'яних матеріалів.
9. ДСТУ 8976:2020 Матеріали дорожні, виготовлені за технологією холодного ресайклінгу. Технічні умови.
10. Постанова КМУ від 03.08.1998 р. № 1216 «Про затвердження Порядку ведення реєстру місць видалення відходів».

11. *Постанова КМУ від 31.08.1998 р. № 1360 «Про затвердження Порядку ведення реєстру об'єктів утворення, оброблення та утилізації відходів».*

12. *Постанова КМУ від 01.11.1999 р. № 2034 «Про затвердження Порядку ведення державного обліку та паспортизації відходів».*

13. *Постанова КМУ від 13 липня 2000 р. № 1120 «Про затвердження Положення про контроль за транскордонними перевезеннями небезпечних відходів та їх утилізацією/видаленням і Жовтого та Зеленого переліків відходів».*

14. *Постанова Кабінету Міністрів України від 20 грудня 2006 р. № 1764 Про затвердження Технічного регламенту будівельних виробів (продукції).*

15. *СОУ 42.1-37641918-096:2012 Виробничі норми природних втрат дорожньо-будівельних матеріалів.*

УДК:

*Вовк В. Ю., аспірантка, науковий співробітник наукової тематики,  
Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна*

## **ПРИНЦИП ЕКОЛОГІСТИКИ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ БЕЗВІДХОДНОГО СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА**

Нині проблема накопичення відходів сільськогосподарського виробництва набуває надзвичайно важливого значення. Саме сільськогосподарські відходи генерують найбільшу кількість парникових газів, які здійснюють значний екодеструктивний вплив на навколишнє природне середовище. Згідно даних Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (ФАО) [1], сільське господарство і тваринництво зокрема – другий за масштабами сектор виділення парникових газів. Так, тваринництво продукує близько 18% усіх антропогенних викидів парникових газів у світі, зокрема, викиди метану від цієї галузі становлять близько 16% загальних річних викидів у світі, закис азоту – 17% від загального річного обсягу; а також низка інших шкідливих для навколишнього середовища речовин і сполук.

Значне місце у процесах екодеструктивного впливу на навколишнє природне середовище посідає забруднення атмосферного повітря, водних басейнів та ґрунтів внаслідок утворення та зберігання сільськогосподарських відходів. Для України питання забруднення від сільського господарства вкрай актуальне, зважаючи на роль АПК в економіці країни. За даними Державної служби статистики України, у 2020 році Україна експортувала аграрної продукції на 18,8 млрд. дол., це майже 40% всього національного експорту. Серед продукції тваринництва найбільшу частку у експорті України займає продукція птахівництва. Згідно даних Українського клубу аграрного бізнесу, за перше півріччя 2021 року було імпортовано 51 тис. т курятини, що на 18% більше, ніж за аналогічний період минулого року. У вартісному виразі імпорт курятини становить майже 22 млн. дол. [2, с. 151]. Внаслідок діяльності птахоферм відбувається потужне забруднення атмосферного повітря, води та ґрунту. У процесі життєдіяльності однієї курки утворюється 0,2-0,3 кг посліду, значне накопичення відходів цієї галузі без раціональних підходів до їх утилізації призводить до збільшення екологічного навантаження на довкілля.

Найбільш раціональною відповіддю на сучасні загрози навколишньому природному середовищу з боку сільського господарства є перехід до моделі циркулярної економіки. Дана модель є системним рішенням, яке спрямоване на пом'якшення негативного впливу виробництва та споживання на навколишнє середовище, особливо в контексті скорочення викидів парникових газів і відходів. Тому сьогодні надзвичайної актуальності набувають питання розробки на сільськогосподарських підприємствах такої екологічної системи, яка б дозволила мінімізувати викиди парникових газів та забезпечити ресурсоефективні шляхи їх переробки або утилізації.

Відаючи належне науковому доробку вчених, сьогодні недослідженими залишаються питання сутності поняття «екологістика», ключових аспектів

концепції даної категорії як інноваційного методу поводження із сільськогосподарськими відходами для забезпечення екологічної та енергетичної безпеки країни.

Науковий напрям «екологістики» (ecologistics) виник відносно недавно і стосується наукових досліджень в сфері логістики вторинних ресурсів, логістики рециклінгу, а також управління зворотними ланцюгами поставок. У сучасній практиці поняття «екологістика» має багато різних визначень. У перекладі з англійської «екологістика» (англ. Reverse logistics) перекладається як «зворотна логістика», що означає заходи, які передбачають впровадження найраціональніших рішень щодо збору, зберігання, утилізації та управління, або охорони навколишнього середовища та утилізації відходів.

Екологістика визначається текстуально неоднозначно, але за змістом практично ідентично – як логістична діяльність, заснована на принципах розвитку, що враховує фактори забруднення середовища, безпеки тощо. При цьому в різних визначеннях підкреслюються різні аспекти такої діяльності.

Екологістика містить всі види діяльності, пов'язані з екологічно ефективним управлінням прямими і зворотними потоками продуктів та інформації між пунктами виробництва і споживання [3, с. 71].

Одним із видів екологістики визначають циркулярну економіку, яка включає логістику для повторного використання, переробки, переробки та утилізації відходів у циклі зворотного зв'язку. У зв'язку з цим слід зазначити, що зарубіжними та вітчизняними науковцями висловлюються різні підходи до розуміння сутності поняття «екологістика»: логістика переробки та утилізації відходів, логістика вторинних ресурсів, логістика рециклінгу, логістика зворотних потоків, реверсивна логістика, «зелена» логістика, логістика ресурсозбереження, логістика рециклінгу, тощо. Одночасно всі ці категорії є близькими та не суперечливими за значенням [4].

Екологістика сільськогосподарського підприємства має на меті виконання функцій щодо заготівлі вторинної сировини, сортування, складування, тимчасового зберігання, вторинної переробки відходів у межах або за межами підприємства. Якщо можливість повторного використання та переробки відходів безпосередньо у межах підприємства відсутня, екологістика сільськогосподарських підприємств повинна здійснювати функцію моніторингу потреб найближчих по розташуванню переробних підприємств у відповідній сировині, а також організовувати транспортування даної продукції найбільш раціональним способом.

На жаль, вартість впровадження екологічних технологій у виробничі цикли сільськогосподарських підприємств належить до разових інвестиційних витрат, які не кожне підприємство може профінансувати із власних джерел. До того ж, окупності таких інвестицій є досить довготривалим процесом та не піддається об'єктивній оцінці, оскільки економічну ефективність неможливо виразити у матеріально-грошовій формі.

Серед сільськогосподарських підприємств Вінницької області наймасштабніше впроваджують інноваційні принципи екологістики на засадах безвідходності виробництва компанія «Миронівський хлібопродукт» (далі – МХП). Підприємство є найбільшим виробником продукції птахівництва в Україні, також займається м'ясопереробкою, вирощуванням зернових культур. Також пріоритетною ціллю діяльності



МХП є використання «зеленої» енергії (заміна викопних видів палива альтернативними джерелами енергії), екологічної та енергетичної безпеки, органічного землеробства, керуючись ключовими принципами сталого розвитку. На кожному з підприємств МХП є штатний еколог або особа, яка, згідно з наказом керівництва, відповідає за охорону навколишнього середовища. Фахівці, відповідальні за охорону довкілля на підприємстві, займаються питаннями дотримання вимог природоохоронного законодавства; зменшення втрат енергії та інших ресурсів, зокрема, обсягів використання води; зменшення впливу підприємств холдингу на навколишнє природне середовище; запобігання надзвичайних екологічних ситуацій та аварій, що можуть призвести до істотного забруднення навколишнього природного середовища [5].

Досягнення екологічних цілей на підприємстві забезпечується завдяки будівництву двох біогазових комплексів для утилізації відходів. Біогазовий комплекс – високотехнологічний об'єкт, що перетворює органічні відходи сільського господарства (біомаси рослинного походження, побічних продуктів тваринного походження та стічних вод) у «зелену» енергію за найвищими світовими екологічними стандартами. Реалізація біогазових проєктів дозволяє МХП ефективно утилізувати відходи виробництва, генерувати чисту зелену енергію, суттєво скоротити викиди парникових газів та виробляти екологічно чисті органічні добрива.

У 2019 р. було ведено у дію першу чергу комплексу «Біогаз Ладизин» енергетичною потужністю 12 МВт. Об'єкт розташований у селі Василівка Тульчинського району Вінницької області та входить до комплексу «Вінницької птахофабрики». Водночас, у промисловому масштабі цієї енергії вистачить для забезпечення електрикою близько 40% потужностей агроіндустріального кластеру МХП. Крім цього, біогазовий комплекс виробляє органічні біодобрива, що мають високий вміст необхідних для рослин елементів живлення [5].

Наслідки впровадження принципів екології для досягнення безвідходного виробництва та зменшення екологічного навантаження на навколишнє середовище шляхом виробництва біогазу на комплексах МХП можна простежити на динаміці змін основних екологічних показників діяльності МХП в Україні. За рахунок впровадження безвідходних біогазових технологій МХП забезпечує повторне використання (рециклінг) сільськогосподарських відходів власної діяльності, зменшує споживання енергії з невідновлюваних джерел за рахунок енергії з відновлюваних джерел, а також скорочує викиди парникових газів та двоокису вуглецю в атмосферу.

Виходячи із основної мети, яка поставлена у розробленій підприємством екологічній політиці, МХП втілює у своїй виробничій діяльності основні принципи екології, а саме: раціональне використання ресурсів підприємства та природних ресурсів; максимальне використання відходів виробництва як вторинної сировини; впровадження інноваційних безвідходних технологій із метою зменшення екологічного навантаження на навколишнє середовище; економічно обґрунтоване та екологічно безпечне транспортування відходів; виробництво «зеленої» енергії, зменшення використання викопних видів палива, як наслідок скорочення імпортозалежності від енергоресурсів та зниження викидів парникових газів

та діоксиду вуглецю в атмосферу.

Таким чином, сільськогосподарські підприємства можуть запроваджувати різні підходи до екології відходів та впровадження безвідходних технологій, а саме: закуповувати спеціалізовану техніку для безпечного перевезення відходів, оптимізувати маршрути перевезення відходів від місць збору до місць переробки, утилізації та/або захоронення відходів, унаслідок чого витрати на перевезення відходів і будуть мінімізовані; оптимально утилізувати відходи, які можуть бути повторно використані; оперативно знешкоджувати та захоронювати відходи, які не можуть бути утилізовані. За умови поширення використання екології у сільському господарстві, в Україні активізуються процеси розвитку циркулярної економіки.

Лідером на теренах Вінниччини та всієї України з використання принципів екології у впровадженні безвідходних технологій виробництва є біогазовий комплекс МХП, виробничі показники якого щороку зростають. У ході дослідження визначено основні принципи екології, які закладено у діяльність компанії, до яких належать раціональне використання ресурсів; максимальне використання відходів; впровадження інноваційних безвідходних технологій; економічно обґрунтоване та екологічно безпечне транспортування відходів; виробництво «зеленої» енергії. Застосування принципів екології допоможе підприємству перетворити логістичну систему, починаючи з доставки сировини для виробництва кінцевого продукту і закінчуючи утилізацією та/або безпечною переробкою відходів, в екологічно безпечний процес. Проведене дослідження дало змогу виокремити основні переваги від впровадження принципів екології на сільськогосподарських підприємствах для забезпечення безвідходних технологій, які пропонуємо поділяти на три категорії: екологічні, економічні та соціальні ефекти.

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

1. *The Food and Agriculture Organization of the United Nations.* URL: <https://www.fao.org/home/en/> (дата звернення 12.04.2022).
2. *Honcharuk I. V., Vovk V. Yu. Waste-free technology's for the production of biofuels from agricultural waste as a component of energy security of enterprises. Development of scientific, technological and innovation space in Ukraine and EU countries: collective monograph. Publishing House «Baltija Publishing», Riga, Latvia. 2021. P. 142-165. DOI: https://doi.org/10.30525/978-9934-26-151-0-37.*
3. *Свиноус Н. І., Гаврик О. Ю., Свиноус І. В., Ємчик Т. В., Сало І. А. Формування системи інституційного забезпечення інвестиційної діяльності сільськогосподарських підприємств. Економіка та управління АПК. 2021. №2 (169). С. 63–75. DOI: 10.33245/2310-9262-2021-169-2-63-75.*
4. *Вовк В.Ю. Економічна ефективність використання безвідходних технологій в АПК. Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки і практики. 2020. №4 (54). С. 186–206. DOI: 10.37128/2411-4413-2020-4-13.*
5. *МХП Звіт зі сталого розвитку 2020.* URL: <https://api.next.mhp.com.ua/images/ad6f4/7693c/639e37d2.pdf> (дата звернення 12.04.2022).

**Вольвач О. В.**, к.геогр.н., доцент  
Одеський державний екологічний університет, м. Одеса, Україна

## **ВПЛИВ ЗМІН КЛІМАТУ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ЕНЕРГОПЛАНТАЦІЙ СВІТЧГРАСУ В ЛІСОСТЕПОВИХ ОБЛАСТЯХ УКРАЇНИ**

Давно відомо, що наша держава тісно залежить від енергоресурсів, які Україна у великій кількості імпортує. Окрім того, що світові поклади нафти та газу не є нескінченними, треба пам'ятати, що значне використання цих речовин у минулому столітті спричинило збільшення викидів CO<sub>2</sub> в атмосферу та призвело до глобального потепління. Тому проблема екологічної безпеки за теперішнього часу вже набула геополітичного характеру. Для вирішення цієї проблеми не тільки в Україні, а у цілому світі останнім часом активно досліджується питання пошуку альтернативних джерел енергії та еколого-економічної доцільності використання цих джерел, основним з яких на теперішній час найбільш перспективною вважається біомаса [1].

В Європі лідером за площами енергоплантацій вважається Італія (57 тис. га). В Польщі, Швеції, Німеччині та Данії під енергокультурами зайнято близько 11-13 тис. га, у той час як в Україні загальна площа енергоплантацій становить лише близько 6 тис. га [2].

Стабільне збільшення площ енергоплантацій у світі, а також зростання інтересу до вирощування енергокультур в Україні обумовлено тим, що ці рослини не вимогливі до родючості ґрунту, не потребують значного використання добрив та пестицидів, запобігають ерозії ґрунту, сприяють збереженню та покращанню агроecosystem та забезпечують низьку собівартість біомаси. Це дозволяє культивувати енергетичні рослини на низькородючих, деградованих і забруднених ґрунтах (так званих, маргінальних), що дозволяє їх відновлювати [3].

Одна з перспективних трав'янистих багаторічних енергокультур - просо лозовидне або прутоподібне (*Panicum virgatum*) відоме ще як світчграс. Продуктивність фітомаси світчграсу змінюється в межах від 6 т/га сухої речовини на ґрунтах з низькою родючістю до 25 т/га на ґрунтах з високою родючістю. За умови належного догляду можна збирати урожай протягом 15 років [4].

Оскільки зміна клімату внаслідок глобального потепління викликає вже зараз значну зміну агрокліматичних умов росту, розвитку та формування продуктивності сільськогосподарських культур (в тому числі, і біоенергетичних). Кліматичні зміни на майбутнє розраховуються з використанням кліматичних моделей, які розраховують майбутні

кліматичні режими на основі низки сценаріїв зміни антропогенних факторів. У даному дослідженні для кліматичних розрахунків використовується один з набору сценаріїв RCP (Representative Concentration Pathways), а саме сценарій стабілізації викидів парникових газів RCP4.5 [5].

Визначення впливу змін клімату на продуктивність плантацій світчграсу у лісостепових областях України проводилось за допомогою базової моделі оцінки агрокліматичних ресурсів. Проводилось порівняння показників, отриманих при розрахунках за базовими даними (1986-2005 рр.) та за сценарними даними до 2050 р. Модель заснована на концепції максимальної продуктивності рослин Х. Г. Тоомінга (1986), та запропонована в агрометеорології А. М. Польовим (2004).

Зміни агрокліматичних умов вирощування світчграсу в зв'язку з очікуваними змінами клімату у Лісостепу зумовлять зміни показників фотосинтетичної продуктивності плантацій. Як наслідок, відповідно зміняться величини загальної сухої біомаси урожаїв різних агроекологічних категорій: потенційного (ПУ), метеорологічно-можливого (ММУ), дійсно можливого (ДМУ) та господарського урожаю.

Потенційна урожайність (ПУ) – це максимальна урожайність, яку можна одержати за заданого коефіцієнта засвоєння ФАР посівом, якщо іншими чинниками життя посіви забезпечені повністю. Серед основних чинників урожайності в природних умовах волога є одним із найбільш лімітуючих величину урожайності фактором. Тому дійсно можливу урожайність (ММУ) світчграсу ми визначали саме з врахуванням величини вологозабезпеченості вегетаційного періоду. Величина ДМУ обумовлена природною родючістю ґрунту.

При базових умовах ПУ загальної сухої маси світчграсу становить у Вінницькій області 530 ц/га (табл. 1). Оскільки суми ФАР при реалізації сценарію RCP4.5 у Вінницькій області збільшаться вкрай несуттєво, то ПУ також зросте дуже несуттєво і становитиме 532 ц/га, тобто можна сказати, що залишиться на рівні базового.

В умовах Полтавської області у порівнянні з Вінницькою, базова сума ФАР найвища, тому і базовий ПУ сухої загальної біомаси тут найвищий – 563 ц/га. У цій області очікується і найвищий сценарний прихід ФАР, відповідно сценарний ПУ сухої загальної біомаси становить 588 ц/га – це найбільше сценарне значення на досліджуваній території. Таким чином, можна сказати, що за умов реалізації сценарію RCP4.5 на території Полтавської області величина ПУ всієї сухої біомаси світчграсу очікується дещо більше, ніж за базових умов, тоді як у Вінницькій області таких змін урожаю не очікується.

Оскільки за умов сценарію RCP4.5 температурні умови вирощування світчграсу зміняться несуттєво, то, як вже відзначалося, величини ММУ всієї сухої маси будуть визначатися ступенем вологозабезпеченості посівів.

Так, базова вологозабезпеченість посівів у Вінницькій області становить 82%, а МВУ всієї сухої біомаси – 288 ц/га. Величина вологозабезпеченості посівів у Полтавській області дещо менше і становить за базових умов 74%, а величина МВУ відповідно становить 260 ц/га. Після зменшення величини вологозабезпеченості за сценарних умов до 76% у Вінницькій і 63% у Полтавській областях, очікується і зменшення значення МВУ, який становитиме 270 та 224 ц/га відповідно. Тобто можна сказати, що сценарне погіршення умов зволоження вегетаційного періоду спричинить втрати метеорологічно-можливих урожаїв світчграсу на досліджуваній території у межах 6-14 %.

Таблиця 1

**Показники продуктивності посівів світчграсу у Лісостепу в порівнянні з умовами за сценарієм RCP4.5 зміни клімату**

Період, сценарій	Загальна суха маса, ц/га			ФПП, м <sup>2</sup> /м <sup>2</sup> за період	Урожай при 20% вологості, ц/га
	ПУ	ММУ	ДМУ		
Вінницька область					
Базовий	530	288	199	545	150
RCP4.5	532	270	186	531	144
Різниця	2	-18	-13	-14	-6
Різниця, %	0	6	6	3	4
Полтавська область					
Базовий	563	260	161	464	130
RCP4.5	588	224	139	445	120
Різниця	25	-36	-22	-19	-10
Різниця, %	4	14	14	5	8

Базовий рівень ДМУ загальної сухої біомаси світчграсу, обумовлений природною родючістю ґрунту, становить у Вінницькій області 199 ц/га, а у Полтавській – 161 ц/га. За умов зміни клімату, з врахуванням зменшення сценарних величин ДМУ, з табл. 1 можна бачити, що очікувані величини ДМУ дещо менше – на 6% у Вінницькій області (тут ДМУ становить 186 ц/га) та на 14% у Полтавській (тут ДМУ становить 139 ц/га).

Відомо, що урожайність будь-якої сільськогосподарської культури визначається не тільки агрометеорологічними умовами, що складаються протягом вегетації, але й показниками фотосинтетичної продуктивності її посівів. Перш за все це – площа листової поверхні й фотосинтетичний потенціал посіву (ФПП), тобто загальна площа листя посіву, що приймала участь у фотосинтезі протягом всього вегетаційного періоду.

Базове значення фотосинтетичного потенціалу посівів становить у Вінницькій області  $545 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , за умов зміни клімату за сценарієм RCP4.5 воно дещо зменшиться до  $531 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , тобто на  $14 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (на 3%). Базове значення фотосинтетичного потенціалу посівів становить у Полтавській області  $464 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , за умов зміни клімату за сценарієм RCP4.5 воно також зменшиться до  $445 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , тобто на  $19 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (на 5%).

Розподіл урожайності біомаси світчграсу за стандартної 20% вологості у виробництві (УВ) також подібний до розподілу ММУ і ДМУ. Найбільші врожаї у виробництві очікуються у базовий період – 150 ц/га у Вінницькій області та дещо менше – 130 ц/га – у Полтавській. За сценарними умовами вони зменшаться – до 144 ц/га у Вінницькій області та до 120 ц/га у Полтавській.

Таким чином, за умов реалізації сценарію RCP4.5 слід очікувати не дуже суттєвого зменшення виробничих урожаїв. Але, оскільки світчграс вирощують на маргінальних землях (не сільськогосподарського призначення) протягом тривалого часу, тобто близько 15-20 років поспіль, таке несуттєве зменшення урожайності не вплине на значущість вирощування культури.

Також не слід забувати, що не менш важливою особливістю багаторічних енергетичних культур є продукування значного обсягу рослинних решток після закінчення вегетації. Це в свою чергу за наявності вологи та при взаємодії із ґрунтовою біотою сприяє накопиченню органічної речовини у ґрунті.

### **Використані інформаційні джерела:**

1. Гуцаленко О. О., Корпанюк Т. М. Еколого-економічні аспекти виробництва біопалива в контексті енергозберігаючої політики держави. Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2013. Вип. 19. С. 17–181.

2. Чайка Т. О., Яснолоб І. О. Еколого-соціо-економічні переваги вирощування енергетичних культур. Економіка АПК. 2017. № 12. С. 28–34.

3. Гелетуша Г.Г., Желєзна Т.А., Трибой О.В. Аналітична записка БАУ №10 (2014). «Перспективи вирощування та використання енергетичних культур в Україні». Публікація доступна на: [www.uabio.org/activity/uabio-analytics](http://www.uabio.org/activity/uabio-analytics).

4. Вирощування біоенергетичних культур / За редакцією М. Я. Гументик / [М. Я. Гументик, Б. М. Радейко, Я. Д. Фучило, В. М. Сінченко, О. М. Ганженко, В. С. Бондар, А. С. Фурса, В. М. Квак, М. М. Харитонов, В. М. Кателевський]. Київ в: ТОВ «ЦП «Компринт», 2018. 179 с.

5. Кліматичні ризики функціонування галузей економіки України в умовах зміни клімат у: монографія / за ред. С. М. Степаненка, А. М. Польового. Одеса : ТЕС, 2018. 548 с.

*Гаєвський В. Р., к. т. н., доцент, Филипчук В. Л., д. т. н., професор  
Національний університет водного господарства  
та природокористування, м. Рівне, Україна*

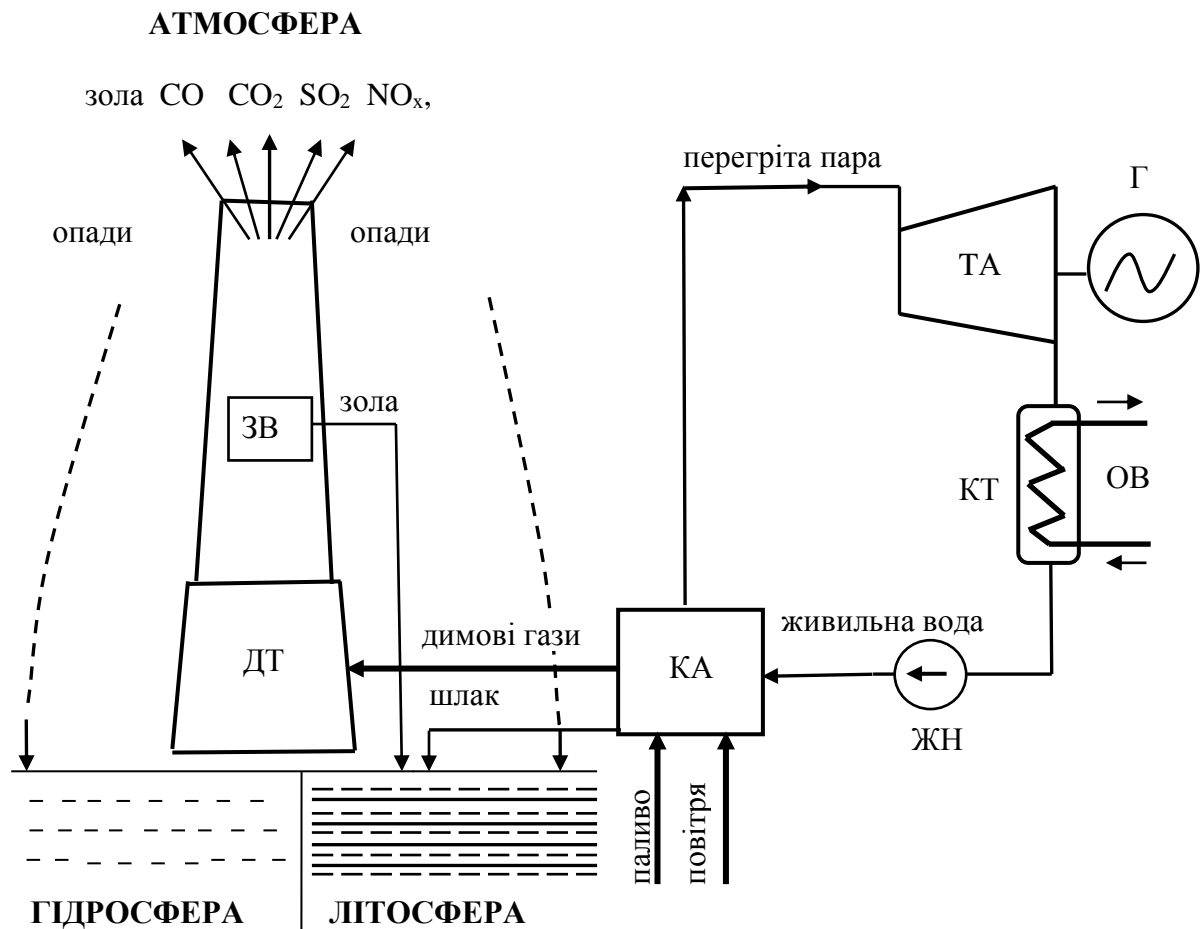
## **ВПЛИВ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ОБОРОТНИХ СИСТЕМ ОХОЛОДЖЕННЯ ТЕС НА ВЕЛИЧИНУ ВИКИДІВ ДІОКСИДУ СІРКИ**

Відомо, що однією з найбільш енергоємних галузей промисловості є енергетика, і тому задача підвищення індексу екологічної ефективності (Environmental Performance Index, EPI), згідно стратегії екологічного розвитку України до 2030 року [1] стосується насамперед цієї галузі. Підвищення EPI, що полягає, перш за все, в зменшенні енергоємності ВВП, призведе до зменшення екологічних ризиків електричних станцій, і до того ж ці станції повинні відповідати певним екологічним нормативам [2].

Загальна кількість ТЕС і АЕС в Україні близько 50. В середньому на 1 Дж виробленої електроенергії витрачається 2,5 Дж енергії згоряння палива внаслідок чого в атмосферу у вигляді твердих відходів і газів надходить величезна кількість шкідливих речовин. Основна частина викидів шкідливих речовин ТЕС відноситься до паросилової частини (див. рис.). Основними з них є тверді частинки (зола), діоксид азоту, діоксид сірки, оксид та діоксид вуглецю та викиди тепла. Вони, розповсюджуючись, суттєво порушують екологічний баланс у навколишньому середовищі.

За 2021 рік в Україні виробили 156,576 млн. МВт·год електроенергії з яких 37,225 МВт·год тепловими електростанціями [3]. Для різних типів ТЕС в середньому на 1 МВт·год виробленої електроенергії витрачається 150-300 м<sup>3</sup> води. Тоді згідно виробленої електроенергії у 2021 році ТЕС України використали мінімум 5,584 млрд. м<sup>3</sup> води з якої кількість свіжої води складає близько 10-20%. Основна частина використаної води ТЕС (близько 90%) приходиться на оборотні системи охолодження (ОСО), що охолоджують відпрацьовану пару в конденсаторах парових турбін. В результаті у 2021 році ОСО використали близько 5,026 млрд м<sup>3</sup> води і щонайменше 0,5-1,0 млрд. м<sup>3</sup> свіжої води. Тобто ефективна і економічна робота ОСО значно впливає на збереження водних ресурсів і екологію навколишнього середовища.

Зрозуміло, що збільшення недогріву охолоджувальної води ОСО збільшує тиск в конденсаторі турбіни і таким чином зменшує ефективність роботи як конденсатора парової турбіни так і в загальному ТЕС приблизно на такий же відсоток, збільшуючи споживання як палива так і води.



**Рис.1. Схема екологічного впливу паросилової частини ТЕС.** ДТ – димова труба; ЗВ – система золоуловлювання; КА – котлоагрегат; ЖН – живильний насос; ТА – турбоагрегат; Г – генератор; КТ – конденсатор турбіни; ОВ – охолоджуюча вода

Як зазначалося вище, енергетика вносить дуже вагомий негативний вклад у теплове забруднення навколишнього середовища, зокрема через ОСО відводиться близько 30% енергії від спалювання палива. Таким чином, неефективна робота ОСО призводить до ряду негативних наслідків, одним з яких є збільшення кількості палива і пов'язане з цим збільшення кількості шкідливих викидів в атмосферу.

У даній роботі зроблено розрахунок викидів діоксиду сірки на прикладі ТЕС потужністю 2500 МВт, що спалює за рік  $6 \cdot 10^9$  кг вугілля марки АСШ і розраховано кількість викидів SO<sub>2</sub> за рахунок недогріву води ОСО на 1°C.

Масова кількість викидів SO<sub>2</sub> визначається за співвідношенням [4].

$$M_{\text{тв}} = 2 \cdot 10^{-2} \cdot B \cdot S^p \cdot (1 - \eta') \cdot (1 - \eta''), \quad (11)$$

де B – витрата палива, (од.маси)/(од.часу); S<sup>p</sup> – вміст сірки у паливі на робочу масу, %; η' – доля SO<sub>2</sub>, що зв'язується легкою золою у котлі і для нашого випадку, згідно [4] у рівня 10<sup>-3</sup> (0,1%); η'' – доля SO<sub>2</sub>, що вловлюється



у вологому золотловлювачі і залежить від приведеної сірності палива  $S^p/Q^p$  (де  $Q^p$  – теплота згоряння палива на робочу масу, МДж/кг). Для нашого випадку  $S^p/Q^p = 0,08$  і для середньої лужності води зрошувальної системи ( $5 \text{ ммоль/дм}^3$ )  $\eta'' = 2 \cdot 10^{-2}$  (2%). Таким чином, при відсутності сіркоочищення за рік масова кількість викидів становить 200 тис.тон  $\text{SO}_2$ , що становить 3,3% від маси спалювального палива. Тоді, для вугілля марки АСШ, для якого  $Q^p = 20,89 \text{ МДж/кг}$  контамінаційний еквівалент енергії (КЕЕ), що показує кількість викидів на одиницю затраченої енергії становитиме  $(200 \cdot 10^6 \text{ кг}) / (6 \cdot 10^9 \cdot 20,89 \text{ МДж})$  тобто 1,60 кг/ГДж. При роботі системи сіркоочищення, ефективність якої становить згідно [5] близько 95%, валова кількість викидів  $\text{SO}_2$  буде становити 10 тис.тонн за рік і тоді КЕЕ буде рівний 0,079 кг/ГДж. При недостатньо ефективній роботі ОСО, що призводить до підвищення температури конденсату, наприклад, від  $30^\circ\text{C}$  до  $31^\circ\text{C}$  це призведе до падіння потужності турбіни 500 МВт (всього п'ять на всю ТЕС) на 1,0 МВт і збільшить КЕЕ на 0.2%. Таким чином, недостатньо ефективна робота ОСО, що призводить до підвищення температури відпрацьованої пари у конденсаторі турбіни всього на  $1^\circ\text{C}$  призведе до надлишкових викидів  $\text{SO}_2$  при відсутності сірковловлювальних систем на 400 тонн у рік, при наявності сірковловлювальних систем – на 20 тонн у рік. Результати розрахунків екологічних показників показані у таблиці.

*Таблиця*

**Основні екологічні показники викидів діоксиду сірки для ТЕС потужністю 2500 МВт**

Умови	Валові викиди, тис.тонн/рік	КЕЕ, кг/ГДж	Валові викиди при перегріві відпрацьованої пари на $1^\circ\text{C}$ , тонн/рік
Без очищення	200	1,60	400
Із очищенням	10	0,080	20

**Використані інформаційні джерела:**

1. Закон «Про Основні засади (Стратегію) екологічної політики України на період до 2030 року».
2. Закон України «Про основи національної безпеки України» // Відомості Верховної Ради України. №39. 26.09.2003.
3. Інформаційне агентство Мінпром. <http://minprom.ua/>
4. Методика определения валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от котельных установок ТЭС. РД 34.02.305 – 98.
5. Ефимов А. В., Цейтлин М. А., Гончаренко А. Л., Горбатенко В. Я., Есипенко Т. А., Райко В. Ф. Технологические методы защиты окружающей среды от выбросов вредных соединений в энергетике и химическом производстве: учебное пособие. Харьков : НТУ «ХПИ», 2017. 217 с.

*Галактіонов М. С., аспірант, Ганошенко О. М., к. т. н.,  
Національний університет «Полтавська політехніка  
імені Юрія Кондратюка» Полтава, Україна*

## **АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕНДЕНЦІЙ ВПЛИВУ АВТОТРАНСПОРТУ НА АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ В КРИВОМУ РОЗІ ПРОТЯГОМ ОСТАННЬОГО ДЕСЯТИЛІТТЯ**

Транспортна система м. Кривий Ріг забезпечує не тільки транспортне сполучення міста, а і функціонування господарського комплексу міста, регіону та держави в цілому. Транспортна система Кривого Рогу представлена практично усіма видами наземного, повітряного та трубопровідного транспорту. Розвиненим є комунальний електро- (трамвай, тролейбус, метрополітен) та автомобільний транспорт, а також транспорт, що є приватною власністю.

Автомобільний транспорт є найбільш поширеним видом транспорту для перевезення вантажів та пасажирів. За обсягами перевезень вантажів автомобільним транспортом серед регіонів України Дніпропетровська область займає 1 місце протягом 2014-2017 рр. Серед міст і районів Дніпропетровської області за цим показником м. Кривий Ріг є лідером [1].

Автомобільний транспорт Кривого Рогу є потужним джерелом надходження забруднювальних речовин у повітряне середовище. При цьому постійне збільшення кількості автомобілів сприяє зростанню кількості викидів від пересувних джерел у загальний фон забруднення атмосферного повітря міста.

Окрім проблем із забрудненням повітря, надмірна кількість приватного транспорту у містах призводить до ускладнення пересування містом і заторів, в результаті збільшується час роботи автомобільного двигуна в перехідних режимах, що характеризуються підвищеною витратою палива і, як наслідок, – більшим викидом шкідливих речовин в атмосферу [2]. Масова автомобілізація населення стає альтернативою громадського транспорту, що забезпечує мобільність населення. Разом із тим, невисокий загальний рівень якості доріг та перезавантаженість дорожньо-транспортної мережі автотранспортом є причинами великої кількості дорожньо-транспортних пригод (ДТП).

Транспортна мережа українських міст, яка сформувалася в умовах наявної забудови і, в переважній більшості, не була оптимізована останні роки, зараз об'єктивно не справляється з постійним збільшенням кількості транспортних засобів на вулицях міста, ускладнюючи, а часом і паралізуючи рух транспорту. За даними МВС України Управління Державтоінспекції ГУМВС України в Дніпропетровській області, станом на

15.09.2008 р. в місті було 105901 транспортних засобів, що належали юридичним особам та населенню міста [3].

Згідно листа Головного сервісного центру МВС України №31/10зі від 17.01.2022 р. за даними Єдиного державного реєстру транспортних засобів станом на 01 січня 2022 року в місті Кривий Ріг зареєстровано 174596 транспортних засобів [4].

Порівняння кількості автотранспортних засобів, зареєстрованих в місті Кривий Ріг за 2008 та 2022 роки наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

**Автотранспорт, що зареєстрований у місті Кривий Ріг**

Тип ТЗ	Кількість автотранспортних засобів, одиниць		Різниця
	Станом на 15.09.2008	Станом на 01.01.2022	
Автомобілі, всього	105901	174596	+73668
Легкові автомобілі	88857	133636	+44779
Ватажні бортові	12534	16513	+3979
Автобуси	4510	322	-4188
Причепи	-	10981	+10981
Інші	-	13144	+13144

Як бачимо, кількість зареєстрованого в м. Кривий Ріг автотранспорту з 2008 до 2022 року збільшилась на 73668 шт, і найбільший приріст – по легковим автомобілям.

Зміна розподілу автотранспорту за видом палива наведено у таблиці 2.

Таблиця 2

**Групування автотранспорту за конструкцією паливної системи**

Тип автомобіля	Рік	Всього одиниць	У тому числі за видами палива, одиниць					
			бензинові	дизельні	на скрапленому та на стисненому газі	газ та бензин	газ та дизпаливо	електромобілі
Автомобілі, всього	2008	105901	91609	12263	218	1810	1	-
	%	100,0	86,5	11,6	0,2	1,7	0,0	-
	2022	174596	102522	33075	1768	24888	8	358
	%	100,0	58,7	18,9	1,0	14,3	0,0	0,2

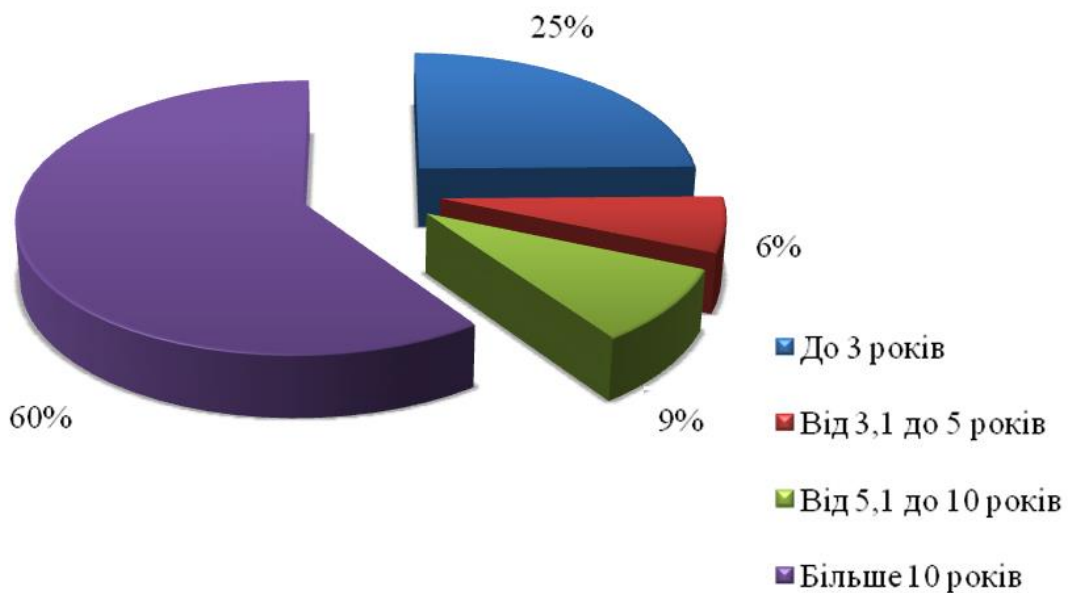
В останні роки спостерігається збільшення кількості автомобілів, що працюють на дизельному паливі, які за характером викиду є більш шкідливі, але більш економічні по витраті пального за бензинові.

Також значно збільшилась частка автомобілів, які працюють на скрапленому та стисненому газі. При цьому слід відзначити, що газ є екологічно чистішим паливом – у вихлопних газах під час роботи міститься менше шкідливих речовин, порівняно з бензиновими та дизельними двигунами.

Окрім цього в місті почали з'являтися автомобілі, що працюють на електричній тязі. Розвиток електромобілів у світі набирає все більшої популярності, тож Україна, в цілому, та, зокрема, Кривий Ріг не стали винятком. Втім, масовій появі таких автотранспортних засобів зараз перешкоджає їх порівняно висока вартість та відсутність мереж зарядних станцій.

Зараз автомобілі в Україні, що експлуатуються, значну частину часу, а саме від 5 років та більше, не відповідають поточним екологічним стандартам, що в свою чергу призводить до погіршення екологічної ситуації в місті.

Співвідношення кількості транспортних засобів, що групуються залежно від часу перебування в експлуатації зображено на рисунку 1.



**Рис. 1. Групування автотранспорту залежно від часу перебування в експлуатації**

Погіршення екологічної ситуації в місті також спричинено рядом факторів, які з'явилися зі збільшенням кількості автомобільного транспорту на дорогах. До таких факторів відносяться затори що утворюються на перехрестях, шумові та вібраційні навантаження на дорожнє полотно, забруднення прилеглих територій до автошляхів та водних об'єктів нафтопродуктами, використання водних ресурсів для миття автотранспорту.

Це спричинено неякісним обслуговуванням рухомого складу та відсутністю технічного огляду для автомобілів, що належать населенню, а також збільшенням кількості автотранспорту на найбільш жвавих автошляхах та вулицях, недостатня кількість зелених насаджень «зелених

екранів» на вулицях міста, недостатність заходів із організації руху автотранспорту.

Погіршення стану екологічної ситуації, спричиненої автомобільним транспортом, хімічні та фізичні фактори мають величезний негативний вплив на здоров'я людини та зміни клімату. Викиди забруднювальних речовин в повітря призводять до порушень в роботі дихальної, серцево-судинної та нервової систем людини. Шум та вібрація, спричинені транспортними засобами, впливає на нервову систему і веде до погіршення роботи серця. Це свідчить про необхідність впровадження комплексних заходів для вирішення даної проблеми.

До заходів із поліпшення стану навколишнього середовища, спричиненого автомобільним транспортом, належать:

- організація та упорядкування дорожньої інфраструктури шляхом будівництва об'їзних шляхів, збільшення смуг для руху автомобілів, будівництво підземних пішохідних переходів та ін.;
- розвиток та популяризація громадського транспорту;
- поліпшення екологічних показників транспортних засобів, якісне технічне обслуговування та контроль;
- поліпшення якості палива та паливо-мастильних матеріалів;
- використання екологічно чистих видів палива та електромобілів;
- у процесі експлуатації транспортних засобів необхідно проводити роботи по знепилюванню доріг з метою зменшення концентрації пилу;
- озеленення вулиць міста – створення «зелених екранів», сприяє зниженню транспортного шуму і забруднення атмосферного повітря на придорожніх територіях, підвищує естетичну привабливість міста.

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

1. *Аналіз стану та визначення тенденцій соціально-економічного розвитку дніпропетровської області та її адміністративно-територіальних одиниць за 2014-2018 роки Дніпропетровська обласна державна адміністрація* [Електронний ресурс]. – URL: [https://adm.dp.gov.ua/storage/app/media/uploaded-files/analizStanuTaviznachennjaTendenciy\\_2019.pdf](https://adm.dp.gov.ua/storage/app/media/uploaded-files/analizStanuTaviznachennjaTendenciy_2019.pdf)

2. *Вплив транспорту на екологію міста. Аналіз та стратегії для України. Харків 2016 Українська кліматична мережа* [Електронний ресурс]. – URL: [https://ucn.org.ua/wp-content/uploads/2017/02/transport-ukr4\\_small.pdf](https://ucn.org.ua/wp-content/uploads/2017/02/transport-ukr4_small.pdf)

3. *Проект довгострокової програми по вирішенню екологічних проблем Кривбасу та поліпшенню стану навколишнього природного середовища на 2011-2022 роки: звіт/ ТОВ «ЦЕДА». Кривий ріг, 2009 р.*

4. *Лист головного сервісного центру МВС України №31/10зі від 17.01.2022 р.*

*Ганноцька Д. Ю., студентка, Щербина С. І., викладач-методист  
Черкаський державний бізнес-коледж,  
м. Черкаси, Україна*

## **ВПЛИВ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ НА ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ**

Сьогодні ліси займають понад 3 мільярди гектарів поверхні Землі, і вплив на людину є величезним. Недарма кажуть, що ліси – це легені планети. Дерева забезпечують природне очищення повітря. Протягом останніх десятиріч проблеми охорони лісів від пожеж ускладнюються наявністю великих масивів штучно насаджених хвойних дерев, а виникнення пожеж стало глобально важливим для навколишнього середовища і стосуються всього людства. Лісові пожежі серйозно впливають на екологію лісу, кругообіг вуглецю, тепловий стан ґрунту, забруднення поверхневих та підземних вод, завдають великої шкоди флорі й фауні.

Сезон лісових пожеж традиційно починається в спекотну суху погоду. Лісові пожежі – це лихо не лише для суспільства, а й чинник локальної, регіональної і навіть глобальної екологічної динаміки. Це відображається, наприклад, у викидах в атмосферу парникових газів та аерозолів, пов'язаних із пожежею [1, 2].

За даними [3, 4] у січні 2020 року в Україні зареєстровано 4509 пожеж, що на 14,7% більше, ніж за аналогічний період 2019 року. Суттєве зростання кількості пожеж зареєстровано у природних екосистемах (збільшення у 10,5 рази) та на відкритих територіях (збільшення у 3,8 рази). З початку 2022 року в лісових масивах України зафіксовано пожежі на загальній площі 5,5 тис. гектарів. Цей показник перевищує аналогічний минулорічний у 96 разів. За даними, загалом з початку року сталося 322 лісові пожежі, з них 40 – великі. У зоні відчуження в районі ЧАЕС через бойові дії горіло понад 10 тисяч гектарів лісів, зафіксовано 31 пожежу. Уповноважена Верховної Ради України з прав людини Людмила Денісова заявила, що пожежі призвели до підвищення рівня радіоактивного забруднення повітря, що загрожує сусіднім європейським країнам. Контроль і гасіння пожеж неможливі через захоплення зони відчуження російськими військами. Внаслідок горіння в атмосферу вивільняються радіонукліди, які переносяться вітром на значні відстані [4]. Станом на 18.05.2022 тривала локалізація трьох великих пожеж у Київській області: 500 гектарів у Тетерівському лісгоспі, 196 гектарів у Макарівському лісгоспі та 30 гектарів у Поліському лісгоспі [3].

«На жаль, великою проблемою і досі залишається спалювання населенням сухостою на полях та присадибних ділянках. Укотре скажу, ці

дії – злочин проти здорового глузду. Зупиніться і не паліть суху траву», – наголосив голова Держлісагентства Юрій Болоховець.

Характерними є сезонні пожежі у кількох регіонах південно-західного Сибіру, цьогоріч сезон пожеж розпочався досить рано, оскільки посуха та сильні вітри розпалюють багаті на вуглець торф'яні ліси. Протягом останніх тижнів вогонь уже знищив декілька сіл, за останні дні місцева влада повідомила про щонайменше 10 загиблих. За словами екологічної групи, спалювання лісових торфовищ є «кліматичною бомбою». Багатий вуглецем торф містить органіку, яка збиралася тисячі років, тому викиди від кожного квадратного метра торф'яної пожежі «в багато разів вищі, ніж від найпотужніших лісових пожеж». Торф'яні пожежі можуть тліти місяцями, вивільняючи в 10-100 разів більше вуглецю, ніж палаюче дерево [4].

На захисті суспільства від лісових пожеж стоїть лісове господарство, що є посередником між суспільством та природними екосистемами суспільства. Адже саме лісогосподарська галузь зберігає та відтворює ліси, але водночас вона залежить від суспільства і є чутливою до всіх соціально-економічних процесів, що відбуваються в країні. Світовий досвід свідчить, що в більшості випадків соціально-економічні потрясіння в суспільстві, реформи лісового, сільського господарства або землекористування призводили до збільшення горіння лісів. Нині на всі процеси накладається негативний вплив глобальних змін клімату, який важко прогнозувати. Тому дуже важливими є зваженість, передбачуваність і поступовість у будь-яких діях, що можуть впливати на функціонування лісового господарства та його невід'ємну частину – службу охорони лісів від пожеж [5].

Україна постійно підтримує контакти з провідними фахівцями та установами в галузі організації охорони лісів від пожеж і лісопирологічних досліджень. Досі нас вважали відносно благополучною країною в лісопожежному сенсі. За даними ФАО, річна площа пожеж в Україні, в перерахунку на один гектар лісових земель – серед найнижчих у Східній Європі. Це підтверджує високий рівень ефективності охорони лісів. Щоправда, річна кількість лісопожеж останніми роками в країні зростала, що є загальносвітовою тенденцією й відображає посилення антропогенного впливу на ліси й може бути результатом глобальних змін клімату. Водночас, за оцінками фахівців США, Німеччини, Франції, які знайомилися із системою охорони лісів від пожеж в Україні, технічне забезпечення гасіння часто не відповідає сучасному рівню. Недостатній і рівень співпраці та взаємодії між лісовою пожежною охороною та регіональними підрозділами МНС України.

Нині під егідою ООН розробляється світова система раннього виявлення пожеж, яка ґрунтується на супутникових спостереженнях, прогнозуванні та моделюванні лісопожежних ризиків і централізованій інформаційній системі оповіщення. Науковий супровід здійснюють вчені Канади і США у співпраці з Глобальним центром моніторингу пожеж.

Україна тут також задіяна – в частині запобігання великим лісовим пожежам у зоні відчуження ЧАЕС – Сергій Зібцев [5].

Отже, проблеми лісових пожеж залишається глобальною проблемою людства, екологи останнім часом б'ють на сполох про негативний вплив лісових пожеж на всі компоненти природної екосистеми, особливо на забруднення атмосферного повітря, поверхневих вод, ґрунтів, втрат біорізноманіття і зміни мікроклімату. Для територій на яких існують загрози виникнення лісових пожеж є нагальним прийняття необхідних управлінських рішень щодо впровадження превентивних природоохоронних заходів спрямованих на запобігання та мінімізацію наслідків лісових пожеж.

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

1. *Визначення впливу лісових пожеж на забрудненість ґрунтів важкими металами. Наукова робота. веб-сайт URL: [https://ldubgd.edu.ua/sites/default/files/3\\_nauka/konkurs/lisovi\\_pozhezhi.pdf](https://ldubgd.edu.ua/sites/default/files/3_nauka/konkurs/lisovi_pozhezhi.pdf) (дата звернення 17.05.2022).*

2. *Пожежі в Росії: чи обмежить війна в Україні гасіння пожеж: веб-сайт URL: <https://www.google.com/amp/s/amp.dw.com/en/wildfires-in-russia-will-war-in-ukraine-limit-firefighting-response/a-61753044> (дата звернення 17.05.2022)*

3. *Загальна площа пожеж у лісах України зросла з початку року у сто разів: веб-сайт URL: [https://lb.ua/society/2022/05/18/517240\\_zagalna\\_ploshcha\\_pozhezh\\_lisah\\_ukraini.html](https://lb.ua/society/2022/05/18/517240_zagalna_ploshcha_pozhezh_lisah_ukraini.html) (дата звернення 20.05.2022)*

4. *У районі ЧАЕС горять понад 10 тисяч гектарів лісів: веб-сайт URL: <https://www.epravda.com.ua/news/2022/03/27/684765/> (дата звернення 17.05.2022)*

5. *Зібцев С: Проблема лісових пожеж у світі виходить на новий, більш небезпечний рівень. веб-сайт URL: <https://ukurier.gov.ua/uk/articles/sergij-zibcev-problema-lisovih-pozhezh-u-sviti-vih/> (дата звернення 18.05.2022)*



*Ганошенко О. М., к.т.н.*

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

## **СТАН ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ ТА АНАЛІЗ ДИНАМІКИ ЗАХВОРЮВАНOSTІ**

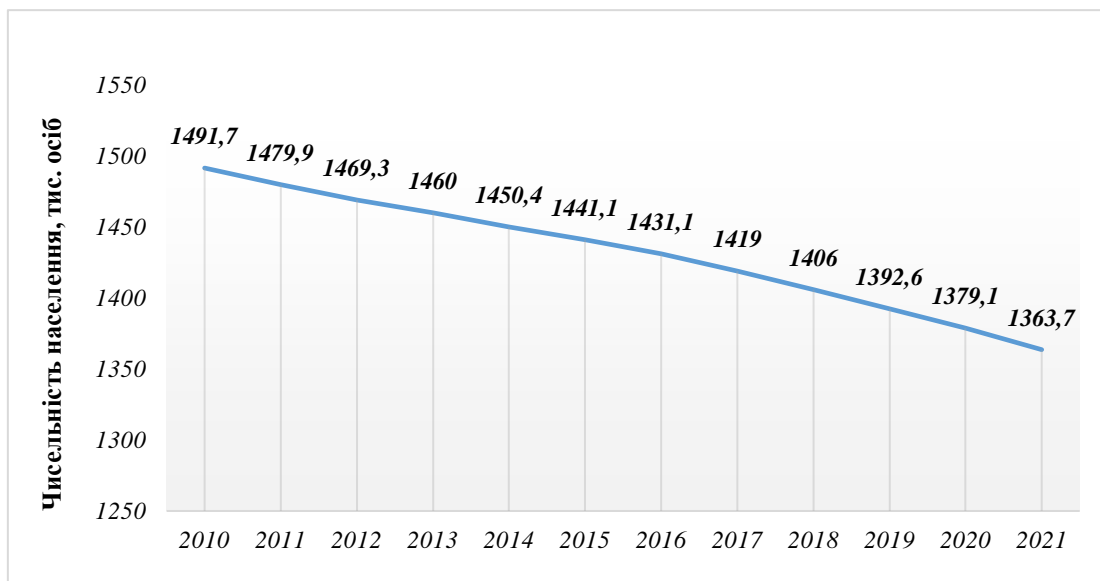
Стан здоров'я населення є важливим соціальним індикатором, що відображає благополуччя населення, його соціально-економічне, демографічне, санітарно-гігієнічне та екологічне становище.

Один із факторів який впливає на здоров'я та тривалість життя населення – екологічний, а саме стан атмосферного повітря, водних об'єктів, ґрунтового середовища та особливості клімату. Тому нагальним питанням є збереження здоров'я населення, в тому числі запобігання негативного впливу на нього факторів навколишнього середовища.

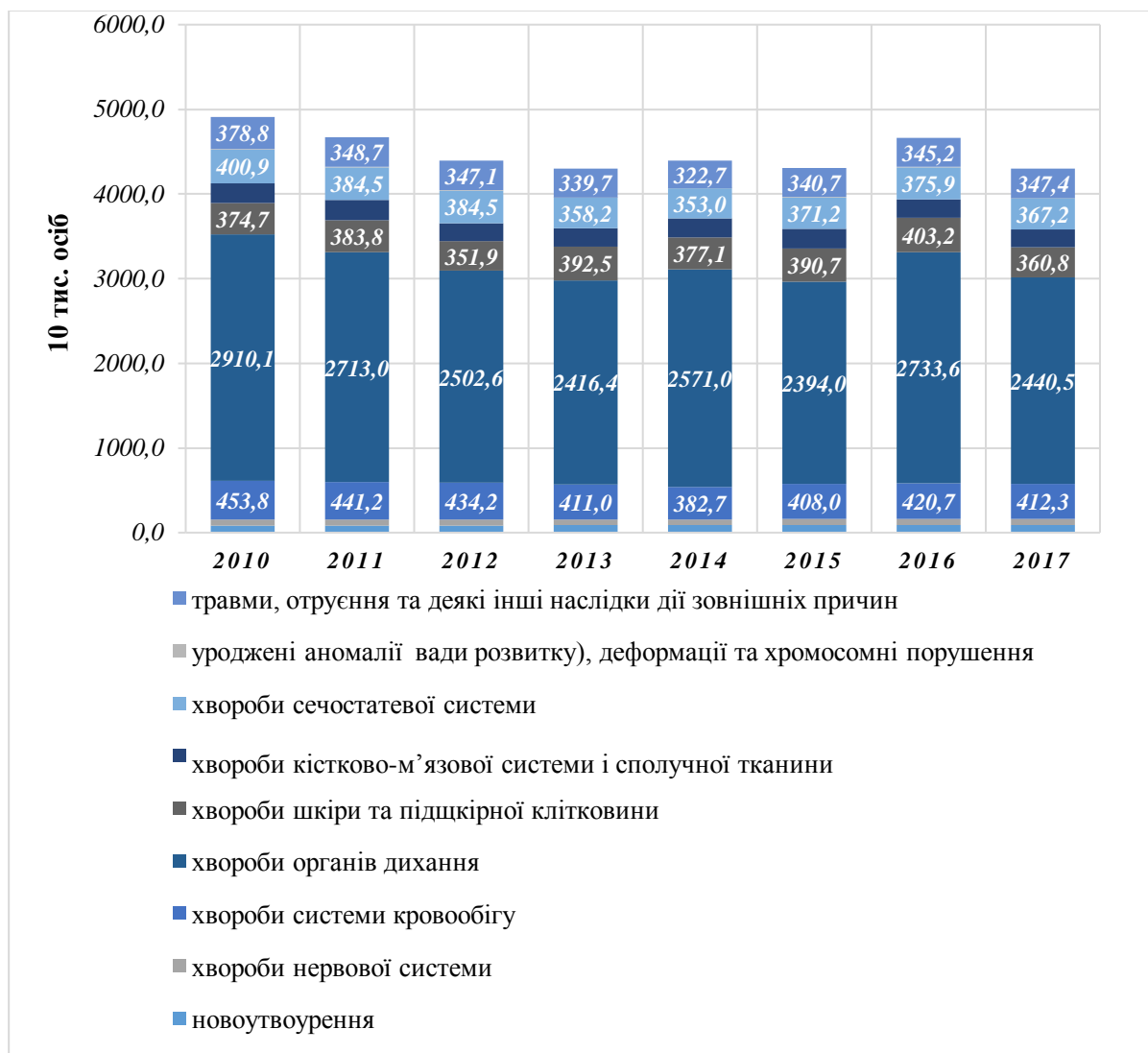
Антропогенний вплив на навколишнє середовище призводить до зростання захворюваності різними хворобами, що призводить до погіршення стану здоров'я населення. Показники захворюваності і смертності залежать від великої кількості факторів – соціальних, економічних і, не в останню чергу, екологічних.

На стан здоров'я людей впливають всі складові довілля – повітря, вода, ґрунти і біота. Маємо невтішну статистику – постійне зменшення кількості населення області (рис. 1), так за останні 10 років чисельність постійного населення Полтавської області зменшилося на 112,6 тис. осіб, що становить 7,5%.

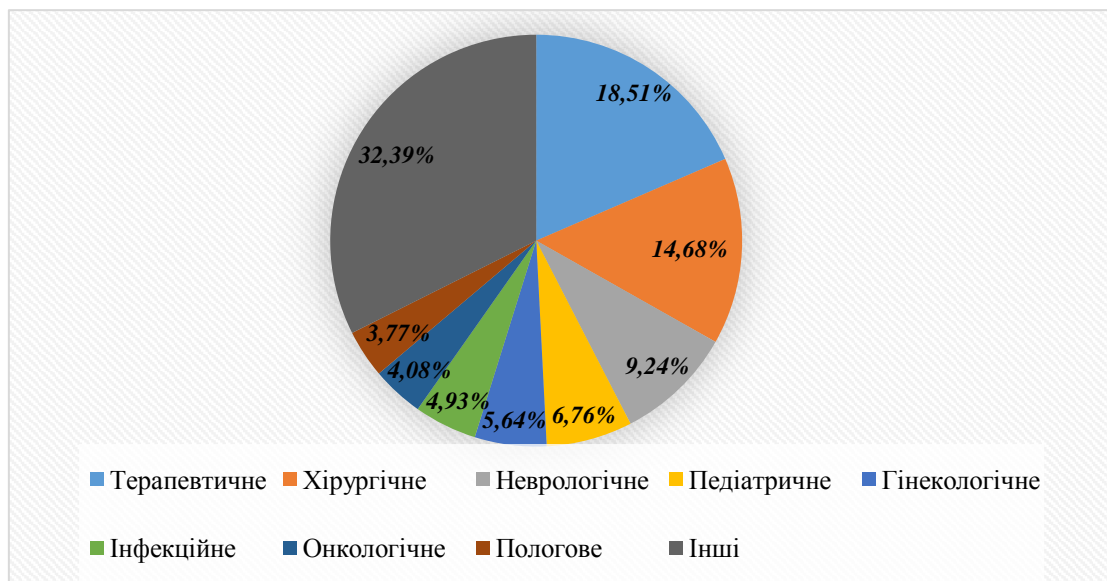
Загальна захворюваність населення оцінюється за показниками поширення хвороб та первинної захворюваності. Тенденція уперше зареєстрованих випадків захворювання населення Полтавської області носить мінливий характер, так з 2011 р. по 2013 р. спостерігається зниження поширеності хвороб серед населення та зниження рівнів первинної захворюваності, а далі відбуваються коливання – спади рівня захворюваності чергуються з його підвищенням (рис. 2). Найбільшу частку серед уперше зареєстрованих хвороб становлять хвороби органів дихання, що свідчить про особливе значення стану атмосферного повітря на здоров'я населення. Також до хвороб, частота випадків яких безпосередньо залежить від стану навколишнього середовища і мають достатньо високий рівень захворювань слід віднести: хвороби системи кровообігу, сечостатевої системи, шкіри та підшкірної клітковини й травми, отруєння та деякі інші наслідки дії зовнішніх причин [1].



**Рис. 1. Динаміка зміни чисельності постійного населення Полтавської області 2010-2021 рр.**

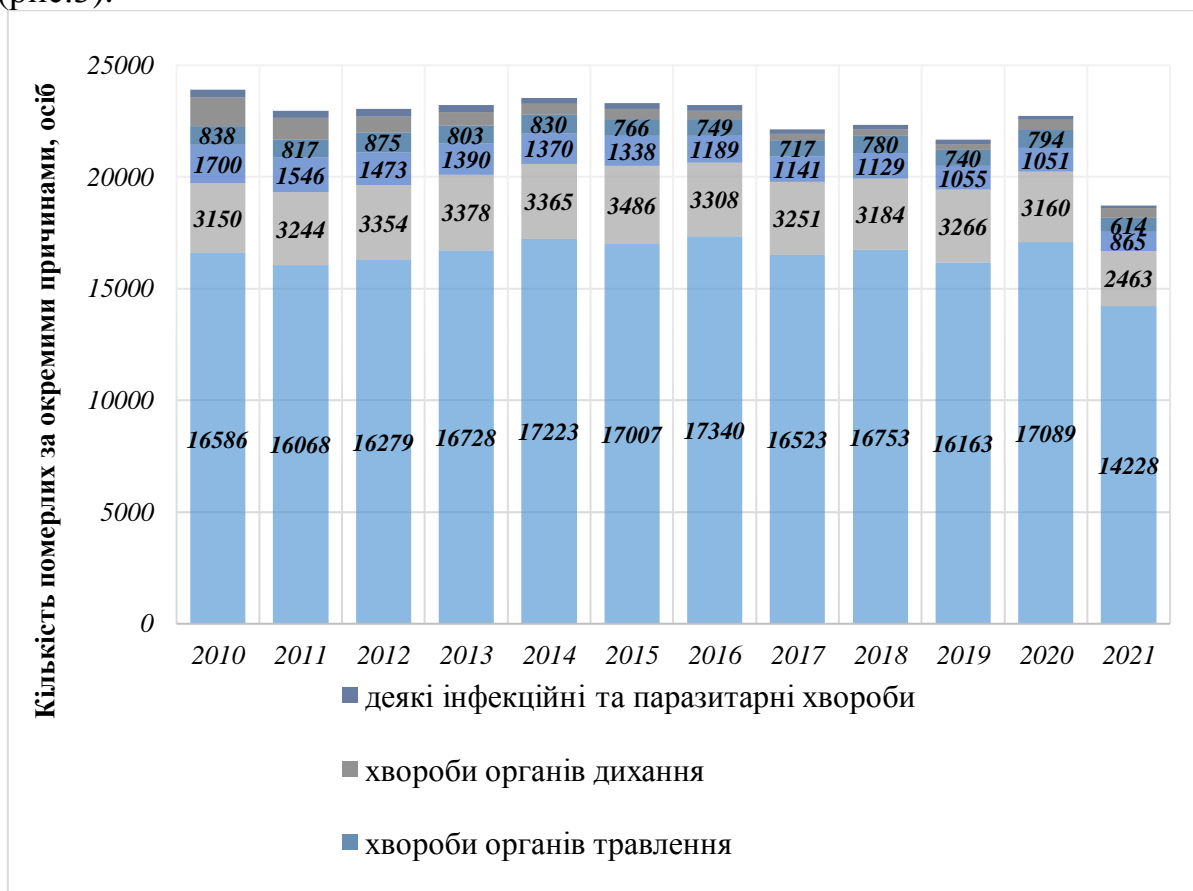


**Рис. 2. Динаміка уперше зареєстрованих випадків захворювань у Полтавській області 2010-2017 рр.**



**Рис. 3. Аналіз структури госпіталізацій та надання допомоги за відділеннями у Полтавській області 2017-2019 рр.**

Головними причинами смертності населення у Полтавській області залишаються хвороби системи кровообігу (70,5% від загальної кількості померлих), новоутворення (14,3%) та зовнішні причини смерті (4,6%) (рис.3).



**Рис. 4. Динаміка кількості померлих за окремими хворобами у Полтавській області 2010-2021\* рр.**

\*Данні за 2021 р. вказані станом на кінець жовтня 2021 р.

Місця видалення відходів, зважаючи на їх велику кількість у Полтавській області, є одними з основних джерел потрапляння забруднюючих та небезпечних речовин у навколишнє середовище. До складу емісій забруднюючих речовин, що надходять в атмосферне повітря від площинних джерел – полігонів й звалищ ТПВ, належать такі мікрокомпоненти як пил, сірчистий ангідрид, формальдегід, оксиди вуглецю, альдегіди та органічні кислоти, які є джерелами неприємних запахів, а також фіксуються сліди HF і діоксинів, толуол, аміак, ксилол.

Але на сьогодні при відсутності достатніх даних моніторингу стану довкілля в районах розташування полігонів й звалищ ТПВ, можна лише констатувати той факт, що ризик для здоров'я населення від таких площинних джерел як полігони й звалища ТПВ має опосередкований і пролонгований характер за причини постійних емісій забруднюючих та небезпечних речовин у довкілля (в атмосферне повітря, ґрунтове середовище та водні об'єкти).

Як захід із мінімізації такого негативного впливу на умови життя та здоров'я людей можна і потрібно розглядати дотримання встановлених законодавством України розмірів санітарно-захисних зон від житлової забудови до місць розташування полігонів й звалищ ТПВ та об'єктів оброблення/перероблення відходів.

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

1. <http://uoz.gov.ua/%d0%b0%d0%bd%d0%b0%d0%bb%d1%96%d1%82%d0%b8%d1%87%d0%bd%d1%96-%d0%b4%d0%b0%d0%bd%d0%bd%d1%96-%d0%be%d1%85%d0%be%d1%80%d0%be%d0%bd%d0%b8-%d0%b7%d0%b4%d0%be%d1%80%d0%be%d0%b2%d1%8f/7-%d0%b7%d0%b0%d0%b3%d0%b0%d0%bb%d1%8c%d0%bd%d0%b0-%d0%b0%d0%bd%d0%b0%d0%bb%d1%96%d1%82%d0%b8%d0%ba%d0%b0-%d0%be%d0%b1%d0%bb%d0%b0%d1%81%d0%bd%d0%be%d1%97-%d1%96%d0%bd%d1%84%d0%be%d1%80%d0%bc%d0%b0/7-2-%d0%ba%d0%be%d0%bc%d0%bf%d0%bb%d0%b5%d0%ba%d1%81%d0%bd%d0%b8%d0%b9-%d0%b0%d0%bd%d0%b0%d0%bb%d1%96%d0%b7-%d1%81%d1%82%d1%80%d1%83%d0%ba%d1%82%d1%83%d1%80%d0%b8-%d0%b3%d0%be%d1%81%d0%bf%d1%96%d1%82/>

<sup>1</sup>Гапонич Л. С., к. т. н., <sup>1</sup>Тона О. І., к. т. н., <sup>1</sup>Голенко І. Л., к. т. н.,  
<sup>1,2</sup>Кобзар С. Г., к. т. н.

<sup>1</sup>Інститут теплоенергетичних технологій НАН України,  
Київ, Україна

<sup>2</sup>Інститут технічної теплофізики НАН України, Київ, Україна

## **ВИЗНАЧЕННЯ ПОТЕНЦІАЛУ ВИРОБНИЦТВА RDF ДЛЯ ЗАМІЩЕННЯ ВИКОПНИХ ПАЛИВ В ЕНЕРГЕТИЦІ УКРАЇНИ**

Сьогодні в енергетиці України гостро повстало питання заміщення викопних палив, переважно вугілля та газу, які є обмеженими під час воєнного стану і, видається, будуть обмеженими у повоєнний час, альтернативними. Серед альтернативних видів палива слід окремо виділити важливу групу твердих видів палива, які отримуються з твердих побутових відходів (ТПВ), зокрема відновлені палива RDF [1]. Виробництво та використання в енергетиці палива з ТПВ здатне частково замінити дефіцитні в Україні органічні палива [2-4].

Обсяги утворення ТПВ в Україні за останні роки сягають 11,5-12,5 млн. т. Якщо у 2000 р. в Україні в середньому утворювалося 180 кг ТПВ на особу, то у 2020 р. цей показник перевищив 300 кг, це при тому, що тільки 77-78% населення України охоплено послугами з вивезення побутових відходів.

У 2020 р. в Україні було перероблено і утилізовано всього 5% ТПВ. Майже 95% зібраних і не оброблених ТПВ в Україні вивозять та складають на полігонах, а це 10-11 млн. т щорічно. На початку 2021 р. в Україні налічувалося 6045 полігонів, з них 261 (4,3%) вже були перевантажені, а 868 (14%) не відповідали умовам безпеки. Загальна площа полігонів та звалищ складала 8761,0 га, площа полігонів, що не відповідає умовам безпеки – 1505,1 га. Кількість полігонів (звалищ), які не діють – 355, їх загальна площа сягає 638,0 га. За даними Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 р. більше 99% функціонуючих полігонів не відповідають європейським вимогам – Директиві № 1999/31/ЄС про захоронення відходів. Відтак, «формально безпечних полігонів» в Україні близько 64,2%. Крім того, щороку утворюється 20 тис. несанкціонованих сміттєзвалищ. За даними Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, у 2020 р. утворилося 22630 таких сміттєзвалищ загальною площею 557 га. Орієнтовні обсяги вивезення ТПВ на несанкціоновані сміттєзвалища у 2020 р. досягли 74 млн. м<sup>3</sup> (15-22 млн т). Таке поводження з ТПВ призводить до щорічної втрати значної кількості енергоресурсів та цінних матеріалів, які містяться у відходах, їхня

відокремлена частина, що містить органічну складову, має використовуватись для виробництва електричної та теплової енергії в екологічно безпечний спосіб. Згідно Закону України «Про Основні засади (Стратегію) екологічної політики України на період до 2030 року» від 28.03.2019 розв'язання цієї проблеми є ключовим завданням у вирішенні питань енерго- та ресурснезалежності держави.

Ще одна з проблем, пов'язаних із складуванням ТПВ на полігонах – біохімічне розкладання з утворенням звалищного газу, компонентами якого є парникові гази  $\text{CH}_4$  та  $\text{CO}_2$  [4, 5]. Згідно з Міжурядовою групою експертів з питань зміни, викиди з сміттєзвалищ становлять 18% від загального обсягу викидів метану в атмосферу, що в останні роки становить до 70 млн. т щорічно. В Україні викиди  $\text{CH}_4$  з полігонів ТПВ в останні роки складають 300–330 тис. т. Накопичення  $\text{CH}_4$  у товщі полігону може призвести до самозаймання ТПВ. Некероване горіння супроводжується утворенням токсичних речовин, зокрема діоксинів.

Треба підкреслити, що термічна утилізація відходів, яка відбувається без урахування особливостей їх морфологічного та елементного складу також може призводити до утворення вкрай небезпечних для людини сполук [1, 6, 7]. Залучення RDF у енергетику має відбуватись із забезпеченням їх термічної переробки в екологічно безпечний спосіб відповідно до вимог Директиви № 2010/75/ЄС про промислові викиди, виконання якої є обов'язковим в рамках підписаної Угоди про асоціацію між Україною та Європейським Союзом [4].

Крім того, в останні роки збільшилася кількість досліджень, присвячених розробці технологій спільного спалювання RDF із іншими паливами, в тому числі з природним газом та вугілля на ТЕС та ТЕЦ [8-9]. Такі роботи щодо українського RDF також потребують інформації з його теплоти згорання, морфологічного та елементного складу. Враховуючи вищезазначене метою роботи було визначення обсягів, теплоти згорання, морфологічного та елементного складу RDF із урахуванням умов його формування в Україні.

Для різних регіонів та міст України визначено кількісний показник частки ТПВ придатних для виробництва RDF – відокремленої висококалорійної фракції перероблених ТПВ, яка включає полімери, папір, картон, деревину та текстиль. Встановлено, що кількісний показник таких залишків для різних регіонів України складає 23-42% від загальної кількості ТПВ. У середньому для України частка складових ТПВ придатних для RDF складає 28%. Враховуючи, що в останні роки в Україні на пункти вторинної сировини та сміттєпереробні підприємства потрапляє 3,4-3,7% від загальної кількості зібраних ТПВ, а з них близько 80% (в середньому 2,8% від загальної кількості ТПВ) припадає на папір, картон, деревину, полімери, то частка складових ТПВ, яку можна вилучити для виробництва RDF в Україні складає 25-26%, а потенціал виробництва RDF складає 2,9-3,2 млн. т. (див.

табл. 1). Встановлено можливий осереднений морфологічний склад RDF для України: папір, картон та інша макулатура – 47,0%; полімери, в тому числі пластик, поліетилен, поліпропілен, синтетичні волокна, багатошарова упаковка та тощо – 39,0%; шкіра, шкірозамінники, шкіряні та гумові вироби – 3,5%; текстиль різних типів – 7,0%; деревина та похідні від неї – 3,5%.

Таблиця 1

**Потенціал виробництва RDF в Україні в останні роки**

Рік	Обсяги збирання	Пункти вторинної сировини		Сміттєпереробні підприємства			Частка складових придатних для виробництва RDF		Потенціал виробництва RDF	
		тис. т	%	тис. т	%	тис. т	%	тис. т	%	тис. т
2018	11857,2	1,2	146,5	2,2	260,1	28,0	3320,0	25,3	3000,0	
2019	11459,4	1,1	128,6	2,6	303,3	28,0	3208,6	25,0	2864,9	
2020	12634,9	0,9	118,7	2,6	336,5	28,0	3537,8	25,2	3184,0	

У таблиці 3 для прикладу наведено елементний склад та теплоту згорання RDF для різних міст, областей та України в цілому. Елементний склад RDF розраховано за його морфологічним складом та елементним складом компонентів ТПВ [8, 10]. Нижча теплота згорання на робочий склад палива  $Q_i^r$ , МДж/кг, розрахована за формулою Менделєєва [10].

Таблиця 3

**Елементний склад та теплота згорання RDF виготовленого з ТПВ різних областей України та України в цілому**

Область України	Елементний склад на робочу масу (г), %							$Q_i^r$ , МДж/кг
	C <sup>r</sup>	H <sup>r</sup>	O <sup>r</sup>	N <sup>r</sup>	S <sup>r</sup>	A <sup>r</sup>	W <sup>r</sup>	
Україна	37,6	5,3	34,6	0,4	0,2	10,9	11,0	14,1
Області								
Вінницька	40,4	5,6	30,6	0,7	0,3	10,2	12,2	15,9
Дніпропетровська	39,1	5,3	36,4	0,8	0,2	7,0	11,2	14,5
Закарпатська	38,9	5,4	33,2	0,7	0,2	9,9	11,7	14,8
Київська	39,2	5,5	32,4	0,7	0,3	10,0	11,9	15,1
Міста								
Вінниця	39,3	5,4	35,7	0,4	0,2	7,9	11,1	14,7
Дніпро	40,0	5,6	31,2	0,5	0,4	10,8	11,5	15,7
Житомир	35,5	5,0	34,6	0,2	0,2	10,4	14,1	13,1
Київ	38,1	5,3	34,4	0,5	0,2	10,1	11,4	14,3
Рівно	36	5,2	34,7	0,4	0,2	12,7	10,8	13,5
Хмельник	34,7	5,0	36,5	0,2	0,2	12,9	79,0	12,7
Хмельницький	39,0	5,3	33,5	1,2	0,1	7,9	13,0	14,7

Діапазон теплоти згорання RDF, виготовленого з ТПВ України, складає 13-16 МДж/кг. Це відповідає 3 та 4 класам SRF згідно з ДСТУ EN 15359:2018 [1]. Для збільшення теплоти згорання отриманого палива можна додавати горючі фракції промислових і комерційних відходів [3, 7].

**Висновки.** Наші розрахунки показують, що в Україні є потенціал для щорічного виробництва близько 3 млн. т RDF із теплотою згорання 13-

16 МДж/кг. При енергетичному використанні таких палив можна щорічно отримувати 3000–3500 млн кВт·год. теплової енергії. Потенціал заміщення природного газу складає близько 1 млрд м<sup>3</sup>, вугілля – 2 млн. т. Крім того, таке поводження з відходами дозволить суттєво зменшити обсяги видалення ТПВ на сміттєзвалища.

**Використані інформаційні джерела:**

1. *Neuwahl F., Cusano G., Benavides J. G., Holbrook S. & Roudier S. (2019). Best Available Techniques (BAT). Reference Document for Waste Incineration. Luxembourg: Publications Office of the European Union. doi: 10.2760/761437.*
2. *Saveyn H., Eder P., Ramsay M., Thonier G., Warren, K., Hestin, M. (2016). Towards a better exploitation of the technical potential of waste-to-energy. EUR 28230 EN. doi:10.2791/870953.*
3. *Weber K., Quicker P., Hanewinkel J. (2020). Status of waste-to-energy in Germany, Part I – Waste treatment facilities. Waste Management & Research, 38 (1), 23–44. URL: <https://doi.org/10.1177/0734242X19894632>.*
4. *Гапонич Л. С., Голенко І. Л., Топал О. І. (2019). Нормативне регулювання, сучасний стан поводження та перспективи енергетичного використання твердих побутових відходів в Україні. Проблеми загальної енергетики, (58), 45–54. doi: 10.15407/pge2019.03.*
5. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 5: Waste. Chapter 5: Incineration and open burning of waste. IPCC. (2006). 26 p. URL: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol5.html>.*
6. *Komilis, D., Evangelou, A., Giannakis, G., Lympiris, C. (2012). Revisiting the elemental composition and the calorific value of the organic fraction of municipal solid wastes. Waste Management, (32), 372–381. doi: 10.1016/j.wasman.2011.10.034.*
7. *Rada E. C., Cioc, L.I., Lonescu G. (2017). Energy recovery from Municipal Solid Waste in EU: proposals to assess the management performance under a circular economy perspective. MATEC Web of Conferences 121. doi: 10.1051/mateconf/201712105006.*
8. *Кобзар, С. Г., Топал, О. І., Гапонич, Л. С., Голенко, І. Л. (2020). Моделювання процесу сумісного спалювання природного газу з паливами із твердих побутових відходів. Електронне моделювання, (42). 74–92. doi: 10.15407/emodel.42.06.072.*
9. *Lin H., Ma X. (2012). Simulation of co-incineration of sewage sludge with municipal solid waste in a grate furnace incinerator. Waste Management, (32), 561–567. doi: 10.1016/j.wasman.2011.10.032/.*
10. *Буляндра О., Гапонич Л., Голенко І., Топал О. (2020). Перспективи використання палива з твердих побутових відходів на ТЕЦ цукрових заводів. Наукові праці НУХТ, (26), 137–146. doi: 10.24263/2225-2924-2020-26-3-16.*



## **МОЖЛИВОСТІ МІНІМІЗАЦІЇ РОЗМІРІВ ГЕЛІОСИСТЕМ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ**

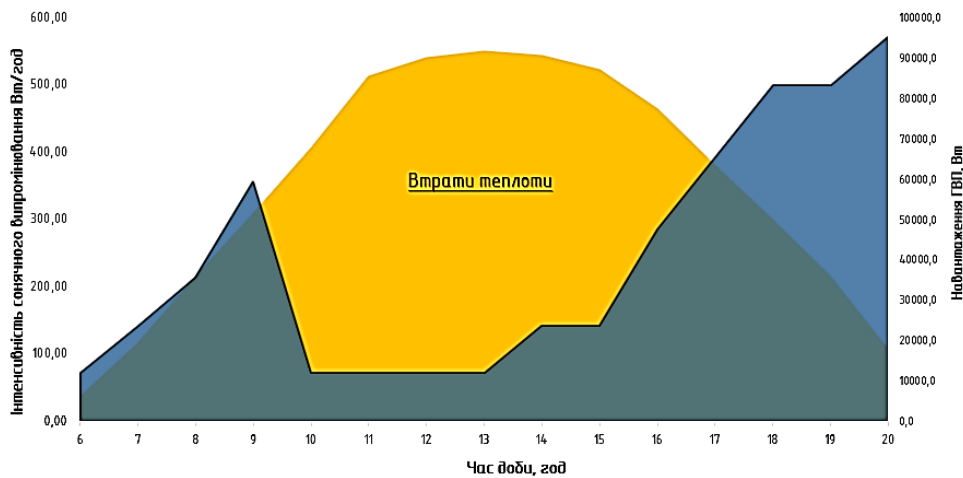
Останнім часом розвиток енергетики в світі має за основний напрямок використання відновлюваних джерел енергії в тому числі і теплоти для систем теплопостачання і зокрема систем централізованого теплопостачання міст [1]. Серед інших відновлюваних джерел енергії найбільш розповсюдженим є використання сонячної енергії, особливо для потреб гарячого водопостачання, що пояснюється достатньо низькою температурою води в цих системах [2]. Але використання цієї енергії має ряд особливостей, які ускладнюють її використання. Головне – це нестабільність її приходу як протягом доби, так і протягом року. Причому нестабільність інсоляції протягом дня важко спрогнозувати через загальні труднощі з передбаченням погодних умов, зокрема мінливості хмарності [3].

Для геліосистем гарячого водопостачання є одна особливість, яку необхідно враховувати при їх проектуванні. Через нерівномірність споживання гарячої води в комунальному секторі в той час, коли інсоляція має найбільшу інтенсивність, споживання гарячої води є найменшим (рис. 1).

Результатом цієї обставини є збільшення об'єму акумуляторів теплоти та площі геліополя для цих систем. Крім того, ця обставина підвищує небезпеку виникнення так званої «стагнації» геліосистеми, яка обумовлюється можливістю скипання водних теплоносіїв в сонячних колекторах при малому відборі теплоти в час найбільшої інсоляції [4]. Для уникнення цієї загрози для надійної експлуатації системи існує декілька технічних рішень, але всі вони зводяться до одного заходу – перекривають надходження сонячної енергії до геліоколектора в час найбільшої інсоляції. Це призводить до необхідності збільшувати площу геліополя для компенсації цієї втрати теплоти.

Автори пропонують інший спосіб вирішення проблеми – використання в геліосистемі не водних розчинів в якості теплоносія, а так званих високотемпературних органічних теплоносіїв (ВОТ). Особливість цих речовин – це висока температура кипіння при низькому тиску насичення. В результаті усувається небезпека їх скипання в геліоколекторі при найбільшій інсоляції опівдні. В результаті можна зменшити і площу геліополя і об'єм акумулятора. Великі розміри геліополя і акумулятора стримують використання геліосистем для багатоквартирних житлових будівель, навчальних закладів та інших об'єктів із великим обсягом споживання гарячої води. При вирішенні цієї проблеми сфера використання

геліосистем ГВП значно розширюється, що матиме як позитивний екологічний, так і економічний аспект через зменшення споживання вуглеводних палив.



**Рис.1. Співвідношення інтенсивності сонячної радіації і споживання ГВП**

Для практичного застосування ВОТ ів геліосистемах ГВП необхідно вирішення декількох проблем, пов'язаних із особливостями цих речовин. Головна їх особливість – це велика залежність деяких їх теплофізичних властивостей від температури, зокрема густини, в'язкості, числа Pr [5]. Саме ці властивості будь-яких теплоносіїв сильно впливають на конвективний теплообмін [6]. Але в геліоколекторі температура теплоносія змінюється протягом дня в широкому діапазоні. Це означає, що і закономірності теплообміну в каналах геліоколектора мають також змінюватись, що призводить до зміни його ККД протягом дня. Ця обставина ускладнює розрахунок теплообміну в них і через це попереднє визначення зміни їх ККД протягом дня на стадії проектування системи.

У літературі відсутня інформація щодо використання ВОТ в геліосистемах і, відповідно, щодо закономірностей теплообміну в притаманних для геліосистем умовах експлуатації з широким діапазоном теплового навантаження. Відома література з використання ВОТ в технологічних установках різного призначення стосується їх роботи в умовах сталого навантаження і в іншому діапазоні температур, набагато вужчому, ніж у геліосистемах [5,7].

Автори провели попередні розрахунки для визначення інтенсивності теплообміну в каналах геліоколекторів із ВОТ. При розрахунку були прийняті наступні вихідні дані. В якості теплоносія прийнято ВОТ типу ВРОІехWF0801. Його характеристики вказано на рис.2. В якості геліоколектора вибрано вакуумний колектор типу Vitosol 300-ТМ виробництва Viessmann. Діаметр каналу для теплоносія в колекторі складає 0,012 м. Температури ВОТ в діапазоні від 20 °С до 350 °С. Остання температура прийнята згідно рекомендаціям виробника [8]. Результати

розрахунку наведені в таблиці 1. Згідно розрахунків видно, що режим течії теплоносія в трубці змінюється в широкому діапазоні від ламінарного до розвиненого турбулентного. Відповідно коефіцієнт тепловіддачі коливається в межах 20..94 Вт/м<sup>2</sup>·С, тобто може змінюватись майже в 5 разів, що необхідно враховувати при розрахунках. Для розрахунку були прийняті схожі залежності, що наведені в [5,9]. Розрахунки були проведені для рекомендованої в [8] швидкості руху теплоносія.

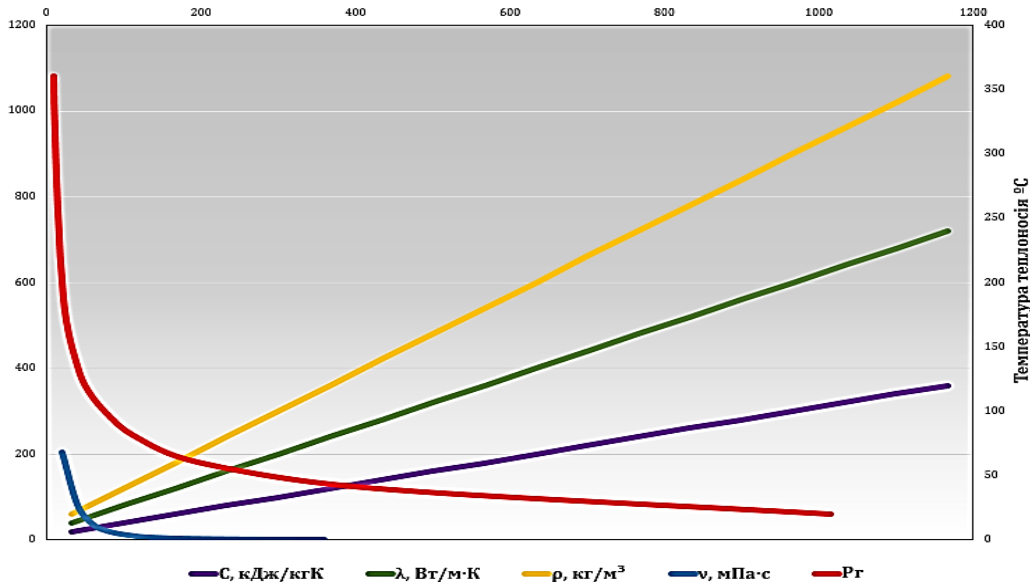


Рис.2. Графік залежності параметрів ВОТ від зміни температури

Таблиця 1

### Інтенсивність теплообміну ВОТ у геліосистемі

T, °C	Re	Pr	Nu	α	Pr	T, °C	Re	Pr	Nu	α
20	210,00	492,70	1,25	20,64	492,70	200	8842,11	16,60	5,53	78,80
40	560,00	193,20	1,81	29,45	193,20	220	10243,90	14,80	5,91	82,69
60	1105,26	101,60	2,35	37,01	101,60	240	11830,99	13,20	6,30	86,56
80	1909,09	61,40	2,91	45,84	61,40	260	13333,33	12,70	6,79	89,94
100	2800,00	43,60	3,40	52,63	43,60	280	15000,00	11,10	7,03	93,21
120	3500,00	36,30	3,74	57,02	36,30	300	16470,59	10,40	7,36	95,66
140	4941,18	26,60	4,29	64,36	26,60	320	17872,34	9,90	7,68	97,88
160	6000,00	22,60	4,66	68,72	22,60	340	19534,88	9,40	8,05	100,57
180	7636,36	18,50	5,17	74,90	18,50	360	21000,00	9,00	8,35	93,97

Розрахунки по обох залежностях показали дуже близькі результати, однак самі формули виводилися для інших апаратів та густини теплових потоків. Крім того, формули були отримані для турбулентних режимів, а отримані в розрахунках величини числа Re показують, що у ранкові та вечірні години при прийнятій швидкості потік буде ламінарним. Тоді отримані для цього часу доби теплообмін буде ще менш інтенсивним, ніж отримано в розрахункових формулах. Отримані дані, безумовно, вимагають експериментального підтвердження та уточнення, але загальну картину зміни термодинамічних процесів у колекторах із ВОТ у першому наближенні можна прийняти для розрахунку при конструюванні колекторів

із ВОТ. Значна зміна величини числа Re протягом світлового дня вказує на прогнозовану значну зміну гідравлічного опору колектора, що висуває певні вимоги до циркуляційних насосів (першого контуру).

Отже, високотемпературні органічні теплоносія можуть розглядатися як перспективні для використання в геліосистемах гарячого водопостачання. Їх використання дозволяє вирішити проблему «стагнації» геліосистеми і водночас проблему із замерзанням теплоносія взимку та зменшення площі геліополя. При цьому зменшується об'єм акумулятора теплоти, оскільки вона може зберігатися за більш високої температури. Для розробки простої та надійної методики розрахунку теплообміну в геліоколекторіз ВОТ та на його основі рекомендацій для інженерів із проектування геліосистем із ВОТ як теплоносієм необхідно провести експериментальні дослідження нестационарного теплообміну при істотній зміні теплофізичних властивостей теплоносія при зміні його температури.

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

1. *European Green Deal* («Европейский зеленый курс») / [Электронный ресурс] / Брюссель. 2019. - URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52019DC0640> (дата обращения: 15.10.2021).
2. Гламаздін П., Баранчук К. Нові підходи до організації централізованого тепlopостачання, ВОТГП/Том 37. С. 21–31.
3. Шафлик В. *Современные системы горячего водоснабжения*. К. : ДП ИПЦ «Такі справи», 2010. 316 с.
4. *Overheating prevention and stagnation handling in solar process heat applications* / Elimar Frank, Franz Mauthner, Stephan Fischer // *Solar Process Heat for Production and Advanced Applications*. 2015. / IEA SHC Task 49. P. 2–36.
5. Wagner W. *Heat transfer technique with organic media*. 2nd ed. Graefelfing, Germany., Dr. Ingo Resch GmbH Maria-Eich StraSe 77, 1997. С. 165.
6. Кутателадзе С. С. *Теплопередача и гидравлическое сопротивление : Справочное пособие*. М. : Энергоатомиздат, 1990. 367 с.
7. Долинин Н. П. *Установки для нагрева химической аппаратуры высокотемпературными органическими теплоносителями*. Москва : Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1963. 297 с.
8. *Руководство по проектированию систем солнечного теплоснабжения*. К. : ООО «Виссманн». 2010. С. 193
9. Четкин А. В., Занемонец Н. А. *Теплотехника*. М. : Энергия, 1992. 344 с.

## СТАН ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ ЧЕРНІГІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

У зв'язку із вторгненням Російської Федерації на територію України були атаковані Чернігів та інші міста. Військові дії на території Чернігівської області вплинули не лише на життя цивільного населення, але й на стан об'єктів критичної інфраструктури, поверхневі водні об'єкти і цілком на розвиток регіону.

Нами раніше проводився загальний аналіз стану і якості вод р. Десна (в межах Чернігівської області), а також оцінка техногенного навантаження на водні об'єкти регіону. Оцінка проводилась за даними спостережень у 2011-2020 рр.

Було отримано, що за весь період дослідження клас якості вод р. Десна в межах Чернігівської області на основі розрахунку комбінаторного індексу забруднення характеризувався категоріями *IIIa – IIIб*, категорія якості – єдиною категорією «*брудна*».

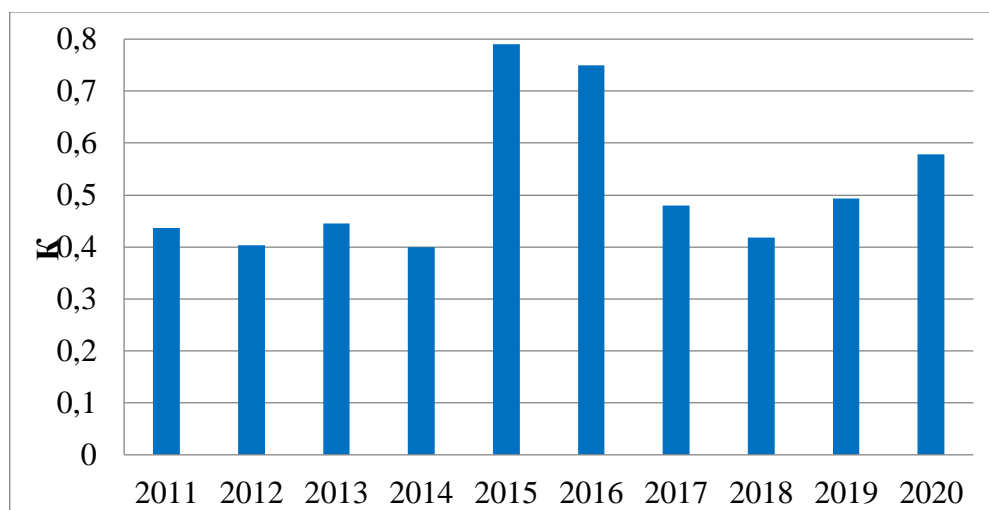
Для оцінки техногенного навантаження була застосована методика, яка враховує комплексний коефіцієнт ефективності водокористування  $K$ , який базується на коефіцієнтах водопостачання і водозабору [1, 2]. Вони враховують дані про забір води, втрати води при транспортуванні, скид стічних вод у водні об'єкти, в т.ч. без очищення і нормативно-чистих стічних вод. Значення коефіцієнтів змінюються від 0 до 1, відповідно їх кращі значення наближені до 1.

Було отримано, що найкращі значення комплексного коефіцієнту  $K$  (рис. 1) відзначались у 2015-2016 рр. (0,79 і 0,75 відповідно), найгірші – у 2010 р. (0,34). Загальне погіршення ситуації, на наш погляд, було обумовлено зниженням значення коефіцієнту ефективності водовідведення. У цілому в останні роки ефективність показників водокористування вод р. Десна в регіоні відповідала середнім значенням коефіцієнту  $K$ .

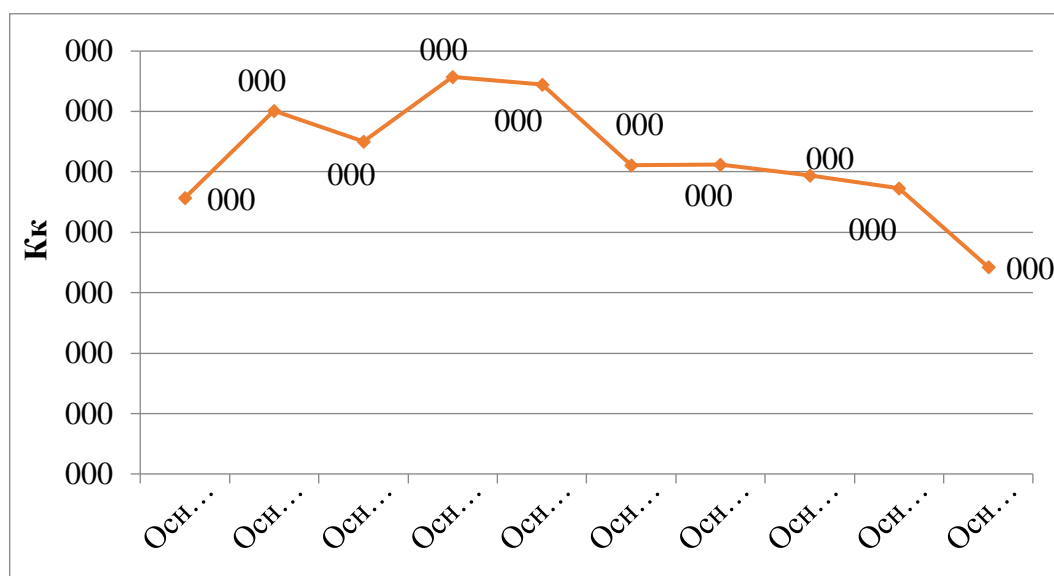
Також виконано оцінку техногенного впливу на довкілля Чернігівської області в цілому, в тому числі з урахуванням показників водозабору і скидів стічних вод. Для такої оцінки використано комплексний показник техногенного впливу на навколишнє середовище певної території  $K_k$ .

Отримано, що за період дослідження (рис. 2) відзначалась тенденція до зменшення показника з 2014 р. майже в 2 рази, що свідчить про відповідне зменшення рівня техногенного навантаження. Такі результати обумовлені суттєвим зменшенням кількості відходів, що утворювалися на території області. Також у 2019-2020 рр. зменшились обсяги загального водозабору і скидів стічних вод порівняно з 2015-2016 рр. В цілому Чернігівську область

можна віднести до другого екологічного району з помірним рівнем техногенного навантаження [3].



**Рис.1. Оцінка ефективності водокористування в межах Чернігівської області (2011-2020 рр.)**

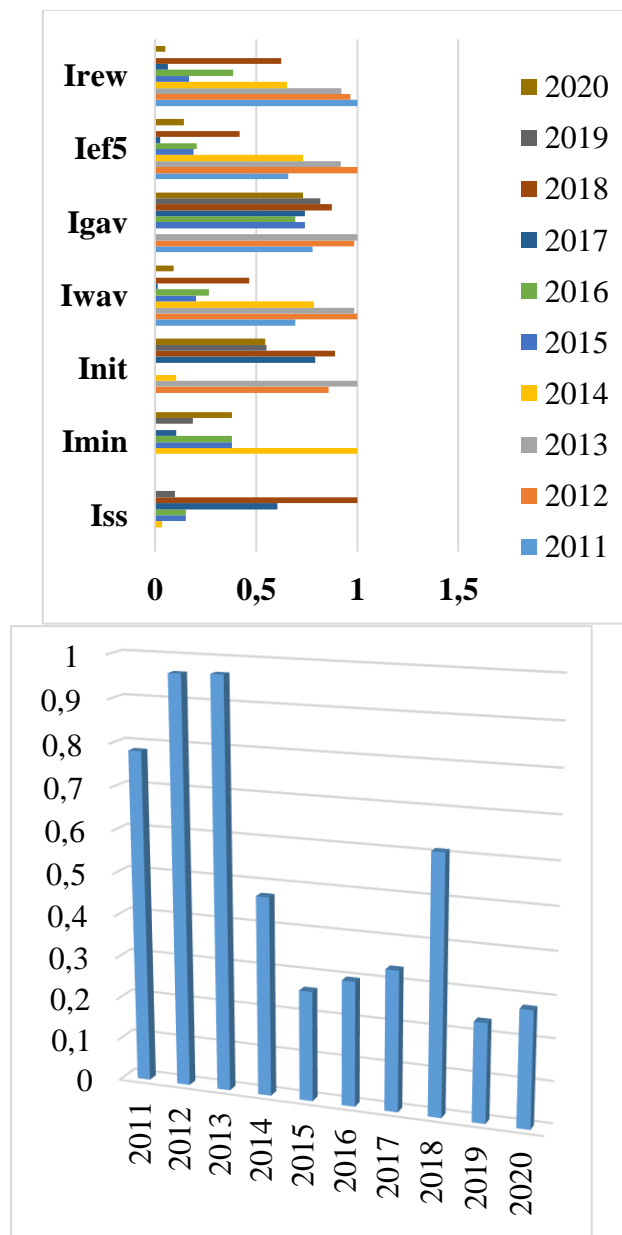


**Рис.2. Динаміка зміни комплексного показника техногенного впливу на довкілля Чернігівської області**

Також нами виконано оцінку стану водних ресурсів Чернігівської області (на прикладі р. Десна) з позицій сталого розвитку. З цією метою була використана метрика для вимірювання процесів сталого розвитку (МВСП) [4], а саме її окремі індикатори і параметри [5].

Отримані результати показали (рис. 3), що серед параметрів, що застосовувались для оцінки, найгірші значення найбільш часто відзначались для таких показників: скид зворотних вод  $I_{REW}$ , використання свіжої води  $I_{EF5}$ , забір води з природних  $I_{WAV}$  і підземних  $I_{GAV}$  джерел. Загальна оцінка показала, що найбільш гірші умови з позицій сталого розвитку відзначались

у 2011-2013 рр. З 2014 р. відзначається суттєве покращення умов, хоча у 2018 р. зафіксовано різке збільшення показника за рахунок майже всіх параметрів, що використовувались для оцінки.



**Рис.3. Оцінка стану водних об'єктів Чернігівської області за показниками сталого розвитку**

У цілому в останні роки стан водних об'єктів Чернігівської області характеризувався покращенням умов з позицій сталого розвитку.

Але всі отримані оцінки на даний час втратили свою актуальність внаслідок руйнувань, яких зазнала Чернігівська область.

Так, внаслідок нічного удару 11.03.2022 р. були пошкоджені магістральні труби водопровідної мережі, через витоки було припинено водопостачання міста [6]. 14.03.2022 р. російські війська пошкодили насосну станцію КП «Чернігівводоканал». У результаті пошкодження

можливе забруднення водних ресурсів небезпечними речовинами та суттєве зменшення водозабору підприємства [6]. КП «Чернігівводоканал» є основним водоспоживачем підземних вод в регіоні. Окупантами знищено чотири одиниці автотранспортної техніки, трансформаторні підстанції, насосну автоматику та каналізаційну насосну станцію підприємства. Пошкоджено резервуари чистої води, внаслідок чого відбулася їх розгерметизація. Сума збитку, нанесеного КП «Чернігівводоканал» за офіційними даними сягає 60000000 євро. Пошкоджені 3 з 5 водозабірних станцій, постраждали магістральні мережі, згоріло дуже багато спецтехніки Водоканалу (близько 10 одиниць), що приблизно складає 50 % [7].

За час окупації Чернігівської області у Чернігові сапери прямо на дні р. Десна знешкодили потужну авіаційну бомбу. 500-кілограмовий снаряд не здетонував, коли російські окупанти намагалися атакувати міст, що сполучає Чернігів із Києвом. Результатом такого вибуху могло стати потрапляння до водного середовища великої кількості  $CO_2$ ,  $C$ ,  $CO_x$ ,  $N_xO_y$ ,  $SO_2$  та ін. речовин в залежності від фізичних, хімічних та технологічних властивостей снаряду [8].

Що стосується гідрохімічної та гідрогеологічної ситуації у регіоні, то слід відзначити, що в умовах воєнного стану проведення відборів проб тимчасово призупинено [9]. Тому будь-яка оцінка якісного стану водних об'єктів регіону, а також рівня техногенного навантаження на даний час є ускладненою задачею, яка потребує, в першу чергу, аналізу фактичного матеріалу ушкоджень і руйнувань, кількісних показників надходження речовин у довкілля.

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

1. Чугай А. В., Сафранов Т. А. *Методи оцінки техногенного впливу на довкілля. Навчальний посібник. Одеса : Букаєв Вадим Вікторович, 2021. 118 с.*
2. Кулаков А. А., Шафигуллина А. Ф. *Совершенствование водопользования: проблемы и перспективы. Молочнохозяйственный вестник. 2016. № 4. С. 52–62.*
3. Чугай А. В., Глод А. В. *Оцінка техногенного впливу на довкілля Чернігівської області // Проблеми екології та енергозбереження : Матеріали XIV Міжнародної науково-технічної конференції. Миколаїв : НУК ім. адм. Макарова, 2021. С. 56–57.*
4. *Сталий розвиток регіонів України. URL: [http://nung.edu.ua/files/attachments/stalyu\\_rozvytok\\_regioniv\\_ukrayiny.pdf](http://nung.edu.ua/files/attachments/stalyu_rozvytok_regioniv_ukrayiny.pdf) (дата звернення: 06.04.2022).*
5. Глод А. В. *Стан водних ресурсів Чернігівської області за показниками сталого розвитку // Актуальні проблеми, пріоритетні напрямки та стратегії розвитку України : Тези доповідей IV Міжнародної науково-практичної онлайн-конференції. Київ : ІТТА, 2022. С. 57–59.*



6. *Електронний ресурс: URL: <https://mepr.gov.ua/news/39062.html> (дата звернення: 12.05.2022).*

7. *Електронний ресурс: URL: <https://chernigiv-rada.gov.ua/news/id-53005/> (дата звернення: 12.05.2022).*

8. *Електронний ресурс: URL: <https://news.obozrevatel.com/ukr/vojna-v-ukraine/putin-proviv-repetitsiyu-svogo-ostannogo-slova-na-mariupolskomu-protsesi.htm> (дата звернення: 12.05.2022).*

9. *Електронний ресурс: URL: <https://desna-buvr.gov.ua/wp-content/uploads> (дата звернення: 12.05.2022).*

*Голік Ю. С., к. т. н., проф. університету, Степова О. В., д. т. н., проф.,  
Ілляш О. Е., к. т. н., доцент*

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

### **НОВА СПЕЦІАЛІЗАЦІЯ «ВІДНОВЛЮВАНА ТЕПЛОЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА»**

У відповідності до концепції «Зеленого» енергетичного переходу України до 2050 року» Україна стала однією з перших європейських країн, що ратифікували Парижську угоду, одним із аргументів чого стали питання суттєвих кліматичних змін на території України, що зумовлюють підвищення ризиків для здоров'я і життєдіяльності людини, природних екосистем та секторів економіки, а також питання забезпечення національної, екологічної, економічної та енергетичної безпеки України.

Раніше формування цієї концепції зумовлено істотною трансформацією підходів до розвитку енергетики в світі у контексті її екологізації та декарбонізації з особливою увагою до проблем боротьби зі зміною клімату та досягнення глобальних цілей сталого розвитку. Це обумовило та окреслило нові міжнародні зобов'язання України у напрямі оновлення спільної кліматичної та енергетичної політики. Ці зміни мали безпосередній вплив України на держави–члени Європейського Співтовариства, де відбувається формування оновленої кліматично-енергетичної політики. Передбачалося, що це дозволило б досягти довготривалого позитивного ефекту, який забезпечить сталий розвиток та конкурентоздатність нашої держави. Але на фоні подій 2022 року, що пов'язані з військовою агресією Росії на Україні, ці питання набули все більшої важливості й стали одними з головних для нашої країни.

На сьогодні пряд із основними негативними наслідками зміни клімату в Україні є: підвищення ризиків для здоров'я людини, пов'язаних практично з усіма проявами гідрометеорологічних явищ; значне зменшення врожаїв основних сільськогосподарських культур; загострення проблем із водопостачанням; посилення деградації земель та опустелювання; зменшення продуктивності, життєздатності та стійкості лісів; пришвидшення деградації екосистем, виникнення аварій і нестабільного функціонування електричних мереж та централізованих систем теплопостачання стали питання оновлення та розбудови зруйнованого та знищеного господарства та інфраструктури України в умовах суттєвого дефіциту енергетичних ресурсів та зневажливого відношення до захисту навколишнього середовища.

У цих умовах пріоритетність поставлених питань передбачає широке запровадження енергоощадних та енергоефективних матеріалів, техніки і технологій, реалізація яких дозволить скоротити обсяги споживання палива, а капітальні витрати на одиницю «збереженої» енергії в 3-4 рази менше, ніж на одиницю генерованої. Водночас запровадження політики кліматичної нейтральності та досягнення національних цілей у боротьбі з кліматичними змінами мають бути нерозривно пов'язані з забезпеченням безпеки постачання енергоресурсів, що вимагатиме подальшого поглиблення інтеграції, розвитку міждержавних мереж та діджиталізації енергетики з дотриманням принципу технологічної нейтральності.

Суттєвими труднощами в досягненні поставлених цілей в Україні залишається наявність потрібної кількості фахівців в області використання відновлюваних й альтернативних джерел енергії в умовах раціонального ставлення до захисту навколишнього середовища. Слід відмітити, що наукові школи в цьому напрямі лише почали створюватися в декількох вищих навчальних закладах Києва, Харкова, Івано-Франківська, Одеси.

У Законі України «Про вищу освіту» визначено, що підготовку фахівців заклад вищої освіти в особливих випадках може відкривати в межах визначених спеціальностей окремі спеціалізації на актуальні вимоги часу або потреби регіонального замовлення у сфері вищої освіти. У відповідності до пункту 20, статті 1 спеціалізація – складова спеціальності, що може визначатися закладом вищої освіти та передбачає одну або декілька профільних спеціалізованих освітніх програм вищої або післядипломної освіти.

У Національному університеті «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» робочою групою з фахівців кафедр «Прикладної екології та природокористування» та «Теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики», за участю стейкхолдерів – представника «ТОВ «НКЦ-НЬЮФІЛК», генерального директора Закревського А. А., розроблено освітньо-професійну програму «Відновлювана теплоелектроенергетика, альтернативні види палива та захист довкілля» за спеціальністю 183 «Технології захисту навколишнього середовища».

Ця програма орієнтована на формування загальних та професійних компетентностей, необхідних для вирішення природоохоронних завдань в сфері відновлюваної енергетики, застосування альтернативних видів палива, інших практичних завдань в енергетичній та виробничих сферах задля забезпечення захисту довкілля, що забезпечують право продовжити навчання з метою отримання вищих освітніх рівнів і наукових ступенів.

Програма базується на сучасних технологіях захисту навколишнього середовища, забезпечення екологічної безпеки в умовах розвитку відновлюваної теплоелектроенергетики й застосування альтернативних видів палива. Програма акцентована на спеціалізовані задачі технічного і технологічного характеру у сфері охорони довкілля, збалансованого

природокористування, що передбачають застосування теоретичних основ і методів захисту навколишнього середовища, та характеризуються комплексністю і невизначеністю умов. Характерною особливістю даної програми є високий рівень підготовки фахівців, який забезпечується розвиненою міжнародною співпрацею в науковій і освітній сферах, застосуванням в освітньому процесі власних спеціалізованих лабораторій та використанням сучасних виробничих баз стейкхолдерів.

Теоретичний фокус Програми: фундаментальні теорії та методи природничих і технічних наук, принципи екоцентризму та екологічного імперативу, міждисциплінарності та мультидисциплінарності, комплексності та системності; етапи життєвого циклу при оцінці стану навколишнього середовища, основні поняття та принципи проектування та функціонування навколишнього середовища, сутність та параметри технологічних процесів із використанням відновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палива, принципи розроблення нових та удосконалення існуючих технологій захисту навколишнього середовища з урахуванням розвитку відновлюваної та альтернативної енергетики, правила застосування чинної законодавчої та нормативної бази в сфері екологічної та енергетичної безпеки.

Практичний фокус Програми: вибір й проектування технологій захисту навколишнього середовища в умовах застосування відновлюваних джерел енергії, альтернативних видів палива; вирішення природоохоронних завдань у виробничій сфері, на етапах проектування, виготовлення, експлуатації та ремонту обладнання систем відновлюваної теплоелектроенергетики.

На думку фахівців-розробників ОПП, впровадження нової спеціалізації суттєво підвищить зацікавленість молоді до питань захисту навколишнього середовища в умовах використання відновлюваних та альтернативних джерел енергії в післявоєнний час розбудови держави.

*Горелик С. І., к. т. н., Баранов М. В., студент  
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут», м. Харків, Україна*

## **ВИЗНАЧЕННЯ ОБ'ЄМУ ПОШКОДЖЕНОГО ҐРУНТУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ УГІДЬ ВІД ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ ЗА ДАНИМИ ДЗЗ**

Військові агресія росії призводить до катастрофічних наслідків для навколишнього середовища України. Військові дії, що відбуваються на теренах українських земель призводить до пошкодження верхнього родючого шару ґрунту. В результаті врожайність на цих територіях значно знижується, а сільськогосподарська продукція може бути небезпечною для вживання.

Військові дії, що відбуваються на сільськогосподарських угіддях призводять до ряду негативних процесів, а саме:

- утворення воронки від вибуху снарядів, що призводить до екскавації родючого шару ґрунту та материнської породи;
- забруднення ґрунтів.

Для подальшого використання земель для сільського господарства необхідно визначити пошкоджені й забруднені ділянки ґрунту, а також оцінити об'єм рекультиваційних робіт.

Найбільш ефективними засобами визначення ділянок пошкоджених угідь є дані дистанційного зондування Землі (ДЗЗ). З їх допомогою можливо визначати пошкоджені ділянки від вибухів і визначати місця потенційного забруднення паливно-мастильними матеріалами.

Рекультиваційні роботи потребують визначення об'єму ґрунту, яким необхідно буде засипати воронки від вибухів снарядів. Визначення об'єму кожної воронки польовими дослідженнями є досить витратним з огляду на часові й матеріальні витрати. Слід зазначити, що польове обстеження території не можливе до проведення робіт з розмінування. Оцінити об'єм вив, що утворилися під час вибухів, можливо за статистичними даними.

Отже комплексне використання дистанційних і статистичних даних дозволяє оперативно локалізувати воронки від вибухів та оцінювати об'єм рекультиваційних робіт.

Слід зазначити, що окрім механічного пошкодження родючого шару ґрунту відбувається його забруднення. Хімічні речовини (зокрема елементи та сполуки, що не піддаються біологічному розкладанню), які використовуються у військових боєприпасах і самі вибухові речовини можуть забруднювати ґрунт і поверхневі води, що згодом може призвести до згубних наслідків для здоров'я людини й екосистем. Ґрунти в місцях

проведення бойових дій можуть бути забруднені важкими металами: хромом, арсеном, ртуттю, нікелем, цинком, кадмієм, свинцем, а також органічними сполуками: 2, 4-динітротолуол (DNT), 2, 4,6-тринітротолуол (ТНТ), 1, 3, 5-тринітро-1, 3, 5-триазаціклогексан (Гексан) та ін. [1]. Потрапляння цих забруднювачів може призвести до пошкодження життєво важливих органів таких, як печінки, нирок, серця та інших хвороб [2]. Отже виникає питання: чим засипати воронки розкиданим ґрунтом біля воронок або привезеним? Відповідь на це питання можна дати тільки після взяття проб ґрунту. Також слід зазначити, що воронки глибиною більше 1 метра слід засипати двома шарами: нижній – материнська порода, як правило лесоподібний суглинок [3], а верхній – близько 1 м – родючим ґрунтом.

Воронки від вибухів легко дешифрується на аерофото- та космічних знімках. Ці знімки отримуть із супутників, літаків і дронів. Під час військових дій оптимально використовувати дані з супутників у зв'язку з великою небезпекою проведення зйомки місцевості з літаків.

Використання даних ДЗЗ і геоінформаційних технологій дозволяє визначати геодезичні координати воронок та їх геометричні характеристики: радіус (R) і площу (S). Глибину воронок також можна визначати по знімкам, але для цього потрібно проводити аерофотозйомку з перекриттям більше 60%. Використання статистичних даних дозволяє розрахувати глибину й об'єм воронок. Так, згідно досліджень [4] встановлений взаємозв'язок між тротиловим еквівалентом вибуху й геометричними характеристиками воронки. У своєму підході автори скористалися статистичною обробкою для степеневих ліній тренду та отримали емпіричні залежності об'ємів (V), радіусів (R) й глибини (H) воронок від тритилового еквіваленту вибуху (q) з вірогідністю від 90,7% до 97,9% [4]:

$$\begin{aligned}V &= 26,72q^{0,999} & r^2 &= 0,963; \\R &= 3,36q^{0,366} & r^2 &= 0,979; \\H &= 1,78q^{0,316} & r^2 &= 0,907,\end{aligned}$$

де q – тритиловий еквівалент вибуху, кг;

V – об'єм воронки, м<sup>3</sup>;

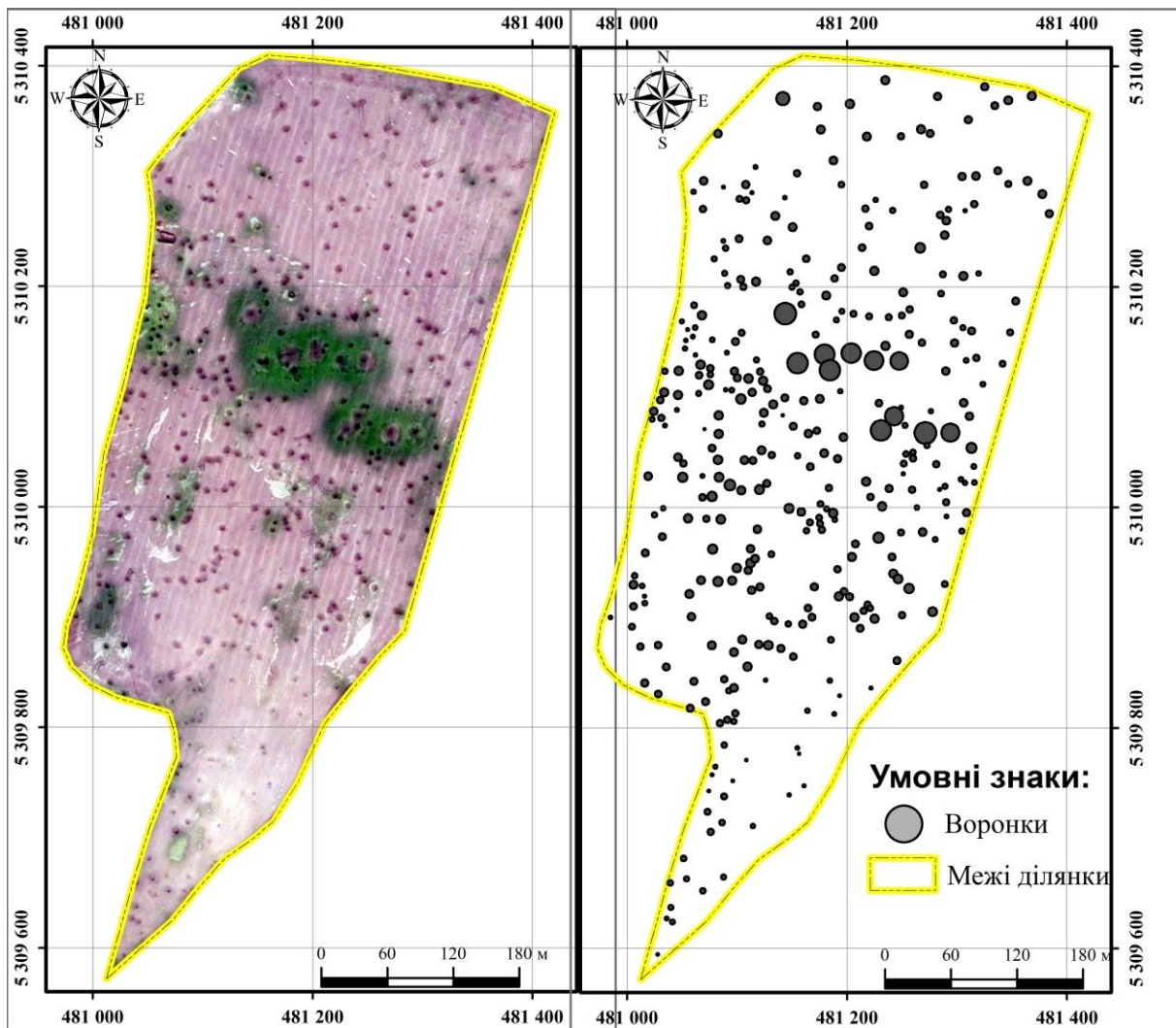
R – радіус воронки, м;

H – глибина воронки, м;

r<sup>2</sup> – достовірність функції.

У якості тестової ділянки було обране угіддя площею 20,21 га, що розташоване біля Савур-Могили у Донецькій області. Космічний знімок за листопад 2014 завантажений з програмного забезпечення Google Earth Pro.

У програмному забезпеченні ArcGIS проведена прив'язка космічного знімку й векторизація вирв від вибухів (рис. 1).

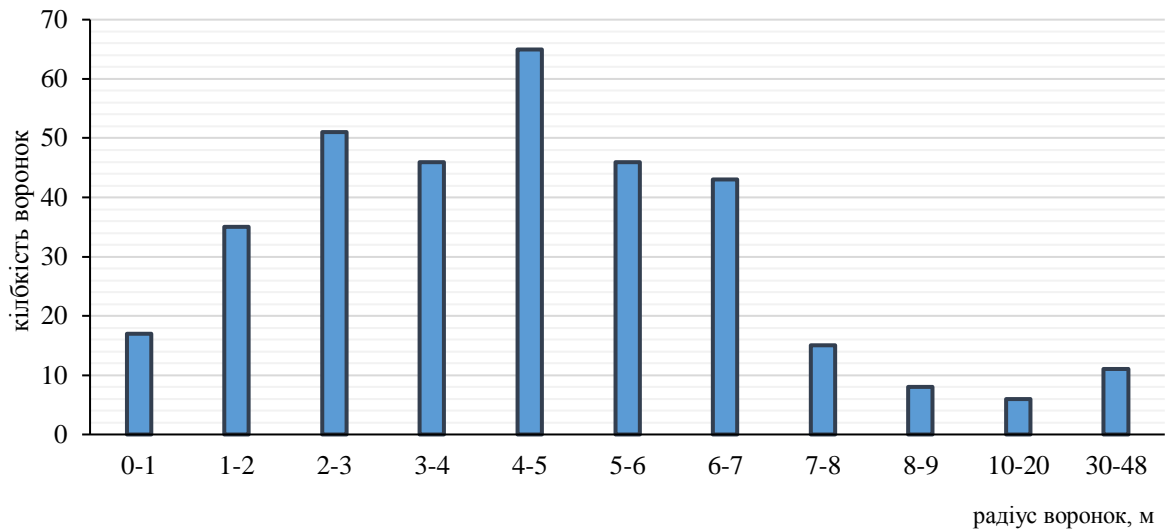


**Рис.1. Космічний знімок (зліва)  
та результат векторизації воронки (зправа)**

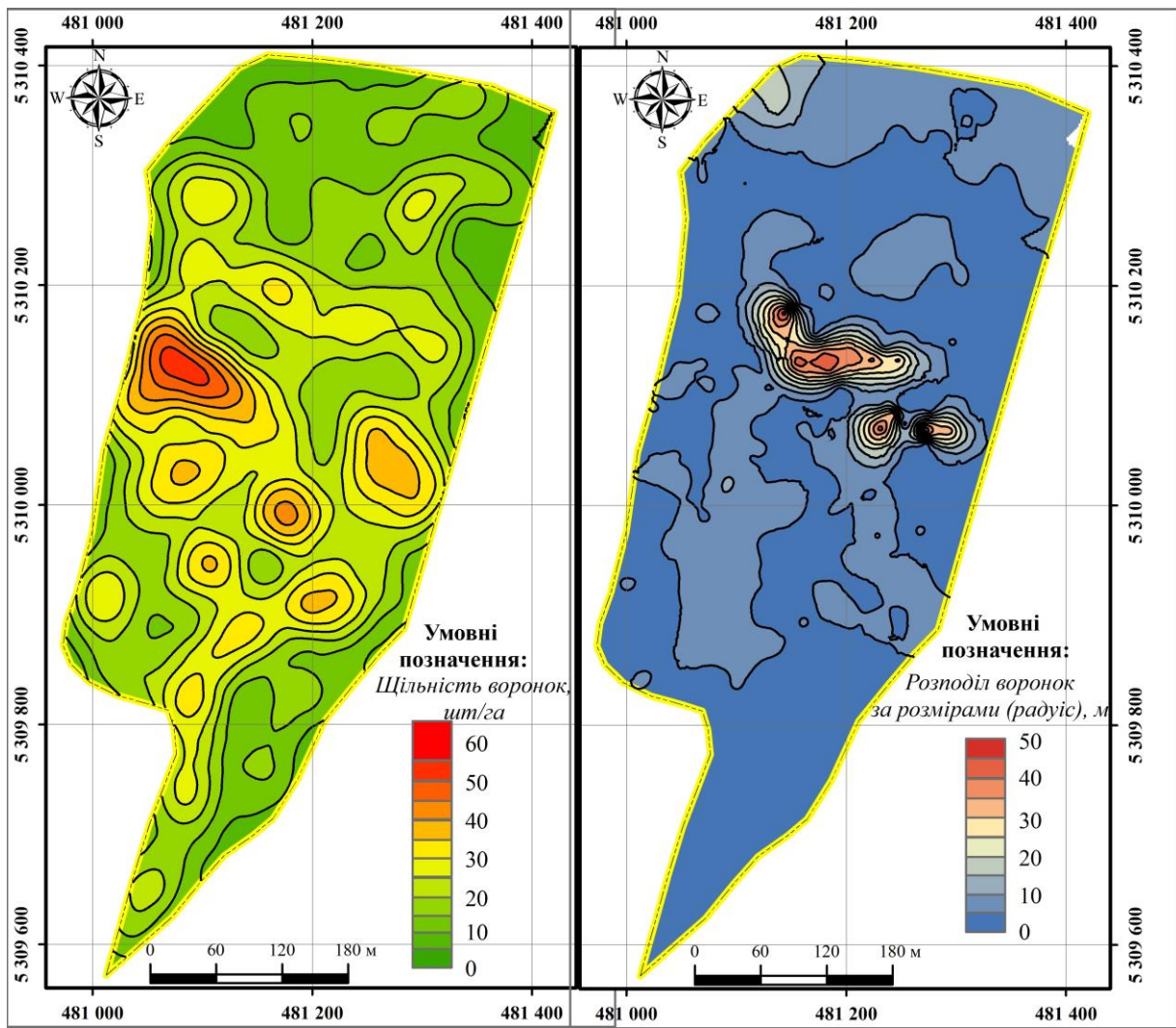
На тестовій ділянці визначено 343 воронки розміром до 48 м. Розподіл воронки за розмірами наведений на рис. 2. Слід зазначити, що розташування вирв від вибухів досить нерівномірне від 0 до 47,5 шт./га при середній щільності воронки 17 шт./га (рис. 3). Карту щільностей воронки можливо використовувати для приблизної оцінки місць із підвищеною небезпечкою нерозірваних боєприпасів. Згідно карти (рис. 3) найбільш небезпечна зона розташована в східній і центральній частині ділянки. Приблизний необхідний об'єм ґрунту для рекультивації складає 278 тис м<sup>3</sup>, при цьому найбільший об'єм робіт знаходиться у західній частині. Аналіз двох карт показує, що щільність розповсюдження воронки майже не корелює з об'ємом рекультивації.

Визначення об'єму пошкодженого ґрунту й прогнозування вибухонебезпечних ділянок за даними дистанційного зондування Землі дають змогу безпечно й оперативно приймати рішення щодо рекультиваційних робіт.





**Рис.2. Залежність геометричних характеристик воронок від їх кількості в межах тестової ділянки**



**Рис.3. Карта щільностей воронок (зліва) та розподілу вирв (зправа)**



**Використані інформаційні джерела:**

1. Broomandi P., Guney M., Kim J.R, Karaca F. *Soil Contamination in Areas Impacted by Military Activities: A Critical Review. Sustainability.* 2020. 12 (21): 9002.

2. Lima D., Bezerra M., Neves E., Moreira F. *Impact of ammunition and military explosives on human health band the environment. Rev. Environ. Health* 2011. № 26. P. 101–110. DOI: 10.1515/reveh.2011.014.

3. Назаренко І. І., Польчина С. М. Нікорич В. А. *Ґрунтознавство : Підручник. Чернівці: Книги – XXI. 2004. 400 с.*

4. Адушкин В. В., Христофоров В. Д. *Воронки наземных крупномасштабных взрывов. Физика горения и вызрыва.* 2016 Т. 40. № 6. С. 71–75. URL:

<https://www.sibran.ru/upload/iblock/bee/bee424ebef2576a299c622e808cfefef.pdf>

*Горносталь С. А., к. т. н., доцент, Горбань Д. Г., Молчан А. П.  
Національний університет цивільного захисту України, Харків*

## **ЗАХОДИ ПО ПОКРАЩЕННЮ ЯКОСТІ ОЧИЩЕННЯ МІСЬКИХ СТІЧНИХ ВОД**

Забруднення водних об'єктів несе з собою небезпеку для навколишнього середовища та здоров'я людини. Мінеральні та органічні забруднення, які поступово накопичуються в воді після недостатнього очищення на підприємствах комунального господарства, погіршують екологічну ситуацію, призводять до спалахів інфекційних захворювань [1]. Причинами періодичних порушень роботи споруд є недосконалість технологічного режиму. Тому виникає нагальна необхідність підвищити ефективність роботи споруд біологічного очищення за рахунок заходів, які забезпечать дотримання екологічних вимог по очищенню міських стічних вод.

Об'єктом дослідження є система споруд біологічного очищення, яка складається з аеротенка-витиснювача та вторинного відстійника. Ця система призначена для приймання на очищення суміші побутових та виробничих стічних вод. Для дотримання екологічних вимог пропонується оперативно корегувати технологічний режим роботи споруд для конкретних умов експлуатації.

Для досягнення цієї мети було розв'язано кілька задач:

1. Проаналізовано особливості процесу очищення в системі «аеротенк-витиснювач вторинний відстійник». З'ясовано, що на перебіг очищення в аеротенку впливає концентрація активного мулу, кількість повітря, властивості стічної рідини, що надходить на очищення.

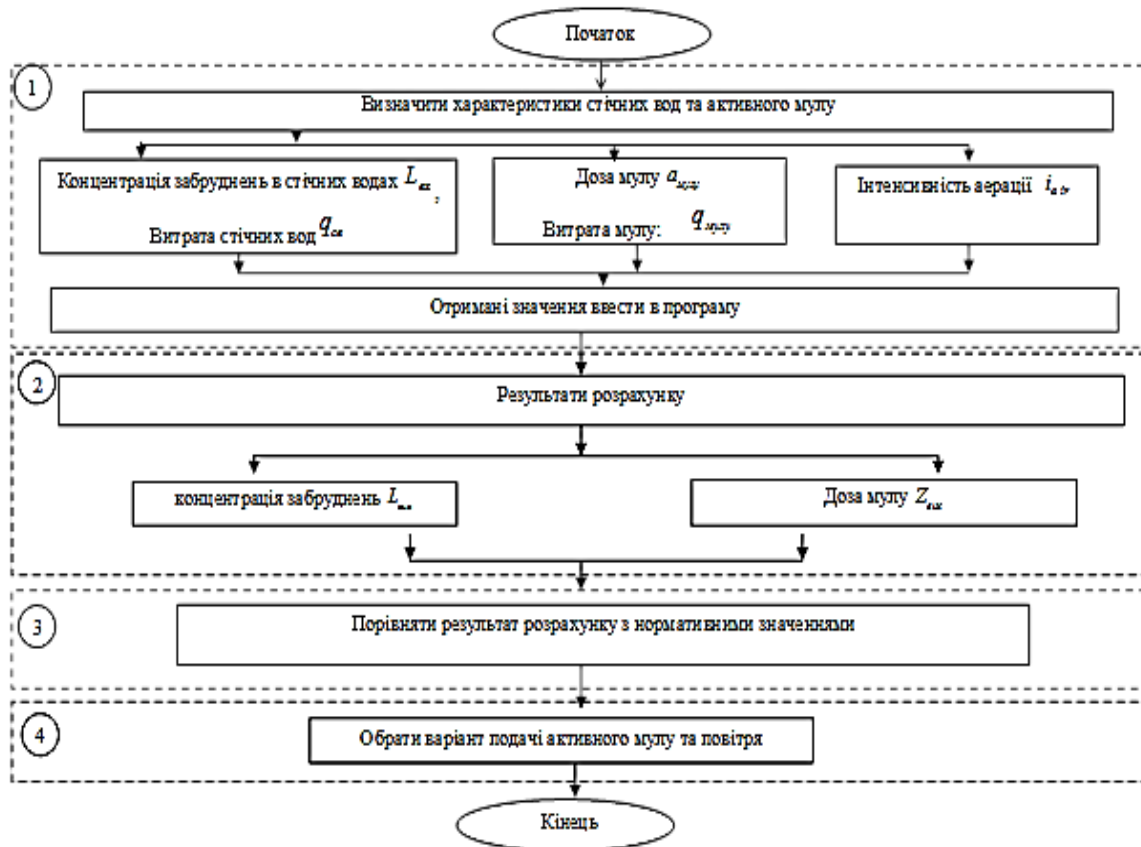
2. Запропоновано для покращення якості біологічного очищення регулювати співвідношення «стічна рідина-активний мул-повітря» шляхом корегування витрати насосів, що перекачують активний мул; компресорів, що перекачують повітря, скиданням надлишкового мулу з системи біологічного очищення.

3. Проведено експериментальне дослідження, за результатами якого отримано рівняння регресії [2]. Ці рівняння показують, як змінюється концентрація активного мулу в регенераторі та концентрація забруднень в очищеній воді на виході зі споруд. Використовуючи аналітичні рішення рівнянь, можна аналізувати перебіг процесів біологічного очищення на різних етапах, визначати вплив факторів на нього.

4. Проаналізовано конструктивні, об'ємно-планувальні, комунікаційні рішення споруд біологічного очищення та зроблено висновок про

можливість впливати на режим їхньої роботи. Запропоновано заходи по зміні технологічного режиму роботи споруд в вигляді алгоритму (рис. 1).

Запропонований алгоритм складається з чотирьох блоків. У першому блоці необхідно проаналізувати вихідні дані по якості стічних вод, що поступають після механічного очищення, активного мулу та інтенсивності аерації. Для цього виконують лабораторні дослідження, вимірюють витрату та концентрацію забруднень у стічних водах, що поступають на очищення, концентрацію та витрату активного мулу, інтенсивність аерації.



**Рис. 1. Алгоритм дій для вибору режиму роботи системи «аеротенк-витиснювач-вторинний відстійник»**

Отримані в результаті дані вносять в комп'ютерну програму (рис. 2), яка дозволяє швидко провести розрахунки для подальшого аналізу процесів. Для розрахунку використано вбудований пакет програмного засобу Maple. Він дозволяє за короткий час отримати чисельне розв'язання рівнянь, яке може бути представлено в вигляді графіку або конкретного значення.

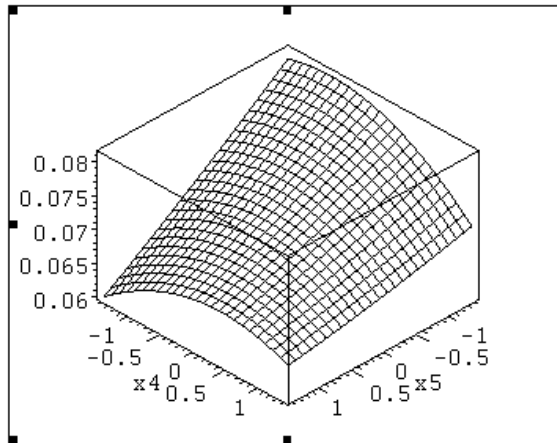
Результат, отриманий при розрахунку, фіксують в другому блоці алгоритму. Він включає значення концентрації активного мулу на виході з регенератора аеротенка та концентрацію забруднюючих речовин в очищеній воді на виході зі споруд очищення.

У третьому блоці передбачено порівняння результатів, отриманих при розрахунку, з нормативними значеннями та передбаченими регламентом роботи споруд очищення.

```

x3 -доза мулу;
x4 -інтенсивність подачі повітря.
x5 - витрата стічних вод;
x6 - концентрація забруднень в стічних водах;
> x6:=1 : x3 :=-1 :
> y2:=
0.01736-.00063*x3+.00107*x4-.00429*x5+.0009*x6-.00027*x3^2-.00227
*x4^2+.0001985*x5^2+.00397*x6^2+.000006*x3*x4-.00069*x3*x5-.05044
*x3*x6+.00181*x4*x5-.00194*x4*x6-.00094*x5*x6;
y2=.07303-.000876 x4-.00454 x5-.00227 x42+ .0001985 x52+ .00181 x4 x5
> plot3d({y2},x5=-1.41421...1.41421,x4=-1.41421...1.41421,font=[COU
RIER,DEFAULT,14],color=black);

```



**Рис. 2. Приклад розрахунку концентрації забруднень в очищеній воді на виході зі вторинного відстійника**

Завершальний етап представлено в четвертому блоці алгоритму. Тут необхідно проаналізувати дані з третього блоку та зробити висновок стосовно необхідності зміни режиму роботи споруд для розглянутих умов.

Перевагами використання запропонованого алгоритму дій є можливість оперативно регулювати співвідношення «стічна рідина-активний мул-повітря». При цьому виконавець має змогу за короткий час подивитися різні варіанти розвитку подій в залежності від характеристик стоків, що поступають на очищення, та обрати оптимальний режим роботи споруд. Завдяки цьому досягається отримання на виході зі споруд концентрації забруднюючих речовин не вище гранично допустимих значень та виконання екологічних вимог.

Запропоновані заходи в вигляді алгоритму дій можна використовувати на різних етапах: при проєктуванні, реконструкції, обслуговуванні споруд, до складу яких входять аеротенк-витиснювач та вторинний відстійник.

Вони дозволяють без проведення тривалих натурних експериментів досліджувати особливості роботи споруд біологічного очищення.

**Використані інформаційні джерела:**

1. Національна доповідь про стан навколишнього середовища в Україні у 2020 році. URL: <https://mep.gov.ua/news/38840.html> (дата звернення: 02.05.2022).

2. Мовчан А. П., Горбань Д. Г., Горносталь С.А. Дотримання екологічних вимог при очищенні міських стічних вод. Пріоритетні напрямки та вектори розвитку світової науки : матеріали II Міжн. студ. наук. конф. (Т. 2), Дрогобич. Вінниця: ГО «Європейська наукова платформа», 2021. С. 30–33.

*Гоюк О. В., студентка,  
ЧНУ ім. Ю. Федьковича, м. Чернівці, Україна*

## **ПРОЕКТУВАННЯ ПРИРОДООХОРОННИХ СПОРУД ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ СТАБІЛЬНОСТІ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНОГО СТАНУ 2022 РОКУ**

На сьогоднішній день в Україні досить складна екологічна ситуація обумовлена військовими діями. За таких умов, зростає актуальність проектування природоохоронних споруд.

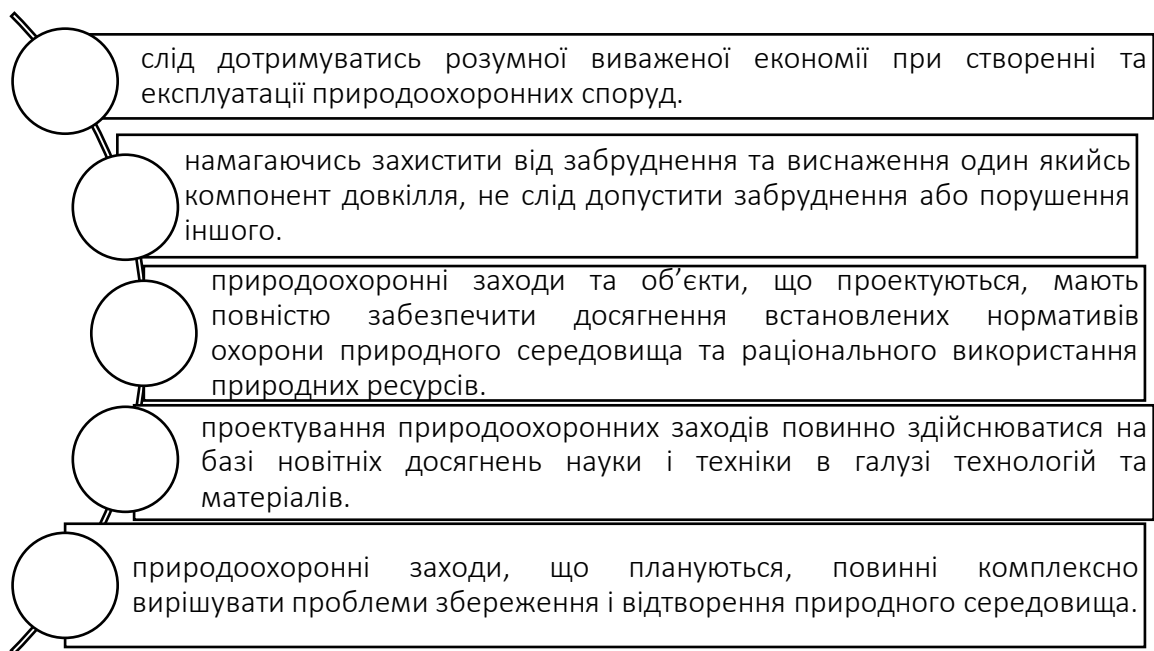
Існування людського суспільства незмінно пов'язане з впливом на довкілля як середовища проживання та створення засобів життєзабезпечення – продуктів харчування, сировини й матеріалів для побутових потреб і виробничої діяльності, використання енергії, забезпечення транспортом та засобами зв'язку, задоволення рекреаційних потреб.

Екологічний моніторинг довкілля є сучасною формою реалізації процесів екологічної діяльності за допомогою засобів інформатизації і забезпечує регулярну оцінку і прогнозування стану середовища життєдіяльності суспільства та умов функціонування екосистем для прийняття управлінських рішень щодо екологічної безпеки, збереження природного середовища та раціонального природокористування [1].

До природоохоронних об'єктів відносяться споруди, устаткування та комплекси заходів, за допомогою яких досягається дотримання встановлених належним чином нормативних параметрів допустимого впливу на навколишнє природне середовище та збереження або поліпшення стану окремих складових довкілля [1].

До природоохоронних об'єктів належать: санітарно-захисні зони навколо промислових або інших об'єктів, що створюють загрозовий вплив та забруднення атмосферного повітря; димові та вентиляційні труби, які забезпечують розсіяння в атмосфері шкідливих викидів; очисні споруди стічних та інших зворотних вод, в тому числі біоплато; поля асенізації, поля зрошення та поля фільтрації; дренажні системи, що понижують рівень ґрунтових вод; протифільтраційні екрани, що захищають підземні води від забруднення і попереджують заболочування прилеглої території; бережні водоохоронні зони та захисні смуги, що забезпечують охорону водотоків та водойм від забруднення та засмічення поверхневим стоком із площі водозбору; рибозахисні заходи; заходи з укріплення берегів та інші.

Вважаємо, що в умовах надзвичайного стану в Україні варто особливу увагу звернути на проектування природоохоронних споруд та дотримуватися заходів, наведених на рис. 1.



**Рис. 1.1. Вимоги до проектування природоохоронних об'єктів [2]**

Для прикладу, можна навести проєкт будівництва і перебудови меліоративних систем.

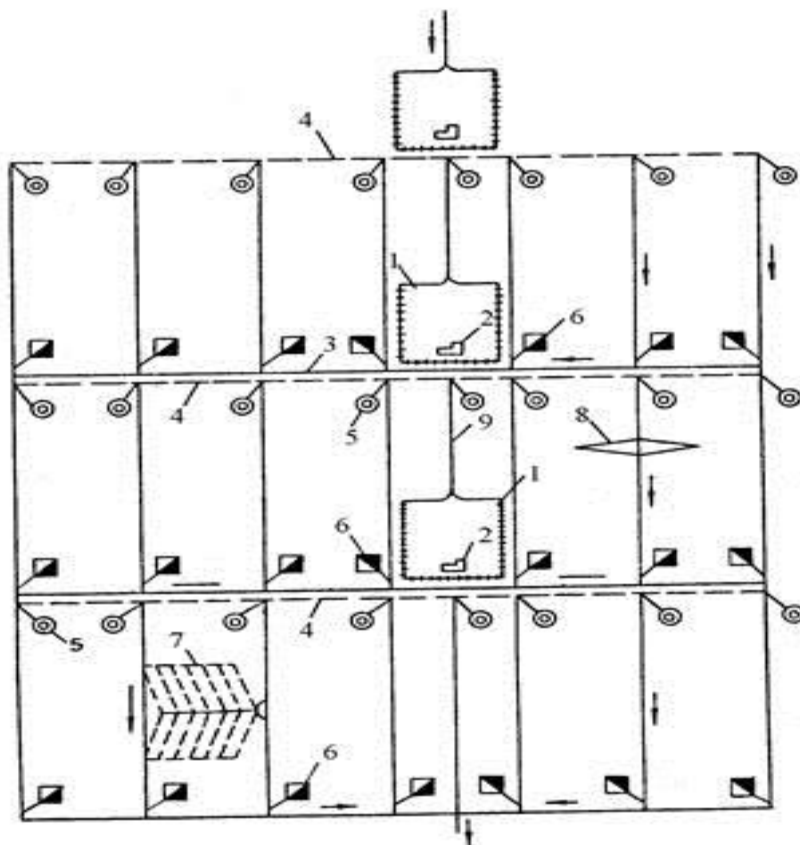
Набір типових схем у проєкті визначається кліматичними, ґрунтовими, рельєфними і гідрогеологічними умовами об'єкта меліорації.

Як правило, чим більша площа системи, тим різносторонніший набір природоохоронних заходів, які на ній використовуються.

На рис. 2 показана конструкція осушувально-зрошувальної системи на заплавах осушуваних землях.

Запропонована система складається із каналів, регулюючої і провідної мережі підземних трубопроводів, річки-водоприймача і регулюючих гідротехнічних споруд. До системи додатково входять каскад розташованих послідовно на річці-водоприймачі і обвалованих вийнятим при відриванні каналів ґрунтом, які з'єднують з каналами нижче розташованої підпорядкованої території підземними трубопроводами, що мають водовипуски із системою регулювання витрат води.

Конструкція системи дає змогу до мінімуму звести нанесені природному середовищу збитки від війни в Україні. Розташовані каскадом по річці-водоприймачу через кожні 3-5 км обваловані водойми дають можливість зберегти її естетичну привабливість, створювати добрі умови для збереження водної флори і фауни. Хоча дана система внаслідок витрат на відсіпання дамб дещо дорожча порівняно з існуючими, обваловані водойми мають значно меншу сумарну площу створюють належні умови для розподілу зволожувальної води самопливом в посушливі періоди вегетації [3].



**Рис. 2. Схема осушувально-зрошувальної системи з каскадом послідовно розташованих обвалюваних водойм на річці-водоприймачі: 1 – обвалювана водойма; 2 – водозабірні споруди; 3 – канал провідної мережі; 4 – підземні трубопроводи; 5 – водовипуски; 6 – регулюючі гідротехнічні споруди; 7 – закрита регулююча осушувально-зволожувальна мережа; 8 – дощувальні машини; 9 – річка-водоприймач**

Отже, до природоохоронних об'єктів належать споруди, устаткування та комплекси заходів, за допомогою яких досягається дотримання встановлених належним чином нормативних параметрів допустимого впливу на навколишнє природне середовище та збереження або поліпшення стану окремих складових довкілля. Дані природоохоронні споруди створюють умови для автоматизації високоорганізованого водокористування та регулювання води. До проектування природоохоронних споруд існують відповідні вимоги.

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

1. Кривогуз Г.І. Соціальна та екологічна безпека діяльності : Навч. посіб. Одеса : ОРІДУ НАДУ, 2014. 556 с.
2. Правила встановлення вартості будівництва. ДБН Д.1.1-1-2000. К.: Держбуд України, 2000. 203 с.
3. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище(ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд.ДБН А.2.2-1-2003. К. : Держбуд України, 2004. 21 с.



*Григор'єва Л. І., д. б. н., професор  
Державна установа «Чорноморський національний університет  
ім. Петра Могили МОН України, м. Миколаїв, Україна*

## **РАДІОАКТИВНІ ЗАГРОЗИ НАД ТЕРИТОРІЄЮ УКРАЇНИ**

Війна Росії проти України у 2022 році оголила ряд питань радіаційної безпеки території України, на якій експлуатуються 15 ядерних енергоблоків. Ми були свідками, що під час російської агресії військові ракети у березні фіксували над блоками ЮУ АЕС, у квітні – над енергоблоками Запорізької АЕС. Те, що зробили росіяни у Чорнобильській зоні відчуження – сьогодні потребує тривалих вивчення і дослідження. Також потрібно згадати перенесення радіоактивної хмари з рутенієм-106 у вересні-жовтні 2017 р. з території Росії.

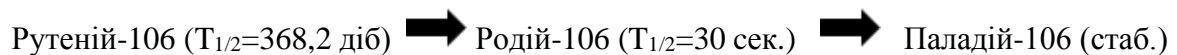
Наприкінці вересня й впродовж жовтня 2017 р. різні установи нашої держави визначили у повітрі над Україною радіоактивний рутеній-106. Як відомо із засобів масової інформації, найбільший вміст рутенія-106 у повітрі зафіксовано над Запоріжжям – 40 мБк/м<sup>3</sup>, над Миколаївщиною, під Києвом фіксувалися рівні близько 30 мБк/м<sup>3</sup>. У Запорізькій області об'ємна активність рутенія-106 у повітрі в середньому складала 8-10 мБк/м<sup>3</sup>.

Присутність даного радіонукліду у повітрі в жовтні 2017 р. зареєстровано не тільки в Україні, а й у Росії та державах ЄС. Наявність рутенію-106 у повітрі було підтверджено державною службою з гідрометеорології і моніторингу навколишнього середовища Росії (Росгідромет). Найбільш високі значення, які перевищували у 1000 разів фоновий рівень, за даними Росгідромету, були зареєстровані 26.09.2017-01.10.2017 у місті Аргаяш (Челябінська обл.), поблизу якого знаходиться відоме підприємство «Росатому» «Маяк», на якому переробляється відпрацьоване ядерне паливо. Також 26-28.09.2017 рутеній-106 у повітрі зареєстрували в Татарстані, Волгограді і Ростові-на-Дону, а через антициклони, які діяли у кінці вересня на територіях південного Уралу і Прикаспійської низовини, виникли умови переносу рутенію-106 до України й районів Середземномор'я і півночі Європи. Чехія зафіксувала появу рутенія-106 29.09.2017. Максимальна активність рутенія-106 у чеському повітрі доходила до декількох десятків мБк/м<sup>3</sup>. Після 24.11.2017 концентрація рутенія-106 знизилась до 0,001 мБк/м<sup>3</sup> [7]. Присутність рутенія-106 у повітрі була виявлена не тільки в Чехії, але й у інших державах Європи: Швейцарії, Польщі, Італії, Німеччині, Австрії, Словаччині та ін. Найвищий рівень рутенія-106 у Франції зафіксований у Ніцці 2-9 жовтня, у деяких районах Румунії концентрації рутенію-106 в повітрі були більші за

російські у 1,5-2 рази до 10 мБк/м<sup>3</sup>. Після 13.10.2017 присутність радіонукліда в повітрі цих держав не спостерігалась.

Рутеній є елементом восьмої групи п'ятого періоду періодичної системи хімічних елементів. Це один з платинових елементів, які виявляються у складі живих організмів. Він накопичується, в основному, у м'язах. За своїми хімічними властивостями він близький до платинових металів (іридій, осмій, паладій, родій) [6]. Застосовується у малих атомних генераторах/радіоізотопних батареях супутників,

Рутеній-106 є бета-радіоактивним. Це ізотоп рутенію, який утворюється при роботі ядерно-енергетичних установок і при ядерних вибухах, розпадається за схемою:



Рутеній-106, як будь-який радіоактивний ізотоп, представляє серйозну небезпеку для людини, бо за своєю токсичністю знаходиться в одному ряді з цезієм-137. При надходженні до атмосфери, водних об'єктів він інгаляційним та пероральним шляхами потрапляє до організму людини, де накопичуються в легенях і в органах шлунково-кишкового тракту. Це, у свою чергу, сприяє погіршенню стану нервової, серцево-судинної і травної систем, а також до підвищення ризику онкологічних захворювань. При цьому наслідки його шкідливого впливу проявляються не одразу, а через декілька місяців.

На відміну від інших радіонуклідів розподіл рутенію в організмі визначається фізіологічним станом організму і фізико-хімічними властивостями сполук рутенію-106, що ускладнює оцінку токсичної небезпеки рутенію [1].

У статті нами розглянуто питання уроків, які має зробити Україна задля забезпечення населення та її території від радіоактивних загроз, на підставі аналізу ефективних доз опромінення населення, які було сформовано за час перебування рутенію-106 у повітрі над Миколаївщиною восени 2017 р. Нами проаналізовано результати досліджень вмісту рутенію-106 у повітрі окремих населених пунктів Миколаївщини проаналізовано радіоекологічну ситуацію у південному регіоні України через проходження радіоактивної хмари у вересні-жовтні 2017 р. Метою досліджень є оцінка рівня поширеності хмари з рутенієм-106 на Миколаївщині, як одному з південних регіонів, та орієнтована оцінка дозового навантаження на населення від підвищених рівнів рутенію-106 у повітрі.

Матеріалами виступали результати радіометрії проб атмосферного повітря, виконаних у лабораторії зовнішньої дозиметрії ВП ЮУ АЕС. Відбір проб здійснений методом осадження на фільтрі ФНН-15-1,5 «Тканина Пітрянова» з подальшим вимірюванням на гамма-спектрометрі ORTEC GEM60-83-SMP зав. №54-P51294A (Свідоцтво №11201212403416).

Використано матеріали наших радіоекологічних досліджень на території Миколаївщини [2-5].

Результати. Протягом кінця вересня й початку жовтня 2017 р. у лабораторії зовнішньої дозиметрії ВП ЮУАЕС реєстрували рутеній-106 у повітрі 30-и км зони спостереження навколо АЕС. Як показали результати спектрометричних досліджень поява рутенія-106 у повітрі в районі АЕС відбулася 22-29.09.2017 на рівні  $0,004 \text{ Бк/м}^3$  (м. Южноукраїнськ). Згодом (з 26.09.2017) вміст радіонукліду у повітрі почав зростати до  $0,014\text{-}0,024 \text{ Бк/м}^3$ , досягнувши максимального значення  $0,029 \text{ Бк/м}^3$ , яке як видно, не перевищило гранично-допустимі межі за Нормами радіаційної безпеки України [7] –  $0,500 \text{ Бк/м}^3$ .

23.03-05.10.2017 вміст рутенія-106 у повітрі став знижуватися ( $0,0002\text{-}0,0005 \text{ Бк/м}^3$ ) і вже 12.10.2017 був на рівні фонового значення. Узагальнену картину зміни вмісту рутенію-106 у повітрі над Миколаївщиною у вересні-жовтні 2017 рр. зображено на рис. 1. В середині жовтня радіоактивна хмара вже вийшла за межі України. При цьому, зрозуміло, певна кількість рутенію-106 осіла на ґрунті. Зафіксовані раніше значення вмісту рутенію-106 в повітрі знаходилися на фонових рівнях ( $4,0 \cdot 10^{-5} \text{ Бк/м}^3$ ).

Проаналізовано динаміку вмісту рутенію-106 в атмосферному повітрі у кожному з населених пунктів протягом двотижневого періоду (з 22.09.2017 до 05-06.10.2017.). За результатами цього аналізу побудовано гістограми та визначено тренди вмісту рутенію-106 у кожному населеному пункті  $C_{106\text{Ru}}^{\text{air}} = C_{106\text{Ru}}^{\text{air}}(t)$  (3). Сумарне надходження до людини рутенію-106 за цей період  $P_{106\text{Ru}}^{\text{air}}$  (Бк) у кожному населеному пункті визначали, як :

$$P_{106\text{Ru}}^{\text{air}} = \int (C_{106\text{Ru}}^{\text{air}}(t) \times V^{\text{air}}) dt,$$

де  $V^{\text{air}}$  – референтний добовий об'єм вдихування повітря дорослою людиною, л/добу (прийнято  $22,22 \text{ л/добу}$ ) [7].

Ефективну еквівалентну дозу від інгаляційного надходження рутенію-106 до людини  $H_{106\text{Ru}}^{\text{air}}$  (Зв) можна визначити, як:

$$H_{106\text{Ru}}^{\text{air}} = P_{106\text{Ru}}^{\text{air}} * \text{ДЦ}_{106\text{Ru}}^{\text{inhal}}$$

де  $\text{ДЦ}_{106\text{Ru}}^{\text{inhal}}$  – дозова ціна рутенію-106 при інгаляційному надходженні (прийнято  $1,2 * 10^{-7} \text{ Зв/Бк}$ ).

У результаті отримано, що середня індивідуальна ефективна доза для населення від потрапляння рутенію-106 з вдихуваним повітрям склала величину  $0,57 \pm 0,12 \text{ мкЗв}$ . Зрозуміло, що на сьогодні радіаційний фон від рутенію-106 на цій території суттєво не змінився. Однак через загрозу вторинного підняття останнього у разі вітрових бурь, варто здійснювати моніторинг вмісту цього радіонукліду у ґрунті та у повітрі над територіями, які попали під хмару з рутенієм-106 у вересні-жовтні 2017 р.

Ці результати вказують, що неможна повністю відсторонитися від радіоактивних і радіоекологічних небезпек. Потрібно бути готовими і вміти оперативно оцінювати радіаційну обстановку. Зокрема, на нашу думку, потрібно впроваджувати екологічний моніторинг атмосферного повітря за індикативними вимірюваннями не лише за токсичними елементами, а також і радіаційними.

### **Використані інформаційні джерела:**

1. Булдаков Л. А., Москалев Ю. М. Проблемы распределения и экспериментальной оценки допустимых уровней цезия-137, стронция-90 и рутения-106: Монография. М. : Атомиздат, 1998. С.241–242.
2. Григорьева Л. И. Формирование дозовой нагрузки на человека на территории, подвергающейся влиянию выбросов АЭС // Радиационная биология. Радиоэкология. 2010. Том: 50. Вып. 6. С. 619–631.
3. Григор'єва Л. І., Томілін Ю. А., Мельнов С. Б., Крапівіна Н. С. Актуальні напрями досліджень з метою вдосконалення системи еколого-дозиметричного моніторингу територій поблизу ядерних об'єктів // Наукові праці. Серія: Техногенна безпека. Випуск 198. Том 210. 2014. С. 18–22.
4. Григор'єва Л. І., Григор'єв К. В. Науково-технічні підстави вдосконалення національної нормативної бази обмеження опромінення населення від джерел іонізуючого випромінення // Наукові праці. Серія: Техногенна безпека. Радіобіологія. Випуск 323. Том 210. 2017. С. 146–152.
5. Григор'єва Л. І., Томілін Ю. А. Формування радіаційного навантаження на людину в умовах півдня України: чинники, прогнозування, контрзаходи : Монографія. Миколаїв : Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2009.
6. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М. : Мир, 1989. 439 с.
7. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97/Д-2000)

*Грицан Ю. І., д. б. н., проф., Корабльова А. І., к. б. н., ст. н. с.,  
Кацевич В. В., к. с.-г. н.  
Дніпровський державний аграрно-економічний університет,  
м. Дніпро, Україна*

## **ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ВОЄН**

Якими б засобами не велися війни, їх метою, перш за все, є порушення екологічного і соціально-економічного балансу на території супротивника.

Крім того, будь-яка війна (велика чи мала) завдає не лише економічні збитки, але й впливає на генофонд людської цивілізації, бо у всі часи на війну йшли психічно і фізично здорові люди, а в наш час – ще й люди, здатні керувати складною технікою (для довідки: Друга світова війна забрала життя 55 млн. чоловік).

Окрім людських втрат на рахунку воєн і воєнних конфліктів числяться багато збитків, у тому числі, завданих радіоактивним зараженням територій (згадаємо міста Хіросіма і Нагасакі за часи Другої світової війни), руйнуванням заводів, шахт, житлових будинків, знищенням посівів тощо.

У багатьох випадках військові операції супроводжуються екотерористичними і екодіверсійними діями, які приводять до незворотних (або до тих, що важко ліквідувати) екологічних наслідків (за певних умов вони можуть стати глобальними).

Так, за даними Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів, за попередніми підрахунками, станом на 1 березня 2022 р. агресор веде бойові дії на території 900 об'єктів природно-заповідного фонду площею 12406,6 км<sup>2</sup>, що становить близько третини площі природно-заповідного фонду України.

Під загрозою знищення перебувають близько 200 територій Смарагдової мережі площею 2,9 млн. га. Знищення середовища існування рідкісних і ендемічних видів та оселищ може змінити поведінку птахів, включаючи міграцію. Через Україну проходять три основні міграційні шляхи птахів.

«Болночим» прикладом є використання росією у 2015 р. для воєнних цілей водно-болотного угіддя «Крива коса» на азовському узбережжі, в наслідок чого Україна втратила місця гніздування пелікана кучерявого і найбільших в Європі колоній червонокнижного мартина каспійського (3 тис. пар) та крячків рябодзьобих (майже 60 тис. пар).

За даними Міністерства оборони, за 20 днів військового вторгнення росії на територію України було запущено близько 900 ракет різного калібру і типу, під час вибуху яких (і артилерійських снарядів) утворюється низка токсичних окиснених сполук – чадний газ (CO), вуглекислий газ (CO<sub>2</sub>),

водяна пара ( $H_2O$ ), бурий газ ( $NO$ ), закис азоту ( $N_2O$ ), діоксид азоту ( $NO_2$ ), формальдегід ( $CH_2O$ ), пари ціанистої кислоти ( $HCN$ ), азот ( $N_2$ ) та інші. В ході вибухів відбувається окиснення хімічних складових ґрунту, деревини, дернини і матеріалів будівель і споруд із утворенням токсичних продуктів, що потрапляють до навколоземного шару атмосфери, впливаючи на природну якість повітря і інші складові біосфери (оксиди сірки та азоту стають «винуватцями» кислотних дощів, що змінюють рН ґрунту, викликають опіки рослин, особливо – хвойних, руйнують слизові оболонки очей і верхніх дихальних шляхів в організмі людини, інших ссавців і птахів та ін.).

Наслідком атак російськими військами інфраструктури портів і кораблів на якірних стоянках вздовж узбережжя Чорного та Азовського морів є забруднення токсичними речовинами значної площі акваторії, що має (і матиме у майбутньому) величезні негативні наслідки для морських екосистем. Зокрема, плівка утворена нафтопродуктами порушує процеси фотосинтезу водоростей, газовий, тепловий баланс і обмін водяною парою моря та атмосфери, що, у свою чергу, викликає загибель гідробіонтів і морських птахів. Вуглеводні нафти не лише дуже токсичні самі по собі, але й здатні утворювати сполуки із не менш небезпечними забруднювачами (у тому числі, пестицидам, важкими металами), підвищуючи токсичність приповерхневого шару води.

Бойові дії російського флоту проти України призводять до масового викиду дельфінів в акваторії Чорного моря. На думку провідних турецьких морських екологів, основна причина – робота низькочастотних гідролокаторів воєнних кораблів і підводних човнів, що викликає збій ехолокації у дельфінів, які не лише не можуть ідентифікувати здобич і голодують, але й втрачають орієнтацію у просторі, опиняючись на скелях чи на березі. У свою чергу, скорочення популяції дельфінів загрожує існуванню пов'язаних із ними харчовими ланцюгами субпопуляцій риб і інших гідробіонтів.

Вище наведено, а також аналіз праць вітчизняних і зарубіжних вчених вказують на те, що найважкими екологічними наслідками для біосфери та її складових є порушення речовинно-енергетичних потоків, завдані війною і воєнною агресією. Пояснюється це тим, що економічну структуру можна відновити при наявності достатньої бази грошових і трудових ресурсів, а постраждале природне середовище ще довго (десятки років, століття і, навіть – тисячоліття) буде зберігати відлуння воєнних дій (особливо при використанні атомної, біологічної і хімічної зброї).

Загальний вплив воєн на біосферу супроводжується руйнаціями і забрудненням складових природних екосистем, а саме:

- порушенням цілісності дерну і структури земель (під час риття окопів, будівництва укріплень, просування значної маси людей, зброї і військової техніки), наслідком чого є посилення вітрової і водної ерозії ґрунту;

- вирубанням лісів і навмисним отруєнням водних джерел;
- тактикою випаленої землі, що знищує посіви і трав'яний покрив;
- людськими похованнями, які залишаються у місцях військових битв, внаслідок чого при розкладанні трупів до ґрунту, підземних вод і поверхневих водойм потрапляють патогенні мікроорганізми і трупні отрути;
- забрудненням земель великою кількістю уламків мін, гранат і бомб, а також набоями, що не розірвалися;
- порушенням ґрунтового покриву, знищенням тварин, лісовими і степовими пожежами, пов'язаними із використанням авіаційних бомб;
- нафтовим і мастильним забрудненням морів і океанів при підриві танкерів і військових кораблів тощо.

Екологічні наслідки військової агресії на прикладі постраждалих територій України багато в чому можуть служити своєрідною моделлю для інших регіонів світу. Зокрема, на окупованих росією територіях Донецького регіону з кожним днем зростає екологічна катастрофа і знищується соціально-економічна структура, де кожний елемент свого часу виконував природозахисні функції. Так, наприклад, руйнування обладнання водовідведення шахт Донбасу матиме ряд екологічних проблем, пов'язаних із затопленням шахт і підтопленням території, високо мінералізованими шахтними водами, а саме:

1. Шахтні води мають ознаки лужного розчину, а тому при затопленні гірничих виробок вони призведуть до стійкої корозії шахтного обладнання і залізної арматури підземних галерей. Наслідком цього стане ланцюг взаємопов'язаних негативних явищ: затоплення і обрушення шахтних виробок → просідання ґрунту → руйнація фундаментів і споруд, як самих шахт, так і прилеглих до них підприємств, приватних садиб і житлових будинків (підйом шахтних вод до рівня менше 3 м від денної поверхні землі, прискорює її просідання й горизонтальний зсув; як наслідок – небезпечна деформація і руйнація житлових і промислових комплексів, нафто- і газопроводів, залізничних доріг, автошляхів, підземних комунікацій, кладовищ, скотомогильників і інших об'єктів інфраструктури).

2. Потрапляння шахтних вод до підземних водоносних горизонтів викличе забруднення колодезних, джерельних і поверхневих вод.

3. Підіймаючись до денної поверхні, шахтні води будуть руйнувати кореневу систему дубових і соснових лісових насаджень, які в минулі часи створювалися з метою формування в умовах степової зони сприятливого (більш прохолодного і вологого) мікроклімату, а тому їх втрата неминує погіршити і кліматичні умови життя.

4. Підтоплення шахтними водами сільськогосподарських земель викличе їх стрімке і сильне засолення, і, як наслідок – ці землі будуть непридатними для використання.

5. Неконтрольоване затоплення шахт разом із використанням військової техніки і вибухової зброї викличуть швидкоплинну вітрову і водну ерозію земель, внаслідок чого вони втратять родючість.

6. Враховуючи, що деякі шахти використовувалися як місця зберігання відходів, то у випадку підтоплення земель разом із шахтними водами до підземних і поверхневих водних джерел потраплять водорозчинні складові цих відходів.

Крім цих проблем виникають і інші:

- небезпека виходу метану на поверхню із непрацюючих шахт, що створюватиме вибухонебезпечну ситуацію;
- загроза екологічної катастрофи при пошкодженні трубопроводів чи дамб, які обслуговують шламовідстійники підприємств;
- у випадку розгерметизації ємностей із хлором на фільтрувальних станціях цей токсикант знищить життя в радіусі декількох кілометрів.

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

1. *Корабльова А. І. Екологія: взаємовідносини людини і середовища : Навч. посіб. Видання 3-тє. Доповнене. Дніпропетровськ : Поліграфіст, 2004. 364 с.*

2. *Корабльова А. І., Чесанов Л. Г., Шапар А. Г. Вступ до екологічної токсикології : Навч. посіб. Дніпропетровськ : Поліграфіст, 2003. 320 с.*

3. *Корабльова А. І., Шматков Г. Г., Іващенко Т. Г. та ін. Основи екології та екологічні засади ефективного управління в галузі природокористування: Навч. посіб. / Під заг. ред. д. б. н. О. І. Бондаря. Херсон : Грінь Д.С., 2014. 418 с.*

4. *Орел С. М., Іващенко О. В. Поетапна оцінка ризику впливу на людину забруднення довкілля внаслідок військової діяльності. Науково-технічний журнал. №2 (18). 2018. С. 61-72.*

5. *Шматков Г. Г., Корабльова А. І., Прокоф'єв І. Б. Військова екологія : Підручник. Дніпро : ДВНЗ ПДАБА, 2018. 180 с.*

6. *Human and Ecological Risk Assessment: Theory and Practice Dennis J. Paustenbach (Ed.). New York, NY: Wiley, 2002. 1586 p.*

7. *[https://myc.news/proishestvie/boevye\\_dejstviya\\_flota\\_rf\\_vyzvali\\_m\\_assovuyu\\_gibel\\_delfinov\\_v\\_chernom\\_more](https://myc.news/proishestvie/boevye_dejstviya_flota_rf_vyzvali_m_assovuyu_gibel_delfinov_v_chernom_more).*



*Груздова В. О., здобувачка вищої освіти (магістр),  
Колошко Ю. В., викладачка кафедри охорони праці та техногенно-  
екологічної безпеки, Національний університет цивільного захисту  
України, м. Харків, Україна*

## **СКЛАДОВІ ГАРАНТІЇ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ У СУЧАСНОМУ АГРОКОМПЛЕКСІ**

Важливим елементом забезпечення національної політики нашої держави є забезпечення екологічної безпеки її території. З урахуванням того, що в Україні вагомий внесок в народне господарство здійснює агрокомплекс, питання екологічної безпеки в сільському господарстві має високе значення.

Щорічно половину запасів продовольства в світі пошкоджують або знищують мікроорганізми, переважно плісняві мікрогриби, комахи, гризуни, птахи та інші шкідники. Тому застосування пестицидів у економічно розвинутих країнах запроваджено у практику оброблення основних сільськогосподарських культур.

На сьогодні застосовуються різні підходи до покращення ведення сільського господарства, і рослинництва, зокрема, які направлені як на удосконалення існуючих варіантів, так і розроблення нових форм ведення сільського господарства.

Метою роботи є проаналізувати особливості різних форм ведення сільського господарства, зокрема, рослинництва, в частині забезпечення ними екологічної безпеки.

Так, у сільському господарстві окрім так званих, традиційних, форм ведення, на сьогодні сформувався ще один напрямок – «органічне сільське господарство». З іншого боку, традиційне сільське господарство в межах своєї діяльності досить широко використовує різні агрохімікати (рослинництво) та медичні препарати (тваринництво), що за своєю природою є хімічними сполуками, часто штучного походження, які використовуються для підвищення швидкості зростання (дозрівання) сільгосптварин чи культур.

Екологічність органічного сільського господарства, зокрема, рослинництва, є більш очевидною – самі умови його ведення передбачають виключення використання мінеральних добрив, пестицидів, ГМО-продукції тощо [1].

У той же час для традиційного рослинництва забезпечення екологічної безпеки залишається відкритим внаслідок широкого застосування мінеральних та штучних органічних добрив, гербіцидів, інсектицидів та інших пестицидів.

У роботі більш детально досліджено питання поводження з пестицидами та їх вплив на довкілля.

Сільськогосподарська сировина і харчові продукти забруднюються пестицидами прямим і непрямим шляхами. Прямим шляхом забруднення відбувається під час оброблення сільськогосподарських культур – зерна, фуражу та інших продовольчих запасів. До непрямих шляхів забруднення харчових продуктів пестицидами належать: міграція їх у рослини з ґрунту, забруднення рослин під час розпушування ґрунту, занесення пестицидів у період оброблення сільгоспполів на сусідні території та у водойми, використання забрудненої води під час повторного поливу рослин, оброблення лісів та лісонасаджень пестицидами [2].

На зміну більш відомим хлорорганічним і фосфорорганічним хімічним засобам захисту рослин прийшли пестициди нового покоління з груп сульфонілсечовини, перетроїдів, тріазолів тощо.

Найбільше значення для рослин є міграція пестицидів у ґрунті. Так, фосфорорганічні пестициди зберігаються у ньому впродовж днів-тижнів, карбамати і похідні речовини – тижні-місяці, хлорорганічні – місяці-роки. Затримуючись у ґрунті впродовж багатьох років, токсичні речовини потрапляють у коренеплоди та бульбоплоди, наземні частини рослин, ґрунтові води, атмосферне повітря та змиваються дощовими і талими водами у водойми. Ґрунтові мікроорганізми адаптуються до пестицидів та починають руйнувати їх, використовувати їх або пригнічуються й гинуть.

Несприятливими наслідками застосування пестицидів є забруднення води, ґрунту, харчових продуктів, хронічні захворювання і гострі отруєння, уродженні аномалії розвитку живих істот.

Різна хімічна стійкість пестицидів визначає рівень їхніх залишкових кількостей у об'єктах біосфери і динаміку міграції у біологічному харчовому ланцюзі.

Тривала стійкість пестицидів є основним чинником вторинного забруднення, коли харчові продукти, які ніколи не піддавалися обробленню пестицидами, їх містять. Іригаційні води зрошувальних систем із залишками пестицидів після їхнього використання потрапляють у приморські лимани, у воді яких токсиканти відсутні або містяться у незначних кількостях, тимчасом у великих концентраціях які наявні у донному осаді, водоростях і окремих органах промислових риб.

Як висновок, слід відмітити, що, пестициди виступають важливим чинником впливу людини на довкілля, що має певний негативний вплив на живий організм. Значним елементом забезпечення екологічної безпеки сільськогосподарських територій є перехід до ведення органічного сільського господарства з повною відмовою від використання пестицидів. Пропонується пошук альтернативних варіантів застосування пестицидів, що базуються на екологізованих системах захисту від шкідників, хвороб та бур'янів та включають також біологічні методи боротьби.

**Використані інформаційні джерела:**

1. Лобойченко В. М., Груздова В. О. Екологічні аспекти розвитку органічного виробництва продукції рослинного походження в Харківській області, Україна. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Агроекологічні аспекти виробництва та переробки продукції сільського господарства», Мелітополь-Кирилівка, 7-8 червня 2018 р. С. 71.
2. Пономарьов П. Х., Сирохман І. В. Безпека харчових продуктів та продовольчої сировини : навч. посіб. К., Лібра, 1999.

*Гуглич С. І., Кім А. Р.*

*Національний університет «Львівська політехніка»,  
м. Львів, Україна*

## **ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАСЕЛЕННЯ НЕОБХІДНОЇ КІЛЬКОСТІ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ ШЛЯХОМ ФОРТИФІКАЦІЇ ТА БІОФОРТИФІКАЦІЇ ПРОДУКТІВ АПК**

Повноцінне харчування є передумовою здорового росту та розвитку людини не тільки щодо його кількості, але і якості, що визначається наявністю необхідної кількості мікроелементів. Недостатній запас мікроелементів, із або без достатньої кількості енергії та білка, визначається як «прихований голод». Проблема в тому, що «прихований голод» часто не спостерігається через пізній прояв видимих клінічних симптомів. Бідність і погана освіта, зокрема відсутність знань про адекватне споживання їжі під час вагітності, лактації та періоду прикорму, збільшує ризик «прихованого голоду». При цьому «прихований голод» є проблемою не лише країн із низьким рівнем доходу, а й країн із високим рівнем доходу. В обох групах країн кількість дітей, які живуть в умовах бідності та страждають від нестачі продовольства, постійно зростає. Останні дослідження показали чіткий вплив «прихованого голоду» на мозок та подальший когнітивний розвиток у дітей. Деякі мікроелементи, що беруть участь у розвитку мозку (зокрема, залізо, мідь, цинк, йод, селен, вітаміни А, В і D), відіграють важливу роль у всьому світі такого явища, як «прихований голод». За оцінками експертів близько 2 мільярдів людей страждають від нестачі необхідних вітамінів та мінералів для здоров'я, а це понад 30% населення світу [1].

Але покласти край «прихованому голоду» в межах нашої можливості, якщо уряд, громадянське суспільство та приватний сектор спільно працюють над впровадженням перевірених недорогих рішень.

Знизити цю статистику може процедура фортифікації (збагачення) борошна фолієвою кислотою, зокрема законопроект №5657 «Про фортифікацію борошна», який уже зареєстровано у Парламенті, пропонує зобов'язати українських виробників проводити фортифікацію пшеничного борошна вищого та першого сортів фолієвою кислотою. Прийняття цього законопроекту – на сьогодні це життєво необхідне, адже в Україні до 6% малюків з'являються на світ із вродженими вадами розвитку, а смертність серед новонароджених – одна з найвищих у Європі.

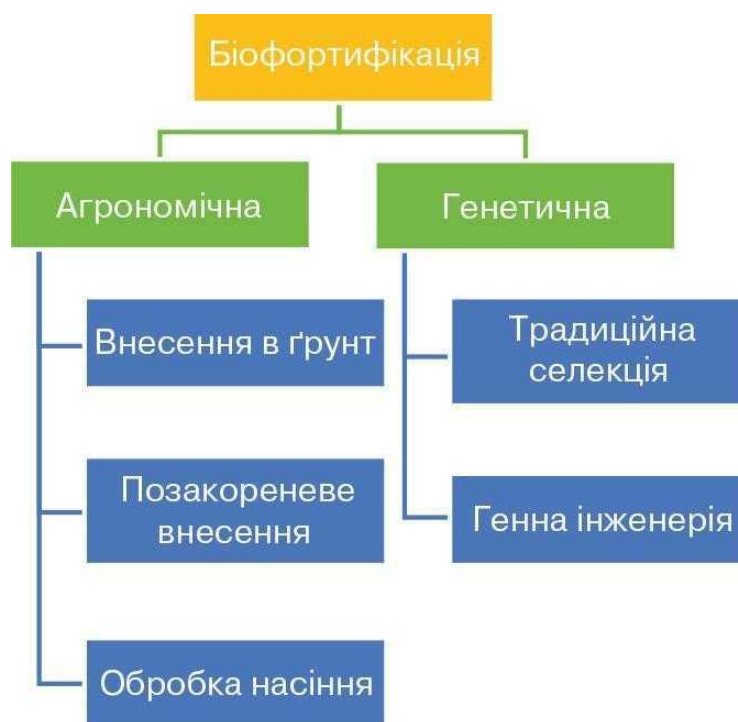
До того ж, фортифікація борошна матиме й позитивний економічний ефект. Із кожної гривні, інвестованої у профілактику системи охорони здоров'я можна зберегти у 20 разів більше коштів. У порівнянні з медичними та немедичними витратами, які потрібно буде використати для

опіки над хворою дитиною. Також фортифіковане борошно має позитивний ефект не тільки на жінок репродуктивного віку, а й загалом позитивно впливає на здоров'я всього населення – знижує частоту серцево-судинних патологій, адже дефіцит фолату призводить до підвищення рівня гомоцистеїну в крові, який пов'язаний з інсультами/інфарктами – основними причинами смертності населення України.

Аналіз харчування населення України виявляє значні відхилення від формули раціонального харчування – підвищена енергетична цінність харчового раціону за рахунок тваринних жирів і вуглеводів, дефіцит білків, багатьох вітамінів та мікроелементів, а також харчових волокон.

Однією з причин такого дисбалансу є випуск харчовою промисловістю продуктів, які не відповідають рекомендованим нормам раціонального харчування за показниками харчової та біологічної цінності [2].

Інши методом забезпечення населення необхідними мікроелементами є біофортифікація.



**Рис.1. Способи біофортифікації**

У наших дослідженнях надавалася перевага агрономічній біофортифікації. Без мікроелементів принципово неможливе повноцінне засвоєння основних добрив (азоту, фосфору і калію) рослинами. Нестача мікроелементів порушує обмін речовин та перебіг фізіологічних процесів у рослині. Мікроелементи сприяють синтезу в рослинах повного спектру ферментів, які дають змогу інтенсивніше використовувати енергію, воду та макроелементи.

Значна частина ґрунтів України недостатньо забезпечена цинком, міддю й марганцем. Відповідно до результатів X туру обстеження сільськогосподарських угідь України, недостатній вміст рухомого цинку мають 90,7% площ, міді – 32,5% угідь і марганцю – 12,5% [3].

Допосівне внесення високих норм мікроелементів для кардинального підвищення їх вмісту в ґрунті не завжди можливе на ґрунтах, які мають потенційно високу здатність до зв'язування. Так, наприклад, внесення марганцю, міді чи цинку на карбонатних ґрунтах призводить до їх швидкої демобілізації. Для таких ґрунтів найбільш раціональною практикою є дробове внесення добрив, зокрема, локальне під час посіву та позакореневі підживлення. Причому припосівне внесення розглядається як профілактичне, спрямоване на запобігання небажаним наслідкам можливого дефіциту.

Передпосівна обробка насіння мікроелементами, особливо зернових культур, сприяє стимуляції росту та розвитку кореневої системи, збільшенню її маси та довжини корінців, підвищує енергію проростання та польову схожість посівного матеріалу. Передпосівна обробка насіння також є досить поширеною практикою, проте доза цинку, яка може бути нанесена на насінину, дуже обмежена і може відігравати помітну роль лише у дуже короткий період проростання та сходів.

Поєднання стартових добрив та мікроелементів для внесення за технологією ін-фуруо має перевагу у синергізмі обох компонентів. Це дає змогу рослинам більш ефективно використовувати внесені з добривами мікроелементи та споживати їх із ґрунтових резервів, а мікроелементи, зі свого боку, покращують здатність рослин використовувати добриво та позитивно впливають на життєдіяльність мікроорганізмів у ризосфері [4].

Листкове підживлення рослин дає змогу запобігти нестачі мікроелементів в критичні періоди розвитку, а також за несприятливих для кореневого живлення умов, коли надходження мікроелементів із ґрунту обмежене. Його слід розглядати як «рятувальний захід», коли потрібно швидко виправити ситуацію з дефіцитом. Крім того, пізні внесення мікроелементів можуть сприяти підвищенню його вмісту в зерні (біофортифікація).

Було узагальнено й опрацьовано аналітичні дані про вміст мікроелементів у побічній продукції сільськогосподарських культур, так як при використанні побічної продукції всіх культур на фоні збереження від'ємного значення балансу елементів показники відшкодування їх виносу були більшими за рахунок зростання привнесеної кількості МЕ з кукурудзою, частка якої у структурі посівів становить 40%. Так, дефіцит цинку зменшився з 114,1 г/га до 75,6 г/га, або на 34%, а міді й марганцю – в 2,1-2,4 разу (з 15,7 до 7,61 та з 74,2 до 31,5 г/га відповідно). Також зафіксовано скорочення дефіциту нікелю і кобальту на 76-79%.

Отже, поряд із азотом, фосфором, калієм та сіркою, мікроелементи мають увійти до «великої п'ятірки» елементів, що потребують нагальної уваги в інтенсивних технологіях вирощування всіх сільськогосподарських культур. Адже за зміни клімату мікроелементи відповідають за такі процеси в розвитку рослини: толерантність до стресів і ефективне використання вологи, активують дію ферментів та беруть участь в процесах фотосинтезу, утворення хлорофілу та синтезі білка, збільшують цукристість плодів та овочів, пришвидшують розвиток рослин і їх плодоношення.

**Використані інформаційні джерела:**

1. Richardson D. R. *Food fortification // Proc. Nutr. Soc., 1990. №49 (1). P. 39–50.*
2. Смоляр В. І., Петрашенко Г. І. *Нестача фолієвої кислоти, її прояви та попередження // Проблеми харчування, 2011. №1-2. С. 45–48.*
3. Oakley G. P. *Global scientific evidence supporting folic acid fortification of flour in Ukraine / Фортифікація пищевых продуктов витамином В9 с целью предупреждения врожденных дефектов нервной трубки. К., 2006. С. 8–11.*
4. Sengco M. R. and D. M. Anderson. *Controlling harmful algal blooms through clay flocculation // J. Eukaryot. Microbiol. 2004. №51(2). P. 169–172.*

## **НОРМАТИВНО-ПРАВОВІ АСПЕКТИ ЩОДО ЗАКОНОДАВЧОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОДОЛАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ ТА ЗАГРОЗ ПРИРОДНОМУ СЕРЕДОВИЩУ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ**

Згідно з інформаційно-аналітичною довідкою ДСНС України високий рівень антропогенного навантаження в Україні спричинив за 10 останніх років до 738 надзвичайних ситуацій (НС) техногенного характеру та до 761 природного характеру [1]. Відзначається, що рівень ризиків виникнення НС природного та техногенного характеру та ризиків збитків від них залишаються практично незмінними та досить високими для більшості регіонів України, що підтверджується рекордною сумою завданих НС збитків у 2020 році – 509,6 тис. грн.

Правове регулювання відносин, які виникають під час здійснення надзвичайних заходів правового режиму зони надзвичайної екологічної ситуації, здійснюються згідно з Законом України «Про зону надзвичайної екологічної ситуації» [2]. Законодавство про зону надзвичайної екологічної ситуації базується на нормах Конституції України [3] й складається із законів України «Про охорону навколишнього природного середовища» [4], «Про правовий режим надзвичайного стану» [5], цього Закону та інших законів, а також прийнятих відповідно до них нормативно-правових актів.

Згідно зі статтею 1 Закону [2] зоною надзвичайної екологічної ситуації вважається окрема місцевість України, на якій виникла надзвичайна екологічна ситуація, при якій на окремій місцевості сталися негативні зміни в навколишньому природному середовищі, що потребують застосування надзвичайних заходів з боку держави.

Підставами для оголошення окремої місцевості зоною надзвичайної екологічної ситуації відповідно до статті 5 є:

значне перевищення гранично допустимих норм показників якості навколишнього природного середовища, визначених законодавством;

- виникнення реальної загрози життю та здоров'ю великої кількості людей або заподіяння значної матеріальної шкоди юридичним, фізичним особам чи навколишньому природному середовищу внаслідок надмірного забруднення навколишнього природного середовища, руйнівного впливу стихійних сил природи чи інших факторів;

- негативні зміни, що сталися в навколишньому природному середовищі на значній території і які неможливо усунути без застосування надзвичайних заходів з боку держави;



- негативні зміни, що сталися в навколишньому природному середовищі, які суттєво обмежують або виключають можливість проживання населення і провадження господарської діяльності на відповідній території;

- значне збільшення рівня захворюваності населення внаслідок негативних змін у навколишньому природному середовищі.

Оголошення окремої місцевості зоною надзвичайної екологічної ситуації здійснюється Указом Президента України за пропозицією Ради національної безпеки і оборони України або за поданням Кабінету Міністрів України. Указ Президента України затверджується Верховною Радою України протягом двох днів із дня звернення до Президента України.

Кабінет Міністрів України вносить подання про оголошення окремої місцевості зоною надзвичайної екологічної ситуації на підставі пропозицій центрального органу виконавчої влади, до відання якого віднесені питання екологічної безпеки, органів місцевого самоврядування або за власною ініціативою

Указ Президента України про оголошення окремої місцевості зоною надзвичайної екологічної ситуації негайно доводиться до відома населення через засоби масової інформації та системи оповіщення.

Необхідно зазначити, що зміст термінів надзвичайної екологічної ситуації та зони надзвичайної екологічної ситуації має деякі розбіжності з тлумаченням відповідних термінів НС і зони НС, наданих в Кодексі ЦЗ України [6]

А саме: згідно з статтею 2 Кодексі ЦЗ України [6] термін зона надзвичайної ситуації визначається як окрема територія, акваторія, де сталася надзвичайна ситуація, а термін НС є обстановкою на окремій території чи об'єкті господарювання або водному об'єкті.

Деякі розбіжності в розглянутих нормативних актах призводять, на думку автора дослідження в роботі [7], до фактичного не врахування специфіки екологічних факторів у разі виникнення надзвичайних екологічних ситуацій. Автором висувається пропозиція щодо окремого закріплення в Кодексі ЦЗ України [6] терміну надзвичайної екологічної ситуації, а на нашу думку поновлення статті в розділі IV щодо екологічного захисту.

Безпосередньо координацію діяльності центральних і місцевих органів виконавчої влади, підприємств, установ та організацій, пов'язаної з техногенно-екологічною безпекою, захистом населення і територій, запобіганням і реагуванням на надзвичайні ситуації здійснюють на відповідних рівнях комісії з питань техногенно-екологічної безпеки та надзвичайних ситуацій.

Основними завданнями Державної комісії є [8, 9]:

- визначенням меж зони надзвичайної ситуації;

- здійснення постійного прогнозування зони можливого поширення надзвичайної ситуації та масштабів можливих наслідків;
- здійснення оповіщення органів управління та сил цивільного захисту, а також населення про виникнення надзвичайної ситуації та інформування його про дії в умовах такої ситуації.

Правове регулювання фінансового та матеріального забезпечення заходів з ліквідації наслідків НС, у тому числі в зоні надзвичайної екологічної ситуації, здійснюється відповідно до порядку фінансування заходів щодо попередження НС, ліквідації наслідків НС з Державного бюджету, відшкодування шкоди особам, які постраждали від НС і визначається нормативно-правовими актами держави [10-12].

На схемі Порядку опрацювання звернень щодо виділення коштів із Резервного фонду Державного бюджету надано механізм їх отримання.

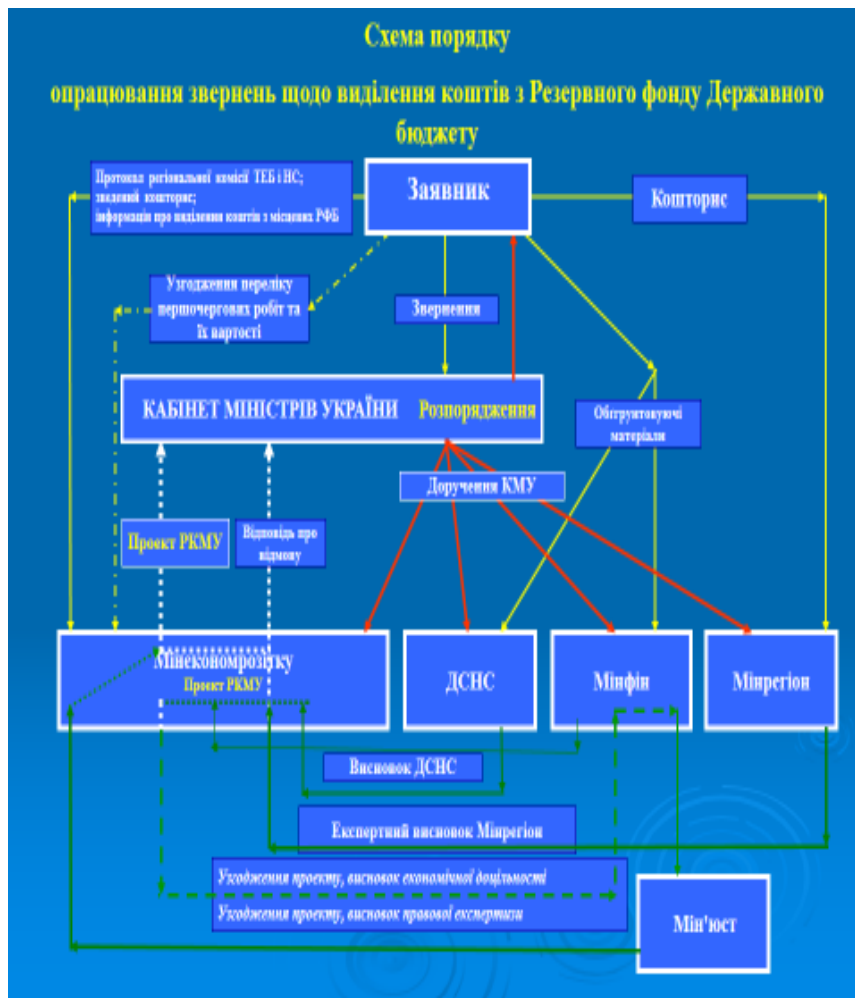


Рис. Схема порядку опрацювання звернень щодо виділення коштів із Резервного фонду Державного бюджету

### **Використані інформаційні джерела:**

1. *Інформаційно-аналітична довідка про надзвичайні ситуації в Україні, що сталися у 2020 році.*
2. *Закон України «Про зону надзвичайної екологічної ситуації» від 13.07.2000 р. №1908-III . URL:<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1908-14#Text>*
3. *Конституція України. поточна редакція від 01.01.2020р., URL:<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254%D0%BA/96-%D0%B2%D1%80#Text>*
4. *Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25.02.94 № 4041-12. URL:<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text>*
5. *Закон України «Про правовий режим надзвичайного стану» від 16.03.2000 № 1550-III (Редакція станом на 03.04.2022). URL:<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1550-14#Text>*
6. *Кодекс цивільного захисту України від 02.10.2012. № 5403-VI. URL:<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text>.*
7. *Шараєвська Т. А. Поняття та юридичні ознаки екологічної надзвичайної ситуації. Університетські наукові записки. 2012, №4 (44), С. 282–287.*
8. *Постанова Кабінету Міністрів України від 26.01.2015. №18 «Про Державну комісію з питань техногенно-екологічної безпеки та НС». URL:<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/18-2015-%D0%BF#Text>*
9. *Постанова Кабінету Міністрів України від 04.02.99р. №140 «Про порядок фінансування робіт із запобігання і ліквідації НС та їх наслідків». URL:<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/140-99-%D0%BF#Text>*
10. *Постанова Кабінету Міністрів України від 29.03.02р. №415 «Про затвердження Порядку використання коштів резервного фонду бюджету». URL:<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/415-2002-%D0%BF#Text>*
11. *Постанова Кабінету Міністрів України від 05.10.92р. №562 «Про Порядок відшкодування шкоди особам, які постраждали від надзвичайних обставин». URL:<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/562-92-%D0%BF#Text>*

*Давидюк Г. В., к. с.-г. н., Шкарівська Л. І., к. с.-г. н.,  
Клименко І. І., к. с.-г. н., Довбаш Н. І., к. с.-г. н.  
Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН»  
(смт Чабани, Україна)*

## **ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ВИКОРИСТАННЯ ПОПЕЛУ В АГРОЛАНДШАФТАХ**

Із кожним роком у світі зростає інтерес до відновлюваних джерел енергії. За матеріалами Програми ООН, їх частка в загально-світовому паливно-енергетичному балансі у 2050 р. може досягти 50 %, а відповідно до прогнозу Світової енергетичної Ради, на кінець століття вона сягне 80–90 % [1].

На сьогодні біомаса є одним із найбільш поширених відновлюваних джерел енергії. Вчені вважають, що залучення потенціалу біомаси до виробництва енергії може задовольнити близько 13 % її потреби в Україні

За даними Інституту відновлюваної енергетики НАН України та з відкритих джерел річний технічно-досяжний енергетичний потенціал твердої біомаси в Україні еквівалентний 35 млн т нафтового еквіваленту, а його використання допоможе щорічно заощаджувати близько 40 млрд м<sup>3</sup> природного газу [2]. За іншими даними в Україні економічно доцільний потенціал біомаси оцінюється у 27 млн т/рік і основними складовими його є сільськогосподарські відходи та енергетичні культури [3].

Одним із варіантів зменшення споживання природного газу є використання твердого біопалива. В останні роки, враховуючи ситуацію на енергетичному ринку, спостерігається розширення його використання як у побуті, так і промислових котельнях. Найчастіше це деревина, торф, тирса, тріска, солома інші сільськогосподарські відходи, гранули та брикети, вироблені з біомаси.

Для підвищення ефективності процесу піролізу (спалювання) у світі широко застосовують різні способи попередньої переробки біомаси, зокрема, і пелетування. Паливні гранули (пелети) – біопаливо, яке отримують з торфу, деревних і сільськогосподарських відходів: кори, тирси, стружки, лушпиння, опалого листя, макухи тощо. Така продукція має досить високу вартість, але, враховуючи, що на виробництво пелет йде відновлювальна сировина і, зокрема, відходи, які теж потребують утилізації, пелети мають певні переваги як джерела енергії.

В Україні виробляють пелети із соломи злакових культур в обсязі 120 тис. т/рік. Окрім того, Україна є лідером з вирощування соняшнику в світі. Після переробки насіння соняшнику утворюється значна кількість лушпиння та сторонніх рослинних решток. Щороку на підприємствах

олійної промисловості спалюється близько 500 тис. т лушпиння соняшнику, ще більше ніж 700 тис. т гранулюється і теж використовується як паливо [2].

Проте, внаслідок згорання твердої біомаси утворюється попіл, що є продуктом повного згорання твердої біомаси і одночасно відходами, які потребують утилізації. За даними науковців, кількість попелу може зрости в 5-8 разів, і у 2035 р. утвориться та потребуватиме утилізації до 550 тис. т попелу з біомаси [4].

Одночасно попіл може бути використаний у сільському господарстві в якості добрива та меліоранту і є одним із доступних засобів підвищення родючості ґрунту [5, 6]. Він містить значні кількості різноманітних макро- і мікроелементів, а також суміш оксидів, гідроксидів, карбонатів і силікатів [7, 8].

При визначенні доцільності використання попелу на добриво важливо не лише установити агрохімічну цінність цих субстратів за вмістом азоту, фосфору і калію, а й екологічну безпечність їх утилізації в агроландшафті. За даними В. Г. Крамара, якісні показники попелу значно різняться залежно від виду спалюваної сировини [3].

У відділі агроекології і аналітичних досліджень ННЦ «Інститут землеробства НААН» проведено агрохімічний аналіз попелу, отриманого від спалювання деревини та пелет з листяних порід дерев, соняшникового лушпиння і зерновідходів солодового виробництва, який показав значну його варіабельність за визначеними показниками. Активна кислотність попелу була в межах від 10,0 у субстраті після спалювання зерновідходів до 12,1 одиниць рН у відходах з палет. Установлено, що з 1 т попелу з деревини листяних порід до ґрунту може надходити близько 99 кг кальцію і 2 кг магнію, відповідно з пелет отриманих із деревини листяних порід – 80 та 4 кг. У попелі із зерновідходів та соняшникового лушпиння містилось відповідно близько 7 кг і 33 кг кальцію, 21 та 44 кг магнію. Це свідчить про можливість використання субстратів отриманих після спалювання для протидії підкисленню ґрунтів, проте, традиційні меліоранти, такі як фосфогіпс та вапняк, у перерахунку на діючу речовину дешевші [3].

Уміст золи варіював від 73,8 % у попелі від спалювання деревини листяних порід до 88,8 % – від соняшникового лушпиння.

Слід відмітити, що в усіх проаналізованих пробах попелу було найменше сполук загального азоту. Його вміст варіював у межах від 0,02 % у попелі з соняшникового лушпиння до 0,30 % у відходах від спалювання зерновідходів.

Уміст сполук фосфору більш ніж на порядок був вищим, ніж уміст сполук азоту. У попелі від спалювання деревини їх кількість була найменша і становила 1,18%, тоді як у зерновідходах (10,2%), що майже в 9 разів більше. Уміст сполук калію був найменшим у пелетах – 3,28%, тоді як у лушпинні їх уміст був у понад 10 разів вищим і становив 37,8%. Установлено, що з 1 т попелу з деревини листяних порід до ґрунту може

надходити близько 42,8 кг калію та 12 кг фосфору. Водночас, з 1 т попелу із зерновідходів і соняшникового лушпиння на 1 га ріллі відповідно може надходити до ґрунту близько 176 та 378 кг калію, 106 і 35 кг фосфору. На думку деяких фахівців 1 кг деревного попелу може замінити 220 г гранульованого суперфосфату і 240 г хлористого калію [3].

Попіл також містить і мікроелементи, необхідні для повноцінного живлення рослин. Найбільшу кількість мікроелементів близько 44 мг/кг міді, 81 цинку, 37 мг/кг марганцю містив попіл отриманий від спалювання зерновідходів. Слід відмітити, що у ґрунті фонові концентрації валових форм міді становить 20 мг/кг (ГДК 55 мг/кг), цинку – 50 мг/кг (ГДК 100 мг/кг) та марганцю – 850 мг/кг (ГДК 3600 мг/кг) [9].

Одночасно в отриманих після згорання органічної біомаси субстратах концентрується значна кількість важких металів. За даними іноземних вчених, спостерігаються певні негативні наслідки, зареєстровані після застосування деревного попелу, які можуть бути пов'язані як із його високою лужністю, низьким умістом азоту, так і наявністю великої кількості токсичних речовин, у т.ч. важких металів, особливо кадмію, залежно від якості вихідної деревини [8].

За отриманими нами результатами агрохімічного аналізу з кожної 1 т попелу може надходити: з деревини листяних порід – близько 9,3 г свинцю, 1,0 кадмію, 2,9 г нікелю; пелет – 8,1 г свинцю, 1,3 кадмію, 2,7 г нікелю; зернових відходів солодового виробництва – 6,0 г свинцю, 0,6 кадмію, 7,4 г нікелю; лушпиння соняшника – 13,3 г свинцю, 1,8 кадмію, 10,2 г нікелю. Фонова концентрація цих елементів у ґрунтах України складає: свинцю – 10,0 мг/кг, кадмію – 0,5, нікелю – 40,0 мг/кг ґрунту. Перевищення вказаного фону свідчить про забруднення ґрунту. Гранично допустима концентрація зазначених елементів у ґрунті складає: свинцю – 32,0 мг/кг, кадмію – 3,0, нікелю – 85,0 мг/кг ґрунту. Визначена концентрація металів у попелі за кадмієм і свинцем здебільшого перевищувала фонову, але не була критичною з врахуванням ГДК. Утім, систематичне внесення високих доз попелу може призводити до забруднення ґрунту і сільськогосподарської продукції. Слід врахувати, що мідь та цинк, які вважаються мікроелементами, за перевищення ГДК у компонентах агроландшафтів, як і інші важкі метали, є токсичними для біоти. Тому, при утилізації значних кількостей попелу дози внесення необхідно узгоджувати з фоновією концентрацією цих металів у ґрунті, а їх сумарна кількість не повинна виходити за межі ГДК.

Отже, агрохімічна експертиза продуктів згорання різних видів твердого палива рослинного походження деревини та пелет з листяних порід і відходів оліє-жирової, солодової промисловостей підтвердила можливість утилізації їх в якості добрив у агроландшафтах. Проаналізований попіл від спалювання відновлювальної сировини можна утилізувати, як добриво і меліорант, на полях з кислою та слабокислою реакцією ґрунту. Попіл слід

вносити в дозах від 1 до 3 т/га з урахуванням умісту в них важких металів. При внесенні попелу на полях сівозмін дози необхідно визначати з урахуванням концентрації біогенних елементів і важких металів у ньому.

Проаналізовані відходи альтернативної енергетики можна утилізувати одночасно, як добриво і меліорант в агроландшафтах. Однак, за щорічного внесення таких субстратів необхідно обов'язково контролювати кислотність ґрунтового середовища, уміст рухомих форм свинцю, кадмію, нікелю у ґрунті та у сільськогосподарській продукції.

### **Використані інформаційні джерела:**

1. Габрель М. С. Виробництво твердого біопалива в Україні: стан та перспективи розвитку. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2011. Вип. 21.9. С. 126–131. URL : [http://nltu.edu.ua/nv/Archive/2011/21\\_9/126\\_Gab.pdf](http://nltu.edu.ua/nv/Archive/2011/21_9/126_Gab.pdf).
2. Відновлювані джерела енергії. За заг. ред. С. О. Кудрі. Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАНУ. 2020. 392 с. URL : [https://www.ive.org.ua/wpcontent/uploads/Monografia\\_final\\_21.12.2020.pdf](https://www.ive.org.ua/wpcontent/uploads/Monografia_final_21.12.2020.pdf)
3. Крамар В. Г. Обґрунтування напрямів утилізації золи від спалювання біомаси. Зола біомаси як добриво в сільському господарстві. Аналітична записка. № 27. 2020. 75 с. URL: [https://uabio.org/wp-content/uploads/2020/12/AZ\\_Kramar\\_Zastosuvannya-zoly-biomasy-yak-dobryva\\_fin\\_ukr2.pdf](https://uabio.org/wp-content/uploads/2020/12/AZ_Kramar_Zastosuvannya-zoly-biomasy-yak-dobryva_fin_ukr2.pdf)
4. Reed E. Y., Chadwick D. R., Hill P. W., Jones D. L. Critical comparison of the impact of biochar and wood ash on soil organic matter cycling and grassland productivity. *Soil Biology and Biochemistry*. V. 110. 2017. P. 134–142. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2017.03.012>
5. Demeyer J., Voundi C., Nkana M., Verloo G. Increased bioavailability of metals in two contrasting agricultural soils treated with waste wood-derived biochar and ash : огляд. *Bioresource. Technology*. 2001. 77, P. 287–295. Doi: [10.1016/S0960-8524\(00\)00043-2](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(00)00043-2)
6. Mahmood T., Kamal A. Ash properties relevance to beneficial uses. *Waste Management*. V. 141. 2022. P. 282–289. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.11.018>
7. Huotari N., Tillman-Sutela E., Moilanen M., Laiho R. Recycling of ash—For the good of the environment? *Forest Ecology and Management*. V. 348. 2015. P. 226–240. Doi: [10.1016/j.foreco.2015.03.008](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.03.008)
8. Chirenje T., Rivero C., Ma L. Leachability of Cu and Ni in wood ash-amended soil as impacted by humic and fulvic acid. *Geoderma*. V. 108. 2002. P. 31–47. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(02\)00120-9](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(02)00120-9)
9. Методичні рекомендації з встановлення доступних концентрацій шкідливих речовин в агрохімікатах / [за ред. д-ра с.-г. наук Н. А. Макаренко]. Київ. 2007. 16 с.

<sup>1</sup>Данченко Ю. М., д. т. н., <sup>2</sup>Макаров Є. О., <sup>2</sup>Андронов В. А., д. т. н.

<sup>1</sup>Львівський державний університет безпеки життєдіяльності,  
м. Львів, Україна

<sup>2</sup>Національний університет цивільного захисту України,  
м. Харків, Україна

## **ВПЛИВ КАЛЬЦІЮ ОКСИДУ НА ВЛАСТИВОСТІ ШЛАМУ ЕЛЕКТРОКОАГУЛЯЦІЙНОЇ ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД МОЛОКОЗАВОДІВ**

Виробництво молочної харчової продукції є джерелом небезпечних стічних вод, які при нераціональному і безвідповідальному використанні здатні суттєво впливати на стан екологічної безпеки поверхневих і підземних природних водоем. Без попередньої очистки потрапляння цих вод на міські очисні споруди може викликати порушення у роботі систем біологічного очищення та навіть спричинити загибель активного мулу. Найбільш ефективними методами попередньої очистки стічних вод молокозаводів є електрохімічні, а саме, електрофлотація, електрокоагуляція та різні технологічні схеми, в яких поєднуються ці методи, наприклад, електрофлотокоагуляція. Електрохімічні методи здатні забезпечити високий ступінь видалення розчинених, емульсованих та суспендованих забруднень; електрохімічні установки економічні, компактні та прості у використанні [1-4].

У результаті електрокоагуляційної очистки стічних молокозаводів утворюється шлам – суміш завислих речовин та коагулянту з адсорбованими забруднювачами, який необхідно утилізувати. Ефективність процесу очистки безпосередньо пов'язана з кількістю, морфологією і властивостями утвореного шламу. Загалом для підвищення ефективності процесу електрокоагуляційної очистки стічних вод молокозаводів використовуються декілька хіміко-технологічних прийомів: регулювання регламенту роботи електролізера, регулювання рН середовища стічних вод, регулювання процесу утворення і властивостей утвореного шламу. Регулювання рН середовища стічних вод та процесу формування і властивостей шламу здебільшого здійснюється методом додавання хімічних реагентів. Ефективність цього процесу залежить від природи і концентрації добавок. Не до кінця з'ясовано як природа та концентрація таких добавок впливатиме на ступінь очистки та закономірності утворення і властивості шламу. Тому дослідження впливу добавок, що дозволяють регулювати рН стічних вод, процеси електрокоагуляційного очищення

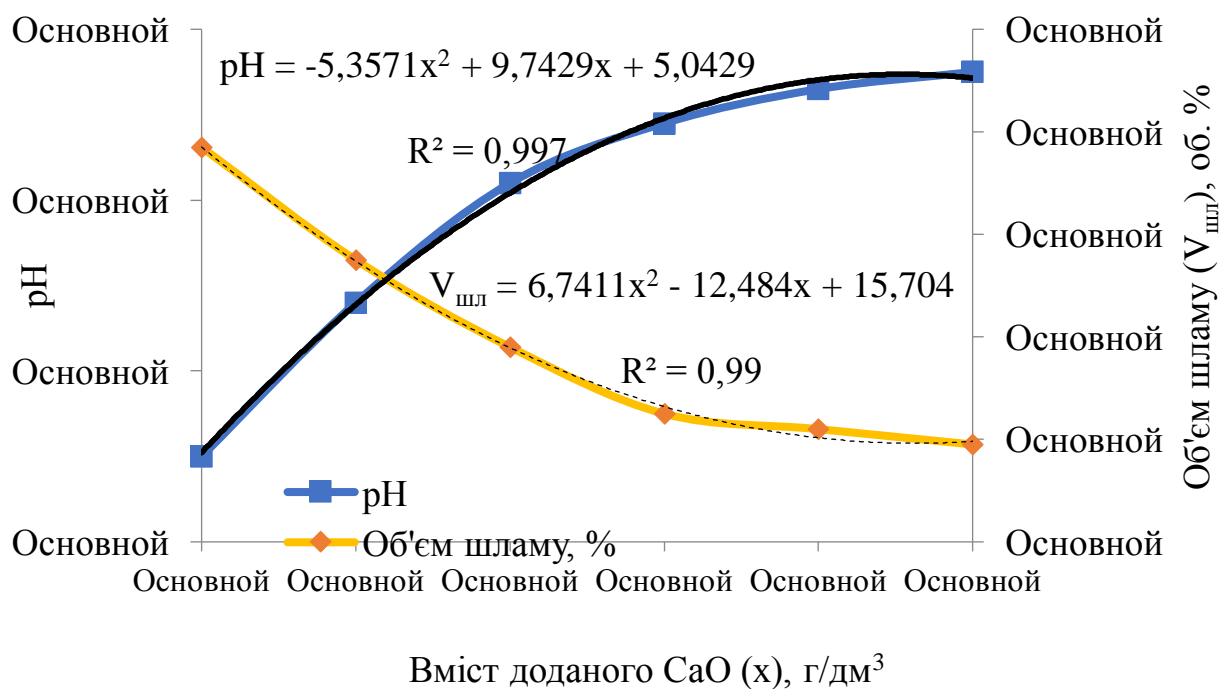


стічних вод молокопереробних підприємств та утворення шламу є важливою та актуальною науково-практичною задачею.

Для дослідження використовувались стічні води молокопереробного підприємства Сумської області (Україна): протягом двох робочих змін відбирались проби стічних вод з ділянки приймання молока, науково-дослідної лабораторії, цеху виробництва сиру, апаратного відділення, цеху виробництва масла, плавлених сирів та відділення реалізації. З урахуванням внеску у загальний стік кожної ділянки підприємства формувався загальний стік з усередненим складом [1]. Стічні води не консервувались та підлягали дослідженню протягом 24 годин. Електрокоагуляційна обробка проводилась на лабораторній установці, яка включає електролізер з органічного скла розмірами 18 см × 15 см × 4 см. Об'єм стічних вод, що оброблявся, становив близько 1 дм<sup>3</sup>. Площа алюмінієвих електродів становила близько 250 см<sup>2</sup>. Для дослідження використовувалась добавка лугу кальцію оксиду CaO у вигляді сухого порошку, яка додавалась до стічної води після електрокоагуляції, що дозволило варіювати показник рН від 7,0 до 9,5. Для інтенсифікації процесів утворення шламу та покращення його фізико-хімічних властивостей використовувався флокулянт неіонний поліакриламід (ПАА) у вигляді 0,05% водного розчину. Час відстоювання обробленої води становив 1 годину.

Відомо, що природа лугу суттєво впливає на рН стічної води і закономірності утворення коагулянту, що безпосередньо пов'язано з ефективністю процесу електрокоагуляційної очистки [4]. Вочевидь колоїдно-хімічні характеристики утвореного коагулянту зумовлюють ефективність коагулюючої дії та властивості шламу. Окрім природи велику роль відіграватиме вміст лугу, що пов'язано з рН стічної води та кількістю утвореного шламу. Тому було проведено дослідження впливу вмісту CaO на рН стічної води та об'єм утвореного шламу після електрокоагуляції. Отримані результати представлені на рис. 1.

Як видно з представлених результатів, зі збільшенням вмісту кальцій оксиду зменшується об'єм утвореного в результаті електрокоагуляції шламу. Отже, використання порошкоподібного кальцій оксиду дозволяє покращити фізико-хімічні властивості утвореного шламу. Це, очевидно, пов'язано не тільки з природою лугу, а й з агрегатним станом, а саме з тим, що тверді кристалічні частинки нерозчиненого кальцій оксиду, адсорбуючись на аморфних частинках коагулянту, зумовлюють підвищену здатність шламу до седиментації та ущільнення. Апроксимація отриманих результатів експериментів дозволила встановити математичні вирази закономірностей зміни рН та об'єму шламу ( $V_{\text{шл}}$ ) в залежності від вмісту доданого кальцій оксиду ( $x$ ). Ці закономірності мають поліноміальний характер (рис. 1).



**Рис. 1. Вплив вмісту доданого CaO на рН стічної води та об'єм шламу, що утворився після 1 години відстоювання**

**Використані інформаційні джерела:**

1. Andronov V. A., Danchenko Yu. M., Makarov Ye. O., Obizhenko T. M. Research of the regularities of forming and chemical composition of sewage water of a dairy processing company. *Technogenic and ecological safety*. 2020. 7 (1/2020). P. 13–21.

2. Андронов В. А., Макаров Є. О., Данченко Ю. М., Обіженко Т. М. Колоїдно-хімічні аспекти реагентної очистки стічних вод молокозаводів. *Problems of Emergency Situations : Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції*. Харків : Національний університет цивільного захисту України, 2021. С. 236–237.

3. Андронов В. А., Данченко Ю. М., Макаров Є. О. Обґрунтування використання електрохімічних методів для попередньої очистки стічних вод молокопереробних підприємств // *Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення : збірник наукових статей XV Міжнародної науково-практичної конференції*. Харків : УКРНДІЕП. ПП «Стиль-Іздат», 2019. С. 9–13.

4. Andronov Vladimir, Makarov Yevhen, Danchenko Yuliya, Obizhenko Tatyana, Colloid-chemical regularities of reagent wastewater treatment of dairies. *Materials Science Forum*. 2021. 1038. P. 235–241.

*Данишина С. Ю., д. т. н., доцент, Лантій О. П., аспірант  
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут», м. Харків, Україна*

## **ЗАСТОСУВАННЯ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ ЕКОСИСТЕМ В УМОВАХ ВОЄННИХ ДІЙ**

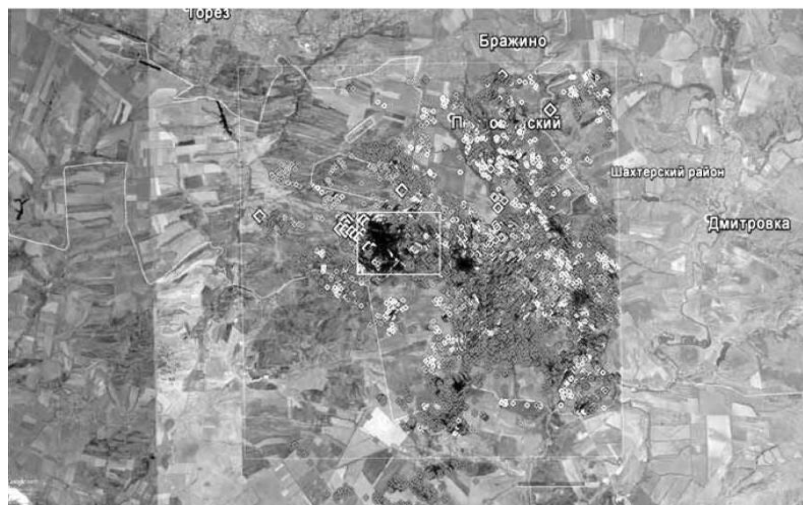
Традиційно оцінювання стану екосистем відбувається шляхом проведення екологічного моніторингу, тобто здійсненням комплексних спостережень за станом, компонентами, процесами й явищами екосистем [1]. Це стає основою для формування дій із управління охороною навколишнього середовища, які майже неможливі без функцій спостереження, дослідження, стратегічного екологічного оцінювання, оцінювання впливу на довкілля, контролю, прогнозування та ін. [1-2].

Ст. 22 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» для забезпечення збору, обробки, збереження й аналізу інформації про стан довкілля, прогнозування його змін і розроблення науково-обґрунтованих рекомендацій для прийняття ефективних управлінських рішень передбачає створення системи державного моніторингу навколишнього природного середовища [2]. Ця система забезпечує ефективне отримання оцінок і прогнозів стану екосистем. При цьому моніторинг повинен складатися зі спостереження за джерелом забруднення, забрудненням природного середовища та наслідками цього забруднення [1, 3]. Але в умовах військового конфлікту вирішення цих питань ускладнюється через обмежений доступ до територій та наявні часові та фінансові обмеження. За цих обставин, дані дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) стають джерелом точної і актуальної інформації для вирішення питань моніторингу, доповнюючи контактні методи дослідження стану екосистем. Тому, виникає необхідність у розробленні спеціалізованих підходів, орієнтованих на використання даних ДЗЗ у процесах моніторингу, для впровадження їх до систем підтримки прийняття рішень про охорону навколишнього природного середовища, при комплексному оцінюванні завданих збитків екосистемам, що дають змогу сформувати бачення потенційних масштабів екологічних впливів.

Бойові дії, які розгорнулися на території України, мають катастрофічні наслідки як для місцевого населення, так і для довкілля. Найбільш негативні та руйнівні ефекти завдають вибухи снарядів. Окрім, людських жертв вибухи призводять до знищення родючих шарів ґрунту, отруєння багатьма хімікатами, забруднення фрагментами металу, сприяють хімічному забрудненню атмосферного повітря та ґрунту.

Хімічний склад викидів під час вибуху снарядів визначається хімічною природою вибухових речовин, пороху та допоміжних матеріалів. Зазвичай, під час вибуху утворюються оксиди вуглецю, сажа, азот, оксиди азоту, водень, водяні пари. У невеликих кількостях можуть вийти інші сполуки, наприклад, метан, ацетилен, аміак, синильна кислота. За статистикою, під час вибуху 1 кг вибухової речовини утворюється 0,7-0,9 м<sup>3</sup> газів, тобто при вибуху, 10 т твориться пилогазова хмара обсягом 7-9 тис. м<sup>3</sup>, що складається з оксидів вуглецю, оксидів азоту, пилу, сажі та з'єднань металів [4]. Також, відомо, що сучасні фугасні та фугасні осколкові снаряди під час вибуху вивертають близько 1,2-1,5 м<sup>3</sup> ґрунту на 1 кг вибухової речовини [4].

Дані ДЗЗ надають інформацію щодо стану земної поверхні. Під час вибуху снарядів у землі утворюється отвір – «воронка», при цьому частина ґрунту, що знаходиться біля отвору, утворює вал – «хребет». Формується так званий «белігеративний ландшафт» ландшафтний комплекс воєнного походження незалежно від способу створення, віку й особливостей функціонування [5]. У місцях запеклих боїв щільність подібних отворів така, що їх можна розгледіти на космічних знімках (рис. 1); більш того, такі зображення дають змогу досліджувати й аналізувати подібного роду інформацію.

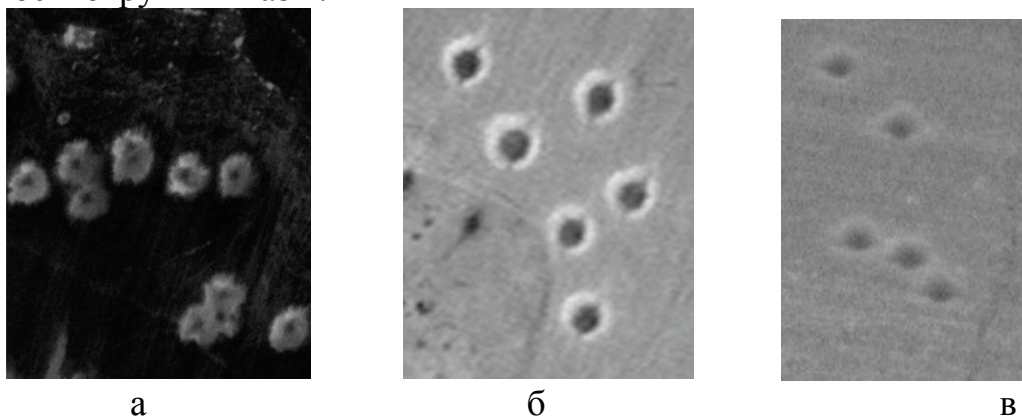


**Рис.1. Територія Донецької області, пошкоджена вибухами  
(за даними сервісу Google Earth Pro)**

Зазначимо, що зазвичай дослідження белігеративних ландшафтів проводилися в контексті формування історико-культурної спадщини України або розвитку туризму. Наприклад, у роботі [6] наведено відомості про їх вивчення в структурі етнокультурних ландшафтів або в структурах туристично-рекреаційного комплексу. За сучасних обставин дослідження белігеративних ландшафтів дає змогу вирішувати завдання оцінювання екологічних наслідків військових дій на екосистеми, зокрема: оцінювання хімічного забруднення атмосферного повітря та розрахунок обсягів втрачених ґрунтів.

Наприклад, безпосередньо за космічними знімками є можливість

оцінити калібр снарядів, що призвели до вибуху (рис. 2), та їх кількість. За цими даними з урахуванням статистики по кількості вибухової речовини для кожного калібру снарядів можна оцінити обсяги вивернутого ґрунту та кількості отруйних газів.



**Рис.2. Приклади космічних знімків воронки від снарядів різного калібру:**  
а – великого калібру; б – середнього калібру; в – малого калібру

Спираючись на статистичні дані отримані від відкритого джерела інформації про реактивні системи залпового вогню [7] та ствольної артилерії [8] була встановлена кількість вибухової речовини для сучасних снарядів кожного з оцінених калібрів помічених на космічному знімку (рис.1). До калібрів малого калібру віднесено снаряди 82 та 120 міліметрів, до середнього калібру – 152 міліметра, до великого калібру – 220 міліметрів. Розрахунок вивернутого ґрунту приведений у таблиці 1.

Таблиця 1

**Об’єм вивернутого ґрунту від розривів снарядів**

Калібр снаряду	Маса вибухової речовини усіх снарядів даного калібру, кг	Об’єм вивернутого ґрунту м <sup>3</sup>
82	1736,8	від 2084,16 до 2605,2
120	13875	від 16650 до 20812,5
152	58429	від 70114,8 до 87643,5
220	2132	від 2558,4 до 3298
Усього:	76172,8	від 91407,36 до 114259,2

Дослідження проведено в рамках науково-дослідної роботи «Методологія створення розподілених систем моніторингу об’єктів довкілля» (ДР № 0122U002298).

**Використані інформаційні джерела:**

1. Лантій П. О. Огляд методів моніторингу довкілля // Екологічна безпека держави : матеріали XVI Всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів, Київ, 21 квітня 2022 р. К., 2022. С. 49–50.

2. Про охорону навколишнього природного середовища [Текст]: Закон України від 25 червня 1991 р., 1264 XII // Відомості Верховної ради України. 1991. № 41. Ст. 546.

3. Кипоренко А. С. Проблемы экологического мониторинга в районах эксплуатации АЭС // Экологический менеджмент. 2013. № 3(109). С. 44–48.

4. Трофимик Д. С., Машерова Н. П. Экологические последствия взрывов боеприпасов при чрезвычайных ситуациях [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://elib.bsu.by/bitstream/123456789/159057/1/236-237.pdf>. – 27.04.2022 р.

5. Поняття «Белігеративний ландшафт» [Електронний ресурс] – Режим доступу: [https://blogbeligerol.blogspot.com/p/blog-page\\_11.html?m=0](https://blogbeligerol.blogspot.com/p/blog-page_11.html?m=0). – 27.04.2022 р.

6. Бернадська Г., Слашук А. Роль белігеративних ландшафтів у формуванні туристично-рекреаційного комплексу Рівненської області [Електронний ресурс] // Суспільно-географічні чинники розвитку регіону : матеріали Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конф. Режим доступу: <https://konfgeolutsk.wordpress.com/2018/04/19/роль-белігеративних-ландшафтов/>. – 27.04.2022 р.

7. Широкоград А. Б. Реактивні системи залпового вогню [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://coollib.net/b/469684-aleksandr-borisovich-shirokorad-reaktivnyie-sistemyi-zalпового-огnya/read>

8. Табуїн І. А. Канинський О. М., Юркевич Е. І. Велика енциклопедія // Артилерія [Електронний ресурс] – Режим доступу: [https://bigenc.ru/domestic\\_history/text/3787720](https://bigenc.ru/domestic_history/text/3787720)

*Димань Н. О., магістр з екології, Лавров В. В., д-р с.-г. н.  
Білоцерківський національний аграрний університет,  
м. Біла Церква, Україна*

## **ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМИ РЕАЛІЗАЦІЇ НЕФОРМАЛЬНОЇ «КЛІМАТИЧНОЇ ОСВІТИ» МОЛОДІ**

Досвід багатьох розвинутих країн свідчить, що суто природних ресурсів недостатньо для досягнення високого рівня життя населення. Так само недостатньо високих наукових досягнень, оскільки людина остаточно не осягнула механізми функціонування природи, щоб розумно ними управляти. Світова спільнота проголосила 21 ст. століттям освіти. Лідером може стати та держава, яка створить найефективнішу систему освіти, забезпечить гармонійне співіснування людини з природою, раціонально використовуватиме і відтворюватиме її багатства, психологічно готова оберігати навколишнє природне середовище. Світова спільнота дедалі більше усвідомлює, що метою і суттю нової освіти в умовах швидко змінюваного світу й глобалізації повинна стати освіта в галузі екології та охорони навколишнього природного середовища. Така освіта виступатиме інструментом ослаблення напруги не тільки між спільнотою людей і навколишнім природним середовищем, а й між народами, інструментом миру і взаєморозуміння. Це та сфера міжнародного співробітництва, де найбільш повно проявляється єдність інтересів світової спільноти в самозбереженні світової цивілізації.

Важлива складова екологічної освіти сьогодні – освіта про зміну клімату. Вона покликана навчити людину розумінню причин та наслідків зміни клімату, підготувати її до життя з цими наслідками і дати можливість здійснювати відповідні дії для прийняття більш сталого способу життя.

Питання реалізації неформальної екологічної освіти молоді висвітлено в роботах М. Дубровської [1], О. Дух та ін. [2], Лісовця [3] С. Люленко [4] та інших. О. І. Дух зі співавторами надають увагу діяльності громадських організацій, розглядають її через спільну практику із закладами освіти у напрямі екологізації культурно-освітнього простору молоді, організації екологічної волонтерської діяльності, екологічного просвітництва та туризму. На думку авторів, саме така діяльність надалі спонукатиме молодих людей до еколого-орієнтованої діяльності [2]. На жаль, питання реалізації «кліматичної» освіти і просвітництва молоді у вітчизняних наукових джерелах висвітлено недостатньо.

Мета нашого дослідження – аналіз перспективних напрямів реалізації неформальної «кліматичної освіти» молоді.

Молодь різного віку є важливою і специфічною цільовою групою для кліматичних комунікацій, оскільки вона перебуває в процесі активної соціалізації – на етапі засвоєння життєвих цінностей та поведінкових норм, пов'язаних у тому числі з екологією. В Україні спостерігається низька порівняно з іншими країнами залученість молоді до прийняття рішень щодо збереження навколишнього природного середовища.

У рамках формальної освіти учням не надають знання і навички для того, щоб бути ефективними та потужними агентами змін. Серед молоді відсутні свідомі «кліматичні» лідери, які були б готові брати на себе ініціативу у вирішенні важливих проблем сьогодення. Відтак, ми втрачаємо трансформуючий потенціал молодих людей 14–18 років, котрі ще здебільшого знаходяться на утриманні батьків, мають вільний час і можуть чинити вплив на свої родини та спільноти. Саме тому важливо піднімати проблему зміни клімату в школі, комунікувати з широкою, різноплановою аудиторією, проводити переорієнтацію кожного вихованця на самопізнання і саморозвиток, самореалізацію і самостійність. Свідоме й бережливе ставлення до природи має формуватись з дитинства, за умови активного формування екологічної культури та накопичення систематичних знань у цій галузі.

Крім формальної екологічної освіти, яка реалізується закладами освіти, значну роль у формуванні екологічно стабільного суспільства відіграє неформальна освіта, яка здійснюється через громадські екологічні об'єднання, волонтерську діяльність, виконання екологічних проєктів, засоби масової інформації тощо.

Таким, що заслуговує на увагу для поширення серед молоді досвід еко-свідомого споживання і вироблення певних екозвичок. Сьогодні з'явився такий термін як «екологісти», тобто ті, хто самостійно впроваджує в повсякденне життя еколого-світоглядні установки і просвіщає у цій сфері інших. У світі багато прикладів створення екопоселень, екокомун, в яких облаштовують сонячні панелі, заощадливо використовують воду, споживають локально вирощені продукти, реалізують проєкти саморозвитку. Наприклад, неподалік центра кантону Санкт-Галлена в Швейцарії існує екопоселення, в якому реалізуються зазначені проєкти [5]. В Україні такі приклади також непоодинокі, існує навіть українське відділення Всесвітньої мережі екопоселень «Global Ecovillage Network Ukraine» [6]. У такий спосіб екологічна, в тому числі кліматична тематика може стати соціотвірним принципом, який буде об'єднувати і спрямовувати молодь у напрямі формування екологічної культури.

Спостерігається тенденція до підтримки особливого виду інтелектуального дозвілля, яке має екологічне спрямування. Сформувалось навіть поняття *ecotainment* (від англ. *entertainment* – розвага та *ecology* – екологія). Великий потенціал для таких цілей має клубний формат, різні ком'юніті-майданчики, популярні серед молоді. Такий формат поєднує в



собі кулуарність тісного спілкування, невимушеність зустрічей і гостроту проблематики для обговорення. Саме демократичність подібних форм спілкування приваблива для молоді.

Підтримка природоохоронних ініціатив молоді багато в чому залежить від створення комфортного інформаційно-комунікаційного середовища. Сучасні інформаційні технології освоюються молоддю надзвичайно швидко, однак віртуальне спілкування з його простотою і доступністю не може повноцінно задовольнити потребу молоді у спілкуванні – в дії, в реальності. У цьому сенсі, на нашу думку, можуть ефективно використовуватись бібліотеки, музеї та інші просвітницькі заклади. Після деякого переформатування своєї діяльності, модернізації простору ці заклади можуть отримати «нове дихання» і стати майданчиком для об'єднання молоді і сприяти її екологічному просвітництву, формуванню нових ціннісних орієнтирів.

Отже, з метою збереження і використання трансформуючого потенціалу молоді підліткового віку проблему зміни клімату необхідно починати з'ясовувати і розв'язувати із загальноосвітньої школи. Перспективними напрямами реалізації неформальної «кліматичної освіти» молоді є рух «екологістів», створення екопоселень, екокомун, організація інтелектуального дозвілля з екологічним спрямуванням у модернізованому просторі просвітницьких закладів.

### **Використані інформаційні джерела:**

1. Дубровська М. М. Система безперервної екологічної освіти та просвітництва як умова забезпечення сталого розвитку. *Efficiency of public administration*. 2021. Issue 1 (66). Vol. 2. С.180–191.
2. Дух О. І., Галаган О. К., Михалюк І. М. Реалізація неформальної екологічної освіти молоді в діяльності громадських організацій. *Науковий вісник Кременецької обласної гуманітарно-педагогічної академії ім. Тараса Шевченка*. 2018. №10. С. 144–151 (Серія: Педагогіка).
3. Лісовець О. В. Теорія і методика роботи з дитячими та молодіжними організаціями України : Навчальний посібник. К.: Академія. Серія «Альма-матер», 2011. 256 с. URL: <https://westudents.com.ua/knigi/577-teorya-metodika-roboti-z-dityachimi-ta-molodjnimi-organzatsyami-ukrani-lsovets-ov.html>
4. Люленко С. Громадські природоохоронні організації та напрями їх екологічної діяльності. *Молодь і ринок*. 2017. №3 (146). С. 62–65.
5. Екопоселення по-швейцарськи в Україні. Як активісти створюють унікальну комууну. URL: <https://rubryka.com/article/ecovillage-ukraine/>
6. *Global Ecovillage Network*. URL: [https://ecovillage.org/gen\\_country/ukraine/](https://ecovillage.org/gen_country/ukraine/).

## **МОДЕЛЬ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ БЕЗПЕКОЮ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ЗЕМЕЛЬ МІСЦЬ ВИБУХІВ БОЄПРИПАСІВ**

Актуальність завдання забезпечення екологічної безпеки об'єктів, забруднених вибуховими речовинами, є сьогодні беззаперечним для світової спільноти [1]. Метою діяльності у цьому напрямі має стати відновлення земель місць, забруднених внаслідок вибухів, зокрема місць знешкодження та знищення боєприпасів.

Вплив на ґрунти у місці знешкодження та наступного знищення боєприпасів визначається чинниками вибуху та складається з наступних фізичних та хімічних компонентів [2-8]. Попередні дослідження різних авторів показали наявність суттєвих за рівнем небезпеки забруднень повітря, води та ґрунту у місцях, де відбуваються вибухи боєприпасів [9-15]. Важливим також є той факт, що ефекти впливу вибухів на довкілля є пролонгованими та демонструють кумулятивний ефект. Зокрема, у попередніх дослідженнях інших науковців було встановлено факти суттєвого поширення забруднювачів від місць безпосереднього їх впливу (локалізованих на поверхні) до глибоких рівнів ґрунту та ґрунтових вод [1, 16, 17].

За результатами аналізу існуючих технологій рекультивації земель місць вибухів (зокрема, знешкодження та знищення) боєприпасів [2] можна зробити висновок про відсутність на сьогоднішній день єдиної технології рекультивації земель подібних об'єктів, яка б дозволила вирішити всі поставлені завдання. Необхідним є створення на їх основі єдиного комплексу технологій захисту навколишнього середовища та методики їх застосування з метою швидкого та ефективного видалення з ґрунтів всіх наявних забруднюючих речовин з урахуванням чинників вибухонебезпеки, яку можуть становити не лише залишки боєприпасів, а й сам забруднений вибуховими речовинами ґрунт.

Експериментування у місцях знешкодження та знищення боєприпасів із повторним відтворенням умов вибухів, що вже відбулися, є неприпустимим за вимогами безпеки. Тому для аналізу відповідних станів системи управління безпекою під час рекультивації земель вищевказаних об'єктів слід використовувати метод імітаційного моделювання. Такий підхід дозволяє не лише визначити можливі альтернативи роботи системи управління безпекою, а й спрогнозувати рівень безпеки об'єкту в цілому.

Цей метод дослідження дозволяє одержати стійку статистику розвитку подій, за умови заміни реальної системи моделлю, що з достатньою точністю описує її. В основу моделювання покладено підхід, викладений у роботі [18], який, втім, потребує суттєвого удосконалення з урахуванням підвищеного ризику вибуху у місці знешкодження та знищення боєприпасів.

Імітаційна модель системи управління безпекою рекультивації земель місця знешкодження та знищення боєприпасів складена за блочно-модульним принципом (рис. 1), що дозволяє вільно корегувати її структуру в залежності від наявних вихідних умов. Функціонування системи управління безпекою рекультивації земель місця знешкодження та знищення боєприпасів розглядається на інтервалі часу  $(T_0, T_1)$ , визначеного для відновлення ґрунту, що характеризується дією комплексу чинників  $F_i(t) \in \Phi, i = 1..n$ . До розгляду додаються параметри  $\varepsilon_m^B \in E^B, m = 1..R$ , що визначають чинники ризику вибуху, а також показники якості довкілля  $\varepsilon_l^D \in E^D, l = 1..P$ .

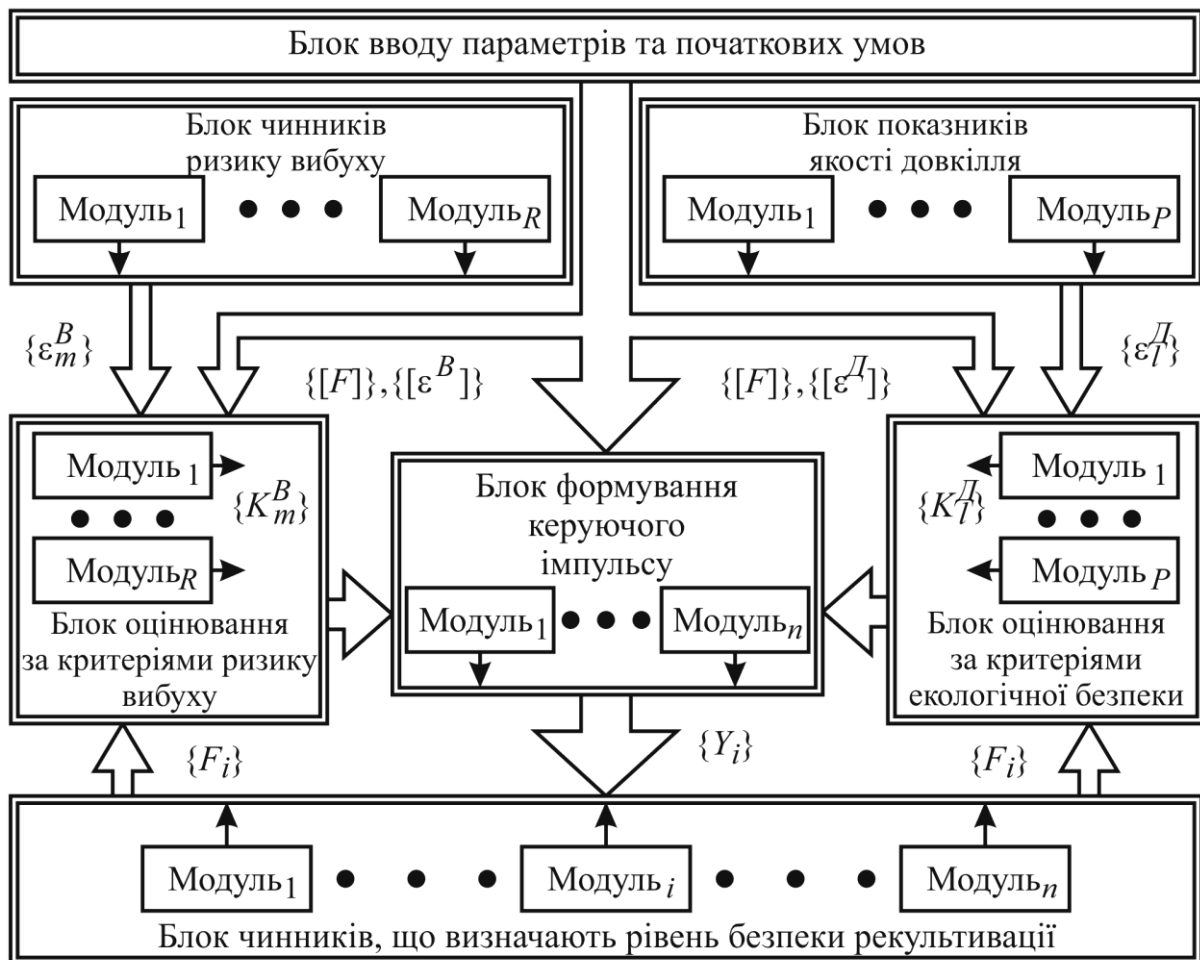


Рис.1. Структура імітаційної математичної моделі системи управління безпекою рекультивації земель місця вибухів боєприпасів

Результатом моделювання є залежності від часу  $W(t) = K(t), Y(t)$  критеріїв оцінювання рівня безпеки  $K(t)$  та керуючого імпульсу  $Y(t)$  у вигляді комплексу впливів на кожен із чинників, що визначають рівень безпеки. Сформований набір критеріїв  $K = K^B \cup K^D = \{K_m^B\} \cup \{K_l^D\}$  має формалізувати вимоги нормативних документів, що регламентують умови експлуатації місць знешкодження та знищення боєприпасів, за припустимим рівнем ризику вибуху та рівнем екологічної безпеки.

Використання такого підходу дозволяє забезпечити гнучкість моделювання, оскільки дає можливість включити до розгляду будь-яку кількість критеріальних параметрів за всіма трьома напрямками.

Таким чином, за результатами дослідження було розроблено імітаційну модель системи управління безпекою рекультивації земель місць вибухів (зокрема, під час знешкодження та знищення) боєприпасів. Запропоновано розглядати необхідні для визначення рівня безпеки параметри місця знешкодження та знищення боєприпасів, які визначають параметри ризику вибуху, та показники якості довкілля, як відгуки на вплив чинників функціонування місця знешкодження та знищення боєприпасів.

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

1. Spain J. C. *Biodegradation of nitroaromatic compounds // Annual Review of Microbiology*. 1995. Vol. 49. P. 523–555.
2. Bulloch G., Green K., Sainsbury M. G., Brockwell J. S., Steeds J. E., Slade N. J. *Land Contamination: Technical Guidance on Special Sites: Explosives Manufacturing & Processing Sites. R&D Technical Report P5-042/TR/03*. Environment Agency, 2001. 68 p.
3. Guilbaud M. *The Environmental Impact of an Explosion. White Paper / M. Guilbaud. Geode*, 2020. 43 p.
4. Zwijnenburg W. *Amidst the debris... A desktop study on the environmental and public health impact of Syria's conflict / W. Zwijnenburg, K. te Pas. Colophon*, 2015. 84 p.
5. *Environmental Impact of Munition and Propellant Disposal. Final Report of Task Group AVT-115. Research and Technology Organisation / North Atlantic Treaty Organisation*, 2010. 86 p.
6. Hathaway J. E., Rishel J. P., Walsh M. E., Walsh M. R., Taylor S. *Explosive particle soil surface dispersion model for detonated military munitions // Environmental Monitoring and Assessment*. 2015. Vol. 187, No. 415. ID 4652.
7. Broomandi P., Guney M., Kim J. R., Karaca F. *Soil Contamination in Areas Impacted by Military Activities: A Critical Review // Sustainability*. 2020. Vol. 12. ID 9002.
8. *2021 BATA Explosions – Equatorial Guinea. Multi-Cluster/Sector Initial Rapid Assessment (MIRA)*. OCHA, 2021. 14 p.

9. Lima D., Bezerra M., Neves E., Moreira F. *Impact of ammunition and military explosives on human health and the environment // Reviews on Environmental Health*. 2011. Vol. 26, Issue 2. P. 101–110.

10. Gorecki S., Nessler F., Hube D., Mullot J., Vasseur P., Marchioni E., Camel V., Noël L., Le B. B., Guérin T., Feidt C., Archer X., Mahe A., Rivière G. *Human health risks related to the consumption of foodstuffs of plant and animal origin produced on a site polluted by chemical munitions of the First World War // The Science of the Total Environment*. 2017. Vol. 599–600. P. 314–323.

11. Pichtel J. *Distribution and Fate of Military Explosives and Propellants in Soil: A Review // Applied and Environmental Soil Science*. 2016. Vol. 2012. ID 617236.

12. Olson K., Tharp M. *How did the Passaic River, a Superfund site near Newark, New Jersey, become an Agent Orange dioxin TCDD hotspot? // Journal of Soil and Water Conservation*. □2020. Vol. 75, Issue 2. P. 33A–37A.

13. Ryu H., Han J., Jung J. W., Bae B., Nam K. *Human health risk assessment of explosives and heavy metals at a military gunnery range // Environmental Geochemistry and Health*. 2007. Vol. 29, Issue 4. P. 259–269.

14. Vasarevicius S., Greičiūte K. *Investigation of soil pollution with heavy metals in Lithuanian military grounds / S. Vasarevicius // Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*. 2004. Vol. 12, Issue 4. P. 132–137.

15. Idzelis R. L., Greičiūte K., Paliulis D. *Investigation and evaluation of surface water pollution with heavy metals and oil products in Kairiai Military Ground territory // Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*. 2006. Vol. 14, Issue 4. P. 183–190.

16. Hawari J., Beaudet S., Halasz A., Thiboutot S., Ampleman G. *Microbial degradation of explosives: biotransformation versus mineralization // Applied Microbiology and Biotechnology*. 2000. Vol. 54, Issue 5. P. 605–618.

17. Rieger P., Knackmuss H. J. *Basic Knowledge and Perspectives on Biodegradation of 2,4,6-Trinitrotoluene and Related Nitroaromatic Compounds in Contaminated Soil // in: Biodegradation of nitroaromatic compounds; Spain, J. C., Ed. New York : Plenum Publishing Co., 1995. P. 1–18.*

18. Колосков В. Ю. *Моделі та методи прогнозування рівня безпеки полігону зі зберігання твердих побутових відходів // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси*. 2016. № 4(1176). С. 142–146.

<sup>1</sup>Джумеля Е. А., PhD, <sup>2</sup>Дяків В. О., к. геол.-мін. н.,

<sup>1</sup>Кочан О. В., д. т. н., <sup>1</sup>Джумеля В. А.

<sup>1</sup>Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна,

<sup>2</sup>Львівський національний університет ім. Івана Франка, Львів, Україна

## **ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ НА ТЕРИТОРІЯХ ЛІКВІДОВАНИХ ГІРНИЧО- ПРОМИСЛОВИХ КОМПЛЕКСІВ**

В Україні останнім часом спостерігається стрімке збільшення площі покриття сонячними панелями, зростання встановлених потужностей сонячних електростанцій, насамперед завдяки головного економічного стимулюючого інструменту – системи «зелених тарифів», які затверджені з прив'язкою до Євро, які є гарантованими державою до 2030 року. Наше дослідження базується на засадах системного підходу до перспектив використання території ДП «Роздільське гірничо-хімічне підприємство (ГХП) «Сірка»» для будівництва об'єктів відновлюваної енергетики. Сьогодні до таких земель належать території в зоні впливу ДП «Роздільське ГХП «Сірка», яке було засновано у 1953 році у зв'язку з розробкою досить великого Роздільського сірчаного родовища [1, 2].

Метою роботи є дослідження перспектив розвитку відновлюваної енергетики на територіях ліквідованих гірничо-промислових комплексів.

Сприятливі економічні умови розвитку відновлюваної енергетики сприяють пошуку інвесторами територій придатним до проектування та будівництва сонячних електростанцій. Серед вимог до таких територій є цільове призначення земель, серед яких перевагу мають терени поза межами населених пунктів, землі несільськогосподарського призначення, із підведеною енергетичною інфраструктурою – лінії електропередач, трансформаторні підстанції, наявність споживачів електроенергії, об'єктів енергетики, які б могли підтримувати енергетичний баланс у випадку нестабільної роботи відновлювальних джерел енергії та ін.

Території гірничо-хімічних підприємств на ділянках схилів бортів кар'єрів, поширення відвальних порід (зовнішні відвали у зоні впливу колишнього Яворівського ДГХП «Сірка») та намивних ґрунтів (гідровідвали та хвостосховища у зоні впливу Роздільського ДГХП «Сірка»), які розташовані поза межами населених пунктів, є землями несільськогосподарського призначення, із підведеною енергетичною інфраструктурою – лінії електропередач, трансформаторні підстанції є сприятливими для облаштування об'єктів відновлюваної енергетики. Вже сьогодні тут працюють п'ять досить крупних сонячних електростанцій, які займають площі від 35 до 175 га [3-5].

Досвід будівництва та експлуатації у таких умовах сонячних електростанцій, показав що у порівнянні із іншими локаціями, на територіях із нестійкими ґрунтами можуть бути проявлені специфічні ефекти «парасолі», концентрування зливових опадів, активізації ерозійних процесів та зміни інженерно-геологічних умов ґрунтів при експлуатації сонячних електростанцій побудованих у зонах впливу гірничо-хімічних підприємств. Важливо наголосити, що такі прояви можуть бути характерними, не тільки для описаних нами територій порушених земель у зонах впливу гірничо-хімічних підприємств, але й по суті для будь-яких ерозійно нестійких ландшафтів, у яких сонячні панелі будуть виступати як концентратори зливових опадів, що активно сприяють розвитку процесів приповерхневої лінійної ерозія, особливо в умовах нерегульованого водовідведення та недотримання норм протиерозійного захисту [6-8].

Розробникам вихідних даних слід врахувати ефекти, які описані в праці [9]: ефект «парасолі», затінення, концентрування зливових опадів, активізації ерозійних процесів, змін інженерно-геологічних умов до проектування сонячних електростанцій, організаціями, які займаються інженерно-геологічними вишукуваннями під об'єкти відновлюваної енергетики, а також проєктантам обґрунтування заходів протиерозійного захисту.

Отже, наявні методи видобутку корисних копалин мають змінитися та сприяти розвитку громад, а також захистити природні ресурси та екосистеми, щоб вони були екологічно прийнятними та відповідали цілям сталого розвитку. Оскільки в Україні все ще залишається гострою проблема нереалізації проєктів рекультивациі та рекультивациі територій, порушених гірничо-хімічною діяльністю, не менш важливим є забезпечення сталого розвитку територій впливу ліквідованих гірничо-хімічних підприємств. Проведене дослідження дає підстави розглядати територію ліквідованих гірничо-промислових комплексів, у тому числі на місцях зберігання відходів та продуктів їх природного перетворення, як перспективні майданчики для будівництва сонячних та вітрових електростанцій.

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

1. *Carvalho F. P., Mining industry and sustainable development: time for change // Food and Energy Security. 2017. P. 61–77.*
2. *The Rio Earth Summit: Summary of the United Nations Conference on Environment and Development, 1993. // URL: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/Agenda21.pdf>*
3. *Štofejová L., Fazekáš J., Fazekášová D., Analysis of Heavy Metal Content in Soil and Plants in the Dumping Ground of Magnesite Mining Factory Jelšava-Lubeník (Slovakia) // Sustainability. 2021. 13, 4508, P. 1–13.*
4. *Pietrzykowski M., Likus-Cie'slik J. Comprehensive Study of Reclaimed Soil, Plant, and Water Chemistry Relationships in Highly S-*

*Contaminated Post Sulfur Mine Site Jeziórko (Southern Poland) // Sustainability. 2018. V. 10, № 2442.*

5. Pohrebennyk V., Koszelnik P., Mitryasova O., Dzhumelia E. Zdeb M., *Environmental monitoring of soils of post-industrial mining areas // Journal of Ecological Engineering. 2019. Vol. 20, no. 9, P. 53–61.*

6. Macías F., Pérez-López R., Cánovas C. R., Carrero S., Cruz-Hernandez P., *Environmental Assessment and Management of Phosphogypsum According to European and United States of America Regulations // Procedia Earth and Planetary Science. 2017. V. 17, p. P. 666–669.*

7. Rudko G. I., Ivanov Ye., Kovalchuk I. P. *Mining geosystems in the western region of Ukraine. Vol. 1. Kyiv–Chernivtsi : Bukrek, 2019.*

8. Dyakiv V., Pohrebennyk V., Mitryasova O., Shybanova A., Yaremovych M. *Actual state and prospects of using the territory of the Rozdil mining and chemical enterprise «Sirka» for the construction of renewable energy facilities // In book: Climate change & sustainable development: new challenges of the century. Edited by Olena Mitryasova, Piotr Koszelnik / Mykolaiv – Rzeszow. 2021. P. 76–92.*

9. Яремович М. В., Джумеля Е. А., Погребенник В. Д., Дяків В. О. *Ефекти «парасолі», концентрування зливових опадів, активізації ерозійних процесів та зміни інженерно-геологічних умов ґрунтів при експлуатації сонячних електростанцій побудованих у зонах впливу гірничо-хімічних підприємств // Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування : матеріали Сьомої міжнародної науково-практичної конференції (Львів, 2021р.). 2021. С. 398–407.*



*Дубінін В. А., к. воєн. н., доцент  
Національний університет кораблебудування імені адмірала  
Макарова, Миколаїв, Україна*

## **ЕНЕРГЕТИКА: АНАЛІЗ РОЗВИТКУ У СВІТІ ТА УКРАЇНІ**

Енергія – це те, без чого неможливе існування не тільки людини, але й усього живого на землі. Тому питання, пов'язані з використанням різних джерел енергії та їхнього впливу на навколишнє середовище, стоять перед людством завжди. І якщо питання відновлюваності таких джерел рано чи пізно буде вирішено, то проблеми впливу на екологію планети створених людьми енергетичних систем, чи то гідроелектростанції, атомна енергетика чи сонячні батареї навряд чи коли-небудь втратить свою актуальність.

До основних видів енергії, що використовуються людством, належать: теплова, хімічна, промениста (енергія світла), гравітаційна, кінетична, електрична, ядерна.

Запаси джерел цієї енергії можна умовно розділити на обмежені (невідновлювані) та відновлювані.

До основних невідновлюваних джерел енергії належать: деревина, вугілля, нафта, газ, хімічні елементи, що є джерелами радіоактивного випромінювання.

Ще у ХХ столітті стало зрозуміло, що запаси нафти, газу та вугілля скорочуються швидкими темпами. Деякі вчені вже намагаються точно розрахувати, коли це станеться. Як реальне джерело енергії в найближчому майбутньому залишаються процеси ядерного розпаду, що лежать в основі атомної енергетики, де джерелам найближчим часом виснаження не загрожує. На жаль, сучасний рівень досягнення ядерної фізики та розвитку технологій поки що не можуть гарантувати повну безпеку подібних процесів.

Згідно даних у 1800 року, до промислової революції, світове споживання енергії становило 305 мільйон тон нафтового еквівалента (Мтне), тільки комерційна енергія, 97% цієї енергії припадало на використання біомаси (зокрема, деревини), 3% – вугілля, більшість цього палива стала паливом початку ХХ століття через величезну потребу в парових машинах.

У 2018 році кінцеве споживання енергії у світі склало 9938 Мтне проти 4660 Мтне у 1973 році, що на 113% більше, ніж за 45 років.

Сьогодні всі цивілізовані країни розвивають свою економіку на основі використання відновлюваних джерел енергії, які поступово витісняють старі електростанції з використанням викопного палива.

Історія розвитку відновлюваної енергетики починається з 2000-х років, коли було досить важко спрогнозувати ситуацію довкола відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) та їх здатності конкурувати з викопними видами палива. Тоді «сучасні» ВДЕ (вітер, сонце, гідроенергію, геотермальну енергію, біопаливо) називали «альтернативною енергією», які розглядалися як вузька, малоперспективна та дорога ніша. Однак протягом перших 10 років XXI ст. поступово почав підвищуватися інтерес до технологій відновлюваної енергетики з боку урядів, інвесторів і громадськості. Це призвело до переорієнтації вектора енергетичної політики в більшості країн світу і сприяло зростанню обсягів інвестицій у будівництво сонячних електричних станцій (СЕС), вітрових електричних станцій (ВЕС) та електростанцій, що працюють на біопаливі. Як результат, у 2010 році світ інвестував \$238 млрд. у нові генеруючі потужності ВДЕ. Однак на початку XXI ст. існувала велика невизначеність стосовно подальшої долі ВДЕ.

У грудні 2015 року в рамках кліматичного саміту у Парижі 192-ма країнами була ухвалена нова глобальна кліматична угода, яка замінила Кіотський протокол та метою якої стало стримування процесів глобального потепління. Країни-учасниці домовилися про недопущення підвищення середньої температури більше, ніж на 2 градуси. Першочерговим завданням країн світу є саме розвиток відновлювальної енергетики, оскільки вона є екологічно чистим невичерпним джерелом енергії. У 2020 році «зеленої» енергетики в ЄС вперше стало більше, ніж «викопної». Таке стрімке зростання можливе завдяки державним програмам відмови від викопного палива та підтримки зеленої генерації. До прикладу, Іспанія передбачила 215 мільйонів доларів в державному бюджеті на проекти з відновлюваної енергетики, а Португалія виділила 10 мільйонів євро на субсидії фермерам, що хочуть встановити СЕС. Міжнародне енергетичне агентство зазначає, що у 2021 році встановлений історичний рекорд по введенню потужностей ВДЕ. Агентство прогнозує, що протягом найближчих п'яти років відновлювана енергетика виросте більш ніж на 60%.

В Україні відновлювані джерела енергії (ВДЕ) після стрімкого запуску вже другий рік переживають кризу. На тлі невизначеності навколо зеленого тарифу та наслідків коронавірусної кризи 2021 рік не можна назвати вдалим для ВДЕ України. Нові механізми підтримки зеленої енергетики, які мали прийти на заміну зеленому тарифу, такі, як, зелені аукціони та Net Metering, досі в процесі розробки. Однак, поки держава зволікає, економічні чинники вносять свої корективи. Тому, навіть попри відсутність державної підтримки, ВДЕ є конкурентоздатними та продовжують зростати.

Потенціал «зеленого» фінансування в Україні, за оцінками IFC, може сягнути 70 млрд. євро до 2030 року. Лише за останні 5 років залучено 6,7 млрд. євро інвестицій в український ринок енергоефективності та «зелених» проектів.

В Україні ринок росте головним чином за рахунок домашніх та комерційних сонячних електростанцій (СЕС) під власне споживання. Навіть в умовах українського клімату і короткого світлового дня взимку невеликі СЕС потужністю 3-5 кВт забезпечують домогосподарствам відчутну економію.

Економічно ВДЕ вже давно є конкурентоздатними. Все більше громадян і бізнесів не покладаються на регульовані державою монополії та зменшують витрати завдяки власній генерації. Однак ринок розвивається не так швидко, як міг би. Причини цьому – недосконале законодавство, відсутність механізмів підтримки та зручних програм кредитування, а також невиконання державою зобов'язань перед виробниками у секторі ВДЕ.

Одним із факторів, які стримують ріст відновлюваної енергетики, є перехресне субсидування – штучне заниження цін на електроенергію для населення. Така політика призводить до деградації ринку електроенергії та прирікає його на накопичення внутрішніх боргів.

Вважається, що потенціал ВДЕ здатен забезпечити достатнє та надійне електропостачання у всьому світі до 2050 року. Це доводять результати моделювання Технологічного університету Лапенранта (Фінляндія). Така перспектива спонукає державних та приватних інвесторів мобілізувати мільярди доларів на вдосконалення технологій відновлюваної енергетики. Особлива увага приділяється технологіям довготривалого зберігання електроенергії з відновлюваних джерел, таким як зелений водень та системи накопичення.

За даними міжнародного аналітичного центру EMBER, українська теплова генерація відповідальна за більшість шкідливих викидів у повітря у Європі. Токсичні речовини, такі як, зольний пил, двоокис сірки та оксиди азоту пов'язують з тисячами смертей в Україні та Європейському Союзі.

Відновлювана енергетика – це безумовний світовий тренд найближчих десятиліть. Окремим споживачам, власникам домогосподарств та бізнесів, вона дозволяє здобути енергетичну незалежність та суттєво зменшити витрати на електроенергію, що постійно зростає в ціні.

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

*1. Відновлювані джерела енергії / За заг. ред. С. О. Кудрі. Київ : Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2020. 392 с.*

*2. Ринок ВДЕ. Підсумки року та перспективи 2022. Режим доступу - <https://biz.nv.ua/ukr/markets/vidnovlyuvana-energetika-v-ukrajini-pidsumki-roku-ta-prognozi-2022-vde-50203541.html>*

## **АЛЬТЕРНАТИВНІ МЕТОДИ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ПИТНОЇ ВОДИ**

Знезараження води в процесі водопідготовки для господарсько-питних цілей проводять із метою знищення можливих патогенних бактерій та вірусів на кінцевій стадії обробки та покращення санітарно-екологічного стану споруд на попередньому етапі очищення.

В якості знезаражувальних агентів використовують хлор, або його сполуки: діоксид хлору, гіпохлорити натрію і кальцію та інші, недоліком яких є знижена інактивуюча здатність по відношенню до спороутворюючих кишкових бактерій та вірусів, здатність вступати в реакцію з органічними речовинами та утворювати побічні, токсичні для людини речовини. Небезпека ситуації посилюється тим, що у зв'язку з практично повсюдним антропогенним забрудненням води, як у поверхневих, так і в підземних джерелах водопостачання, достатню дозу хлору при знезараженні доводиться збільшувати, а це, крім утворення токсичних хлорорганічних сполук, погіршує смак і запах води. Необхідно також враховувати той факт, що перевезення на значні відстані та постійне зберігання великих кількостей рідкого хлору є джерелом екологічної небезпеки для прилеглих населених пунктів [1].

Позитивною властивістю хлору є його тривалий бактерицидний вплив на очищену воду у водоводах та розподільчій мережі.

Рідкий хлор, що дає прийнятні результати по збереженню мікробіологічної якості питної води при її транспортуванні водопровідними мережами, в той же час має серйозні недоліки як знезаражувальний агент на стадії виробництва питної води.

Він неефективний проти вірусів, спороутворюючих бактерій.

Гіпохлорит натрію має такий же механізм знезараження та взаємодії з органікою у водній середі, як і газоподібний хлор. Разом з тим виробництво гіпохлориту натрію на місці споживання, не кажучи вже про використання товарного реагенту, який привозять, є набагато небезпечнішою технологією знезаражування в порівнянні із застосуванням рідкого хлору.

Недоліком гіпохлоритного методу є обмеження максимальної потужності водоочисних споруд кількома десятками тис. куб. м на добу з позицій техніко-економічної доцільності.

Діоксид хлору ( $ClO_2$ ) – містить 90-95% активного хлору, є ефективним дезінфікуючим засобом, має наступні переваги перед хлором:

- більш високий бактерицидний та віруліцидний ефект;
- відсутність у продуктах обробки хлорорганічних сполук;

- високий рівень окислення (до утворення  $CO_2$ );
- відсутність необхідності перевезення на великі відстані, оскільки його виготовляють на місці.

Діоксид хлору має більш тривалу в часі бактерицидну дію (9-20 діб) ніж хлор, незалежний від температури, *pH* органічних речовин, включаючи гумінові речовини, і амонійний азот у воді.

Сучасні традиційні альтернативні методи знезараження – УФ-випромінювання та озонування – відрізняються більш високою ефективністю щодо інактивації спороутворюючих бактерій та ентеровірусів, а також відсутністю побічних хлорорганічних продуктів, але не мають консервуючого ефекту хлору.

Метод знезараження води УФ випромінюванням має ряд переваг перед іншими методами знезараження:

- УФ випромінювання летальне для більшості водних бактерій, вірусів, спор та протозоа. УФ випромінювання інактивує навіть ті віруси, які не піддаються дії хлору.
- УФ випромінювання не впливає на органолептичні властивості води.
- Час знезараження при УФ випромінюванні складає 1-10 секунд у проточному режимі, тому відсутня необхідність у створенні контактних місткостей.
- Процес УФ знезаражування може бути легко автоматизований.
- Немає проблем корозії технологічного устаткування.

Як альтернативний хлоруванню метод знезараження стічних вод пропонується застосування електроімпульсної технології, що полягає в дії на оброблювану воду високовольтним електричним розрядом. Технологія забезпечена вітчизняними розробками і комплектуючим устаткуванням, екологічно чиста і не вимагає застосування реагентів.

Суть електроімпульсної технології знезараження полягає у її дії на оброблювану воду високовольтним електричним розрядом, що спричиняє руйнування клітин мікроорганізмів (бактерій, вірусів) у першу чергу за рахунок ударної хвилі, що генерується у воді. Апаратурне оформлення електроімпульсної технології складається з трансформатора, випрямляча, струмообмежуючого елемента, накопичувача місткості електроенергії, розрядника-загострювача і електродів, розташованих в ємності, наповненою водою.

У практиці знезараження питної води певне поширення набув метод озонування [2].

Озонування води дозволяє суттєво покращити якість води та вирішити безліч проблем, які виникають при хлоруванні. Основними перевагами озону в порівнянні з іншими окислювачами, що використовуються для водопідготовки, є: озон більш сильніший окислювач, ніж хлор – одночасно із знезараженням видаляє й інші забруднення води (забарвленість, запах,

присмак, залізо, марганець, феноли, нафтопродукти, ПАР та ін.). Метод озонування, на відміну від хлорування, технічно складніший і для його реалізації необхідне виконання ряду послідовних технологічних операцій, таких як: очищення повітря, його охолодження та сушіння, змішування озono-повітряної суміші з водою, яка обробляється, відведення та деструкція залишкової озono-повітряної суміші, виведення їх у атмосферу.

Ультразвук у воді, яка обробляється, знищує не тільки бактерії, а й інші організми, такі як: личинки комах, молюски, планктони, дрібні риби, жаби; а також руйнує різні колоїдні та складні органічні речовини.

До суттєвих недоліків даного методу належать:

- висока вартість установок та велика витрата електроенергії;
- необхідність проведення попереднього прояснення води перед обробкою ультразвуком, а також неможливість проведення постійного контролю за якістю знезараження.

Також на підставі виконаних досліджень можна зробити висновок щодо можливості поліпшення бактеріологічних показників прояснення води при використанні модифікованого розчину сульфату алюмінію [3].

Аналіз дослідних даних показує, що якість очищення води за бактеріологічними показниками при використанні модифікованого розчину коагулянту значно вища, ніж при обробці води звичайним розчином коагулянту, тому як зниження мікробного числа під час використання звичайного розчину коагулянту становить в середньому 12,1-14,1%; а при використанні модифікованого розчину коагулянту 17,4-18,4%. Аналогічне явище спостерігається при аналізі показників coli-index: звичайний розчин коагулянту – 15,2-16,2%, модифікований розчин коагулянту – 20,09-24,3%.

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

1. Кульський Л. А. *Теоретические основы и технология кондиционирования воды*. К. : Наукова думка, 1983. 528 с.

2. Душкин С. С., Коваленко А. Н., Дегтярь М. В., Шевченко Т. А. *Ресурсосберегающие технологии очистки сточных вод*. Харьков : ХНАГХ, 2011. 146 с.

3. Dushkin S., Martynov S., Dushkin S. *Intensification of the work of contact clarifiers of drinking water preparation // Journal of Water and Land Developer. Nom. 41 (IV–VI), 2019. P. 55–60.*

*Єлісєєв В. Н., к. т. н., доцент, Демків А. М., Власенко Є. А.  
Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного  
захисту. м. Київ. Україна*

## **ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТЕРИТОРІЙ: ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ ІЗ УРАХУВАННЯМ ЕФЕКТУ НАКОПИЧЕННЯ ЗБИТКІВ У СУЧАСНИХ УМОВАХ**

Неодмінною умовою успішного функціонування системи захисту населення і територій держави є побудова ефективної стратегії управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій та її реалізація з метою підвищення готовності та ефективності функціонування єдиної державної системи цивільного захисту.

Питання безпеки держави в цілому, безпеки у надзвичайних ситуаціях (НС) зокрема та управління цією безпекою останнім часом розглядається як стратегічне завдання держави. У Кодексі цивільного захисту України визначено [1], що цивільний захист є функція держави щодо захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій шляхом запобігання таким ситуаціям, ліквідації їх наслідків у мирний час та в особливий період та здійснюється за принципом максимально можливого, економічно обгрунтованого зменшення ризику виникнення НС. Проблемним питанням є наукове обгрунтування механізму оцінки ризиків виникнення НС. В сучасних умовах бойових дій виникає необхідність урахування ефекту накопичення збитків.

**Аналіз останніх досліджень.** У науковій літературі за останній час з'явилася значна кількість наукових досліджень рішення проблеми управління ризиками різних сфер діяльності. Значна увага надається дослідженням оцінки ризиків у сфері безпеки життєдіяльності [3,4,5].

Так у роботах [3] управління ризиками надзвичайних ситуацій розглядається як процес прийняття рішень і здійснення заходів, спрямованих на забезпечення мінімально можливого (припустимого) ризику або як сукупність методів, прийомів і заходів, що дозволяють певною мірою прогнозувати настання ризикових подій і вживати заходів до їхнього зменшення [4,5], але питання урахування ефекту накопичення збитків не розглядаються.

**Постановка завдання.** В законі України «Про основні засади державного нагляду (контролю) у сфері господарської діяльності» [2] ризик визначено як кількісна міра небезпеки, що враховує ймовірність виникнення негативних наслідків від здійснення господарської діяльності та можливий розмір втрат від них. Це можна представити формулою:

$$R_{HC} = P_{HC} * W_{HC}, \quad (1)$$

де  $R_{HC}$  – ризик виникнення НС;  
 $P_{HC}$  – ймовірність виникнення НС;  
 $W_{HC}$  – втрати від НС.

При аналізі та оцінці безпеки людини доцільно розглядати її з точки зору життєдіяльності у природно-техногенно-соціальной системі. При цьому дуже важливо розглядати комплексні ризики, які включають різноманітні фактори, що діють у різних часових та просторових масштабах, причому, як правило, ризики мають ефект накопичення збитків під впливом декількох уражальних факторів.

Ці ризики в комплексі створюють у цілому ризик для життєдіяльності населення у державі. Тому необхідним є визначення кількісних показників цих ризиків і на їх основі обґрунтування та розробки заходів із запобігання надзвичайних ситуацій (НС), зокрема надзвичайних екологічних ситуацій (НЕС), зменшення втрат та збитків від них.

Тому завданням цієї статті ми ставимо розробку варіанту математичного апарату розрахунку ризиків надзвичайних екологічних ситуацій з урахуванням ефекту накопичення збитків.

**Виклад основного матеріалу.** Задача прогнозування екологічних ризиків є складною науковою задачею, тобто ризики НЕС, ймовірності виникнення НЕС, а також пов'язані з цією НЕС збитки знаходяться у складному взаємозв'язку з елементами тієї складної системи, для якої вони розраховуються.

На цей час у літературі як базові критерії ризиків при виникненні НЕС приймаються ризики загибелі людей за одиницю часу, або економічні ризики – економічні збитки за одиницю часу (як правило за рік).

При розрахунку ймовірності виникнення НЕС методами теорії ймовірностей приймемо позначення ймовірностей  $P_{Hec}(t)$  – ймовірність виникнення НЕС за період часу  $t$ ,  $P_H(t)$  – ймовірність не виникнення НЕС за  $t$  та нормуючу умову  $P_{Hec}(t) + P_H(t) = 1$ . Для спрощення проведення розрахунків та написання формул приймемо стаціонарний режим функціонування, тобто  $t \rightarrow \infty$ ,  $P_{Hec}(t) \rightarrow P_{Hec}$ .

Основна складність та трудомісткість прогнозування ризиків полягає у визначенні ймовірності виникнення НЕС, особливо коли ця ймовірність залежить від кількох факторів і з початком руйнівних процесів ця ймовірність збільшується з урахування впливу цих факторів, із так званім ефектом накопичення збитків.

На початку розглянемо методику розрахунку ймовірності виникнення НЕС з урахуванням двох екологічних факторів, кожний із яких може призвести до НЕС з ймовірностями:

$$P^1_{Hec} = P^1_o + P^1_m + P^1_p + P^1_d; \quad (2)$$



$$P_{\text{нес}}^2 = P_o^2 + P_m^2 + P_p^2 + P_d^2,$$

де – індекси о, м, р, д (о – НЕС об'єктового рівня, м – НЕС місцевого рівня, р – НЕС регіонального рівня, д – НЕС державного рівня).

Запишемо повну сумісну ймовірність виникнення НЕС від двох факторів  $P_{\text{нес}}^{(2)}$  з ефектом накопичення збитків у загальному вигляді:

$$P_{\text{нес}}^{(2)} = 1 - (1 - P_{\text{нес}}^1) (1 - P_{\text{нес}}^2) = P_{\text{нес}}^1 + P_{\text{нес}}^2 - P_{\text{нес}}^1 P_{\text{нес}}^2 \quad (3)$$

Нормуючими умовами для ймовірностей  $P_{\text{нес}}^1$  та  $P_{\text{нес}}^2$  є:

$$\begin{aligned} P_{\text{н}}^1 + P_{\text{о}}^1 + P_{\text{м}}^1 + P_{\text{р}}^1 + P_{\text{д}}^1 &= 1; \\ P_{\text{н}}^2 + P_{\text{о}}^2 + P_{\text{м}}^2 + P_{\text{р}}^2 + P_{\text{д}}^2 &= 1, \end{aligned} \quad (4)$$

де  $P_{\text{н}}^1, P_{\text{н}}^2$  – ймовірності не виникнення НЕС від першого та другого факторів.

Для рішення задачі визначення ймовірностей заповнимо матрицю сумісних ймовірностей виникнення НЕС (табл.1).

Таблиця 1

$P_{\text{н}}^1$	$P_{\text{о}}^1$	$P_{\text{м}}^1$	$P_{\text{р}}^1$	$P_{\text{д}}^1$
$P_{\text{н}}^2$	$P_{\text{о}}^2$	$P_{\text{м}}^2$	$P_{\text{р}}^2$	$P_{\text{д}}^2$
$P_{\text{н}}^1 P_{\text{н}}^2$	$P_{\text{о}}^1 P_{\text{о}}^2$	$P_{\text{м}}^1 P_{\text{м}}^2$	$P_{\text{р}}^1 P_{\text{р}}^2$	$P_{\text{д}}^1 P_{\text{д}}^2$
$P_{\text{н}}^1 P_{\text{о}}^2$	$P_{\text{о}}^1 P_{\text{о}}^2$	$P_{\text{м}}^1 P_{\text{р}}^2$	$P_{\text{р}}^1 P_{\text{о}}^2$	$P_{\text{д}}^1 P_{\text{о}}^2$
$P_{\text{н}}^1 P_{\text{м}}^2$	$P_{\text{о}}^1 P_{\text{м}}^2$	$P_{\text{м}}^1 P_{\text{м}}^2$	$P_{\text{р}}^1 P_{\text{м}}^2$	$P_{\text{д}}^1 P_{\text{м}}^2$
$P_{\text{н}}^1 P_{\text{р}}^2$	$P_{\text{о}}^1 P_{\text{р}}^2$	$P_{\text{м}}^1 P_{\text{р}}^2$	$P_{\text{р}}^1 P_{\text{р}}^2$	$P_{\text{д}}^1 P_{\text{р}}^2$
$P_{\text{н}}^1 P_{\text{д}}^2$	$P_{\text{о}}^1 P_{\text{д}}^2$	$P_{\text{м}}^1 P_{\text{д}}^2$	$P_{\text{р}}^1 P_{\text{д}}^2$	$P_{\text{д}}^1 P_{\text{д}}^2$

Визначимо шукані величини ймовірностей як суми парних добутків матриці по строкам та колонкам:

$$\begin{aligned} P_{\text{н}}^{(2)} &= P_{\text{н}}^1 P_{\text{н}}^2 \\ P_{\text{о}}^{(2)} &= P_{\text{н}}^1 P_{\text{о}}^2 + P_{\text{о}}^1 P_{\text{н}}^2 + P_{\text{о}}^1 P_{\text{о}}^2 \\ P_{\text{м}}^{(2)} &= P_{\text{н}}^1 P_{\text{м}}^2 + P_{\text{о}}^1 P_{\text{м}}^2 + P_{\text{м}}^1 P_{\text{н}}^2 + P_{\text{м}}^1 P_{\text{о}}^2 + P_{\text{м}}^1 P_{\text{м}}^2 \\ P_{\text{р}}^{(2)} &= P_{\text{н}}^1 P_{\text{р}}^2 + P_{\text{о}}^1 P_{\text{р}}^2 + P_{\text{м}}^1 P_{\text{р}}^2 + P_{\text{р}}^1 P_{\text{н}}^2 + P_{\text{р}}^1 P_{\text{о}}^2 + P_{\text{р}}^1 P_{\text{м}}^2 + P_{\text{р}}^1 P_{\text{р}}^2 \\ P_{\text{д}}^{(2)} &= P_{\text{н}}^1 P_{\text{д}}^2 + P_{\text{о}}^1 P_{\text{д}}^2 + P_{\text{м}}^1 P_{\text{д}}^2 + P_{\text{р}}^1 P_{\text{д}}^2 + P_{\text{д}}^1 P_{\text{н}}^2 + P_{\text{д}}^1 P_{\text{о}}^2 + P_{\text{д}}^1 P_{\text{м}}^2 + P_{\text{д}}^1 P_{\text{р}}^2 + P_{\text{д}}^1 P_{\text{д}}^2 \end{aligned} \quad (5)$$

Запишемо повну сумісну ймовірність виникнення НЕС від двох факторів  $P_{\text{нес}}^{(2)}$

$$P_{\text{нес}}^{(2)} = P_{\text{о}}^{(2)} + P_{\text{м}}^{(2)} + P_{\text{р}}^{(2)} + P_{\text{д}}^{(2)} \quad (6)$$

Використовуючи ці залежності методом послідовного розрахунку наступної пари факторів, розраховуємо сумісну ймовірність виникнення НЕС від n факторів.

$$P_{\text{нес}}^{(n)} = P_{\text{о}}^{(n)} + P_{\text{м}}^{(n)} + P_{\text{р}}^{(n)} + P_{\text{д}}^{(n)} \quad (7)$$

Причому при кожному наступному розрахунку ймовірності виникнення НЕС ймовірність  $P^{(n)}_д$ , ймовірність найгіршого випадку НЕС, буде збільшуватися. Тобто збитки будуть накопичуватися.

Використовуючи наведений математичний апарат прогнозуванні ризиків НЕС, розрахував за формулою (7) ймовірність виникнення НЕС від  $n$  - факторів  $P^{(n)}_{НЕС}$  та визначивши втрати від наслідків НЕС  $W^{(n)}_{НЕС}$ , розраховуємо значення ризику НЕС.

$$R_{НЕС} = P^{(n)}_{НЕС} * W^{(n)}_{НЕС} \quad (8)$$

**Висновки.** Розроблена модель дозволяє кількісно спрогнозувати очікувані ризики надзвичайних екологічних ситуацій, матеріальні або фінансові втрати від них та спланувати організаційні, інженерно-технічні та санітарно гігієнічні заходи по зниженню рівня небезпеки.

Складність розрахунків визначає необхідність використання комп'ютерної техніки при реалізації цієї задачі. Тому подальшим напрямом наукових досліджень із даної проблематики вбачається розробка комп'ютерних програм розрахунку екологічних ризиків.

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

1. Закон України від 02.10.2012 р. №5403-VI «Кодекс цивільного захисту України». К., 2012.
2. Закон України від 5.04.2007 р. N877-V «Про основні засади державного нагляду (контролю) у сфері господарської діяльності».
3. Дикань С. А., Зима О. У. Безпека в галузі та надзвичайних ситуаціях [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://pidruchniki.com/86062/bzhd/bezpeka\\_v\\_galuzi\\_ta\\_nadzvichaynih\\_situatsiyah](https://pidruchniki.com/86062/bzhd/bezpeka_v_galuzi_ta_nadzvichaynih_situatsiyah)
4. Осін Р. А., Мезенцева О. М. Оцінка ризику виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру в регіональному вимірі [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://naukam.triada.in.ua/index.php/konferentsiji/45-p-yatnadtsyata-vseukrajinska-praktichno-piznavalna-internet-konferentsiya/302-otsinka-riziku-viniknennya-nadzvichajnikh-situatsij-tekhnogennogo-ta-prirodnogo-kharakteru-v-regionalnomu-vimiri>
5. Ткач С. М. Управління ризиками інвестиційної діяльності в регіоні: теоретичні основи та прикладні аспекти : монографія. Львів : ДУ «Інститут регіональних досліджень імені М. І. Долишнього НАН України», 2015. 234 с.

*Жук В. М., доц., Мальований М. С., проф., Тимчук І. С., доц.,  
Мисак І. В., Мисак П. В.*

*Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна*

## **ПРОБЛЕМИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДОЩОПРИЙМАЧІВ У ЗАГАЛЬНОСПЛАВНИХ СИСТЕМАХ ВОДОВІДВЕДЕННЯ**

Глобальні кліматичні зміни разом з інтенсивною урбанізацією територій є основними факторами, що спричиняють різке збільшення навантаження на системи водовідведення, від надійної роботи яких залежить як санітарний стан безпосередньо населеного пункту, так і стан прилеглих територій, у першу чергу – природних водойм, в які відбувається скид зворотних вод [1]. У центральних частинах більшості великих міст переважають загальносплавні каналізаційні мережі з відведенням по них суміші господарсько-побутових, виробничих і поверхневих стічних вод, що ускладнює регулювання стоку та загострює екологічні ризики для довкілля у випадку виникнення відповідних експлуатаційних проблем [4].

Важливим елементом поверхневого водовідведення є дощоприймачі, які є перехідною ланкою між відкритими потоками поверхневих стічних вод у лотках, кюветах чи каналах та потоками в трубопроводах закритої каналізаційної мережі. Під час сильних опадів все частіше спостерігається підтоплення урбанізованих територій, що обумовлюється як перевищенням пропускної здатності каналізаційних трубопроводів і колекторів, так і недостатньою кількістю дощоприймальних колодязів на прилеглий території або ж механічним забиттям дощоприймальних решіток листям, гіллям та іншим сміттям, замуленням дощоприймачів тощо (рис. 1).



**Рис. 1. Засмічені дощоприймачі [6]**

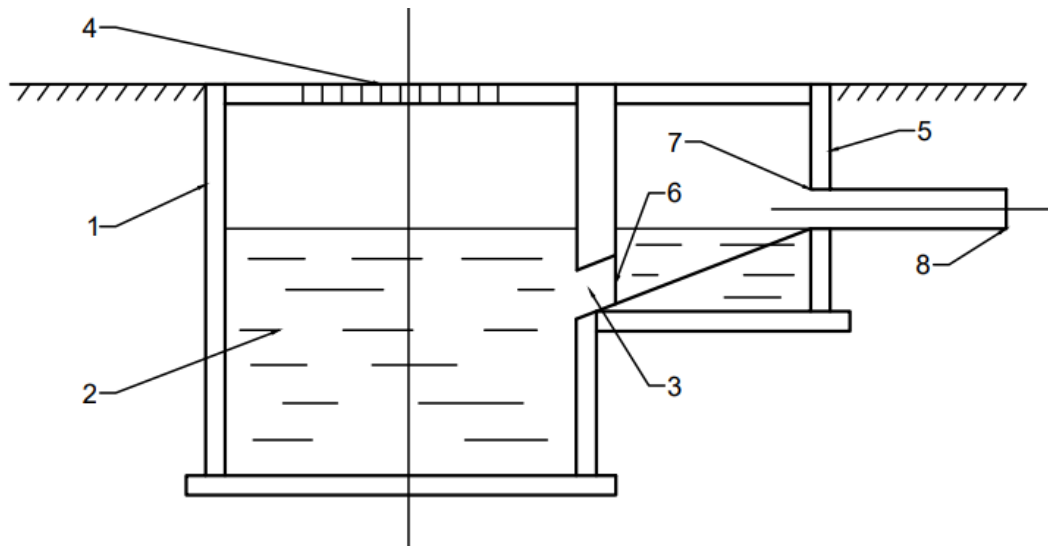
Відомою проблемою загальносплавних систем водовідведення є наявність у поверхневому стоці високого вмісту специфічних забруднювальних речовин, не властивих для господарсько-побутового стоку, зокрема, нафтопродуктів і важких металів, які є високотоксичними для процесів біологічного очищення стічних вод та переробки осадів на комунальних каналізаційних очисних спорудах [2]. Важливою особливістю є висока нерівномірність в часі як витрат поверхневого стоку, так і концентрації забруднень, пікове навантаження яких припадає на початковий період і характеризується як перший залповий скид [8]. Це робить особливо актуальним саме для загальносплавних мереж водовідведення як максимальне гідравлічне регулювання поверхневого стоку, так і його попереднє очищення від токсичних забруднювальних речовин ще до потрапляння стоку у загальносплавну мережу.

Іншою проблемою експлуатації дощоприймачів у загальносплавних системах водовідведення є потрапляння на забудовану територію крізь решітки дощоприймачів неприємного запаху каналізаційних газів. Найпростішим способом вирішення цієї проблеми є застосування дощоприймачів із спеціальними гідрозатворами, але влаштування гідрозатвору одночасно як знижує нормальну пропускну здатність дощоприймача, так і підвищує ризики його механічного забиття та ускладнює процес наступного очищення [6].

Мета роботи: дослідити проблематику експлуатації дощоприймачів у системах загальносплавного водовідведення, зокрема явище механічного забиття та замулення дощоприймачів, виділення крізь решітки дощоприймачів неприємного запаху каналізаційних газів, а також проаналізувати основні способи вирішення означених проблем.

Результати експериментального дослідження впливу механічного забиття на пропускну здатність дощоприймачів, виконаного в роботі [7], вказують на те, що глибина вхідного потоку суттєво зростає зі збільшенням ступеня засмічення решітки водоприймального елемента. Так, перекриття сміттям 50% площ отворів дощоприймачальних решіток спричиняє зростання глибини потоку до 70-72 мм, що на 32-36% більше, ніж відповідна глибина 53 мм для незасміченого дощоприймача. З іншого боку, було показано, що при однакових напорах ступінь засмічення решітки 25% зумовлює зниження пропускну здатності дощоприймача порівняно із незасміченим на 27%, тоді як 50% – не засмічення призводить до зниження пропускну здатності вже на 39-45%.

Для вирішення проблем замулення та неприємного запаху продовжується активний пошук нових ефективних конструкцій дощоприймачів. Базовим вирішенням є влаштування у дощоприймачі осадової частини та гідравлічного затвору, що можна реалізувати, наприклад, з використанням додаткового проміжного колодезя (рис. 2, [3]).



**Рис. 2. Дощоприймач з додатковим колодязем [3]:**

1 – колодязь; 2 – осадова частина; 3 – відвідна труба; 4 – решітка;  
5 – додатковий колодязь, 6, 7 – відповідно вхідний та вихідний отвори  
додаткового колодязя; 8 – відвідна труба

Таке базове рішення забезпечує приймання поверхневих стічних вод, їх часткове очищення від грубодисперсних забруднень, а також недопущення потрапляння каналізаційних газів із загальносплавної водовідвідної мережі у дощоприймальний колодязь. Разом із тим, необхідність влаштування додаткового колодязя практично вдвічі збільшує матеріаломісткість та вартість цього дощоприймального колодязя, вимагає наявності відповідної вільної земельної площі, що в умовах щільної міської забудови часто є неможливим.

Авторами розроблено компактну конструкцію дощоприймача, без необхідності влаштування додаткового проміжного колодязя. Функцію гідрозатвору у пропонуваній конструкції виконує прямий рівнопрохідний трійник, встановлений на виході з дощоприймального колодязя вище рівня осадової частини. Вертикальний висхідний потік на вході в трійник дозволяє підвищити ефективність попереднього механічного очищення поверхневого стоку від крупних механічних забруднень, а верхній розтрубний отвір трійника герметично закривається заглушкою, що разом із гідрозатвором у нижній частині забезпечують ізоляцію камери дощоприймача від потрапляння каналізаційних газів із загальносплавного колектора. Малі габаритні розміри трійника порівняно з розмірами дощоприймального колодязя не створюють перешкод для видалення осаду, затриманого в осадовій частині. Разом із тим, відкритим залишається питання щодо гідравлічної пропускної здатності запропонованої конструкції дощоприймача, що потребує виконання відповідних експериментальних досліджень.

Для можливості натурального експериментального дослідження дощоприймачів різних типів на кафедрі «Гідротехніки та водної інженерії» Національного університету «Львівська політехніка» сконструйовано та змонтовано дослідний стенд для дослідження пропускної здатності водоприймальних елементів, що відповідає вимогам європейського стандарту EN 1253-2:20003 [5].

Резервуар дослідної установки висотою 1100 мм у плані має форму правильного шестикутника з довжиною сторони 635 мм та поздовжнім габаритним розміром у напрямі відвідного трубопроводу 1100 мм. Розміри дослідного резервуара, відповідне насосне та контрольно-вимірювальне обладнання дозволяють виконувати експериментальні дослідження водоприймальних елементів довільної конструкції з умовним діаметром до 200 мм включно, що відповідає мінімальному діаметру відвідного трубопроводу дощоприймачів згідно з вимогою ДБН В.2.5-75:2013 «Каналізація. Зовнішні мережі та споруди».

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

1. Жук В. М., Мальований М. С., Мисак І. В., Тимчук І. С., Мушалла Д., Маркус П. 2021. Часова та просторова нерівномірність випадання дощів при моделюванні поверхневого стоку з урбанізованих територій. *Науковий вісник НЛТУ України*, 31(5), 67–73.

2. Жук В. М., Павлишин В. Г. Використання нафтовловлювачів для очищення поверхневого стоку. *Вісник Нац. ун-ту «Львівська політехніка» «Теорія і практика будівництва»*. 2011, № 697, 104–110.

3. Спосіб приймання поверхневих вод і пристрій для його виконання: пат. №70828, E03F 1/00, опубл. 15.10.2004.

4. Ткачук С. Г., Жук В. М. Регулювання дощового стоку в системах водовідведення: монографія. Львів: Видавництво Львівської політехніки. 2012, 216 с.

5. EN 1253-2:2003. *Gullies for buildings. Test methods*. 24 p.

6. Guo J. C., MacKenzie K. *Hydraulic efficiency of grate and curb-opening inlets under clogging effect (Report No. CDOT-2012-3)*. Colorado. DTD Applied Research and Innovation Branch. 2012, 92 p.

7. Hao X., Mu J., Shi H. *Experimental study on the inlet discharge capacity under different clogging conditions*. *Water*. 2021, 13(6), 826. <https://doi.org/10.3390/w13060826>.

8. Malovanyy M., Zhuk V., Tymchuk I., Mysak I., Pichler M., Muschalla D. *Methods of hydrological and hydraulic modelling of the first flush of stormwater runoff from urban catchments: the analysis of Ukraine experience*. In: *Water Supply and Wastewater Disposal. Designing, Construction, Operation and Monitoring IV*. Ed. B. Kowalska, D. Kowalski. Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej. 2022, 150–167.

*Жуков К. Л., Беляєв Г. В., к. т. н., Беляєва І. П., к. т. н., Кремньов В. О.,  
Корбут Н. С., Стецюк В. Г., Тимощенко А. В., д. т. н.  
Інститут технічної теплофізики НАН України, Київ, Україна*

## **ЗАСТОСУВАННЯ ТВЕРДИХ ВІДХОДІВ БІОЛОГІЧНОГО ПОХОДЖЕННЯ ХАРАКТЕРНИХ ДЛЯ УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ У ВИРОБНИЦТВІ БІОДОБРІВ ЯК ФАКТОР ПОЛІПШЕННЯ ЕКОЛОГІЇ І СОЦІАЛЬНОГО СТАНОВИЩА**

*Анотація.* Розглядаються наслідки переспрямування твердих вологих відходів у полідисперсному стані на виробництво добрив замість транспортування на сміттеспалювальні заводи.

*Ключові слова:* сміттеспалювальний завод, опале листя, біодобрива, недопал.

Вашій увазі пропонується чергова (п'ята) доповідь циклу доповідей поєднаних загальною темою «Системна інтенсифікація тепло- і біотехнологічних багатостадійних процесів при утилізації ресурсоцінних відходів лісівництва, агропрому, торгівлі, громадського харчування та соціальної сфери для виробництва палива, теплової та електричної енергії, добрив, кормів та фармацевтичних напівфабрикатів» [1, 2].

Попередні доповіді циклу були присвячені наступним питанням, які відображені у їх назвах.

1. Широко розповсюджені місцеві ресурсоцінні відходи біологічного походження і їх утилізація, як фактор сталого розвитку території.

2. Вплив виробництва і використання місцевого альтернативного палива на основі неліквідних відновлюваних відходів лісівництва на розвиток об'єднаних територіальних громад.

3. Утилізація твердих відходів біологічного походження від діяльності юридичних осіб, як можливість значного зниження негативного впливу експлуатації полігонів (звалищ).

4. Заходи і ризики при утилізації відходів біологічного походження.

У попередніх доповідях ми розглядали вплив утилізації твердих ресурсоцінних відходів біологічного походження, що утворюються на урбанізованих територіях, замість їх спрямування на полігони (звалища) на глобальну і локальну екологію та соціальне становище в урбанізованих населених пунктах і решті території, підпорядкованій об'єднаній територіальній громаді.

Але крім полігонів тверді відходи урбанізованих територій можуть потрапляти, також, на сміттеспалювальні заводи. Тобто, ця частина відходів вже піддається утилізації з генерацією теплової енергії і формально знаходиться поза нашою увагою.

Зазначимо, що потрапляння на сміттєспалювальний завод вологих відходів біологічного походження значно погіршує, як екологічні, так і енергетичні показники його експлуатації. Це пояснюється наступними причинами.

Як відомо, горіння твердого палива, яким є тверді відходи, відбувається у тонкому граничному шарі над поверхнею твердих часток. Для цього необхідно виділення «летких» фракцій палива, що відбувається після досягнення ними температури газифікації ( $\geq 180^{\circ}\text{C}$  в залежності від біохімічних особливостей речовини). Якщо матеріал вологий його температура при сушінні у першому періоді не перевищує температури «вологого» термометра ( $40\div 50^{\circ}\text{C}$ ), тобто, газифікація починається лише після висушування поверхні часток і зростання її температури до рівня при якому починається газифікація (вихід «летких»). Створюється ситуація, при якій частка горить поблизу поверхні, де розташований висушений прошарок, а під цим прошарком тверда частка матеріалу залишається вологою і не бере участь у горінні. На поверхні частки утворюється шар золи, який перешкоджає подальшому досушуванню і, відповідно, горінню. В результаті має місце значний недопал.

Отже, при надходженні на сміттєспалювальний завод відходів із високою вологістю одночасно мають місце, як недопал, так і витрати теплової енергії на випаровування води і перегрівання водяної пари у складі димових газів. Таким чином, корисна (цільова) теплогенерація значно зменшується. Одночасно зростає негативний вплив димових газів на довкілля через погіршення їх складу.

Такі явища особливо помітні під час сезону споживання баштанних продуктів (динь, кавунів) через потрапляння на сміттєспалювальний завод вологих твердих побутових відходів (сміття).

Таким чином, переспрямування юридичними особами вологих відходів біологічного походження (з вологістю більше 25%) з сміттєспалювального заводу на інші напрями утилізації не тільки не призведе до зниження цільової теплогенерації, а і сприятиме поліпшенню екологічного становища на території наближеної до сміттєспалювального заводу.

Переспрямування «повітряно сухих» відходів буде супроводжуватись зниженням теплової продуктивності сміттєспалювального заводу, що необхідно брати до уваги при техніко-економічному обґрунтуванні нового напрямку утилізації «повітряно сухих» відходів.

Взагалі ставлення до сміттєспалювальних заводів, як технологічної системи зниження твердих відходів, у світі є неоднозначним. На сьогодні є доведеним на практиці, що комерційно доступні заводи останнього покоління, які експлуатуються у розвинених країнах, можливо розташовувати навіть у центрі сучасного міста без будь-яких неприємних запахів і з забезпеченням складу димових газів, який відповідає найсуворішим вимогам.



Такі заводи успішно забезпечують тепlopостачання у централізованих системах і, можливо, мають перспективи у ряді випадків. Технічний рівень цих заводів є кардинально вищий ніж тих, що на сьогодні наявні в Україні, які екологічно недосконалі і викликають, як і полігони, соціальне напруження.

Щодо можливості спорудження сучасних сміттєспалювальних заводів, то, на наш погляд, капітальні витрати, необхідні для цього на сьогодні, ще завеликі для інвестиційних можливостей об'єднаних територіальних громад, але ми сподіваємось, що по мірі зростання їх добробуту в подальшому таке будівництво стане реальним.

Таким чином, на сьогодні переспрямування вологих твердих відходів із сміттєспалювального заводу на інші напрями утилізації в якості ресурсоцінної сировини слід вважати екологічно і соціально позитивним.

Авторами сумісно з «Київзеленбудом» на експериментальному майданчику, розташованому на території ІТТФ НАН України, проведені дослідно-промислові роботи з використанням опалого листя у якості сировини для виробництва добрив.

Результати були успішними і будуть у подальшому докладно висвітлені. На сьогодні важливим є сам факт позитивного відношення до переспрямування цих відходів із боку організації, яка їх здає на полігони і сміттєспалювальні заводи.

Отже, різноманітні тверді вологі відходи біологічного походження, які щорічно утворюються на урбанізованих територіях доцільно досліджувати щодо придатності для виробництва добрив і кормів.

### **Використані інформаційні джерела:**

1. Беляєв Г. В., Жуков К. Л., Корбут Н. С., Кремньов В. О., Стецюк В. Г. *Широкорозповсюджені місцеві ресурсоцінні відходи біологічного походження і їх утилізація, як фактор сталого розвитку територій // Відновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті : Доповідь на XXIII міжнародній науково-практичній конференції, 19–20 травня 2022 року*

2. Кремньов В. О., Беляєв Г. В., Жуков К. Л., Корбут Н. С., Стецюк В. Г. *Вплив виробництва і використання місцевого альтернативного палива на основі неліквідних відновлюваних відходів лісівництва на розвиток об'єднаних територіальних громад // Відновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті Доповідь на XXIII міжнародній науково-практичній конференції, 19–20 травня 2022 року.*

<sup>1</sup>Зав'ялова Л. В., к. б. н., <sup>2</sup>Коломійчук В. П., д. б. н., <sup>1</sup>Кучер О. О., к. б. н.,

<sup>3</sup>Протопопова В. В., д. б. н., <sup>1</sup>Шевера М. В., к. б. н.

<sup>1</sup>Інститут ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України, м. Київ, Україна,

<sup>2</sup>Ботанічний сад ім. акад. О. В. Фоміна Київського національного  
університету імені Тараса Шевченка, м. Київ, Україна,

<sup>3</sup>Закарпатський угорський інститут імені Ференца Ракоці ІІ,  
м. Берегово, Україна

## ОЦІНКА ЗАГРОЗИ СПАЛАХУ ФІТОІНВАЗІЙ ВНАСЛІДОК ВІЙНИ

Одним із аспектів впливу війни є порушення функціонування усіх систем життєзабезпечення, складу і структури компонентів біосфери, стану природних ресурсів, темпів їхнього відтворення тощо. Безпосереднього впливу зазнають кліматичні системи, оскільки воєнні дії супроводжують значні викиди в повітря шкідливих речовин під час застосування зброї масового ураження та військової техніки, внаслідок пожеж і техногенних катастроф, зумовлених руйнуванням промислових підприємств і об'єктів інфраструктури, сховищ паливно-мастильних матеріалів, складів добрив тощо. Прямих втрат на території бойових дій через руйнування рослинного покриву, або високий ступінь його перетворення, зазнають і природні екосистеми. Це унеможливує чи ускладнює надання ними екосистемних послуг, а також призводить до суттєвого збільшення площі антропогенно-трансформованих земель.

Для запобігання негативних наслідків воєнних дій було ухвалено низку документів (1976 р., Конвенція про заборону військового або будь-якого іншого ворожого використання засобів впливу на природне середовище; 1977 р., Протокол I поправок до Женевських конвенцій), що забороняють використання методів модифікації довкілля як засобу ведення війни та засобів, які можуть завдати серйозної шкоди природі. Відповідно антропогенна трансформація навколишнього середовища внаслідок війни вже набула загрозливих масштабів у світовому вимірі. Високий ступінь перетворення ландшафтів унаслідок воєнних дій є сприятливою передумовою утворення нових рослинних угруповань. Здебільшого на нових трансформованих субстратах виникають рудеральні ценози, сформовані як апофітами, так і адвентивними рослинами. При цьому відсоткова та центична участь адвентивних рослин вагоміша. Серед видів адвентивних рослин найбільшу загрозу становлять інвазійні, які є небезпечними для природних екосистем не лише на сучасному етапі їх розвитку, а й у майбутньому.

Із історії воєн відомо, що деякі види адвентивних рослин «супроводжували» армії; їхнє занесення та подальше розповсюдження безпосередньо пов'язані зі шляхами пересування військ та техніки, розташуванням різноманітних об'єктів військової інфраструктури, а також переміщенням великої кількості внутрішніх і зовнішніх переселенців. У літературі ця група рослин відома як «облогова флора» або види-полемохори. Вважають, що з місць природного поширення у нові регіони під час монголо-татарської навали на Русь розповсюдилися *Acorus calamus* L. і *Xanthium strumarium* L. Римські легіонери занесли *Sherardia arvensis* L. до Німеччини. У 1807 р. *Galinsoga parviflora* Cav. потрапила разом з французькими військами до Східної Пруссії. У 1863 р. з турецьким військом до Австрії занесено *Euclidium syriacum* (L.) R.Br. За кримської кампанії 1850-х років до м. Севастополя потрапив *Rumex bucephalophorus* L. Під час Другої світової війни в Україну (портові міста Миколаїв і Бердянськ, а також околиці м. Слов'яносербська, де стояли обози) з фуражем для коней була занесена *Grindelia squarrosa* (Pursh.) Dunal, також зафіксовано і спалах поширення *Ambrosia artemisiifolia* L. На місці німецьких казарм та стайні у Норвегії виявлено *Centaurea phrygia* L. Більш детально вивчаючи історію воєнних кампаній у світі можна знайти і багато інших прикладів поширення видів адвентивних рослин пов'язаного з воєнними діями.

У найближчій перспективі загрозою довікільню України є занесення нових видів рослин. Серед них найбільшу загрозу становлять різні таксони адвентивних рослин відомі на територіях суміжних з Україною, особливо такі, що схильні до гібридизації. Зокрема, низка міжвидових гібридів з родів *Amaranthus*, *Rumex*, *Erigeron*, *Xanthium*, *Solidago*. Ймовірним також є повторне занесення та утворення нових осередків розповсюдження тих чужорідних видів, які не набули поширення раніше або зникли в Україні, але досі є в інших країнах.

До загроз дальньої перспективи належить обмін генетичним матеріалом між географічно віддаленими популяціями різних видів рослин, передусім адвентивних, який сприятиме успішності інвазійних видів за рахунок закріплення пристосувань до значно більшого спектру умов середовища. Обмін генетичним матеріалом між різними популяціями, який досі був неможливий чи ускладнений негативно вплине також і на контроль фітоінвазій.

Аналіз сучасного стану фітоінвазій в Україні та країнах Центральної Європи (Dubovik et al., 2021; Májkeová et al., 2021; Sîrbu et al., 2021; Tokarska-Guzik et al., 2021; Zavialova et al., 2021, etc.) свідчить загалом про подібність інвазійних процесів за учасниками, темпами й характером їхнього поширення. Наприклад, на Українському Поліссі очікуване більш широке розповсюдження деревно-чагарникових видів адвентивних рослин, наприклад, *Aronia* sp. div., а також вже відомих і нових видів *Heracleum* sp.

div.; на заході України – переважно трав'яних видів, зокрема, *Amaranthus* sp. div., *Rumex* sp. div., *Solidago* sp. div. та ін.

Актуальними завданнями в повоєнний час стане постійний моніторинг видів адвентивної фракції флори; раннє виявлення нових видів, особливо занесених з тих країн чи регіонів, з якими посилюються зв'язки в період війни; моніторинг територій проведення воєнних дій і окупації, зокрема трансформованих внаслідок боїв ділянок; організація наукових досліджень видів-полемохорів та контроль їхнього поширення.

Основним для таких дослідження є: а) аналіз видового складу прикордоння в межах Київської, Житомирської, Чернігівської, Сумської, Харківської, Луганської, Донецької областей України та тих регіонів, звідки відбувалося переміщення великої кількості техніки та особового складу окупаційного війська; б) виявлення та моніторинг видового складу в осередках занесення (залізничні станції, залізничні та автошляхи, місця дислокації окупаційного війська тощо); в) оцінка та аналіз шляхів вторгнення та місць дислокації військ із використанням відкритих даних щодо напрямків наступів військ країни-агресора; г) оцінка біологічних, хорологічних та еколого-ценотичних характеристик видів адвентивних рослин, які можуть бути занесеними в Україну, у первинному і вторинному ареалах; д) виявлення регіонів із високою концентрацією видів, занесених під час війни; е) оцінка частоти трапляння видів-полемохорів і картування їхнього поширення; є) вивчення участі в рослинних ценозах.

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

1. Dubovik D. V., Sauchuk S.S., Zavalova L. V. *The current status of the plant invasions in Belarus. 2021. Environmental & Socio-economic Studies, 9(4): 14–22. DOI: 10.2478/environ-2021-0021.*

2. Sîrbu C., Anastasiu P., Urziceanu M., Camen-Comănescu P., Sîrbu I.-M., Popa A.-M., Ioja C., Gavrilidis A.-A., Oprea A. 2021. *Invasive alien plant species in Romania of European Union concern. Environmental & Socio-economic Studies, 9, 4: 32–44. DOI: 10.2478/environ-2021-0023.*

3. Tokarska-Guzik B., Katarzyna Bzdęga K., Dajdok Z., Mazurska K., Solarz W. 2021. *Invasive alien plants in Poland – the state of research and the use of the results in practice. Environmental & Socio-economic Studies, 9, 4: 71–95. DOI: 10.2478/environ-2021-0027*

4. Zavalova L. V., Protopopova V. V., Kucher O. O., Ryff L. E., Shevera M.V. *Plant Invasion in Ukraine. Environmental & Socio-economic Studies. 2021, 9(4): 1–13. DOI: 10.2478/environ-2021-0020*

<sup>1</sup>*Зіараті Париса, D(Sc), <sup>1</sup>Мохтарзаде Марьям,*

<sup>2</sup>*Вамболь В. В.<sup>2</sup>, д. т. н., проф., <sup>3</sup>Вамболь С. О., д. т. н., проф.,*

<sup>4</sup>*Савицька Барбара, професор, д-р хабіл,*

<sup>5</sup>*Надим А Хан, PhD*

<sup>1</sup> *Тегеранські медичні науки, Ісламський університет Азад, Тегеран, Іран,*

<sup>2</sup> *Національний університет «Полтавська політехніка  
імені Юрія Кондратюка», Полтава, Україна,*

<sup>3</sup> *Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна,*

<sup>4</sup> *Університет природничих наук в Любліні, Люблін, Польща,*

<sup>5</sup> *Національний ісламський університет, Нью-Дели, Індія*

## **ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ РОСЛИННОЇ ХАРЧОВОЇ ПЕРЕРОБКИ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД**

Очищення стічних вод від токсичних, у тому числі важких металів ефективно вирішується при використанні різних вуглецевих сорбентів. Сировинні джерела для отримання таких матеріалів дуже різноманітні. Особливу групу становлять відходи переробки біомаси. Активні пористі матеріали з рослинних відходів мають значний практичний інтерес для вирішення ряду екологічних завдань промислово насичених регіонів: очищення стічних вод, газових викидів, ґрунту та ін. гідросфери.

Основна мета роботи – розгляд способів очищення, які поєднують у собі ефективність видалення іонів важких металів та використання відходів сільськогосподарської переробки та рослинного матеріалу. Виходячи з цього сформульовано основні завдання:

- аналіз перспективних технологій очищення з використанням зеленого та натурального біоадсорбенту, харчових відходів та дозволяють одночасно вирішувати завдання утилізації залишків сільськогосподарської переробки;
- оцінка ефективності запропонованих способів зниження забруднення важкими металами промислових стічних вод і поліпшити виробничого циклу.

Для вирішення поставлених завдань був використаний оглядово-аналітичний підхід. У своїх дослідженнях автори спиралися насамперед на відкриті джерела інформації та статистичні дані, які не є закритими. Огляд технологій очищення води від іонів важких металів обмежувався лише можливістю використання відходів сільськогосподарської переробки.

Натуральні біосорбенти мають здатність видаляти метал із розчинів, а також можуть використовуватися для зниження концентрації металів [1]. Вони можуть відокремлювати від ррб до ррт іони важких металів із поверхні розчинених іонів металів із складних розбавлених розчинів із

високою ефективністю та швидкістю. Тому біосорбенти – ідеальний кандидат для очищення стічних вод з великим обсягом та низькою концентрацією важких металів. Деякі з переваг біосорбції, порівняно із звичайними методами очищення, включають низьку вартість, високу ефективність для розчинів з низькою концентрацією важких металів, мінімальну кількість хімічного або біологічного осаду, відсутність потреби в поживних речовинах та можливість реактивації адсорбенту та вилучення металів. Ідея використання сільськогосподарських/харчових відходів як природних та доступних адсорбентів для видалення важких металів із забруднених ґрунтів та стічних вод є перспективною. В останні роки в рамках цього підходу проводиться безліч досліджень.

Враховуючи потужності сільхозгосподарств України, а також технологічні можливості агропереробки слід звернути увагу на використання сорбційних матеріалів із відходів агропромислового виробництва на прикладі лушпиння соняшника та лушпиння гречки.

У дослідженні, присвяченому екологічно безпечному водокористуванню [2], розглянуто окремі аспекти використання сорбційних матеріалів на основі відходів агропромислового виробництва. Використовувалися сорбційно-іонообмінні технології із застосуванням сорбційно-іонообмінних матеріалів на основі модифікованих рослинних відходів та мінеральної сировини для очищення води від іонів важких металів. У результаті досліджень було отримано характеристики модифікованих сорбційних матеріалів на основі лушпиння соняшника. Сорбенти на основі лушпиння соняшника мають високі значення механічної міцності (більше 96%). Максимальний сумарний обсяг пір спостерігається у нативної лушпиння – 4,6 см<sup>3</sup>/р. Зольність модифікованої лузи значно менша, ніж у нативної, що ймовірно пов'язано з вилуговуванням мінеральної складової при активації. Аналіз ІЧ-спектрів сорбентів на основі лушпиння показало, що у всіх діапазонах для всіх видів матеріалів вони мають однаковий характер і змінюються незначно. Вилучення металів із водних розчинів проводилося на лушпинні соняшника та гречки як у нативній формі, так і модифікованої розчинами соляної, ортофосфорної кислот (0,5 н) та розчином гідроксиду натрію (500 мг/л). Дослідження з очищення води від іонів міді та нікелю на лушпинні гречки показали, що лушпиння в нативній формі має невисоку сорбційну ємність по іонах міді (4,2 мг/г), а обробка її модифікаторами дозволяє значно покращити сорбційні властивості. Найкращі показники отримані при модифікації розчином натрію гідроксиду відбувається збільшення сорбційної ємності більше, ніж у 4 рази.

Однією з перспективних технологій очищення стічних вод від іонів важких металів вважається використання комбінованих сорбентів. Тобто, це є сорбенти на основі модифікованих відходів керамічного виробництва та сільгосппереробки (сорбентів на основі обмолот проса, лушпиння

соняшника, пшениці та модифікованих відходів керамічного виробництва). Результати таких досліджень було опубліковано у роботі [3], а саме ефективність очищення сорбційних матеріалів з використанням як сорбційний матеріал осаду стічних вод керамічного цеху (ОКЦ), гранульованого та комбінованого з переробки сільськогосподарської продукції (ПСП). Як ПСП використано обмолот проса, лушпиння пшениці та соняшника. Встановлено склад, фізико-хімічні та сорбційні властивості отриманих сорбційних матеріалів по відношенню до іонів важких металів ( $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Fe}$ .) при впливі різних факторів ( $t$ ,  $^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{pH}$ ,  $C_{\text{поч}}$  та ін.), виконано оцінку токсичності вод до та після очищення. При цьому, ефективність очищення сорбційних речовин (СВ) від іонів важких металів (ІВМ) адсорбентами залежить від умов модифікації та проведення процесу очищення стоків ( $t_{\text{випалу}}$ ,  $t_{\text{розчину}}$ ,  $\text{pH}$  середовища, обробці СВ у магнітному полі та ін.). Найвища ефективність очищення СВ від ІВМ ( $E = 97\text{--}99\%$ ) досягається комбінованими сорбційними матеріалами (СМ), отриманими при термообробці протягом 20 хв. при  $300^{\circ}\text{C}$  у співвідношенні 50:50%. Найбільш високими адсорбційними властивостями має СМ на основі суміші відходів (50:50%), термооброблених при  $300^{\circ}\text{C}$  протягом 20 хв. Ефективність очищення СВ від катіонів свинцю ( $E=99\%$ ) комбінованими СМ перевищує величини  $E$ , % при використанні ОКЦ ( $E=97\%$ ) та термообробленого лушпиння соняшника ТШП ( $E=94,6\%$ ). Мікроструктурні дослідження комбінованих СМ (ОКЦ: ТШП -50:50%) показали наявність рівномірного розподілу порошкоподібного ОКЦ по пористій поверхні лушпиння соняшника (ШП), яке відбувається за рахунок адгезії ОКЦ маслянистою поверхнею лушпиння соняшника. Максимальна ефективність очищення стоків від ІВМ ( $E=96\text{--}97\%$ ) та сорбційна ємність ( $A=6,0\text{--}7,5\text{мг/г}$ ) ОКЦ досягається при співвідношенні маси сорбенту до обсягу стоків 20 г/л та часу сорбції 30 хв.

Ще одним із перспективних технологічних способів очистки стоків від ІВМ є використання у якості сорбентів відходів томатного виробництва. М'якуш томату є рослинний залишок, і в дослідженні [4] вивчалася її адсорбційна здатність по відношенню до окремих забруднюючих речовин у воді. Томатна макуха є одним із побічних продуктів виробництва томатної пасти, яка, залежно від методу обробки та характеристик сирих томатів, включає шкірку, насіння та невелику кількість томатного м'яса різної пропорції. М'якуш томату є одним із побічних продуктів, одержуваних у процесі виробництва томатного соусу та пюре. Результати показали, що залишки помідорів мають значний потенціал адсорбції кобальту ( $p < 0,05$ ) протягом 6 годин навіть при дуже низькому вмісті біосорбенту (0,1% мас.) і в присутності 0,4, 1 і 2% (мас. / w), процес адсорбції значно збільшився протягом перших годин дослідження, і після 6 годин контакту в присутності 2% ТРВ зниження  $C_0$  було дуже значним ( $p < 0,001$ ), а середній вміст  $73,45 \pm 1,01$  впав до  $31,209 \pm 0,78$  мг/л  $\pm$  стандартна похибка, що підтверджує

адсорбційну здатність, варіювалася з урахуванням впливу різних параметрів, таких як доза адсорбенту.

Для адсорбції нікелю ( $p < 0,05$ ) залишки томатів також мають значний потенціал. Протягом 6 годин навіть при дуже низькому вмісті біодсорбенту (0,1% мас.) і в присутності 2% (мас./мас.) спостерігалось інше значне зниження, процес адсорбції значно збільшився протягом перших годин дослідження, і після 6 годин контакту у присутності 2% TPW зниження Ni було значним ( $p < 0,03$ ), а середній вміст  $183,54 \pm 1,00$  знизився до  $130,78 \pm 0,11$  мг/л  $\pm$  стандартне відхилення, що підтверджує, що адсорбційна здатність нікелю не така велика, як його потенціал для металевого кобальту.

Неочищені стічні води містили 7,563 мг/л кадмію, у той час як через два тижні обробки 2% TPW та перемішування всього розчину воно знизилось до 0,562 мг/л, що показує 91,3% видалення цих токсичних елементів зеленим методом без будь-яких хімічних з'єднань. екологічно чистий та зелений метод. Навіть при більш низькій концентрації агро/харчових відходів у томатній макусі 0,1% та 0,2% навіть через 6 годин процес відновлення значний ( $p < 0,05$ ), а через 24 та 72 години вміст кадмію впало ( $p < 0,003$ ).

Застосування сорбентів із відходів біомаси економічно виправдано для невеликих виробництв, наближених до джерел доступної сировини. Аналіз структури сировинної бази відходів рослинного походження показує, що найбільш перспективними за своєю доступністю та масштабістю для отримання сорбційних матеріалів є відходи сільгосппродукції. Щоб отримати ефективні, дієві та особливо дешеві адсорбенти, змінився шлях досліджень адсорбції важких металів природними матеріалами, такими як деякі відходи промислових та сільськогосподарських підприємств.

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

1. Arabian, S., Ziarati, P., Sawicka, B., (2020). Waste Herbal and Black Tea as a Novel Adsorbent for Detoxification of Pharmaceutical Effluent, *J Med Discov*, 5(3). DOI: 10.24262/jmd.5.3.20040.

2. Сомин В. А. (2015). Экологически безопасное водопользование с применением технологических решений на основе новых сорбционных материалов. Автореф. докт. техн. наук. 25.00.27.

3. Ульянова В. В. (2015). Очистка сточных вод от ионов тяжелых металлов сорбентами на основе модифицированных отходов керамического производства и сельхозпереработки. Автореф. канд. техн. наук. 03.02.08.

4. Shirkhan, F., Mostafidi, M., Tamaskani Zahedi, M., Ziarati, P., Vambol, V., Vambol, S., (2022). Green Technologies and Environmental Management: a New Understanding and Approach to the Use of Agricultural Waste. *Letters in Applied NanoBioScience*, 11, 1, 3065 – 3075, DOI: 10.33263/LIANBS111.30653075.



<sup>1</sup>Іваненко П. О., к. х. н., <sup>1</sup>Павленко Т. В., <sup>1</sup>Волошановська Ю. В., к. х. н.,

<sup>1</sup>Омельчук А. О., чл.-кор., проф., д. х. н., <sup>2</sup>Биков В. М., к. ф-м. н.

<sup>1</sup>Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН  
України, м. Київ, Україна,

<sup>2</sup>Інститут фізики НАН України, м. Київ, Україна

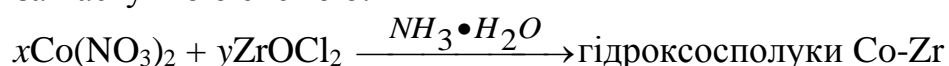
## ГІДРОТЕРМАЛЬНИЙ СИНТЕЗ СКЛАДНООКСИДНИХ КОМПОЗИЦІЙ КОБАЛЬТУ-ЦИРКОНІЮ ТА ЇХ КАТАЛІТИЧНА АКТИВНІСТЬ У РОЗКЛАДІ ПЕРОКСИДУ ВОДНЮ

Відомо, що у багатьох технологічних процесах, серед яких знешкодження стічних вод хімічної та паперової промисловості, водопідготовка, органічний синтез за допомогою атомарного кисню, окиснення ракетного палива тощо, застосовують каталізатори для розкладу пероксиду водню. Зазвичай для цього використовують композиції на основі оксиду кобальту та деяких перехідних металів [1].

Відомо, що активність каталізаторів зростає при збільшенні площі їх поверхні, чого можна досягнути завдяки створенню нанорозмірних матеріалів. Одним із ефективних методів отримання нанодисперсних матеріалів є гідротермальний синтез, що заснований на комбінованому впливі тиску та температури на перебіг синтезу та формування оксидних фаз [2].

У даному повідомленні приведено результати досліджень гідротермального синтезу індивідуальних оксидів кобальту та цирконію і їх композицій, визначено їх каталітичну активність у реакції розкладу пероксиду водню.

Для синтезу оксидів використовували розчини: оксохлориду цирконію  $ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$  (ч.д.а.), нітрату кобальту  $Co(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$  (ч.д.а.) та аміаку (ч.д.а., 25%). Синтез проводили в сталених автоклавах з тефлоновими вставками об'ємом  $100 \text{ см}^3$ . Синтез виконували постадійно. На першій стадії отримували гідроксосополуки кобальту та/або цирконію методом прямого осадження за наступною схемою:



На другій стадії отримані осадки відфільтровували, промивали дистильованою водою до нейтральної реакції проби, переносили їх в автоклав і витримували при  $170 \text{ }^\circ\text{C}$  протягом 14 год. Отримані таким чином зразки відфільтровували, промивали та висушували при  $\sim 100 \text{ }^\circ\text{C}$  протягом 5-7 год.

За даними рентгенофазового аналізу на другій стадії отримано індивідуальні фази оксиду кобальту ( $Co_3O_4$ ) і цирконію ( $ZrO_2$ ) та їх суміші.

Розраховані та аналітично визначені співвідношення оксидів  $\text{Co}_3\text{O}_4:\text{ZrO}_2$  наведено в табл.1.

Таблиця 1

**Співвідношення оксидів  $\text{Co}_3\text{O}_4:\text{ZrO}_2$  в синтезованих зразках**

№ зразку	Розраховане співвідношення, мол. %		Аналітично визначене співвідношення, мол. %	
	x ( $\text{Co}_3\text{O}_4$ )	y ( $\text{ZrO}_2$ )	x ( $\text{Co}_3\text{O}_4$ )	y ( $\text{ZrO}_2$ )
1	100	0	100	0
2	90	10	88	12
3	80	20	79	21
4	70	30	70	30
5	60	40	57	43
6	50	50	47	53
7	40	60	39	61
8	30	70	26	74
9	20	80	18	82
10	10	90	9	91
11	0	100	0	100

За формулою Шерера розрахований середній розмір частинок оксиду кобальту становив 23-42, оксиду цирконію – 7-33 нм.

Морфологію оксидних каталізаторів досліджували за допомогою скануючої електронної мікроскопії. На СЕМ-зображенні оксид кобальту представлений тонкими нанорозмірними пластинками, які агломеровані переважно в кулясті скупчення, а оксид цирконію – у вигляді нашарованих одна на одну пластинок. При синтезі зразків оксидів кобальту-цирконію морфологія окремих фаз зберігається, при цьому частинки  $\text{ZrO}_2$  нашаровуються на поверхню частинок  $\text{Co}_3\text{O}_4$  (рис.1).

Характеристики поверхні отриманих оксидних зразків вивчали методом сорбції-десорбції азоту (табл. 2). Як видно із представлених даних, навіть невелика кількість оксиду цирконію в суміші сприяє збільшенню питомої поверхні зразка мінімум у два рази, в той час як розмір пор при цьому зменшується.

Результати кінетичних досліджень розкладу пероксиду водню синтезованими зразками наведено на рисунках 2. Аналіз отриманих результатів показав, що кінетика розкладу пероксиду водню в присутності синтезованих оксидних фаз задовільно апроксимується кінетичним рівнянням першого порядку

$$\ln(V_0 - V_\tau) = \ln V_0 - K\tau,$$

де  $V_0$  – об'єм кисню, що теоретично може виділитись із завантаженої для розкладу кількості пероксиду водню,  $V_\tau$  – об'єм кисню, що виділився в момент часу  $\tau$ .

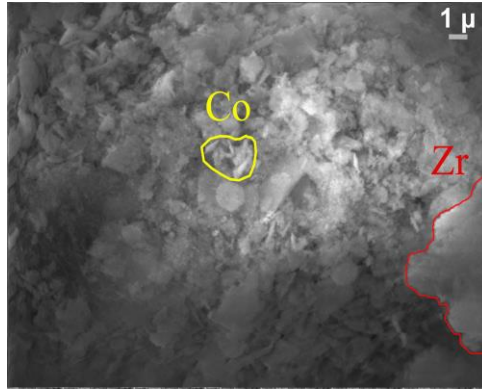


Рис 1. СЕМ-зображення складнооксидних зразків Co-Zr

Таблиця 2

**Характеристики поверхні отриманих оксидних зразків**

№ зразку	Питома поверхня, м <sup>2</sup> /г	Об'єм пор, см <sup>3</sup> /г	Розмір пор, Å
1	62,1	0,5761	185,5
2	181,2	0,3267	36,05
3	126,5	0,5548	87,68
5	110,6	0,1836	33,20
8	140,5	0,2087	59,43
11	126,2	0,2162	34,26

Як видно із даних, наведених на рис. 2, найкращими каталітичними властивостями характеризуються зразки №1 та №2. Додавання в композицію більше 20% діоксиду цирконію частково пригнічує здатність синтезованих зразків до каталізу, наближаючи їх за властивостями до чистого ZrO<sub>2</sub>. Зразки №№5-9 практично між собою не відрізняються по каталітичній здатності до розкладу пероксиду водню.

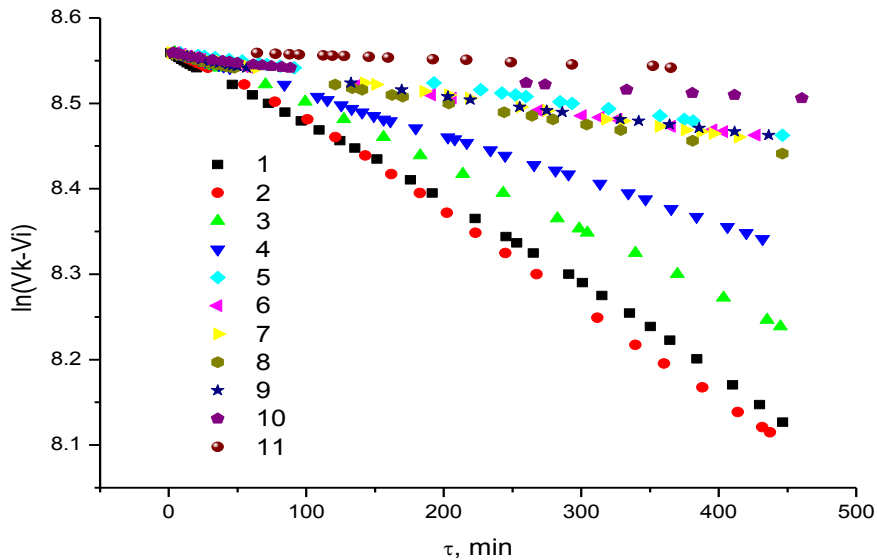


Рис. 2. Кінетика розкладу пероксиду водню синтезованими сполуками (див. табл. 1)

Найкращі результати згідно даних констант швидкостей (табл. 3) показує зразок №2. Цей зразок має найбільшу питому поверхню та найменший розмір пор, що є головним фактором, який впливає на каталітичну здатність.

Таблиця 4

**Константи швидкості розкладу пероксиду водню синтезованими зразками**

№ зразку	Константа швидкості $K, \text{хв.}^{-1}$	Зразок	Константа швидкості $K, \text{хв.}^{-1}$
1	$9,38 \cdot 10^{-4}$	7	$2,39 \cdot 10^{-4}$
2	$1,03 \cdot 10^{-3}$	8	$2,67 \cdot 10^{-4}$
3	$7,23 \cdot 10^{-4}$	9	$2,56 \cdot 10^{-4}$
4	$5,07 \cdot 10^{-4}$	10	$1,13 \cdot 10^{-4}$
5	$2,12 \cdot 10^{-4}$	11	$5,50 \cdot 10^{-5}$
6	$2,28 \cdot 10^{-4}$		

Таким чином, автоклавним методом отримано нанорозмірні оксиди та оксидні композиції кобальту і цирконію, що проявляють каталітичну здатність у реакції розкладу пероксиду водню. Найбільшу питому площу поверхні та найменший розмір пор ( $181.2 \text{ м}^2/\text{г}$  та  $36.05 \text{ \AA}$  відповідно) має зразок №2, який виявляє найкращу здатність до каталізу при розкладі пероксиду водню серед дослідженої серії зразків. Подальше збільшення вмісту у зразках  $\text{ZrO}_2$  призводить до зменшення каталітичної активності, яка наближається до значень індивідуальної фази оксиду цирконію. Кінетичні дослідження розкладу пероксиду водню за участю отриманих зразків вказують на перший порядок реакції при значеннях константи швидкості в межах від  $1,03 \cdot 10^{-3}$  (зразок №2) до  $5,50 \cdot 10^{-5} \text{ хв}^{-1}$  (зразок №11).

**Використані інформаційні джерела:**

1. Zaid B. Jildeh, Jan Oberländer, Patrick Kirchner, Patrick H. Wagner, Michael J. Schöning. *Thermocatalytic Behavior of Manganese (IV) Oxide as Nanoporous Material on the Dissociation of a Gas Mixture Containing Hydrogen Peroxide* // *Nanomaterials* 2018, 8, 262. (doi:10.3390/nano8040262).
2. Shu-Han Hsieh, Gang-Juan Lee, Chin-Yi Chen, Jing-Heng Chen, Shih-Hsin Ma, Tzyy-Leng Horng, Kun-Huang Chen, Jerry J. Wu. *Hydrothermal Synthesis of Mesoporous  $\text{Bi}_2\text{O}_3/\text{Co}_3\text{O}_4$  Microsphere and Photocatalytic Degradation of Orange II Dyes by Visible Light* // *Top Catal* 2013, 56, 623. (DOI 10.1007/s11244-013-0022-5).

*Іванченко А. В., Ілляш О. Е., к. т. н., доцент,  
Мельник Є. О., студент, Соловійов В. В., д. х. н., професор,  
Національний університет «Полтавська політехніка  
імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна*

## **РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИЙ І ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТИЙ ЗАСІБ ПЕРЕРОБКИ ВІДХОДІВ ТВЕРДИХ СПЛАВІВ МЕТОДОМ ЕКСТРАКЦІЇ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ 2022 РОКУ**

Потреби України у твердих сплавах сягають 800-1000 тонн на рік, але вона не має власної сировинної бази для виробництва вольфраму. Тому розрахувати в першу чергу доводиться лише на вторинну сировину та, певною мірою, на імпорт вольфрамових концентратів із інших країн. За цих умов актуальною є переробка відходів відпрацьованого бурового, різального та шліфувального інструменту і так званих пускових відходів твердих сплавів і вольфраму (сегменти, зубки, пластини, їх уламки, стержні, дріт та інші), значну кількість яких переробляє ПРАТ «Полтавський гірничо-збагачувальний комбінат». Великий ресурсний потенціал для регенерації вольфраму являють бронебійні боєприпаси та деякі елементи військової спецтехніки.

Тверді сплави карбід вольфраму кобальту були першими металокерамічними твердими сплавами, які отримали промислове застосування [1]. Значення їх не слабне для сучасної техніки. З метою повернення у виробництво цінних компонентів твердих сплавів необхідно вишукувати можливість вторинної переробки відходів, що містять ці компоненти. Для виробництва твердих сплавів можуть бути використані матриці відпрацьованого бурового, ріжучого інструменту, лом та деякі елементи військової спецтехніки. У зв'язку з дефіцитом вольфраму і кобальту останнім часом питання розробки нових методів переробки пускових відходів твердих сплавів дуже актуальні [3-4].

Підприємства і вченими України досягнуто значного прогресу при отриманні твердих сплавів на основі карбіду вольфраму. За період 1991-2010 років товарна продукція твердих сплавів промисловості збільшилася в 40 разів [2]. Вихідні компоненти (приблизно 80%) для цього виду продукції раніше завозили з інших країн, хоча в надрах України зосереджені значні запаси необхідної сировини і є істотні обсяги вторинної сировини і брухту. Можливе розширення виробничої бази твердих сплавів за рахунок їх переробки за новими технологіями і удосконалення існуючих [3]. На недостатню повноту їх використання вказувалося раніше. Карбід вольфраму є одним із найважливіших твердосплавних і каталітично активних з'єднань. Зараз більше 60% переробленого вольфраму йде на отримання карбіду. В промисловості карбід вольфраму отримують двома способами: карбідизацією металу і алюмотермічним відновленням руд і концентратів. Способи включають в себе значну (більше семи) кількість складних і

трудоємних стадій. Отримання порошоків карбїду вольфраму високотемпературним електрохімічним синтезом із розплавів [5, 6] знаходиться нарівні напівпромислових випробувань.

Метод розкладання в різних кислотах зазвичай використовують для отримання з'єднань вольфрама із руд і концентратів, екологічна небезпека і нетехнологічність яких не викликає сумнівів. Але в якості альтернативного методу може бути запропонована високотемпературна селективна екстракція (VTSE) в неагресивних сольових розплавах. Останнім часом розробляється спосіб отримання карбїду вольфраму шляхом обробки вольфрамівмісних розплавів відновлювальними газами, вуглецем або карбїдом кальцію. Першою стадією цього способу є розкладання руди або концентрату методом високотемпературної селективної екстракції в якості екстрагування компонентів можуть бути рекомендовані розплави хлориду натрію і метасилікату натрію. При їх зплавленні з вольфрамівмісними (вольфрамїт або шеєліт) концентратами з'єднання вольфраму переходять в хлоридну фазу, оксиди заліза, марганцю і кальцію – в силікатну. Фази розділяють вибірковою декантацією. Ступінь вилучення вольфраму в хлоридну фазу в багатьох випадках визначає подальшу перспективність способу отримання карбїду вольфраму шляхом обробки розплаву газами. Тому метою роботи було вивчення високотемпературної селективної екстракції вольфраму із відповідним концентратів і отримання найбільш технологічних параметрів умов (температура склад розплаву тривалість екстракції) проведення процесу. Існуючі методи виділення компонентів твердих сплавів відрізняються один від одного не лише режимом обробки, але і природою використання хімічних реагентів. Суттєвим недоліком групи методів розчинення компонентів твердих сплавів різними кислотами та їх сумішами є токсичність використаних реагентів. Частково усуває її спосіб переробки відпрацьованого алмазного і твердосплавного інструменту анодним розчиненням в гідроксидхлоридному розплаві, запропонований В. І. Шаповалом та його колегами. При цьому вольфрам і вуглець переходять у розплав у формі вольфрамату й карбонату відповідно, а матеріали пропитки твердих сплавів матриці накопичуються на катоді у вигляді високо дисперсних металічних порошоків. Кінцевим продуктом запропонованого способу являється оксид вольфраму  $WO_3$ , який потребує подальшої переробки для повернення в процес виробництва твердосплавного інструменту.

У роботі [7] представлені результати використання способу високотемпературних екстракції вольфраму із концентратів і вторинної сировини в галогенїдносилікатних розплавах. При цьому було вивчено розділення кобальту й карбїду вольфраму анодним розчиненням у розчинах фосфорної кислоти. Використання розчинів фосфорної кислоти в якості електроліту на відміну від розплавлених середовищ дозволяє селективно розділити компоненти твердих сплавів і виділити карбїд вольфраму,

придатний для повернення в виробництво. Більша схильність вольфраму і його карбїду до активації в водних розчинах визначає специфіку їх електрохімічної поведінки. Електродні потенціали катоді процеси при електровиділенні газів і процеси окислення з їх участю вивчалися в основному в розчинах соляної і сірчаної кислот. Електрохімічне виділення водню на карбїді вольфраму досліджувалися в роботі [10]. Автори вважають, що виділення водню на WC лімітуються комбінацією адсорбованих атомів водню. Відповідно [8, 9] форма кривих анодної поляризації вольфраму в розчинах сірчаної кислоти відповідає переходу активного розчинення в пасивний стан металу. Особливо слід відмітити, що вольфрамові руди і концентрати при температурі 1050-1100 °C розкладаються в розплавах хлорид натрію-метасилікат натрію, утворюючи дві незмішувані фази: галогенїдну і силікатну. Перша містить 96-99% вольфраму, друга – більше 90% різних складових.

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

1. Киффер Р., Бенезовский Ф. Твердые сплавы / Под. ред. В. И. Третьякова. М. : Металлургия, 1971. 392 с.
2. Соловьев В. В., Габ А. И., Малышев В. В. Ресурсосберегающий способ переработки отходов твердых сплавов карбид-вольфрама-кобальта в растворах фосфорной кислоты // Научный вестник Института экономики та новых технологий ім. Ю. І. Кравченка «Нові технології». 2003. №2(3). С. 92–95.
3. Козин Л. Ф., Трефилов В. И. Редкометалльная промышленность Украины. Проблемы и перспективы / НАН Украины ИПМ НАНУБ ИОНХ НАНУ. К., 1997 74 с.
4. Пивоваров М. Н., Власова А. В. Новый метод переработки кусковых отходов твердых сплавов // Нові технології. 2003. №1. С. 89–93.
5. Шаповал В. И., Малышев В. В. и др. // Неорг. материалы. 2000. Т. 36. №10. С. 12–13.
6. Кушхов Х. Б., Малышев В. В., Шаповал В. И. // Изв. ВУЗов. Цветная металлургия. 2001. №3. С.38.
7. Малышев В. В., Габ А. И. и др. Экологическая и ресурсосберегающая экстракция вольфрама из вольфраматовых концентратов в расплавленных солях // Экологические и ресурсосбережение. 2002. №3. С. 73–75.
8. Васько А. Т. Электрохимия молибдена и вольфрама. К. : Наукова думка, 1977. 172 с.
9. Васько А. Т., Ковач С. К. Электрохимия тугоплавких металлов. К. : Техника, 1983. 160 с.
10. Байбатыров Е. Н., Паланкер В. Ш., Сокольский Д. В. Электрохимическое выделение водорода на карбиде вольфрама // Электрохимия. 1974. Т.10. №1. С.162–164.

<sup>1,2</sup>*Ігнатишин В. В., к. ф.-м. н.,* <sup>1</sup>*Ігнатишин М. Б., провідний інженер,*  
<sup>1</sup>*Ігнатишин А. В., інженер II категорії,* <sup>2</sup>*Іжак Т. Й., к. г. н., PhD,*  
<sup>1</sup>*Вербицький С. Т., к. ф.-м. н.*

<sup>1</sup>Відділ сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики  
ім. С. І. Субботіна НАН України, м. Львів, Україна

<sup>2</sup>Закарпатський угорський інститут ім. Ференца Ракоці II,  
м. Берегове, Україна

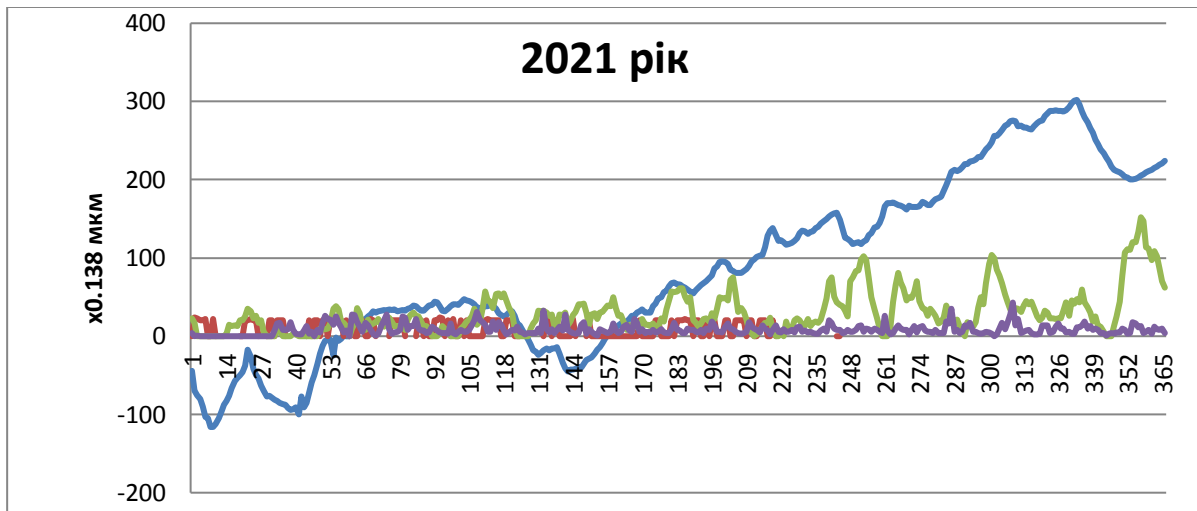
## **ВИВЧЕННЯ ЗВ'ЯЗКУ АСТРОФІЗИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТА ГЕОФІЗИЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ЗАКАРПАТТЯ**

Закарпаття – територія, що характеризується періодичним проявом місцевої сейсмічності. Місцеві землетруси реєструються із частотою декількох подій у рік, енергетичний клас яких дозволяє віднести їх до відчутних. Відчутні землетруси є індикатором динаміки активізації місцевої сейсмічності. Сама територія Закарпаття, що включає в себе Закарпатський внутрішній прогин, ділиться за сейсмічною активністю на декілька ділянок. Ці ділянки періодично відмічають підземні поштовхи, епіцентри яких мігрують по всій території Закарпаття. Проведений аналіз просторово-часового розподілу місцевої сейсмічності за минулий період відмітив прояв незначної кількості відчутних місцевих землетрусів на фоні десятків та сотень зареєстрованих місцевих слабких підземних поштовхів. Дослідженню процесів, що відбуваються в сейсмонебезпечних регіонах присвячено багато наукових доробок, які представляють досягнення вітчизняної науки в галузі геодинаміки та сейсмології. В [1] представлено два різні методи для визначення поля напружень Солотвинської западини (СЗ), яка є частиною Закарпатського прогину. Збіг орієнтації осей розтягу, визначених за тектонофізичними і сейсмологічними даними дозволяє ідентифікувати наймолодші поля напружень за матеріалами польової тектонофізики[2]. У результаті загального статистичного аналізу 21 механізму виявлено їхні основні типи та риси, характерні для напружено-деформованого стану всього регіону. Найбільш активними в сучасному сеймотектонічному процесі є розриви карпатського простягання, в межах тієї самої території відбуваються землетруси протилежних типів [3]. Згідно із концепцією тектоніки літосферних плит магнітні неоднорідності зон зчленування сегментів кратону та його зовнішніх границь можуть розглядатися як джерела субдукційно-обдукційного типу, що виникли на етапі їхнього формування[4]. Сучасні дослідження в галузі геології на базі засобів моделювання найчастіше завершуються побудовою тривимірної геологічної моделі, що використовується при оцінюванні якості та



перспективності родовищ і копалень. Регіональні об'єкти можливо будувати на основі локальних об'єктів і додатково формувати геолого-геофізичну інформацію різними методами [5]. Виявлено вплив гідрогеологічних параметрів на сучасні горизонтальні рухи кори, виміряні в зоні Оашського глибинного розлому[6]. Відмічено зв'язок зміни параметрів геофізичних полів: магнітного поля Землі, радіоактивного фону середовища, електромагнітної емісії та кінематичних характеристик рухів кори та просторово-часового розподілу місцевої сейсмічності [7]. Досліджували варіації астрофізичних параметрів, зокрема, що стосувалися Місяця на предмет виявлення зв'язку із підготовкою та проявом місцевої сейсмічності, зв'язку із параметрами геодинамічного стану Закарпатського внутрішнього прогину [8]. На основі попередніх досліджень відмічено, що фази Місяця мають вплив на сейсмічну активізацію в регіоні, більшість подій відбулося при повному та новому місяці, в час знаходження Місяця над сейсмонебезпечною територією. Проводилися дослідження варіацій сонячної активності, геомагнітного індексу, отриманих із Інтернет ресурсів [9,10] та геодинамічного стану Закарпаття, його сейсмічної активізації. Відмічені певні особливості при вивченні їх зв'язків. Оскільки сейсмічність регіону створює загрозу для регіону, де розміщені об'єкти критичної інфраструктури, то актуально вивчення впливу різних геофізичних полів на екологічний стан регіону, дослідження астрофізичних аспектів в періоди активізації сеймотектонічних процесів. Метою дослідження є вивчення зв'язків варіацій астрофізичних параметрів із сучасними горизонтальними рухами кори та просторово-часовим розподілом сейсмічності в Закарпатті. Методика дослідження включає аналіз варіацій астрофізичних параметрів за досліджуваний період, розрахунку кінематичних величини сучасних горизонтальних рухів кори в зоні Оашського глибинного розлому, побудові просторово-часового розподілу зареєстрованих на теренах Закарпатського внутрішнього прогину місцевих землетрусів. Для вирішення поставленої мети в роботі використано результати сейсмологічних спостережень на пунктах та режимних геофізичних станціях, деформометричних вимірювань на пункті деформографічних спостережень «Королеве» Карпатської дослідно-методичної геофізичної та сейсмологічної партії Відділу сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики ім. С. І. Субботіна НАН України за 2021 рік. Інформацію про астрофізичні параметри взято з Інтернет ресурсів. Проведено комплексне вивчення взаємозв'язків геофізичних параметрів та параметрів астрофізичного стану( рисунок 1). Відмічено, що горизонтальні рухи кори-розширення порід, корелюється із зростанням сонячної активності( як періоду так і амплітуди). Інтенсивні стиснення порід супроводжуються аномаліями варіацій сонячної активності (підвищенням). Геомагнітний індекс, параметр що відповідає за фізичне поле Землі, корелюється із сонячної активністю, яка ймовірно суттєво впливає на його динаміку. Сейсмічність регіону відмічається в

періоди знакозмінних геомеханічних процесів, в основному при стисненні порід(рисунок 1).



**Рис. 1. Геофізичні та астрофізичні параметри: Сучасні горизонтальні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому (крива синього кольору), сейсмічний стан Закарпатського внутрішнього прогину(крива червоного кольору), сонячна активність (крива зеленого кольору), геомагнітний індекс (крива фіолетового кольору). 2021 рік.**

Сейсмічність Закарпатського внутрішнього прогину знаходиться в інтервалі динамічних змін як геофізичних так і астрофізичних параметрів. Важливим є встановлення ступеня зв'язку сонячної активності та сучасних сейсмотектонічних процесів в регіоні. Вирішення цього завдання дозволить зрозуміти характер геодинамічного стану сейсмонебезпечних регіонів.

### **Висновки**

Проаналізовано сучасні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому за 2021 рік. За 2021 рік зареєстровано розширення порід величиною: +30.9 мкм, ( $+12.61 \times 10^{-7}$ , +1261 нстр). Відмічено коливання із періодом 0.5 місяця, 3 місяці, 8 місяців. Розглянуто варіації сонячної активності за 2021 рік. Відмічено зростання сонячної активності протягом 2021 року. Сонячна активність варіює з періодами: 15 діб, 20 діб, 50 діб, амплітуда коливань змінюється від 15 до 75. Амплітуда коливань залежить від періоду коливань: обидві фізичні величини для даного явища – зростають. Проаналізовано сейсмічність Закарпатського внутрішнього прогину за 2021 рік. За період 1-8 місяців 2021 року на території Закарпатського внутрішнього прогину зареєстровано 117 місцевих землетрусів. Виділяються періодичності сейсмічної активності із періодами: 0.5 місяця, місяця, 1.5 місяця. Представлено часовий розподіл геомагнітного індексу за 2021 рік. За перші 5 місяців геомагнітний індекс характеризувався як період активних збурень геофізичного параметру. Восени геомагнітний індекс також характерний підвищеними величинами

та періодами зміни величиною в один місяць, відмічено коливання меншої тривалості.

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

1. Малицький Д., Муровська А., Гінтов О., Гнип А., Обідіна О., Мичак С., Грицай О., Павлова А. Механізми вогнищ землетрусів та поле напружень солотвинської западини Закарпаття. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія.* 2(77). 2017. С.47–51 .

2. Кендзера О., Семенова Ю. Деформаційні характеристики розрахункових моделей ґрунтової товщі. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія.* 3(78). 2017. С.17–29.

3. Малицький Д., Муровська А., Обідіна О., Гнип А., Грицай О., Павлова А., Пугач А. Визначення полів напружень у земній корі за механізмами вогнищ місцевих землетрусів у Закарпатті. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія.* 3(78). 2017 С.36–45.

4. Орлюк М., Марченко А., Бакаржієва М. 3D магнітна модель земної кори східноєвропейського кратону з урахуванням сферичності Землі та її тектонічна інтерпретація. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія.* 4(79). 2017. С.21–28.

5. Долинський І. Геоінформаційний експертно-моделюючий комплекс дослідження регіональних моделей в геології. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія.* 4(79). 2017. С. 86–91.

6. Ігнатишин В. В., Ігнатишин А.В., Ігнатишин М. Б. Гідрологічні аспекти сучасних горизонтальних рухів та сейсмічності Закарпатського внутрішнього прогину. *Journal of science. Lyon.* 2020. №7. VOL.1. P. 27–37.

7. Ігнатишин В. В., Ігнатишин А. В., Іжак Т. Й., Ігнатишин М. Б., Вербицький С.Т. Геофізичні аспекти екологічного стану В Закарпатському внутрішньому прогині за 2020 рік. *Екологічні науки : науково-практичний журнал* 2021. № 4(37). С.114–120. DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.4-37.17>

8. Ігнатишин В. В., Ігнатишин А. В. Комплексний аналіз геофізичних полів в Закарпатському внутрішньому прогині за 2019 рік та їх зв'язок з астрофізичними параметрами. *Sciences of Europe (Praha, Czech Republic). No 75 (2021) Vol. 1 . ISSN 3162-2364 . The journal is registered and published in Czech Republic. Articles in all spheres of sciences are published in the journal.* P.6–22.

9. <http://www.sidc.be/silso/ssngraphics>

10. <http://space.vn.ua/inshe/inshe-moon.html>

11. Основні форми профорієнтаційної роботи [Електронний ресурс]–  
Режим доступу до ресурсу: <https://studfile.net/preview/4543061/page:18/#33>

12. Поняття загроз інформаційній безпеці [Електронний ресурс] –  
Режим доступу до ресурсу:

[https://pidru4niki.com/12800528/politologiya/ponyattya\\_zagroz\\_informatsiyniy\\_bezpetsi](https://pidru4niki.com/12800528/politologiya/ponyattya_zagroz_informatsiyniy_bezpetsi)

13. Про затвердження Концепції державної системи професійної орієнтації населення [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/842-2008-%D0%BF#Text>

14. Про основи національної безпеки України [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/964-15#Text>

*Ілляш О. Е., к. т. н., доцент, Билим Л. Р., студентка  
Національний університет «Полтавська політехніка  
імені Юрія Кондратюка», Полтава, Україна*

## **ЕКСПЕРТНА ОЦІНКА ПОТЕНЦІЙНОГО ВПЛИВУ ПЛАНОВАНИХ ОБ'ЄКТІВ ТА РІШЕНЬ ЩОДО ПОВОДЖЕННЯ З ПОБУТОВИМИ ВІДХОДАМИ НА ДОВКІЛЛЯ ТА ЗДОРОВ'Я ЛЮДЕЙ**

Оцінка зміни факторів навколишнього середовища, особливо тих, що є найбільш впливовими на стан здоров'я людини, та аналіз причинно-наслідкових зв'язків між ними та біологічними функціями організму людини, є важливою складовою при плануванні будь-яких рішень на місцевому, регіональному, державному рівнях [1, 2].

Процеси поводження з відходами призводять хоч й до опосередкованого впливу, але постійно діючого на усі компоненти довкілля шляхом утворення й надходження емісій забруднюючих речовин в атмосферне повітря, водні горизонти і поверхневі водні об'єкти та ґрунти.

За результатами аналізу поточної екологічної ситуації та стану здоров'я населення Полтавської області, який був проведений в ході стратегічної екологічної оцінки документа державного планування «Комплексної програми поводження з твердими побутовими відходами у Полтавській області на 2022-2030 роки» [3], можна констатувати, що переважним фактором негативного впливу на умови життя та здоров'я людей є емісії забруднюючих речовин в атмосферне повітря та ґрунтові води в наслідок наявності в області та експлуатації значної кількості місць видалення твердих побутових відходів (далі – ТПВ).

Відповідно важливим етапом для області було здійснення попереднього оцінювання експлуатаційного стану існуючих полігонів й звалищ ТПВ [2, 3], результати якого не одноразово обговорювалися й уточнювалися із кожною територіальною громадою задля визначення фактичної кількості діючих на кінець 2021 року місць видалення ТПВ та їх подальшого статусу. В результаті була одержана й систематизована наступна інформація:

- загальна кількість облікованих полігонів і звалищ ТПВ на території Полтавської області (станом на 01.01.2022) – 709 об'єктів;
- кількість полігонів й звалищ, що залишаються в експлуатації на період до 2030 року, для подальшої реконструкції або розширення – 7 об'єктів;
- кількість звалищ, що залишаються у тимчасовій експлуатації як необхідні інфраструктурні об'єкти, й будуть виводитись із

експлуатації після введення в дію регіональних об'єктів оброблення відходів (РООВ) (п. 3.5 [3]) на територіях відповідних кластерів – 56 об'єкта;

- кількість звалищ, що не відповідають санітарним та екологічним вимогам й підлягають першочерговому закриттю, – 274 об'єкта;
- кількість звалищ, відносно яких буде прийнято рішення у 2022 році, й які планується вивести із експлуатації у 2025 – 2030 роках – 354 об'єкта;
- кількість звалищ, що станом на 01.01.2022 вже закриті та ліквідовані або готуються до ліквідації – 18 об'єктів.

Переважна більшість цих місць видалення не забезпечені належними системами постійного моніторингу за станом навколишнього середовища в районах їх розміщення, що вимагається чинним природоохоронним законодавством України. Відповідно відсутні дані щодо фактичних рівнів забруднення компонентів довкілля в районах розміщення цих об'єктів.

Тому опираючись на аналітичні матеріали [2, 3] була здійснена експертна оцінка потенційного впливу планованих об'єктів та рішень щодо поводження з побутовими відходами на компоненти довкілля та здоров'я людей. В ході даної експертної оцінки приймалось до уваги, що встановлення прямого зв'язку з процесами поводження з відходами, є утрудненим, а інколи не можливим в наслідок опосередкованого впливу цих процесів, але й заперечувати відсутність такого зв'язку не можливо. Крім того, усі процеси поводження з відходами відносяться до комплексних, тобто задіюються усі компоненти довкілля, а значить при впливі на них об'єктів збирання, транспортування, видалення, оброблення, перероблення та знешкодження відходів можуть спостерігатися кумулятивні ефекти, пов'язані з кількома факторами впливу одночасно. А це значить, що виділити окремий внесок об'єктів інфраструктури управління та поводження з побутовими відходами у процеси зміни стану довкілля та їх вплив на здоров'я населення, у більшості випадків об'єктивно не можливо.

Важливим елементом проведеної експертної оцінки стало виявлення можливих зв'язків між запланованими рішеннями Програми [3] та потенційними екологічними проблемами й ризиками для навколишнього середовища та здоров'я населення (таблиця 1), пов'язаними із реалізацією даної Програми, розробником якої є колектив кафедри прикладної екології та природокористування Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка».

**Екологічні проблеми та ризики впливу на довкілля  
та здоров'я населення**

Назва виду відходу	Суть екологічної проблеми	Ризики впливу
<p>Побутові відходи</p> <p>Відходи інфраструктури населених пунктів</p> <p>Відходи подібні побутовим</p>	<p>1. Відбувається поступове збільшення обсягів муніципальних відходів, до яких входять відходи домогосподарств, відходи інфраструктури населених пунктів, відходи близькі до побутових, при зменшенні кількості населення, що проживає в області.</p> <p>2. Постійно змінюється морфологічний склад змішаних побутових відходів, основою тенденцією є збільшення частки таропакувальних (переважно легких) компонентів.</p> <p>3. Визначення морфологічного складу змішаних побутових відходів, що направляються на видалення, практично не здійснюється.</p> <p>4. Переважна більшість побутових відходів видаляються на звалища/полігони без попереднього оброблення.</p> <p>5. Більшість місць видалення побутових відходів є звалища, які не забезпечені усіма необхідними засобами захисту навколишнього середовища від різних видів забруднення.</p> <p>6. Місця видалення/захоронення відходів займають значні території в області.</p> <p>7. Недосконалість контролю за експлуатаційними станом місць видалення відходів, зокрема за системою обліку тих відходів, що направляються на видалення.</p> <p>8. Недієвою є існуюча система екологічного моніторингу за станом навколишнього середовища в районах розміщення полігонів і звалищ ТПВ.</p>	<p>1. Відсутність інформації щодо рівнів впливу об'єктів видалення відходів на довкілля створює ризик неконтрольованості процесів забруднення за їх інтенсивністю, масштабом й напрямом руху емісій, а значить неконтрольованості впливу на здоров'я людей.</p> <p>2. Переважна більшість місць видалення побутових відходів не забезпечена інженерними засобами захисту довкілля (відсутній ізоляційний екран, система дренажування, обвалування по периметру території тощо), що збільшує ризик забруднення навколишнього середовища в процесі експлуатації даних об'єктів.</p> <p>3. Розташування звалищ ТПВ у безпосередній близькості:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- до сільськогосподарських угідь створює ризик потрапляння забрудненого поверхневого стоку з ділянок звалищ на їх території;</li> <li>- до водоохоронних зон поверхневих водних джерел призводить до погіршення їх санітарного стану внаслідок потрапляння забрудненого поверхневого стоку з ділянок звалищ на їх території;</li> <li>- до рекреаційних зон й природного-заповідних територій призводить до зниження їх цінності та втрати біорізноманіття.</li> </ul> <p>4. При неконтрольованому накопиченні забруднюючих</p>

	<p>9. Продовжується експлуатація сміттєзвалищ, що не відповідають екологічним нормам й не мають відповідних землекадастрових документів.</p> <p>10. Організація системи збору та вивозу габаритних й ремонтних відходів наявна лише в окремих містах області.</p> <p>11. Відходи обслуговування зелених насаджень (зелені відходи) в основному не обліковуються окремо й вивозяться для видалення на звалища ТПВ, тобто втрачається цінний ресурс.</p> <p>12. Відсутня на законодавчому рівні методологія оцінки ризиків довкілля, спричинених експлуатацією полігонів й звалищ ТПВ.</p> <p>13. Відсутня на законодавчому рівні методологія визначення класу небезпеки відходів.</p> <p>14. Недіючим є механізм розширеної відповідальності товаровиробників за управління відходами внаслідок незатвердження законопроекту про управління відходами.</p>	<p>речовин у ґрунтовому середовищі створюється ризик довготривалого відчуження земель, навіть після закриття звалищ ТПВ, та ускладнення їх опдальшого цільового виклористання.</p> <p>5. Неконтрольованість процесів в «тілі» звалищ не дозволяє прогнозувати процеси, що потенційно можуть бути причинами надзвичайних ситуацій в районах розташування звалищ ТПВ.</p> <p>6. Подальша практика переважного видалення побутових відходів без їх оброблення створює в області негативний психологічний клімат та знижує загальний імідж Полтавського регіону.</p>
--	---	--

Підсумовуючи, все вище зазначене, можна констатувати, що поетапна реалізація запланованих у Програмі заходів [3] надасть можливість повного або часткового вирішення наявних проблем поводження з відходами в області й усунення або мінімізації зазначених ризиків для навколишнього середовища та здоров'я населення. Ті ж впливи на довкілля, що будуть виникати при будівництві, реконструкції та експлуатації інфраструктурних об'єктів поводження з побутовими відходами, по-перше, будуть мати опосередкований характер, а, по-друге, не будуть перевищувати нормативно допустимих рівнів за рахунок застосування сучасних технічних рішень та проведення процедури оцінки впливу на довкілля (ОВД) на кожному етапі, передбаченому законодавством України.

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

1. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 8 листопада 2017 р. № 820-р «Про схвалення Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-%D1%80/page>



2. *Регіональний план управління відходами у Полтавській області до 2030 року (проект). Електронний ресурс: – Режим доступу: <https://www.adm-pl.gov.ua/advert/oprilyudnennya-dlya-obgovorennya-proektu-regionalniy-plan-upravlinnya-vidhodami-u-poltavskiy-> (дата оприлюднення - 22.07.2021)*

3. *Комплексна програма поводження з твердими побутовими відходами у Полтавській області на період 2022-2030 роки (проект). Електронний ресурс: – Режим доступу: <https://www.adm-pl.gov.ua/advert/oprilyudnennya-dlya-obgovorennya-proektu>*

<sup>1</sup>Калінкевич О. В., <sup>1</sup>Калінкевич О. М., к. ф.-м. н.,

<sup>2</sup>Скляр А. М., к. х. н.

<sup>1</sup>Інститут прикладної фізики НАН України, м. Суми, Україна

<sup>2</sup>Сумський державний педагогічний університет, м. Суми, Україна

## СОРБЕНТИ НА ОСНОВІ ХІТИНОВИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ДОВКІЛЛЯ

Одна з проблем воєнного часу – забруднення повітря (наприклад, витік аміаку в районі ПАТ «Сумхімпром», 21 березня 2022 р.) та води. Внаслідок військових дій можуть не працювати очищувальні станції, виникнути проблеми з питною через порушення систем водогонів, що може призвести до необхідності самотужки очищувати або створювати тимчасові системи очищення води з природних водойм. Крім того, можливі радіаційні та хімічні забруднення ґрунтових вод при знеструмленні шахт, а також неконтрольовані викиди від працюючих підприємств за відсутності контролю з боку держави.

Одними з матеріалів, що добре себе зарекомендували у якості сорбентів, є хітин та хітозан різного походження. Ми в Інституті прикладної фізики у співробітництві з Сумським державним педагогічним університетом та Сумським державним університетом давно займаємося хітиновими матеріалами, в тому числі і тими, що використовуються у якості сорбентів. У той же час в Україні немає власних традиційних джерел хітину – цей полімер переважно видобувається з морських ракоподібних. Друге традиційне джерело – відходи мікробіологічної промисловості, яка в Україні в достатній кількості не розвинена.

Комахи є потенційно потужним джерелом хітину та хітозану. Особливо важливим джерелом можуть бути «культурні» комахи – переробники відходів, наприклад *Hermetia illucens*. Використання хітинового матеріалу цих комах – шлях до отримання дешевих та ефективних сорбентів та водночас до створення «циклічних» схем переробки органічних відходів, що може бути важливим при створенні приміщень для тривалого перебування груп людей в ізоляції (сховищ високого ступеню захисту, аналог «космічної станції»).

Із хітину та хітозану також можна виготовляти перев'язочні матеріали та гемостатики, що дуже важливо у періоди війни, коли кількість поранених, що потребують первинної допомоги, значно зростає.

Зараз ми працюємо над сорбентами на основі матеріалів із *Hermetia illucens* спільно з Литвою. Оскільки кошти зараз витрачаються переважно на військові дії, литовські партнери могли б постачати сировину в рамках гуманітарної допомоги надавати консультаційну допомогу при створенні

сорбентів на її основі, а згодом таке виробництво можна буде налагодити в Україні.

Але, зрозуміло, що ефективно долати екологічні проблеми без досягнення миру неможливо. Кошти, що витрачаються на зброю – марнування ресурсів людства, які могли б бути спрямовані на вирішення його нагальних і болючих проблем.

*<sup>1</sup>Каменева І. П., к. т. н., <sup>1</sup>Артемчук В. О., д. т. н.,  
<sup>2</sup>Попов О.О., д. т. н., <sup>2</sup>Яцишин А. В., д. т. н., <sup>1</sup>Кириленко Ю. О.  
<sup>1</sup>Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН  
України, Київ, Україна  
<sup>2</sup>ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України»,  
Київ, Україна*

## **АНАЛІЗ І ОЦІНЮВАННЯ ТЕХНОГЕННИХ РИЗИКІВ В УМОВАХ ПІДВИЩЕНОЇ НЕБЕЗПЕКИ**

**Вступ.** В умовах, які склалися в Україні, починаючи з лютого 2022 р., особливої уваги потребує проблема підвищення безпеки ряду техногенних об'єктів, що знаходяться на територіях поблизу воєнних дій, зазнають пошкодження від ракетних ударів, снарядів або інших руйнівних наслідків. Зокрема, небезпечні ситуації було створено на ЧАЕС, що тимчасово була захоплена військовими РФ. Це призвело до підвищення радіаційного фону, виникнення лісових пожеж, забруднення довкілля та інших руйнівних наслідків для прилеглих територій.

Для зменшення техногенного впливу, втрат енергетичних та матеріальних ресурсів, а також більш ефективного збереження виробничих потужностей необхідно забезпечити якісну інформаційну підтримку для вчасного прийняття або корекції управлінських рішень. Такі рішення мають враховувати як накопичений досвід щодо подібних інцидентів та їх наслідків, так і можливості передбачення на наступний період. Підкреслимо, що подібні задачі необхідно вирішувати на основі міжнародного досвіду щодо управління ризиками в рамках вимог ООН та відповідних законодавчих документів [1, 2].

**Визначення простору ризиків.** В галузі екологічної, енергетичної або радіаційної безпеки для інтегрованої оцінки стану безпеки енергетичного підприємства (зокрема, АЕС) запропоновано обрати значення ризиків, які визначають рівень небезпеки та обсяг можливих збитків для досліджуваної множини небезпечних подій. У таких задачах семантичне значення складної ситуації можна визначити як наявність або відсутність небезпеки, тобто дати імовірнісну оцінку ситуації з точки зору її безпечності.

Підкреслимо, що наше уявлення про небезпеку може бути досить суб'єктивним, тобто спирається на специфіку особистого сприйняття певних ситуацій у межах набутого досвіду. Посилаючись на психологічні дослідження в області ризику і безпеки, можна зробити висновок, що при оцінці ступеня небезпеки важливу роль відіграє індивідуальне сприйняття ризику. З одного боку, кожна нова ситуація вимагає прийняття рішення з урахуванням набутого досвіду. З іншого боку, вибір рішення (точніше, його

наслідки) впливають на вже сформовану структуру знань, тобто згідно з відомою формулою Байєса кожен наступний крок потребує корекції наявних знань і впливає на прийняття рішень в майбутньому.

Простір ризику можна формально представити наступним чином. Кожна імовірнісна модель описує певну множину спостережень  $X$ , де визначено розбиття  $E(X)$ , яке утворює множину випадкових подій [3]. На цій множині задається невід'ємна функція  $P$ , що задовольняє відомим властивостям імовірнісної міри і визначає імовірність випадкових подій з  $E(X)$ . Множина спостережень  $X$ , множина випадкових подій  $E(X)$  та імовірнісна міра  $P$ , визначена на  $E(X)$ , утворюють імовірнісний простір ризику  $(X, E, P)$ .

Факторами ризику можуть бути фактори довільної природи (фізичні, хімічні, психологічні, соціальні тощо), які впливають на порушення гомеостазу досліджуваної системи. Для чисельної оцінки достовірності відношень, встановлених на емпіричному рівні, використовують методи математичної статистики, які допомагають врахувати невизначеності при вимірюванні або оцінюванні випадкових величин (факторів ризику, відношень між впливом і ефектом).

**Структура знань для аналізу ризиків.** Визначимо імовірнісний простір ризиків [3, 4], який відображає семантичні аспекти предметної області на різних рівнях представлення (або категоризації) інформації. Такі рівні, як правило, змістовно поєднані між собою та визначаються ступенем спільності ознак, на основі яких проведено виділення окремих категорій. Процес побудови семантичного простору можна описати як послідовну розгортку невеликого числа інтегрованих показників у сукупності більш конкретних характеристик, які можна безпосередньо вимірювати або прогнозувати. Розмірність такого простору в межах окремої предметної області, зміст виявлених характеристик, характер зв'язків між ними залежать від суб'єктивного знання даної предметної області (на рівні експертів, фахівців або студентів).

Імовірність, пов'язану з випадковим подією, бажано оцінювати в рамках вже побудованої системи знань (еталонних подій або прототипів). У більшості випадків системи еталонів будуються в процесі структуризації та систематизації експериментальних даних, коли за значеннями окремих показників можна визначити ймовірність виникнення певних подій (небажаних наслідків).

На першому етапі розглядається інформація, що зберігається в базах даних. Потім поетапно відтворюється процес аналітичної діяльності (тобто аналіз і структурування даних), і паралельно відбувається відображення виявлених структур (так званих когнітивних патернів) у вигляді візуальних образів. Кожен такий образ можна розглядати як шаблон або прецедент. Далі за допомогою експертних знань визначаємо імовірнісні характеристики щодо обраних шаблонів (зокрема, ризику, пов'язані з

появою негативних подій).

На наступних етапах аналізу структурована інформація передається до бази знань, де вона впорядковується відповідно з рівнями небезпеки або іншими критеріями, важливими для прийняття управлінських рішень.

**Модель знань для задач ядерної безпеки.** Більш детально представимо модель знань, розроблену для задач ядерної та радіаційної безпеки (ЯРБ). В даному випадку структурування знань може бути корисним як для підтримки прийняття рішень, так і для удосконалення процесу навчання, оцінювання і контролю знань фахівців та керівного складу, що відповідають за безпечне обслуговування АЕС. Модель забезпечує можливості для накопичення та систематизації досвіду, одержаного в процесі імовірнісного аналізу безпеки АЕС. Відзначимо, що модель знань запропоновано в рамках розвитку та удосконалення інформаційних засобів підтримки прийняття рішень в сфері аналізу безпеки АЕС та інших небезпечних підприємств, де використовується *ризико-орієнтований підхід*, покладений в основу обчислення імовірнісних показників ризику на основі моніторингу стану безпеки, що одержав визнання в багатьох країнах і включений в програму навчання для майбутніх фахівців [5, 6].

На рис. 1 схематично показана структура імовірнісної моделі знань, розроблена для аналізу і систематизації знань в області ядерної та радіаційної безпеки. Важливе місце займає база нормативних документів, що потребує періодичного оновлення та доповнення згідно з системою нормативно-правового регулювання безпеки [7]. Модель включає блок імовірнісного аналізу безпеки, який можна розглядати як формальне представлення процесу накопичення досвіду. Велика кількість показників моніторингу безпеки об'єднана в три блоки (моніторинг зовнішніх факторів, моніторинг стану обладнання, моніторинг порушень і помилок персоналу). За даними моніторингу та результатами аналізу експертних знань розраховано імовірнісні оцінки виникнення аварій та інцидентів для АЕС або інших підприємств у галузі ЯРБ.

До небезпечних подій, характерних для воєнного стану, належать порушення або зупинки в роботі енергетичних підприємств внаслідок попадання ракети, бомби або снаряду, а також випадки порушень через некомпетентне обслуговування, відсутність потрібних фахівців. Зокрема, для контролю рівнів забруднення повітря розроблено Методику визначення обсягів викидів та збитків від російських бомбардувань [8].



**Рис. 1. Структура моделі знань у галузі ЯРБ**

**Висновки.** Проблема аналізу і прогнозування стану техногенних підприємств розглядається в межах структурованої системи знань про можливі небезпечні ситуації та оцінювання їх наслідків.

Запропоновано модель систематизації знань в галузі ядерної безпеки, за допомогою якої можна формалізувати процес наповнення бази знань із ЯРБ, тобто накопичувати й систематизувати досвід роботи з аваріями та інцидентами, одержаний протягом багаторічних досліджень.

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

1. *Управление рисками в системах нормативного регулирования, ООН, Нью-Йорк – Женева, 2014. 126 с.*
2. *Указ Президента України 111/2021 від 23 березня 2021 р. <https://www.president.gov.ua/documents/1112021-37505>.*
3. *Артемчук В. А., Каменева И. П., Яцишин А. В. Специфика применения когнитивного анализа информации в задачах обеспечения экологической безопасности // Электронное моделирование. 2017. Том 39, №6. С. 107–124.*
4. *Каменева И. П., Артемчук В. А., Яцишин А. В. Вероятностное моделирование экспертных знаний с использованием методов психосемантики // Электронное моделирование. 2019. Том 41, №2, С. 81–96.*

5. Алимов В. Т., Тарасова Н. П. *Техногенный риск: Анализ и оценка: учебное пособие для вузов.* М., 2005. 119 с.
6. Бегун В. В., Широков С. В., Бегун С. В. та ін. *Культура безпеки в ядерній енергетиці : Підручник.* К., 2012. 539 с.
7. *Положення про систему нормативно-правового регулювання в сфері використання ядерної енергії, ядерної та радіаційної безпеки, затверджене наказом Держатомрегулювання від 01.06.2004 №05.*
8. *Забруднення повітря від російських бомбардувань: обсяги викидів та завдані збитки розраховуватимуть за спеціальною Методикою.*  
<https://mepr.gov.ua/news/39148.html>.



*Картавий А. Г., ст. викладач кафедри екології та агрономії  
Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, Україна*

## **ВИРОБНИЦТВО ДПК ЯК ЕФЕКТИВНИЙ МЕТОД УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ ПОЛІМЕРІВ ТА ДЕРЕВИНИ**

Як відомо, однією з глобальних проблем людства в XXI сторіччі є проблема утворення і накопичення відходів. У той же час відомо, що відходи є досить цінною сировиною, із якої можна отримувати необхідну народному господарству продукцію. Наприклад, в деревопереробній промисловості за даними фахівців відходи складають у середньому 50-60%. Тому стає доцільним щоб на деревообробних підприємствах були цехи по переробці відходів або передбачено домовленості з іншими підприємствами, які могли б забирати ці відходи й переробляти. Виробництво будівельних матеріалів – один із найраціональніших напрямків використання неділової деревини, відходів лісопильно-деревообробних підприємств. Розвиток виробництва сучасних будівельних матеріалів сприяє комплексному використанню деревини й збереженню лісів – найцінніших природних ресурсів нашої країни [1].

Творець ДПК (деревинно-полімерних композитів) – італійський концерн «ICMA San Giorgio», що в 1970-х роках одержав патент на новий будівельний матеріал. До цього винаходу компанія спеціалізувалася на традиційній деревообробці, а також виготовленні різноманітних полімерів і пластикових виробів. Проблема утилізації відходів двох цих виробництв і знайшла своє рішення в принципово новому матеріалі.

Європейський ринок деревинно-полімерних композитів (ДПК) молодий: наприклад, у 2002 році в Німеччині було лише чотири підприємства з виробництва цих матеріалів. Зате вже у 2007 року їх стало понад два десятки. В Європі за рік виробляють тільки 40-50 тис. тонн, тоді як у Північній Америці обсяг виробництва деревинно-полімерних композитів сягнув 700 тис. тонн. На початку нинішнього десятиріччя очікується значне зростання ринку, за деякими оцінками, – втричі.

Деревинно-полімерний композит (ДПК) – композиційний матеріал, у якому полімер і деревинний заповнювач, модифікований, зазвичай, хімічними добавками. Інші назви деревинно-полімерних композитів: «рідке дерево», деревинно-пластиковий композит, древопласт, полівуд, древотермопласт тощо. Особливість деревинно-полімерних композитів у тому, що готові вироби виходять із відходів виробництва та споживання: тирси, стружок, деревного борошна, сільськогосподарських відходів та різних видів відходів споживання.

Деревинно-полімерний композит – сучасний матеріал, який має всі кращі природні властивості дерева [2].

Склад ДПК: деревинне борошно з фракцією 0,05-0,5 мм, полімер і деякі хімічні домішки. В якості полімеру використовують ПВХ, поліетилен чи поліпропілен. Під час нагріву суміші в спеціальному екструдері полімери плавляться, змішуються з деревинним борошном і, завдяки перемішуванню, утворюють однорідну масу. Ця маса при застиганні утворює виріб із ДПК.

Виробництво деревинно-полімерних композитів – одне з найбільш перспективних у сфері раціонального використання відходів лісозаготівельних робіт, меблевого і деревообробного виробництва, використання низькосортної деревини, рослинних целюлозовмісних відходів та вторинних пластмас на переробку в високоякісні профільні деталі для широкого спектра застосувань.

Матеріали ДПК мають унікальний набір властивостей:

- легко піддаються механічній обробці;
- сировиною слугують відходи виробництва, як деревообробного так і відходи поліетилену, полівінілхлориду та інших полімерів;
- можливість експлуатації виробів на свіжому повітрі за будь-які погодні умови;
- матеріал не розтріскується на морозі й не піддається впливу вологи;
- екологічно чиста основа, відсутність токсичних виділень;
- можливість виробництва різноманітних складних конфігурацій профілю; економія за вагою під час виробництва пологого профілю (з порожнинами);
- забарвлення усього об'єму.

Багато рецептур ДПК мають виняткову стійкість до атмосферного й біологічного впливу: ультрафіолетового випромінювання, вологи, води, мінеральних розчинів, стійкі до атак мікроорганізмів і комах. Деякі фірми – виробники ДПК надають гарантії на 40-50 років експлуатації готових виробів надворі, без спеціального захисту.

Усі матеріали з деревинно-полімерних композитів можуть піддаватися обробці як дерево: обробка рубанком, кріплення цвяхами і болтами, розпил, шліфування, фарбування. Їх легко пиляти, стругати, свердлити тощо. Добре утримують цвяхи, скоби, шурупи, добре піддаються склеюванню звичайними клеями для дерева. Деякі композити можна зварювати, подібно пластмасі. Можливо гнуття в підігрітому вигляді.

Профілі з ДПК можуть ефективно комбінуватися з металевими чи склопластиковими профілями (смугами, трубами, кутниками, таврами тощо) для створення дуже міцних та жорстких конструкцій [3].

Самим популярним у світі виробом із ДПК можна сміло назвати декинг, або терасову дошку [4]. Вона служить для створення покриттів на підлогу, як для внутрішніх приміщень, у тому числі й із підвищеною вологістю (наприклад, сауни або ванні кімнати), так і для зовнішніх

споруджень, таких як тераси, балкони, експлуатовані покрівлі й навіть пірси, пристані й, як ми вже згадували, палуби кораблів. Декинг у формі традиційної терасової дошки – це профільні вироби з різними конфігураціями перетину. Залежно від передбачуваного навантаження на майбутнє покриття, виробники декинга пропонують пустотілий або суцільний профіль.

Терасова дошка композит має всі властивості натуральної деревини і практичність композиту. Вона екологічно чиста, не містить формальдегідів та свинцевих стабілізаторів. При цьому матеріал має високу міцність (механічне навантаження до 550 кг), він вологостійкий і вогнестійкий. Найбільш дорогі моделі здатні витримувати перепади температур від -60 до +80 °С [4].

Терасова дошка не розсихається й не розколюється, проста в догляді і не потребує додаткового захисту (промаслення, фарбування і т.д.). Довжина дощок може бути 2-6 м, ширина – 137-300 мм, товщина 22-35 мм. За індивідуальними замовленнями можливе виробництво дощок нестандартних розмірів. Вартість терасової дошки варіюється в залежності від використовуваної деревини. Наприклад, матеріал, що складається з деревної муки (тирси) і поліетилену належить до нижчої цінової категорії, термін його служби складає від 20 до 35 років [3].

**Висновок.** Виробництво терасової дошки з ДПК – один із найраціональніших напрямків використання неділової деревини, відходів лісопильно-деревообробних підприємств. Розвиток виробництва деревинно-полімерних композитів із відходів деревини і відходів полімерних матеріалів сприяє не тільки комплексному використанню деревини, але й вторинному використанню відходів полімерів, що на сьогодні дуже важливо.

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

1. Апостолюк С. О., Джигирей В. С, Апостолюк А. С. Промислова екологія : Навчальний посібник. К. : Знання, 2005. 474 с.
2. Бехта П. Технологія древних композиційних матеріалів. К. : Основа, 2003. 336 с.
3. Карєв А. І., Данченко Ю. М. Будівельні композитні полімерні матеріали з вторинної сировини // Ефективні організаційно-технологічні рішення та енергозберігаючі технології в будівництві : Матеріали IV Міжнародної науковопрактичної конференції. 23-24 березня 2016 р. Харків. С.60–62.
4. Шмиг Р. А. Деревні матеріали // Термінологічний словник-довідник з будівництва та архітектури / Р. А. Шмиг, В. М. Боярчук, І. М. Добрянський, В. М. Барабаш ; за заг. ред. Р. А. Шмига. Львів, 2010. С. 78–79.

*Кікоть Н. Е., аспірант*

*Миколаївський національний аграрний університет, Миколаїв Україна*

## **ВПЛИВ СОБІВАРТОСТІ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ НА ЦІНОУТВОРЕННЯ АГРАРНОЇ ПРОДУКЦІЇ**

Ринкове ціноутворення на ринку електроенергії та система тарифоутворення для природних монополій повинні забезпечувати відшкодування економічно обґрунтованих витрат підприємствам галузі (включаючи повернення на інвестований капітал) і спрямовуватися на:

- стимулювання підвищення ефективності генеруючих об'єктів та об'єктів електромереж;
- залучення інвестицій у галузь для забезпечення її сталого розвитку;
- збалансування інтересів споживачів електричної енергії та підприємств електроенергетичної галузі;
- формування цін для кінцевих споживачів відповідно до повних витрат, пов'язаних з виробництвом, передачею, розподілом та постачанням електроенергії з урахуванням категорії споживачів та періодів доби.

У регулюванні діяльності магістральних і розподільчих мереж потрібний перехід на тарифоутворення, що стимулює інвестування та підвищення ефективності (регулювання за нормою прибутку на інвестований капітал з урахуванням коефіцієнта підвищення ефективності). Відповідно до Програми економічних реформ України на 2010-2014 рр., стимулююче ціноутворення в розподілі електроенергії має бути введене у 2013 р.

При переході на нову модель ринку електроенергії ціни на електричну енергію будуть формуватися за ринковими механізмами та покриватимуть економічно обґрунтовані витрати підприємств галузі (включаючи повернення на інвестований капітал).

Середньо- та довгострокові тенденції в динаміці цін на електроенергію визначатимуться співвідношенням таких чинників:

- зміна (зростання) ринкових цін на вугілля, газ, нафту та уран на світових ринках;
- зростання вартості робочої сили, що пов'язане зі світовими тенденціями та з рівнем заробітної плати в Україні, який зараз нижчий, ніж на розвинених ринках;
- зростання капітальних витрат у структурі ціни електроенергії, оскільки устаткування генеруючих об'єктів і об'єктів електромереж України на сьогодні є застарілим, фізично зношеним і потребує значних капіталовкладень;

- скорочення видатків на виробництво кіловат-години за рахунок підвищення ефективності роботи компаній, включаючи зростання продуктивності праці, заміну застарілих технологій тощо;
- зміна попиту й пропозиції на електричну енергію.

При цьому доцільно очікувати, що протягом наступних 5-10 років в Україні відбуватиметься послідовне наближення ціни електроенергії до рівня ринкових цін на лібералізованих ринках ЄС.

Зовнішні умови майбутнього розвитку систем теплопостачання України, як й інших країн світу на сучасному етапі є досить непевними. З одного боку, продовжується різке зростання цін на природний газ, нафту та нафтопродукти, яке викликає паритетне зростання цін на інші види традиційних ПЕР. Але існує й висока ймовірність майбутнього їх падіння внаслідок зниження світової економічної активності

У зв'язку з цим, при визначенні шляхів розвитку енергетики країни і, зокрема, систем теплозабезпечення, слід орієнтуватися не на короткострокові зміни зовнішніх цін на енергоносії, а на установлений тренд до їх підвищення, закономірно зумовлений зростаючими складнощами їх видобутку і транспортування. Очікуваний тренд на підвищення диктує необхідність активного освоєння й ощадливого використання, перш за все, власних енергетичних ресурсів і, в тому числі, відновлюваних джерел при збереженні і модернізації системи централізованого теплопостачання.

За зростання цін і тарифів на традиційні ПЕР ширше використання у СЦТ повинні знайти прогресивні технології генерації теплової енергії на базі ВДЕ, побутових відходів, утилізації теплових ВЕР промислових підприємств, міських ТЕЦ. На особливу увагу заслуговують при цьому проекти впровадження теплових насосіврегуляторів, призначених для регулювання небалансів електроенергетичної системи із повноцінним виконанням функцій економічного і екологічно чистого джерела теплової енергії, що утилізує теплові втрати енергетичного обладнання або теплову енергію доквілля.

Коли запровадять зелені аукціони, то вітрова та сонячна енергетики конкуруватимуть із традиційною. Аукціони знайдуть певний рівень цін, при яких інвесторам буде доцільно заходити на цей ринок. Але, щоб розвивати зелену енергетику, потрібно повністю змінювати енергетичну систему й вирішити насамперед питання із балансуєчими потужностями.

Міністерство енергетики та вугільної промисловості, прораховуючи економічні і технічні наслідки поточної моделі підтримки відновлюваної енергетики за «зеленим» тарифом як для споживачів, так і для операційної безпеки об'єднаної енергосистеми України, останній рік послідовно «бореться» не з «малими СЕС домогосподарств», а за запровадження прогресивної конкурентної системи підтримки відновлюваної енергетики через систему аукціонів. За цією системою держава купуватиме вироблену

«зелену» електроенергію тільки у того інвестора, який запропонує на аукціоні найнижчий тариф. Така система вже довела свою ефективність у понад 70 країнах світу, й вартість виробленої на сонячних і вітрових електростанціях «зеленої» енергії за результатами аукціонів знизилася до 4-6 євроцентів за 1 кВт/годину. Тобто навіть менше, ніж теплова генерація в Україні. І це при повній відповідальності за небаланси.

Отже, відновлювальна енергетика має позитивний приріст потужностей, які розвиваються з кожним роком. Лідерами потужностей є гідроенергетика, сонячна енергетика та вітроенергетика, які також складають більшу частину структури ВДЕ України та мають великий потенціал для розвитку. Хоча потужності виробництва електроенергії з біомас не такі великі, як у лідерів, вона має значний споживчий потенціал. Інвестування у відновлювальні джерела є перспективним для України, адже саме ці джерела вже залучають значну кількість інвестицій у нашу країну і мають визначальні потужності та можливості для подальшого розширення в енергобалансі України.

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

1. Інформація щодо потужності та обсягів виробництва електроенергії об'єктами відновлюваної електроенергетики, яким встановлено «зелений» тариф (станом на 1 квітня 2020 р.) / Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України. URL: <https://saee.gov.ua/uk/content/informatsiyni-materialy> (дата звернення: 20.01.2022).
2. Сучасний стан відновлюваної енергетики в Україні. URL: <http://www.saee.gov.ua/uk> (дата звернення: 15.05.2022).
3. Динаміка розвитку відновлювальної енергетики в Україні та світі. URL: <https://www.mcl.kiev.ua/ukr/dinamika-rozvitku-vidnovlyivalnoyi-energetiki-v-ukrayini-ta-sviti> (дата звернення: 15.05.2022).
4. Перспективи розвитку відновлювальної енергетики в Україні до 2030 року. URL: <http://ive.org.ua/wpcontent/uploads/2012/06/%D0%9A%D1%83%D0%B4%D1%80%D1%8F-22.04.2012-FINAL.pdf> (дата звернення: 15.05.2022).

<sup>1</sup>Клок С. В., к. геогр. н., <sup>2</sup>Корнус А. О., к. геогр. н., доцент,

<sup>2</sup>Корнус О. Г., к. геогр. н., доцент, <sup>2</sup>Данильченко О. С.

<sup>1</sup>Український гідрометеорологічний інститут ДСНС України та НАН  
України, м. Київ, Україна

<sup>2</sup>Сумський державний педагогічний університет імені А. С. Макаренка,  
м. Суми, Україна

## **АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕНДЕНЦІЙНИХ ЗМІН МІНІМАЛЬНОЇ ДОБОВОЇ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ НА ФОНІ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛІННЯ**

Мінімальна температура повітря є важливою характеристикою, що визначають температурний режим навколишнього середовища. Зміни клімату та необхідність їх вивчення зумовили розробку різних індикаторів потепління. Серед них і мінімальна добова температура повітря, індекс якої отримав назву «тропічні ночі». Цей показник є важливим кліматичним індексом, запропонованим свого часу Всесвітньою Метеорологічною організацією (ВМО) для виявлення екстремальних відхилень термічного режиму (мінімальної температури повітря) в умовах глобального потепління, їх узагальнення для значних територій або для Землі в цілому та проведення відповідного порівняльного аналізу [3, 4]. Нагадаємо, що тропічними вважаються ночі, коли мінімальна температура повітря перевищує 20 °С.

Тропічні ночі раніше спостерігались, як правило, в тропічних широтах, проте у зв'язку з глобальним потеплінням, впродовж останніх десятиліть вони відзначаються в більш високих широтах – збільшується їх кількість або ж вони фіксуються там, де раніше таких явищ не було взагалі [1, 2]. Слід зазначити, що тропічні ночі, зокрема збільшення їх інтенсивності та повторюваності, певним чином впливають на здоров'я та життєдіяльність людини, можуть створювати негативні стресові теплові навантаження на її організм [1-4].

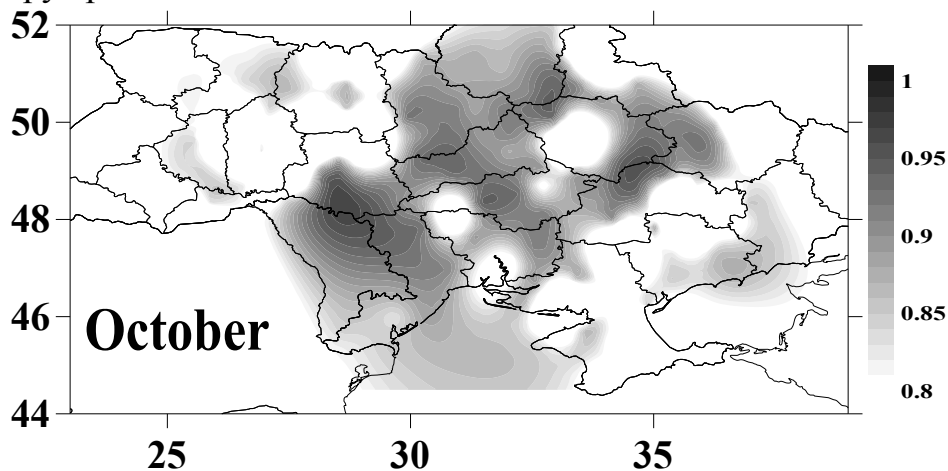
У даній статті наведено порівняльний аналіз повторюваності тропічних ночей по окремих станціях території України за період спостережень 1976-2019 рр. Обрані станції Полтава (49°34' пн.ш. 34°34' сх.д.), Житомир (50°15' пн.ш. 28°39' сх.д.) та Львів (49°50' пн.ш. 24°01' сх.д.) розташовані на близьких широтах, проте, належать до різних фізико-географічних областей України.

У роботі використано архів даних спостережень за мінімальною температурою повітря (табл. 1). Цікаво відмітити, що мінімальні екстремуми спостерігались досить давно – переважно у 80-х роках минулого століття, а максимуми – у першому десятиріччі поточного.

**Характеристики мінімальної температури повітря по станціям України за період 1991-2019 рр.**

Характеристика спостережень			Середній		Абсолютний	
Пункт	спостереження		максимум	мінімум	максимум	мінімум
	кількість	період	дата	дата	дата	дата
Полтава	16071	01.01.1976 - 31.12.2019	<u>19,6°C</u> 07.2010	<u>18,6°C</u> 01.1987	<u>25,3°C</u> 07.1981	<u>29,2°C</u> 01.1987
Житомир	16041	01.01.1976 - 31.12.2019	<u>17,2°C</u> 07.2010	<u>20,1°C</u> 01.1987	<u>23,2°C</u> 08.2012	<u>33,3°C</u> 01.1987
Львів	16071	01.01.1976 - 31.12.2019	<u>16,0°C</u> 07.2012	<u>15,6°C</u> 02.1985	<u>21,7°C</u> 07.2007	<u>28,5°C</u> 02.1985

Встановлено, що розподіл та тенденції мінімальної температури повітря по території України суттєво відрізняються в залежності від регіону, що демонструє рис. 1.



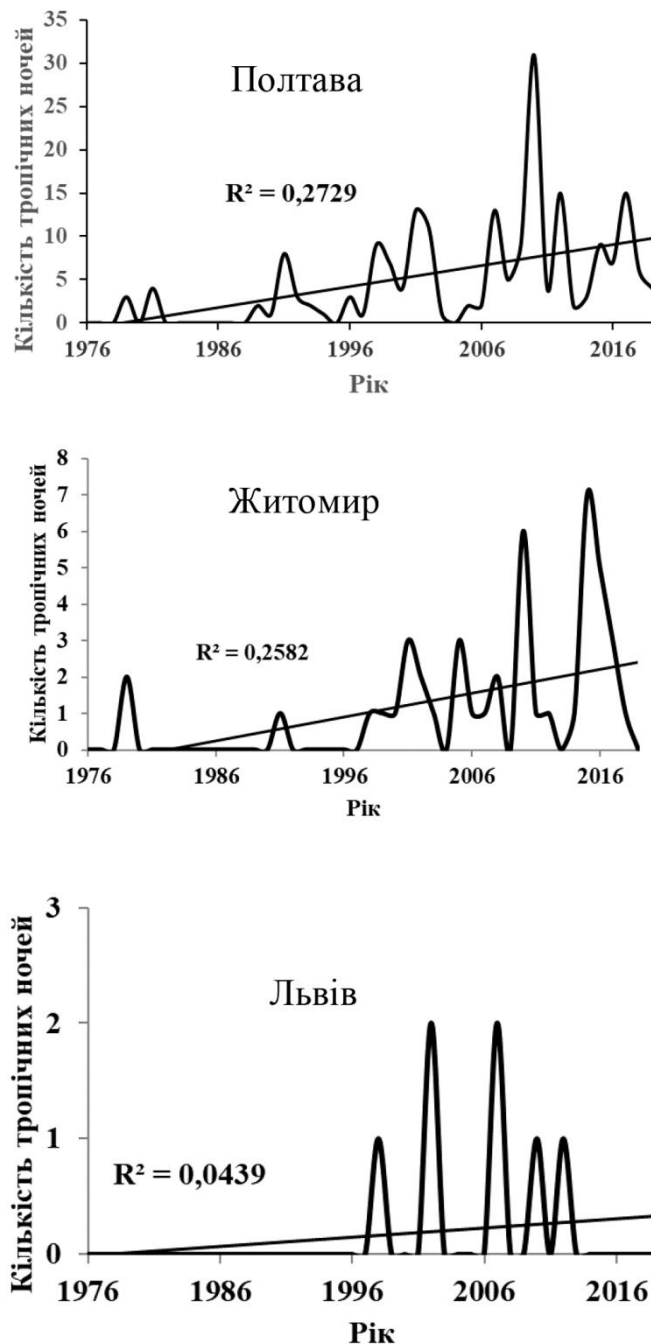
**Рис. 1 Розподіл коефіцієнта кореляції між середньою мінімальною температурою повітря по території України та середньою мінімальною температурою повітря по станціям у жовтні за період 1991-2014 рр.**

Важливо відмітити факт того, що східні та північно-східні території країни є найбільш активними в плані змін мінімальної температури повітря, особливо це стосується холодного періоду року. У перехідні сезони року спостерігається збільшення активності змін мінімальної температури повітря західних та північно-західних областей, що пов'язано з активізацією відповідних синоптичних процесів.

Проведений аналіз демонструє суттєво більшу кількість тропічних ночей на станції Полтава, тоді як на станції Житомир їх спостерігається дещо менше, а на станції Львів до середини 1990-х років минулого століття цього явища не спостерігалось взагалі, що демонструє рис. 2. Починаючи з 1995 року маємо збільшення кількості тропічних ночей на всіх трьох



станціях України, включаючи Львів, де вони зараз фіксуються стабільно практично кожного року.



**Рис. 2. Розподіл випадків тропічних ночей по деяким станціям України за період спостережень 1991-2019 рр.**

Окрім аналізу повторюваності тропічних ночей, наведено аналіз лінійних трендів їх розподілу тропічних ночей на зазначених станціях. Характеристики розподілу наведено у табл. 2.

**Характеристики лінійних трендів розподілу тропічних ночей по станціям України за період 1991-2019 рр.**

<b>Пункт</b>	<b>Тренд, днів/44 роки</b>	<b>Похибка, днів</b>	<b>Коефіцієнт детермінації</b>	<b>F-статистика</b>
Полтава	0,24	0,06	0,27	15,8
Житомир	0,06	0,02	0,25	14,6
Львів	0,008	0,006	0,04	1,9

Найбільший позитивний тренд, цілком очікувано, зафіксовано на метеостанції Полтава – 0,24 днів / 44 роки. У випадку Полтави та Житомира отримано статистично значущі тренди, що підтверджується відповідними значеннями F-статистики. По Львову результати не є статистично значущими, що можна пояснити незначною тривалістю ряду з наявними випадками тропічних ночей.

Отримані результати цілком відповідають відомим трендам глобального потепління: підвищення температури повітря призводить до збільшення кількості тропічних ночей практично по всій території країни. Слід зазначити, що інтенсивне збільшення їх повторюваності на сході та в центрі країни відбулося іще з середини 90-х років минулого століття. Впродовж останніх десятиліть явище тропічних ночей досить стабільно почало спостерігатись на західних територіях.

**Використані інформаційні джерела:**

1. Корнус А. О., Клок С. В., Поомарьов О. М. Тропічні ночі у місті Суми // Наукові записки Сумського державного педагогічного університету імені А.С.Макаренка. Географічні науки. 2021. Т. 2, Вип. 3. С. 3–8. doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.6437507>
2. Элизбарашвили Э. Ш., Челидзе Н. З., Горгишели В.Э. Сравнительный анализ статистических характеристик тропических ночей для различных регионов Передней и Южной Азии // Труды Института гидрометеорологии Грузинского технического университета. 2017. Вып. 124. С. 55–59.
3. Peterson T. C. *Climate Change Indices*. WMO Bulletin, 2005, 54 (2), 83–86.
4. *ETCCDI Climate Change Indices*. URL: <http://etccdi.pacificclimate.org/indices.shtml>

*Коваленко С. А., аспірантка, Пономаренко Р. В., д. т. н.,  
Щербак С. С., к. т. н.*

*Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна*

## **ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ РІЧКИ ВОРСКЛА**

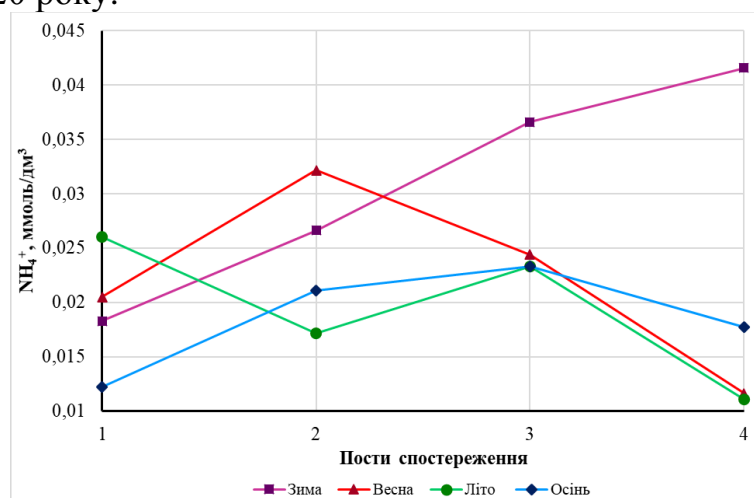
Безперервна діяльність людини призводить до постійного погіршення якості води та екологічного режиму річкового стоку, що спостерігається практично в усіх поверхневих джерелах водопостачання країни. Забезпечення населення якісною питною стає все більш актуальною проблемою сьогодення. Якість питної води визначають такими факторами як ефективність методів очищення та знезараження, ступенем техногенного навантаження, регіональними особливостями ґрунтоутворних порід [1-3].

Ворскла є однією з найбільших лівих приток річки Дніпро. Площа водозбору річки Ворскли на території України становить 12590 км<sup>2</sup>. На річці споруджено Опішнянську ГЕС у селі Міські Млини; є шлюзи-регулятори. Воду використовують для промислового і побутового водопостачання, зрошування. На основі моніторингових даних Державного агентства водних ресурсів (ДАВР) України було проведено аналіз зміни екологічного стану за показниками амонію, нітратів та нітритів, поліфосфатів за 2020 рік на основі даних з 4 постів спостереження річки Ворскла (рис. 1), що входить до басейну річки Дніпро: 1) 348 км, смт. Велика Писарівка; 2) 273 км, с. Климентове Охтирського р-ну Сумської області; 3) 142 км, м. Полтава; 4) 63 км, м. Кобеляки Полтавської області [4].



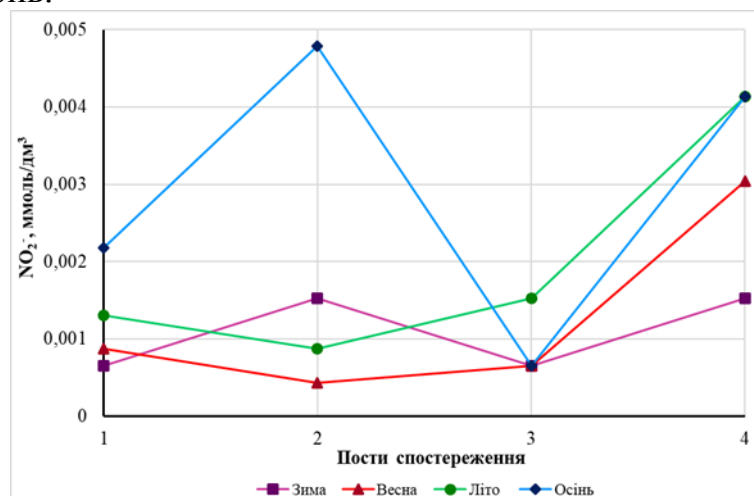
**Рис. 1. Схематичне розміщення 4 постів спостереження, за даними яких проводилось дослідження**

На основі даних ДАВР України було побудовано графіки для більш наглядного відображення зміни вмісту забруднюючих речовин у річці Ворскла для 2020 року.



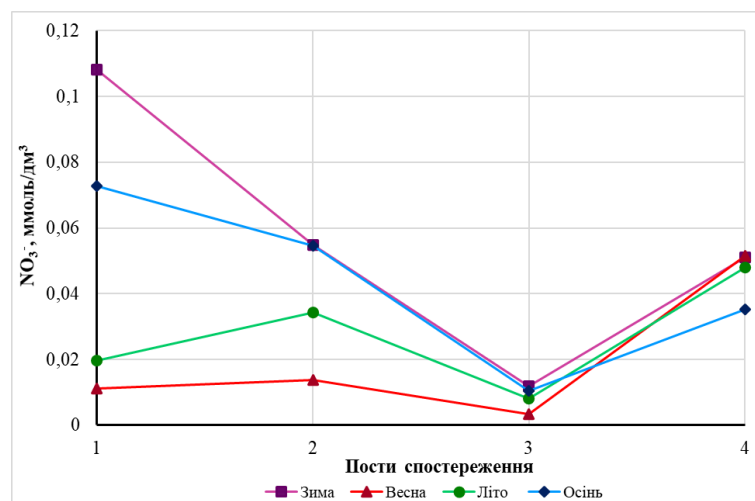
**Рис. 2. Вміст іонів амонію по постах спостереження річки Ворскла відповідно до сезонів 2020 року**

Іони амонію потрапляють до поверхневих водних об'єктів разом із побутовими стічними водами населення, азотними та органічними добривами. Згідно з рисунком 2 чітко зображені сезонні коливання концентрацій іонів амонію. Навесні спостерігається зменшення концентрації іонів амонію, а влітку знову поступове збільшення під час процесу бактеріального розкладу органічних речовин. Восени та взимку відбувається підвищення вмісту іонів амонію. Це пов'язано із подальшими процесами розкладу органічних речовин в умовах слабкої чи повної відсутності споживання його фітопланктоном. Зниження вмісту амонію до нітрат-іонів також може відбуватись за рахунок окиснення розчиненого у воді киснем. Зростання вмісту іонів амонію також зумовлене надходженням у поверхневі води господарсько-побутових стічних вод, азотних і органічних добрив.



**Рис. 3. Вміст іонів нітритів по постах спостереження річки Ворскла відповідно до сезонів 2020 року**

Нітрити – продукти біологічного окиснення амонію. Нестійкі сполуки, які можна виявити при відносно свіжому забрудненні водного джерела. Бактерії роду *Nitrosomonas* окислюють іони амонію до нітритів, а бактерії роду *Nitrobacter* далі окислюють нітрити у нітрати.



**Рис. 4. Вміст іонів нітратів по постах спостереження річки Ворскла відповідно до сезонів 2020 року**

Один із шляхів потрапляння нітратів у поверхневі водні об'єкти – це стоки з полів, що були оброблені добривами. Збільшення концентрації нітратів восени може бути пов'язане зі збільшенням розмірів змиву нітратів в період осінніх дощів.

Відповідно до даних рисунків 2-4 на посту 3 (м. Полтава) спостерігається постійне зменшення концентрацій забруднюючих речовин. Можна зробити припущення, що наслідком даного явища слугує розташування очисних споруд поблизу м. Полтава, це Котелевські очисні споруди, очисні споруди ЖКК с. Терешки, Супрунівські очисні споруди Полтавського ВУВКГ у с. Решетняки.

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

1. Ponomarenko R., Kovalenko S. *Study of Changes in the Ecological Condition of the Psel River. Climate Change & Sustainable Development: New Challenges of the Century : monograph.* Mykolaiv : PMBSNU – Rzeszow: RzUT, 2021. P. 349–358.

2. Camilla Tang, Martin Rygaard, Per S. Rosshaug, John B. Kristensen, Hans-Jørgen Albrechtsen. *Evaluation and comparison of centralized drinking water softening technologies: Effects on water quality indicators.* *Water Research.* 203 (2021) 117–439.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117439>.

*Козій І. С., к. т. н., доцент  
Сумський державний університет, м. Суми, Україна*

## **МАТЕМАТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ**

Із метою оцінки ступеня техногенного навантаження на навколишнє середовище, значну увагу приділяють дослідженню викидів забруднюючих речовин, як ключовому фактору формування зон екологічного неблагополуччя.

Захист та збереження навколишнього середовища є ключовими цілями сталого розвитку суспільства, тому питання вибору оптимальних технологічних рішень очищення викидів зумовлює необхідність розробки програмних рішень та актуальність дослідження напрямків зниження навантаження на навколишнє середовище.

Проблема обґрунтованого вибору оптимального пилогазоочисного обладнання полягає в тому, що необхідно враховувати параметри забруднюючих речовин та умови середовища проведення процесу очищення [1].

У загальному вигляді методику вибору оптимальних технологічних рішень для очищення пилогазових викидів можна представити сукупністю трьох елементних блоків: забруднювальна речовина, умови технологічного середовища, пилогазоочисне обладнання.

Співвідношення цих блоків між собою дає певний еколого-технологічний результат застосування технологічного рішення у разі конкретної забруднюючої речовини.

Виходячи зі специфіки роботи природоохоронного обладнання, формуються вимоги до пилогазоочисного обладнання, яке буде відповідати умовам проведення процесу очищення від викидів певних забруднюючих речовин, для забезпечення якого необхідно розробити оптимальну технологію [2, 3].

Оскільки завдання розробки такої технології є інваріантним, тобто реалізується різними методами або їх комбінацією, на першому етапі спрямованого вибору формуємо матрицю досяжності розв'язання задачі  $S=[s_i]$ , яка визначається наступним чином:

$$\begin{cases} 1, \text{ якщо вершина } \Phi_0 \text{ досяжна з } \Phi_i, \\ 0, \text{ якщо вершина недосяжна,} \end{cases}$$

де  $\Phi_0$  – розв'язання задачі,  $\Phi_i$  – елемент розв'язання.

Сукупність варіантів реалізації задачі знаходження оптимального природоохоронного обладнання представляємо у вигляді графа. Граф є орієнтованим, його вершина  $\Phi_0$  – розв'язання задачі, рівні графа

відповідають етапам розв'язання, тобто. необхідної сукупності задіяних методів із можливих «m» варіантів комбінацій. Вузли графа – методи досягнення необхідних вимог на кожному етапі. Ребрами графа є комбінації, що дозволяють реалізувати конкретний метод. Оскільки вершина графа  $\Phi_0$ , шлях до якої з  $\Phi_i$ , може бути досягнута з використанням шляху довжиною 1, 2, ..., m етапів, то множину варіантів розв'язків задачі можна подати у вигляді:

$$S(\Phi_i) = \Omega\{\Phi_i\} \cup \Omega^2\{\Phi_i\} \cup \dots \cup \Omega^{m-1}\{\Phi_i\} \cup \Omega^m\{\Phi_i\}, \quad (1)$$

де  $\Omega^{m-1}\{\Phi_i\}$  – множина вершин графа, які утворюють мости між  $(\Phi_i, \Phi_0)$ .

До того ж необхідною умовою формування множини є співвідношення:  $\{\Phi_0\} = \cup\{\Phi(j)|\Phi(j) \text{ – висяча вершина графа}\}$ . (2)

Пошук рішень завершується тоді, коли буде розглянуто всі висячі вершини. Ранжування варіантів рішень відбувається в залежності від довжини шляху (кількості етапів).

Задача структурної оптимізації (найменша кількість методів) у цьому випадку:

$$\Phi_0^{opt} = \lim_{m \rightarrow 1} \{\Phi_0\}. \quad (3)$$

При дотриманні вимог щодо екологічної «чистоти» повітря:

$$K = \text{extr}\{f_0(x, y) | x \in D, \quad (4)$$

де K-функція «чистоти»,  $f_0(x, y)$  – критерій оптимізації, x – параметр керування, y – постійний параметр процесу, D – область раціональних значень x.

Застосування вищезазначеної методики для параметричної оптимізації можливе за умови зіставлення «чистих викидів» і методів. Однак у реальних умовах виробництва методи очищення істотно відрізняються один від одного, крім того, дисбаланс вносить фізичний та хімічний склад забруднюючих речовин. Тому, параметризовану оптимізацію доцільно проводити у вигляді графа спрямованого вибору пилоочисного апарату, що реалізується n кількістю методів.

У цьому випадку математична модель процедури спрямованого вибору представляється у вигляді гіперпризми, площини якої відповідають методам досягнення чистоти повітря, а самі площини є матрицями технологічного обладнання та відповідними їм матрицями середовища та кількості викидів.

Спрямований вибір обладнання полягає у визначенні найкоротшого шляху цієї мережевої моделі. Якщо в якості вагової функції ( $\rho$ ) прийняти оптимальний апарат, що відображає ваги на відрізках мережі, то весь шлях  $r = \langle r_0, r_1, \dots, r_k \rangle$  дорівнює сумі ребер, що входять до нього:

$$\rho(r) = \sum_{i=1}^k \rho(r_{i-1}, r_i). \quad (5)$$

Оптимізаційна задача розв'язується методом лінійного програмування. При цьому враховується наступний критерій оптимізації:

$$\rho = f(\alpha, \beta), \quad (6)$$

де  $\alpha$  – параметр, який залежить від методу очищення при заданій потужності (табл. 3 [4]);  $\beta$  – набір обмежень умов середовища та фізико-хімічного складу забруднюючих речовин (табл. 1, 2 [4]).

Необхідна умова існування технологічного процесу:

$$\exists_{\varepsilon \in \theta} \Phi_{0\varepsilon} = \bigcap_{\psi=1}^m \Omega^{\psi}\{\Phi_i\} \vee_{\varphi=1 \div \varphi} \Pi_{\varphi} \vee_{\xi=1 \div \chi} \exists C_{\xi} \vee_{v=1 \div r} \exists N_v, \quad (7)$$

де  $\exists_{\varepsilon \in \theta} \Phi_{0\varepsilon}$  – існуючий варіант розв'язання задачі;  $\bigcap_{\psi=1}^m \Omega^{\psi}\{\Phi_i\}$  – сукупність етапів розв'язання задачі;  $\exists_{\varphi=1 \div \varphi} \Pi_{\varphi}$  – наявність методів розв'язання задачі на кожному етапі при зазначеній потужності;  $\exists_{\xi=1 \div \chi} C_{\xi}$  – спроможність очисних апаратів реалізувати необхідні методи;  $\exists_{v=1 \div r} N_v$  – кількість та якість викидів, які знешкоджуються методом використання певного типу пилогазоочистного обладнання. При цьому множина розв'язків на якісному рівні задовольнятиме достатню умову:

$$\forall_{k \in X} \Phi_{0k} = \{\Phi_0 \mid \beta_{\Phi_0}^{\min} \leq \beta_{\Phi_0} \leq \beta_{\Phi_0}^{\max}\}. \quad (8)$$

Тобто для всіх існуючих варіантів розв'язання задачі критерії якості процесу повинні знаходитися в області допустимих значень як діапазону кількості викидів, потужністю апарату, можливістю ефективно працювати, так і обмежень для умов середовища проведення процесу.

Оптимізаційна задача подається виразом:

$$\Phi_0^{\text{opt}} = \lim_{O_{\text{обл}} \rightarrow \min} \Phi_0 \mid O_{\text{обл}} \in \{C_{\Phi_0}\}. \quad (9)$$

Таким чином, оптимальним приймається той варіант технологічного обладнання для очищення від викидів певних забруднюючих речовин, що відповідає критеріям мінімального вибору пилогазоочистного обладнання при найбільшій ефективності уловлення домішок забруднюючих речовин.

### **Використані інформаційні джерела:**

1. Kozii I. S., Plyatsuk L. D., Koval V. V. Algorithm for selection equipment to reduce the technogenic effect on the environment. *Problemele Energeticii Regionale*. 2022. Vol. 53(1). P. 58–66.
2. Mokrozub V. G., Farakhshina I. V., Al-Magsusii H. F. H. Selection of equipment types when designing multipurpose chemical plants. *Chemical and Petroleum Engineering*. 2020. Vol. 56. P. 230–236.
3. Mokeddem D., Khellaf A. Optimal solutions of multiproduct batch chemical process using multiobjective genetic algorithm with expert decision system. *Journal of Automated Methods and Management in Chemistry*. 2009. Art. ID 927426.
4. Козій І. С., Жиленко Т. І., Трунова І. О., Батальцев Є. В., Макаренко Н. О. Критерії вибору природозахисного обладнання для очищення промислових викидів підприємств. *Екологічні науки*. 2021. № 6(39). С. 12–18.



*Комелькова О. С., викладачка, спеціаліст вищої категорії*  
*Бєдунков Г. В., студент*  
*ВСП «Рівненський Технічний фаховий коледж»*  
*Національного університету водного господарства та*  
*природокористування, м. Рівне, Україна*

## **ВУГЛЕЦЕВИЙ СЛІД БУДІВНИЦТВА**

Будівельна галузь визнана як така, що робить значний внесок у глобальний вплив на навколишнє середовище, адже одним із невід'ємних процесів розвитку суспільства є урбанізація. Станом на 2020 р. частка міського населення в загальній чисельності по світу збільшилась до 56,15%, коли у 1960 р. вона становила 33,62% [1]. У міру зростання масштабів міських поселень, зростає і їх прямий та опосередкований вплив на навколишнє середовище. Найсуттєвіший внесок у загальні обсяги забруднень, які надходять у докільля належить парниковим газам, які продукують урбанізовані території. Лише на будівлі і споруди припадає близько 40% викидів парникових газів [2], 50% на первинну енергію та споживання ресурсів [3], 30% на потоки створюваних відходів [4] та 15% на використання прісної води [5] по всьому світу.

Відомо, що парникові газы, особливо двооксид вуглецю ( $\text{CO}_2$ ), є основними факторами, які відповідають за зміну клімату. Пройшло багато десятиліть із тих пір, як вчені забили тривогу з приводу змін клімату та більше 20 років, як влади різних країн підписали першу багатонаціональну угоду про обмеження викидів парникових газів. Проте, глобальні викиди продовжували зростати, а світ знаходився на шляху до підвищення середньої температури більше ніж на 2 °C [6].

Мірою узагальнення всіх продукуваних парникових газів прийнято їх еквівалент у двооксид вуглецю ( $\text{CO}_2\text{-e}$ ) – умовна одиниця обсягу будь-якого парникового газу, парниковий ефект якої дорівнює парниковому ефекту викидів однієї тони двооксиду вуглецю. Перерахування викидів парникових газів у фізичних одиницях до еквівалента двооксиду вуглецю здійснюється з використанням офіційно затверджених коефіцієнтів (потенціалів глобального потепління) [7, п. 2.6]. У сучасному науковому світі таку еквівалентну одиницю  $\text{CO}_2$  прийнято називати вуглецевим слідом, який є визнаним ефективним інструментом обліку парникових газів.

У грудні 2015 р. був запущений Глобальний альянс по будівлям і будівництву, основною метою якого була узгодженість будівельного сектору в усьому світі задля обмеження рівнів глобального потепління [8]. Деякі країни вдалися до розробок національних стандартів обмеження та компенсації викидів вуглецю для будівель і територій, просуваючи проекти

з нульовими викидами вуглецю. Наприклад, Австралійська рада з екологічного будівництва (GBCA) у 2018 р. опублікувала «Дорожню карту з викидів вуглецю» для забудованої території [9]. Країни Європейського Союзу, прагнучи скоротити свої викиди парникових газів щонайменше на 55% до 2030 р. і стати кліматично нейтральними до 2050 р., розробили і опублікували в 2022 р. «Дорожню карту захисту клімату від будівель і споруд» [10].

Згадані документи вбачають потенціал для скорочення викидів вуглецю за рахунок оптимізації використання енергії, пов'язаної з життєвим циклом будівель. По-перше, це зменшення викидів CO<sub>2</sub>, який утворюється в процесі експлуатації будівель і споруд, шляхом підвищення енергоефективності будівель. По-друге, уникнення надходжень вуглецю, який утворюється в процесі виготовлення, транспортування, обслуговування і утилізації будівельних матеріалів та їх компонентів. Саме тому, більшість досліджень вуглецевого сліду будівельних проєктів засновані на повному життєвому циклі споруд та зосереджені як на етапі будівництва споруд і їх експлуатації так і на етапи виготовлення будівельних матеріалів.

Показано, що при виробництві базальтового наповнювача для бетону вуглецевий слід становив 1,50 кг CO<sub>2-e</sub> на тону сировини. Етапами появи CO<sub>2-e</sub> були процес вилучення, транспортування та дроблення, з яких найбільш критичною стадією був процес дроблення через споживання електроенергії (10,77 кВт/год на м<sup>3</sup> заповнювача) [11]. У протипагу, застосування в будівництві геополімерного бетону, доводить можливість зменшення вуглецевого сліду на 80% вже на стадії виробництва цього матеріалу, порівняно зі звичним портландцементом. Така екологічна перевага геополімерного бетону полягає в тому, що його виробництво передбачає використання значної кількості різноманітних відходів. Відповідно, це зменшує кількість місця, необхідного для утилізації відходів і мінімізує використання невідновлюваних матеріалів, тим самим зменшуючи шкідливий вплив на навколишнє середовище [12].

Узагалі, в будівництві використовується понад 30 мільярдів тонн різних матеріалів щорічно [13]: бетон, вироби на цементній основі, деревина, каміння, керамічна плитка, скло, метали, такі як сталь, алюміній і мідь, фарби та покриття та різні типи пластмас, такі як ПВХ, акрил і ПЕТ. Наприклад, вуглецевий слід при виробництві скла становить 1,33 CO<sub>2-e</sub>/кг, при виробництві герметиків та клею 5,79 CO<sub>2-e</sub>/кг, фарби 2,03 CO<sub>2-e</sub>/кг, асфальту 0,08 CO<sub>2-e</sub>/кг, штукатурки 0,31 CO<sub>2-e</sub>/кг, нержавіючої сталі 4,80 CO<sub>2-e</sub>/кг, алюмінію 7,47 CO<sub>2-e</sub>/кг, пластмаси 3,95 CO<sub>2-e</sub>/кг, гуми 2,68 CO<sub>2-e</sub>/кг, акрилового лаку 1,75 CO<sub>2-e</sub>/кг матеріалу [14].

Аналіз існуючих підходів до оцінок вуглецевого сліду будівництва виявляє комплексні моделі, які власне і враховують весь життєвий цикл будівельних конструкцій [15]:

$$LCCF_i = \sum (E_{ip} + E_{it} + E_{ic} + E_{ir} + E_{io} + E_{ieol})$$

де:  $LCCF_i$  – вуглецевий слід життєвого циклу – викиди на загальну площу підлоги (кг  $\text{CO}_2\text{-e}/\text{m}^2$ ) і-тої будівлі;  $E_{ip}$  – викиди від загального виробництва та виробництва будівельних матеріалів;  $E_{it}$  – викиди від транспортування до місця призначення;  $E_{ic}$  – викиди внаслідок будівельних робіт на місці;  $E_{ir}$  – викиди внаслідок робіт, пов'язаних із заміною або реконструкцією будівельних фрагментів;  $E_{io}$  – викиди на етапі експлуатації будівлі (освітлення, опалення, водопостачання);  $E_{ieol}$  – викиди на етапі закінчення терміну експлуатації та утилізації будівлі.

Так, на прикладі навчального корпусу закладу освіти показано, що загальний життєвий цикл викидів  $\text{CO}_2$  будівлі складає приблизно 5254 тон  $\text{CO}_2$ , що дорівнює 58,8 кг  $\text{CO}_2\text{-e}/\text{m}^2/\text{рік}$  [16].

Повідомляється також, що хоча вплив будівель на навколишнє середовище це результат процесів впродовж усього їхнього життєвого циклу, дуже важливим етапом  $\text{CO}_2\text{-e}$ -оптимізації будівництва є період експлуатації будівель. Зокрема, щоденне споживання енергії мешканцями може становити близько 72,9% загального обсягу  $\text{CO}_2\text{-e}$  всього життєвого циклу будинку [15]. З цією метою розробляється велика кількість технічних та організаційних заходів, як от наприклад, доповнення контролерів енергії функцією обліку середньої вуглецевої інтенсивності спожитої потужності за певний період [17].

У цілому ж, аналіз проблеми доводить її актуальність як з точки зору реалізації будівельних етапів (ранні стадії проектування, виробництво і транспортування матеріалів, зведення, експлуатація, знос та утилізація споруд), так і з точки зору вдосконалення будівельних норм і законодавства. Цілком очевидно, що задля зменшення вуглецевого сліду, необхідно зосередитись на цілісних підходах не тільки до нових будівель, а й до оновлення старого будівельного фонду. І хоча, кожен випадок буде залежати від економічних та технічних можливостей певної країни, задля попередження глобального потепління, варто впроваджувати досяжні інноваційні рішення, спрямовані на екологічно виправдану політику будівельної галузі.

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

1. Wen S., Jia Z., Chen X. *Can low-carbon city pilot policies significantly improve carbon emission efficiency? Empirical evidence from China. Journal of Cleaner Production, 2022. Vol. 346. P. 131131.*
2. Ibn-Mohammed T., Greenough R., Taylor S., Ozawa-Meida L., A. *Acquaye Operational vs. embodied emissions in buildings – A review of current trends. Energy Build., 2013. Vol. 66. P. 232–245.*
3. Dixit M.K. *Life cycle embodied energy analysis of residential buildings: a review of literature to investigate embodied energy parameters. Renewable Sustainable Energy Rev., 2017. Vol. 79. P. 390–413.*

4. Pomponi F., Moncaster A.M. *Embodied carbon mitigation and reduction in the built environment – What does the evidence say?* *J. Environ Manage*, 2016. Vol. 181. P. 687–700.
5. Baynes T.M., Crawford R. H., Schinabeck J., Bontinck P.-A. *The Australian industrial ecology virtual laboratory and multi-scale assessment of buildings and construction.* *Energy and Buildings*, 2018. Vol. 164. P. 14–20.
6. Rogelj J., Elzen M. D., Höhne N., Fransen T., et al. *Paris Agreement climate proposals need a boost to keep warming well below 2 C.* *Nature*, 2016. Vol. 534(7609). P. 631–639.
7. Національне агентство екологічних інвестицій України. Наказ №32, від 25.06.2008 «Вимоги до документів, у яких обґрунтовуються обсяги антропогенних викидів та абсорбції парникових газів, для отримання листа-підтримки власником джерела викидів, на якому планується реалізація проекту спільного впровадження». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0664-08#Text> (дата звернення 27.04.2022).
8. *Global Alliance for Buildings and Constructions Putting the Buildings and Construction Sector on a below 2°C path - Common Statement.* Le Bourget, Paris. URL: <https://globalabc.org/about/join-us/common-statement>
9. *A carbon positive roadmap for the built environment / Discussion paper,* Green Building Council Australia. URL: <https://apo.org.au/node/180996>
10. *Directive 2010/31/EU – Energy performance of buildings directive.* URL: <https://www.eea.europa.eu/policy-documents/energy-performance-of-buildings-directive> (дата звернення 19.04.2022).
11. Rossi E., Sales A. *Carbon footprint of coarse aggregate in Brazilian construction.* *Construction and Building Materials*, 2014. Vol. 72. P. 333–339.
12. Hassan A., Arif M., Shariq M. *Use of geopolymers concrete for a cleaner and sustainable environment – a review of mechanical properties and microstructure.* *J. Clean. Prod.*, 2019. Vol. 223. P. 704–728.
13. Rincón L. *Material Flow Analysis of the Building Sector in Lleida (PhD thesis).* University of Lleida, Lleida, Spain, 2011.
14. Yeo Z., Ng R., Song B. *Technique for quantification of embodied carbon footprint of construction projects using probabilistic emission factor estimators.* *Journal of Cleaner Production*, 2016. Vol. 119. P. 135-151.
15. Schwartz Y., Raslan R., Mumovic D. *Refurbish or replace? The Life Cycle Carbon Footprint and Life Cycle Cost of Refurbished and New Residential Archetype Buildings in London.* *Energy*, 2022. Vol. 248. P. 123585.
16. Atmaca A., Atmaca N. *Carbon footprint assessment of residential buildings, a review and a case study in Turkey.* *Journal of Cleaner Production*, 2022. Vol. 340. P. 130691.
17. Vogler-Finck P. J. C., Wisniewski R., Popovski P. *Reducing the carbon footprint of house heating through model predictive control – A simulation study in Danish conditions.* *Sustainable Cities and Society*, 2018. Vol. 42. P. 558–573.

<sup>1</sup>*Коріненко Б. В., аспірант кафедри екології хімії та технології захисту довкілля, <sup>2</sup>Інженер I категорії відділу органічного та нафтохімічного синтезу, <sup>1</sup>Ранський А. П., д. х. н., професор, професор кафедри екології хімії та технології захисту довкілля, <sup>1</sup>Гордієнко О. А., к. т. н., доцент, <sup>1</sup>Савуляк В. І., д. т. н., професор, <sup>2</sup>Євдокименко В. О., к. х. н., ст. н. сп., завідувач відділу органічного та нафтохімічного синтезу*  
<sup>1</sup>*Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна,*  
<sup>2</sup>*Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії ім. В. П. Кухаря НАН України, м. Київ, Україна*

## КАТАЛІТИЧНІ ПРОЦЕСИ ТЕРМОДЕСТРУКЦІЇ ОРГАНІЧНОЇ СИРОВИНИ ПОЛІМЕРНИХ ВІДХОДІВ

Полімерні відходи, як вторинна сировина, є цінним джерелом відновлювальної енергетики, оскільки їх переробка забезпечує отриманням синтез-газу та інших органічних речовин, теплової або електричної енергії. Ще привабливішою стає термохімічна переробка полімерних відходів із використанням каталітичних методів. Перевагами каталітичних методів переробки є те, що в процесі каталізу не тільки прискорюються хімічні перетворення в режимі меншого температурного навантаження, а й збільшується вихід цінних продуктів і, відповідно, зменшується утворення можливих шкідливих викидів. Однак, не зважаючи на цю перевагу, інтенсивний розвиток каталітичних методів переробки полімерних відходів почався лише в останні роки [1] та потребує свого подальшого розвитку.

Виключною особливістю явища каталізу є те, що каталізатор прискорює хімічну деструкцію органічних сполук (в нашому випадку це органічні/полімерні речовини або їх суміші з великою молекулярною масою) без додаткової затрати енергії і практично без витрат самого каталізатора, що надає йому надзвичайну спорідненість до здійснення хімічних перетворень в промислових процесах. В сучасній технології переробки нафти, особливо в переробці гудрону, мазуту, важких паливних залишків і важливих дистилятів з великою молекулярною масою широко використовуються різноманітні каталізатори (алюмосилікати, ультрадисперсні цеоліти типу Y, кристалічні цеоліти з добавками лужних металів) в технологічних процесах крекінгу, риформінгу, гідроочищенні, гідрокрекінгу та ізомеризації. Найбільш інформативним є каталітичний крекінг, який проходить в температурному інтервалі 360-550 °С, що відповідає температурному інтервалу переробки полімерних відходів методом низькотемпературного піролізу.

На сьогодні перспективним методом переробки полімерних відходів є низькотемпературний піроліз із використанням каталізаторів, які

дозволяють збільшити швидкість деструкції вихідних полімерів та вихід рідких і газоподібних продуктів деструкції з нижчими енергетичними затратами проведення процесу. Удосконалення термічних методів переробки полімерних відходів вимагає пошуку нових каталізаторів, які мають високу активність і дешевизну [2]. При цьому актуальним є термічна переробка підходів поліетилену низького тиску (ПЕНТ) та поліетилену високого тиску (ПЕВТ) як найпоширеніших полімерів у процесі виробництва побутової упаковки.

Термодеструкція полімерних відходів дозволяє ефективно переробляти забруднені та різноманітні суміші з мінімальною їх попередньою підготовкою. Важливою особливістю низькотемпературного піролізу (< 500 °C) є те, що отриманий висококалорійний газ (метан, етан, інші органічні складові) не потребує додаткового очищення як промисловий продукт і може використовуватись у газоподібних двигунах, у паротурбінних установках для виробництва електроенергії або в промислових та муніципальних котельнях для обігріву води [1]. Теплотворна здатність таких газів у залежності від вихідної сировини складає 22...30 МДж/м<sup>3</sup>. Стійкість до термічної деструкції у поліолефінів різна і зменшується у такій послідовності: ПЕНТ > ПЕВТ > ПП (поліпропілен). Встановлено, що менш кристалічні і розгалуженіші полімери є менш стабільними при термодеструкції [3]. Основні піролізні промислові установки використовували такі технологічні підходи: ротаційного барабану (PYROPLEQ); циркулюючого киплячого шару (AKZO); розплавленої печі (NRC); ротаційного барабану (технологія ConTherm): обертового барабану (піроліз РКА); розплавленої печі (PYROMELT); циркулюючого псевдозрідженого шару (BP); піч (BASF) та циркулюючого киплячого шару (NKT) [4].

Каталітичний піроліз полімерних відходів/олефінів проведено у низці лабораторій із використанням кислотних каталізаторів на основі цеолітів [5]. При цьому досліджено значну кількість різноманітних модельних каталізаторів, включаючи аморфний кремнезем – глинозем, цеоліти Y, морденит та ZSM-5, сімейство мезопористих матеріалів MCM-41 [6], а також силіцій-алюмофосфатні молекулярні сита [7]. Каталітичну активність тісно пов'язують із кількістю кислих ділянок, розміром пор, а також формою каталізатора [8]. Силіцій-алюмофосфатні (SAPO) молекулярні сита є важливим класом адсорбентів і каталітичних матеріалів, що утворюються введенням кремнію в його алюмофосфатну структуру. SAPO з середнім розміром пор розглядають як ефективний каталізатор термодеструкції полімерів, завдяки наявності у його структурі кислих ділянок [9]. Застосування ВаСО<sub>3</sub> як каталізатора при термодеструкції відходів ПЕНТ описано в роботі [10]. Каталізатори низькотемпературного піролізу полімерних відходів з класу цеолітів та мезопористих матеріалів (HY, HZSM-5, H або MCM-41) мають селективну пористу поверхню, яка

дезактивується осадженням на ній коксу [11]. Крім того, необхідно зазначити, що мікропористі цеоліти є кислотними каталізаторами та мають дуже високу термостабільність. При цьому каталізатори на цеолітній основі типу HZSM-5 мають високу селективність та сприяють при термолізі утворенню вихідних мономерів/олефінів, тоді як каталізатори типу H і HY забезпечують максимальний вихід середніх дистилатів [9].

#### **Висновки:**

1. Термодеструктивні методи переробки полімерних відходів/«твердої нафти» в першому наближенні можна розглядати як подібні процеси, що мають місце під час термічної переробки окремих фракцій сирової нафти/гудрону, мазуту, тяжких нафтових дистилатів класичними методами (вісбрекінг, каталітичний крекінг і піроліз), що дозволяє ефективно використовувати фундаментальні теоретичні розробки та вагомі практичні досягнення, накопичені у цій прикладній галузі.
2. Показана перспективність комплексного рішення технологічних, економічних та екологічних питань переробки полімерних відходів методом низькотемпературного піролізу з активним залученням природних та синтетичних каталізаторів, що суттєво зменшують час та температуру термодеструктивних процесів.

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

1. S. Dimitris Achilias et al. «Recent Advances in the chemical Recycling of Polymers (PP, PS, LDPE, HDPE, PVC, PC, Nylon, PMMA)». Saloniki : In Tech, 2021, 406 p.
2. Косивцев Ю. Ю. Низкотемпературный каталитический пиролиз органического сырья. Дис. д-ра техн. наук, спец. 05.17.04 «Технология органических веществ». Тверской государственный технический университет, М., РФ, 2011.
3. D. S. Achilias, A. Giannoulis, and G. Z. Papageorgiou «Recycling of polymers from plastic packaging materials using the dissolution / reprecipitation technique». Polym. Bull, no. 63(3), pp. 449–465, 2009.
4. S. M. Al-Salem, and P. Lettieri, Chemical engineering research and design, no. 88, pp. 1599–1606, 2010.
5. Marcilla A., Beltran M. I., Hernandez F., and R. Navarro, Appl. Catal. A : Gen., no. 278, pp. 37–43, 2004.
6. Marcilla A., Gómez A., Reyes-Laberta A. and A. Giner, Polym. Degrad. Stab, no. 80, pp. 233–240, 2003.
7. Araujo A. S., Fernandes V. J. Jr. and G. J. T. Fernandes, Thermochim. Acta, no. 392, pp. 55–61, 2002.
8. H.-J. Park, et al. «Pyrolysis of polypropylene over mesoporous MCM-48 material». Journal of Physics and Chemistry of Solids, no. 69, pp. 1125–1128, 2008.

9. Elordi G., Olazar M., Lopez G., Amutio M., Artetxe M., Aguado R., and J. Bilbao, *J. Anal. Appl. Pyrolysis*, no. 85, pp. 345–351, 2009.

10. Jan M. Rasul, Jasmin Shah, and Hussain Gulab, *Fuel Processing Technology*, no. 91, pp. 1428–1437, 2010.

11. Huang J., Jiang Y., Marthala V. R. R., Bressel A., Frey J., and M. Hunger, *J. Catal.*, no. 263, pp. 277–283, 2009.



*Косенко Н. О., к. т. н., Крот О. П., д. т. н., Левашова Ю. С., к. т. н.,  
Лебедєва О. С., к. т. н., Крот О. Ю., д. т. н.*

*Харківський національний університет будівництва та архітектури,  
м. Харків, Україна*

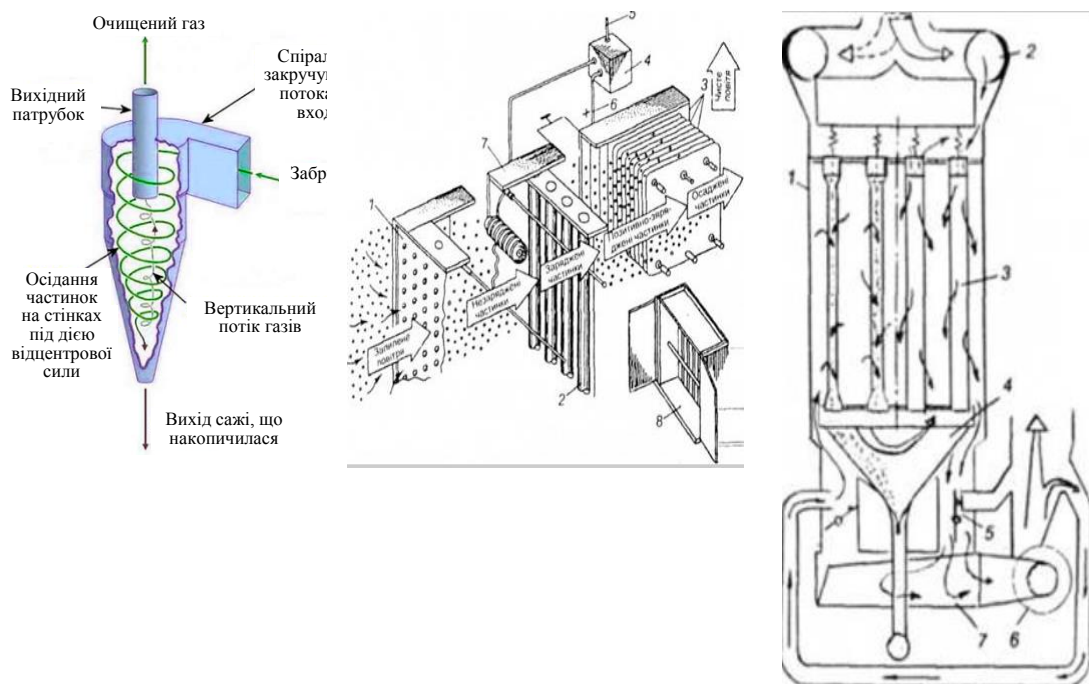
## **ЕКОЛОГІЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ В ЯКОСТІ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ПАЛИВА**

Термін «Енергія з відходів» полягає в перетворенні відходів у придатну для використання форму енергії. Це може включати електроенергію, тепло та транспортне паливо (наприклад, дизельне паливо). Основними видами термічної переробки відходів є спалювання, піроліз та плазмова газифікація. Термічна переробка відходів має поганий історичний імідж у багатьох країнах. Багато з перших сміттєспалювальних заводів були заводами лише для знешкодження відходів, які просто спалювали відходи, щоб зменшити їх обсяг. Цей історичний образ є стійким, але застарілим. Процес виведення з використання сміттєзвалищ допомогло вивести нове покоління відновлювальної енергії від установок по спалюванню твердих побутових відходів. Технологія спалювання розроблена відповідно до нових суворих стандартів викидів, а також забезпечує отримання енергії з низьким вмістом вуглецю. Деякі складові побутових відходів є цінною сировиною для різних галузей виробництва, які можливо ефективно утилізувати, наприклад: папір, картон, пластик тощо. Сьогодні всі технології і різноманіття комбінацій варіантів боротьби з забрудненням можна знайти в повномасштабних установках. Кожна конфігурація гарантує відповідність найсуворішим стандартам якості повітря. Вибір найбільш правильної (ефективної) стратегії очищення газу в значній мірі залежить від місцевих умов. Важливими чинниками є адміністративне регулювання (дозвіл для рідких стоків, видалення твердих залишків), варіанти і ринки для можливого відновлення і, нарешті, інвестиційні та експлуатаційні витрати всієї системи. В установках для спалювання відходів зазвичай використовуються кілька технологічних етапів для нейтралізації забруднювачів: вловлювання летючої золи, нейтралізація кислотних газів, вловлювання речовин, що містять галогени та діоксини, нейтралізація оксидів азоту.

Розглянемо основні тенденції газоочисного обладнання, яке використовується в сучасних установках для термічного знешкодження відходів. Першим кроком в більшості сміттєспалювальних установок є видалення летючого попелу, що може бути зроблено за допомогою циклонів, електростатичного осаджувача (електрофільтра) або тканинного фільтра.

Принцип роботи циклону ґрунтується на дії відцентрової інерційної сепарації летючого попелу. Газ надходить у циліндричну камеру тангенціально з великою швидкістю і там утворюється інтенсивний обертальний рух. Відцентрова сила, що діє на частки попелу (летючої золи), змушує їх стикатися зі стінками, далі вони осідають в розвантажувальний бункер. Газ викидається через центральну трубку. Схема циклону показана на рис.1. Циклони мають низьку ефективність при видаленні дрібних частинок, тому циклони не часто зустрічаються на сучасних сміттєспалювальних заводах або служать для попереднього осадження грубої летючої золи.

Через просту конструкцію і простоту в експлуатації електростатичні осаджувачі (електрофільтри) найбільш широко використовуються для видалення летючої золи при спалюванні відходів. Схеми принципу знепилювання і технічного проектування показані на рис 1. Сучасний електрофільтр, який включає щонайменше два і або три сектори, гарантує ефективність видалення пилу більше ніж 99% при розмірах частинок від 0,01 до 100 мкм.



**Рис. 1. Схема циклону (зліва), електростатичні осаджувачі (електрофільтри) (по центру) і рукавні фільтри (праворуч)**

Тканинні (рукавні фільтри) також здатні забезпечувати низькі значення викидів, які пропускають через тканинні мішки (рукави). Зольний пил залишається на внутрішній поверхні фільтруючих мішків і періодично видаляється повітряним імпульсом у розвантажувальний бункер. Схема тканинного фільтра показана на правому зображенні на рис. 1. Зазвичай забрудненість на виході, після процесу очищення становить не більше 10

мг/м<sup>3</sup>, при цьому чистота повітря після процесу фільтрації у деяких моделях досягає 99,99%.

Хімічне очищення газів після спалювання сміття може бути виконано двома основними способами: мокро очищення і сухе.

Принцип мокрого очищення – це поглинання газоподібних компонентів в рідину. Ефективність такого процесу поглинання залежить, перш за все, від доступної поверхні рідини, яка контролює перенесення маси з газу в рідку фазу. Для досягнення цієї мети використовуються різні апарати: скрубери Вентурі, порожнисті, пінні газопромивачі, тощо.

Мокра очистка є спільною стратегією спалювання відходів у Центральній Європі, сьогодні в більшості випадків виконується як двоступенева установка з вхідним кислотним скрубером, за яким слідує нейтральна або слабо лужна очистка. Кислотний скрубер Вентурі знижує температуру димових газів від 180-200 °С до 63-65 °С. Такі двостадійні системи мають дуже високою ефективністю видалення HF, HCl, HBr, ртуті і SO<sub>2</sub>.

Спочатку мокрі скрубери експлуатувалися зі скиданням рідких стоків, що вимагало подальшої нейтралізації і ефективного видалення будь-якого важкого металу або іншого токсичного забруднювача. Сьогодні стандарти щодо норм скидання стічних вод в каналізацію досить жорсткі і вимагають великих зусиль, особливо при наявності у стоках Hg і Cd. З'являється необхідність у встановлюванні додаткового очисного обладнання, що є одним із недоліків використання мокрих методів.

Сухі та напівсухі методи очищення викидів прості і дешеві і використовуються в багатьох установках по спалюванню сміття по всьому світу. У більшості випадків адсорбент або вводиться безпосередньо в газовий канал, або в розпилюється у об'ємі котла в сухому вигляді (сухий процес) або у вигляді суспензії (напівсухий процес). Очищаючі продукти в більшості випадків видаляються з димового газу за допомогою тканинного фільтра. Доведена [1,2] ефективність очистки газових викидів від канцерогенних вуглеводнів, у тому числі від діоксинів, за допомогою каталізаторів платинової або паладієвої групи та сумісних адсорбційно-каталітичних процесів. Каталітична система очищення викидів забезпечить відповідність екологічним вимогам процесу термічної обробки відходів [3].

Порівняння застосування основних типів сміттеспалювальних установок до відходів різних фізичних властивостей та форм наведено у табл. 1 В деяких установках термічної обробки відходів для різних цілей використовується вода. Наприклад, при використанні мокрої системи очистки димових газів, при виробництві пари тощо.

Для боротьби з оксидами азоту в європейських установках по спалюванню сміття використовують дві стратегії:

– некаталітичні видалення шляхом ін'єкції аміаку або іншої сполуки, що містить азот, в гарячий димовий газ в першому димоході котла при температурі близько 950 °С;

– селективне каталітичне відновлення при температурі від 250 °С до 300 °С, в більшості випадків в кінці усіх рівнів газової очистки, після повторного нагрівання продуктів згорання.

Таблиця 1

**Застосування основних типів сміттєспалювальних установок до відходів різних фізичних властивостей та форм**

	Камерна піч із решіткою	Оберт ова піч	Цементна піч	Киплячий шар
<b>Тверді речовини:</b>				
Сипучі матеріали, однорідні	+	+	+	+
Нерегулярні, громіздкі		+	+	
З низькою температурою згорання	+	+	+	+
Непідготовлений, великий, об'ємний матеріал		+	+	
Органічні сполуки здатні утворювати смолисті речовини		+	+	+

Установки для спалювання з обертливими печами більш універсальні в тому сенсі, що вони можуть бути застосовані для переробки твердих відходів, шламів і контейнерних відходів, а також рідини. Через це обертливі печі найчастіше включаються в комерційні проекти установок для спалювання відходів поза майданчиком і використовуються для відновлення енергії.

**Використані інформаційні джерела:**

1. Крот О. П., Конєв В. В., Ровенський О. І. Експериментальні дослідження методів зменшення викидів від процесів термічного знешкодження побутових відходів. Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. 2016. №166. С. 78–86.

2. Крот О. П., Бородін В. І. Впровадження каталітичних процесів для очистки газових викидів. Науковий вісник будівництва. 2004. Вип.25. С.208–212.

3. Спосіб очищення газоподібних викидів від речовин, що містять канцерогени: пат. 33262 Україна. № 99020534; заявл.01.02.1999; опубл. 15.02.2001, Бюл. №1. 2 с.

*Кочмар І. М., Карабин В. В., д. т. н., доцент  
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності,  
Львів, Україна.*

## **ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ЧЕРВОНОГРАДСЬКОГО ГІРНИЧОПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ ЛЬВІВСЬКО-ВОЛИНСЬКОГО КАМ'ЯНОВУГІЛЬНОГО БАСЕЙНУ**

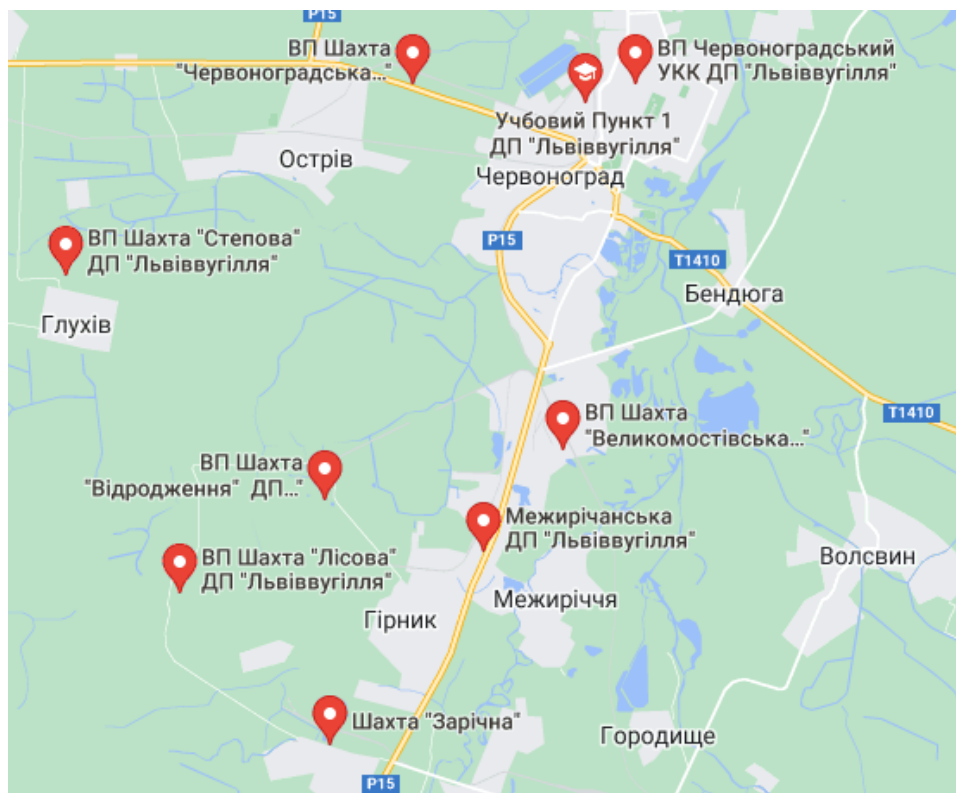
Висока концентрація промислового і сільськогосподарського виробництва, транспортної інфраструктури, у поєднанні з значною щільністю населення, створили надзвичайно високе техногенне і антропогенне навантаження на біосферу в мажах Червоноградського гірничопромислового району Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну, зумовлену розробкою вугільних родовищ та складуванням пустої відвальної породи. Під час розробки вугільних родовищ вагому роль відіграє забезпечення експлуатаційної та екологічної безпеки в зоні гірничовидобувних робіт [1].

Для забезпечення енергетики Західної України в 50-х роках минулого століття було розпочате будівництво, розробку родовищ та видобуток кам'яного вугілля. Упродовж 1954-1978 рр. було введено в експлуатацію 22 вугільні шахти, на сьогоднішній день не вичерпали свої проектні потужності та займаються вуглевидобутком лише 7 шахт. Більшість з них відноситься до ДП «Львіввугілля» – державного підприємства вугільної промисловості України, зараз у його складі – шість діючих вугільних шахт та десять допоміжних підприємств (рис. 1) та ДВАТ шахта «Надія».

Підприємства вугільної промисловості з погляду дії на навколишнє середовище класифікують як екологічно небезпечні, їх діяльність супроводжується погіршенням якості навколишнього середовища. Під час видобутку вугілля на поверхню надходять значні маси пустої відвальної породи, які займають величезні площі, приводячи до інтенсивної газопилової поразки повітря і хімічного отруєння поверхневих і ґрунтових вод, а також істотно змінюючи гідродинамічний режим і рівень підземних вод. Розробка вугільних родовищ негативно впливає і на гідрохімічний режим експлуатації поверхневих і підземних вод, погіршує родючість земель, підсилює забруднення повітряного простору [2,3].

Основними джерелами забруднення атмосфери вугільною галуззю слід назвати, перш за все, викиди метану шахтними вентиляційними установками, а також продукти згорання унаслідок самозаймання вуглевмісних порід у відвалах і териконах [4]. Зокрема, внаслідок займання відвалу породного відвалу ЦЗФ «Червоноградська» у 2016-2017 рр. у повітрі низки населених пунктів зафіксовано понаднормативні концентрації

оксидів сірки, азоту і вуглецю. Також у цей період у повітрі населених пунктів встановлено формальдегід у концентраціях до  $0,22 \text{ мг/м}^3$  [5]. Також на шахтах, що діють, джерелами забруднення повітряного басейну є: котельні, сушильні установки, збагачувальні установки і фабрики, вентилятори головного провітрювання, дробарки, склади вугілля, вантажні пункти золи, вугілля і породи, установки дегазацій, а також інші об'єкти технологічних комплексів на поверхні шахтного поля. До неорганізованих джерел викидів можна віднести відвали породи, які можуть мати вогнища спалаху [3].

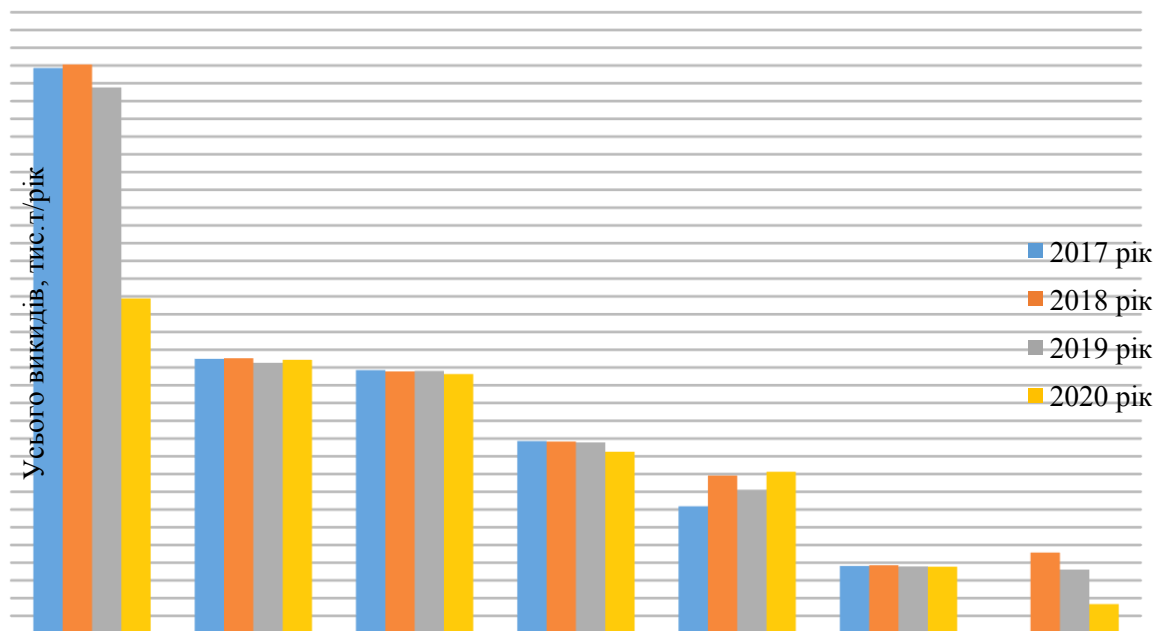


**Рис. 1. Розташування об'єктів вуглевидобутку в межах Червоноградського гірничопромислового району**

Відповідно до статистичної інформації обсяги викидів забруднювальних речовин, які надійшли у атмосферне повітря від стаціонарних джерел викидів підприємств, установ та організацій Львівської області у 2020 році становили 76,0 тис. тонн, що на 14,5% менше відносно 2019 року. Слід відзначити, що найбільші обсяги викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря мають підприємства саме добувної промисловості і розроблення кар'єрів – 33,299 т (або 43,8% від загальних викидів стаціонарними джерелами по області) [6]. Динаміка викидів забруднюючих речовин об'єктами вуглевидобутку представлена у таблиці 1.

**Динаміка викидів забруднюючих речовин об'єктами  
вуглевидобутку в межах Червоноградського гірничопромислового  
району, всього викидів, тис.т/рік [6]**

з/п	Назва підприємства	2017	2018	2019	2020
1.	Шахта «Степова» (№10)	12,745	12,825	12,307	7,555
2.	Шахта «Лісова» (№6)	6,195	6,209	6,106	6,173
3.	Шахта «Межиричанська» (№3)	5,942	5,910	5,921	5,851
4.	Шахта «Великомостівська» (№1)	4,343	4,332	4,313	4,101
5.	Шахта «Червоноградська» (№2)	2,872	3,566	3,245	3,651
6.	Шахта «Відродження» (№4)	1,525	1,541	1,515	1,509
7.	ДВАТ шахта «Надія»		1,828	1,445	0,666



**Рис. 2. Основні забруднювачі атмосферного повітря гірничо-видобувного комплексу Червоноградського гірничопромислового району.**

**Усього викидів, тис. т/рік:** 1 – Шахта «Степова» (№10); 2 – Шахта «Лісова» (№6); 3 – Шахта «Межиричанська» (№3); 4 – Шахта «Великомостівська» (№1); 5 – Шахта «Червоноградська» (№2); 6 – Шахта «Відродження» (№4); 7 – ДВАТ шахта «Надія»

Із рис 2 видно, що спостерігається чітко виражена динаміка по зменшенню надходження забруднюючих речовин у атмосферне повітря. Найбільша кількість викидів спостерігається у шахти «Степова», що може бути безпосередньо пов'язаним із кількістю видобутої сировини. Проте з 2017 по 2020 рр. сумарних обсяг викидів скоротився майже на 41% з 12,745 до 7,555 тис. т. Протилежна ситуація спостерігається по кількості викидів шахти «Червоноградська», де їх кількість зросла на понад 27% – із 2,872 до 3,651 тис. т.

Незважаючи на спад виробництва та закриття шахт, у результаті чого загальна кількість викидів і скидів істотно зменшилася, основними джерелами забруднення атмосферного повітря залишаються шахтне повітря (гази), терикони (в т.ч. палаючі) та склади корисних копалин, забруднення мінеральним пилом у разі вітрової ерозії відвалів.

Вирішення екологічних проблем охорони атмосферного повітря пов'язане, в першу чергу, з устаткуванням джерел забруднення високоефективними пилогазоуловлюючими апаратами, скороченням кількості дрібних організованих і неорганізованих стаціонарних джерел, розробкою і впровадженням більш зроблених і чистих технологічних процесів, а також дотримання вимог безпеки під час складування пустої відвальної породи, що зумовить виключення небезпечних явищ, пов'язаних із експлуатацією вуглевидобувних підприємств та горінням відвалів.

### **Використані інформаційні джерела:**

1. Кочмар І. М., Карабин В. В. Екологічна безпека територій у зоні впливу палаючих відвалів вугільних шахт. Екологічна безпека держави : тези доповідей Другого всеукраїнського круглого столу, м. Київ, 15 грудня 2021 року. К. : ІТТА, 2021. С. 81 – 84.

2. Кочмар І. М., Карабин В. В. Екологічні проблеми розробки родовищ кам'яного вугілля та складування пустої відвальної породи. Геотехнічні проблеми розробки родовищ : матеріали ХІХ міжнародної конференції молодих вчених (28 жовтня 2021 року, м. Дніпро) / Дніпро : ІГТМ ім. М. С. Полякова НАН України, 2021. С. 189–191.

3. Виговська Д. Д., Виговський Д. Д., Пікульова Т. П., Ібраєва Ю. Р. Аналіз забруднення навколишнього середовища від дії гірничодобувних підприємств на Донецько-Макіївський регіон. Вісті Донецького гірничого інституту. 2011. №1. С. 50–58.

4. Попович В. В., Піндер В. Ф. Горіння териконів як ландшафтно-трансформуючий чинник зростання регіональної екологічної небезпеки : Збірник наукових праць. Пожежна безпека № 29, 2016. С. 116–124.

5. Карабын В. В. Анализ распространения газообразных продуктов горения пород отвалов обогатительной фабрики Львовско-Волынского угольного бассейна. Вестник Кокшетауского технического института КЧС МВД Республики Казахстан. 2019. №1 (33). С. 48–56.

6. Екологічний паспорт Львівської області. Департамент екології та природних ресурсів Львівської обласної державної адміністрації: веб-сайт. URL: <https://deply.gov.ua/ekologichnyj-pasport/> (дата звернення 13.05.2022).



<sup>1</sup>Крайківський Р. С., <sup>1</sup>Джумеля Е. А., PhD, <sup>1</sup>Крайківська С. Р.,

<sup>1</sup>Кочан О. В., д. т. н., <sup>2</sup>Дяків В. О., к. т. н.

<sup>1</sup>Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна,

<sup>2</sup>Львівський національний університет ім. Івана Франка, Львів, Україна

## **ПІДВИЩЕННЯ ДОСТОВІРНОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНОГЕННОЇ ЗАГРОЗИ НЕБЕЗПЕЧНИХ ТЕРИТОРІЙ ШЛЯХОМ РІЗНОІМОВІРНІСНОГО ВИКОРИСТАННЯ ДЕКІЛЬКОХ НЕЗАЛЕЖНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ**

Створення техногенно небезпечних районів, як правило, пов'язане з недалекоглядними, та не продуманими, особливо на завершальному етапі планами людської діяльності. Переважно такі райони утворені в результаті природно непропорційного видобування чи збагачення корисних копалин, які короткочасно, одномоментно дуже важливі для господарської діяльності.

Характерною особливістю використаної таким чином території є антропогенна зміна рельєфу такої небезпечної території. Створені таким чином заглиблення рельєфу з часом заповнюються, природним шляхом, дощовою, джерельною чи річковою водою. В результаті циклічної багаторазової дифузії в шари ґрунту така рідина отримує насичення безпечними чи небезпечними домішками стає своєрідним інформаційним середовищем, дослідження якого дозволяє оцінити рівень небезпеки території впливу. Рідина в таких водоймах (вода забруднена домішками) є найбільш доступним матеріалом для різностороннього дослідження. Проведення повного хімічного аналізу дозволяє мати найбільш правильну картину забруднення чи очищення середовища. Процес здійснення повного хімічного аналізу є доволі трудомістким, складним в натурних умовах. Суттєві ускладнення виникають при спробах автоматизувати процес контролю за таким небезпечним середовищем, здійснення сигналізації моменту досягнення критичних значень концентрацій, а також при потребі отримання картини моніторингу середовища, що дозволить провести аналіз залежності критичних характеристик такого середовища від інших впливів, наприклад таких, як зміна погодних умов, що надасть можливість прогнозувати зміну хімічних властивостей такого загрозливого середовища [1, 2].

*Метою роботи* є дослідження залежності межі концентрації шкідливих домішок шляхом акустичного зондування досліджуваної рідини.

Перспективним можуть бути, використання методів оцінки наявності певних хімічних домішок, використовуючи дослідження інших властивостей рідини, не застосовуючи прямих методів хімічного аналізу.

Суттєві переваги відчутні, при проведенні таких досліджень в натурних умовах. В натурних умовах дослідження водного середовища можна виконувати на різних глибинах, віддалено від берега використовуючи в тому числі квадрокоптери, мінімально порушуючи структуру різноглибинних водних шарів водойми.

Для визначення наявності загрозливого рівня певного класу домішок, у рідині можна використовувати:

- величину теплоємності ( $t$ );
- оптичну прозорість ( $o$ );
- електричну провідність ( $z$ );
- акустичну прозорість ( $a_1$ );
- акустичну пружність ( $a_2$ );

Не потрібно сподіватися, що навіть комплексне використання цих, а можливо і ще якихось, не перерахованих вище, характеристик зможе конкурувати з результатами отриманими при проведенні повного хімічного аналізу досліджуваної рідини, проте при проведенні оперативного контролю, особливо в умовах натурального дослідження, переваги використання вимірювання характеристик для визначення критичних значень концентрацій шкідливих домішок рідини можуть бути суттєвими.

Імовірність ( $P$ ) правильного визначення шкідливих домішок кожним із зазначених способів дослідження рідини може бути записана як:

$$P(t), P(o), P(z), P(a_1), P(a_2). \quad (1)$$

Тому результуюча імовірність:

$$P=P[t] \times P[o] \times P[z] \times P[a_1] \times P[a_2], \quad (2)$$

виходячи з цього достовірність [ $D$ ] визначення шкідливих концентрацій буде достатньо високою:

$$D=K \times 1/P, \quad (3)$$

де  $K$  – коефіцієнт методичної помилки.

У рамках даних досліджень автори створюють експериментальну базу для проведення експерименту по виявленню залежності межі концентрації шкідливих домішок шляхом акустичного зондування досліджуваної рідини. Для цього виготовлено експериментальний акустичний зонд, вимірювальна зона якого безперешкодно заповнюється досліджуваною рідиною при зануренні (рис. 1). Геометрія виготовленого зонда є такою, що випромінений ультразвуковим перетворювачем сигнал багаторазово пере-відбивається між плоскопаралельними його стінками. Багаторазове перевідбиття ультразвукового сигналу дає можливість отримати більш повну інформацію про досліджувану рідину, тут накладаються як вплив акустичної прозорості рідини насиченими домішками так і властивості перевідбивання від плоско паралельних стінок зонду. Більша кількість перевідбивань, яка може бути керована амплітудою випроміненого сигналу, дає можливість більш повно насичувати корисною

інформацією багаторазово перевідбитий акустичний сигнал. Очікуваними результатами досліджень є вибір правильної частоти акустичного імпульсу та його амплітуди стосовно різного хімічного складу домішок рідини та визначення небезпечного рівня його концентрації. Очікуваний характер величини достовірності визначення критичної концентрації домішок акустичними методами, в залежності від прийнятих та оброблених кількості перевідбивань, отриманий в результаті аналізу моделі має вигляд представлений на рис.2.



Рис. 1. Вигляд акустичного зонду

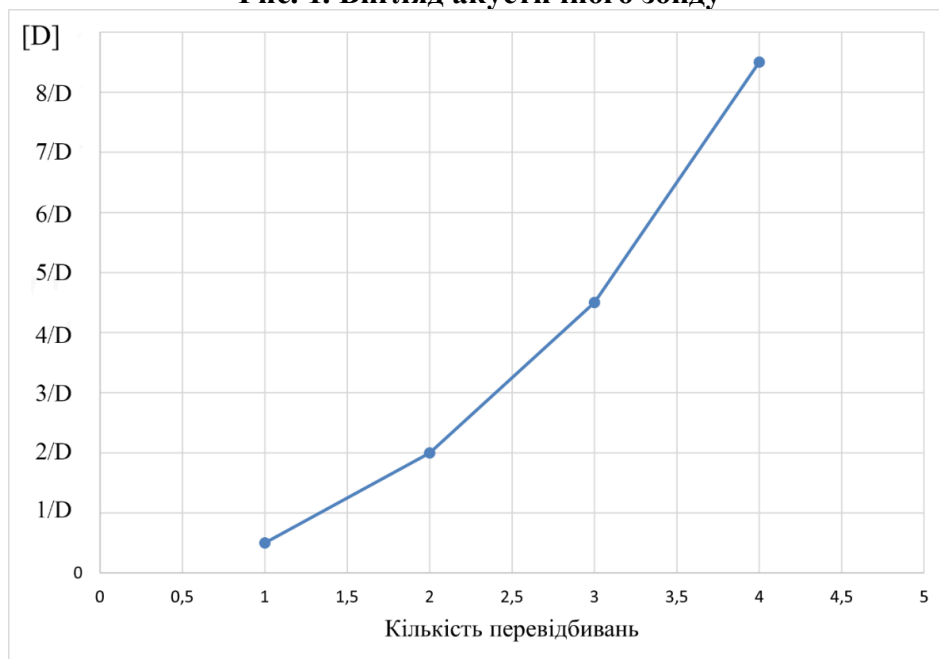


Рис. 2. Очікуваний характер достовірності  $D$  визначення критичної концентрації домішок акустичними методами при застосуванні аналізу багаторазово перевідбитого ультразвукового сигналу, де  $i$  – нормуючий коефіцієнт

Отже, в роботі теоретично та експериментально визначено оптимальні параметри та умови зондування досліджуваної рідини акустичним сигналом для аналізу можливостей різномовірнісного використання декількох незалежних інформаційних параметрів, що дасть змогу більш достовірно визначити критичну межу концентрації шкідливих домішок для конкретної техногенно небезпечної території.

***Використані інформаційні джерела:***

*1. Погребенник В. Д., Мітрясова О. П., Дяків В. О., Джумеля Е. А., Крайківський Р. С. Реалізація комплексного оперативного моніторингу небезпечних промислових відходів, у Еко Форум – 2021 : Збірка тез доповідей V спеціалізованого міжнародного Запорізького екологічного форуму, 14-16 вересня 2021 р. С. 292–294.*

*2. Погребенник В. Д., Пташник В. В., Краківський Р. С. Спосіб вимірювання концентрації домішок у речовині та пристрій для його реалізації», Патент України, № 116643, а 2015 07536, 25.04.2018.*

*Кремньов В. О., Беляєв Г. В., к. т. н., Гартвіг А. П., Жуков К. Л.,  
Корбут Н.С., Стецюк В. Г., Тимощенко А. В., д. т. н.  
Інститут технічної теплофізики НАН України, Київ, Україна*

## **ЗАХОДИ І РИЗИКИ ПРИ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ БІОЛОГІЧНОГО ПОХОДЖЕННЯ**

*Анотація.* У доповіді наведені заходи з переведення відходів, які не використовуються, у категорію ресурсоцінних і організації рентабельного промислового виробництва товарної продукції з їх застосуванням.

*Ключові слова:* технічні умови, дослідно-промислова перевірка і приймальні випробування, комерційні ризики.

Вашій увазі пропонується чергова (четверта) доповідь циклу доповідей поєднаних загальною темою «Системна інтенсифікація тепло- і біотехнологічних багатостадійних процесів при утилізації ресурсоцінних відходів лісівництва, агропрому, торгівлі, громадського харчування та соціальної сфери для виробництва палива, теплової та електричної енергії, добрив, кормів та фармацевтичних напівфабрикатів» [1].

Переведення конкретного різновиду відходів у категорію ресурсоцінних передбачає такі заходи:

1. Розробка товарного продукту у складі (рецептурі) якого відхід, що розглядається, планується постійно використовувати у якості основного сировинного матеріалу чи постійної складової частки сировини.

2. Розробка технічних умов на відхід, як сировинний матеріал.

Для цього, у свою чергу, є необхідним розробити технічні умови, в яких зафіксований дозволений діапазон варіації властивостей відходу на момент його передачі майбутньому користувачу (юридичній чи фізичній особі підприємцю) для застосування у якості сировинного матеріалу.

Відповідність властивостей відходу вищевказаним технічним вимогам є юридично зобов'язуючою частиною господарчого договору між постачальником (підприємством, де утворюються відходи) і замовником (організацією, яка планує застосовувати відходи у власному виробництві чи поставляти його такому виробнику на договірній основі).

Важливою частиною технічних умов на ресурсоцінний відхід є умови його збирання, зберігання та транспортування у період між утворенням і передачею замовнику. Ця вимога зумовлена тим, що відходи біологічного походження у багатьох випадках здатні у порівняно короткий строк під дією природних факторів втрачати свою цінність, як сировинного ресурсу і набувати певних шкідливих якостей.

3. Організація утилізації ресурсоцінних відходів на промисловій основі. Для цього необхідно:

- розробити технічні умови на сам товарний продукт у складі якого планується постійно застосовувати відхід, що розглядається;

- створити технологічний процес виготовлення товарного продукту з застосуванням ресурсоцінного відходу, провести дослідно-промислову перевірку – приймальні випробування технологічного процесу у напіввиробничих умовах (виготовлення дослідних партій товарного продукту на дослідно-промисловій установці). Оформити акт і протокол приймання технологічного процесу і розробити технологічну інструкцію.

У тих випадках, коли у складі дослідно-промислової установки використовується лише комерційно доступне устаткування, наведені заходи можна вважати пілотним проектом (стартапом), який передує проектуванню промислового виробництва. Зокрема, пілотний проект може бути реалізований, як перша черга будівництва промислового виробництва.

У тих випадках, коли у складі дослідно-промислової установки застосоване інноваційне устаткування (експериментальні зразки) окрім приймальних випробувань технологічного процесу проводяться, також, приймальні випробування експериментального зразка інноваційного устаткування.

За умов відповідності технічних показників експериментального зразка технічному завданню на головний зразок, конструкторській документації на його виготовлення після коректування (за необхідності, згідно рекомендаціям приймальної комісії) присвоюється статус документації на Головний зразок і надається право виготовлення партій такого устаткування за замовленням.

Наведені заходи у сукупності утворюють технічну сутність замислу - рецептуру товарного продукту та технологію і устаткування для його виготовлення, тобто, науково-технічні основи і практичні методи організації нового промислового виробництва. Але цього недостатньо; необхідним, також, є комплекс організаційних, фінансових, маркетингових заходів юридично-правового забезпечення та ін. У випадку переведення відходу у категорію ресурсоцінного для утилізації на підприємстві, де і утворюється відхід, необхідні системні заходи спрощується, а комерційні ризики значно знижуються.

Для ілюстрації наведемо приклад вдалої реалізації заходів із утилізації відходів, з яким автори мали змогу ретельно ознайомитись.

Потужне підприємство з виробництва соняшникової олії, яким володіє компанія «Каргілл» (Херсонська обл.) здавало вичавки від олійних пресів на полігон (звалище) протягом ряду років і сплачувало за приймання значні кошти. Крім того, у зв'язку з тим, що комунальне підприємство було не в змозі перевозити необхідну кількість вичавок, «Каргілл» був вимушений профінансувати мерії урбанізованого населеного пункту, де розташоване підприємство, придбання партії спеціалізованих транспортних засобів. Через декілька років керівництво «Каргілл» прийняло рішення про

утилізацію вичавок для вироблення паливних пелет і заміщення ними природного газу, на якому працювала технологічна котельня підприємства.

Була розроблена технологія і устаткування виробництва гранульованого твердого палива; були розроблені спеціалізовані матриці із легованих сплавів.

Зважаючи, що кількість сировинних ресурсів вичавок приблизно удвічі перевищувала потреби котельні було прийнято рішення про організацію експорту палива у Польщу. Для експорту було організоване виробництво гранул підвищеної якості (міцності гранул) більш придатних для перевезень. Була проведена реконструкція технологічної котельні з повним заміщенням природного газу.

Наведений досвід невдовзі перейняли і інші підприємства галузі. Крім того, підприємство ТОВ «Орій», розташоване у Київській області, закуповує у цих підприємств зольні залишки і виробляє із них мінеральні гранульовані добрива, які користуються попитом в Україні і постачаються на експорт. У цих роботах беруть активну участь наковці – колеги, співробітники нашої Установи.

Треба відмітити, що «Каргілл» організував та виконав значний комплекс розробок та інших робіт, який забезпечив вельми позитивні екологічні і комерційні результати.

Утім, у випадку відсутності у «Каргілл» значного споживання палива можливо, що вичавки і досі відвозили би на звалище.

У наведеному успішному прикладі були відсутні значущі комерційні ризики, пов'язані з постачанням сировинних ресурсів (відходів) і особливо з продажем готового товарного продукту. У випадку «Каргілл» продаж у Польщу забезпечив додатковий прибуток, але і без нього проект був високорентабельним.

Крім того, не було необхідності розробляти рецептуру продукту, а лише технологію і устаткування. Головне спрощення полягає в тому, що був відсутній складний комплекс заходів з юридичного і організаційного забезпечення та ризики збуту. Але приклад показує, що на утилізації відходів можливо добре заробляти.

Отже, організація утилізації ресурсоцінних відходів потребує системного підходу і являє непросту, але перспективну діяльність.

### ***Використані інформаційні ресурси:***

*1. Беляєв Г. В., Жуков К. Л., Корбут Н. С., Кремньов В. О., Стецюк В. Г. Ширококорозповсюджені місцеві ресурсоцінні відходи біологічного походження і їх утилізація, як фактор сталого розвитку територій. Доповідь на XXIII міжнародній науково-практичній конференції «Відновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті», 19–20 травня 2022 року.*

*Кріль Т. В., к. геол. н.*

*Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна*

## **ВСТАНОВЛЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ДІЛЯНОК НА ТЕРИТОРІЇ М. ХАРКІВ ЗА ПРИРОДНИМИ ТА ТЕХНОГЕННИМИ ФАКТОРАМИ**

Геологічне середовище великих міст знаходиться під впливом різних техногенних навантажень (статичних, динамічних, додаткового зволоження ґрунтів – витоків). Ґрунти природних основ під тривалою дією статичних навантажень від ваги міських будівель та споруд змінюють свою структуру та фізико-механічні властивості. Відбуваються такі техногенні зміни: збільшується щільність, модуль деформації, кут внутрішнього тертя, питоме зчеплення; зменшується вологість, пористість, коефіцієнт пористості, показник текучості [3, 5]. Однак, при одночасній дії статичних та динамічних впливів ґрунти істотно зменшують опір зовнішнім навантаженням. При дії вібрацій, виникаючі в ґрунті фізичні явища спричиняють зменшення сил тертя й зчеплення в ньому.

Джерела техногенних динамічних впливів на геологічне середовище у містах – наземний і підземний транспорт, машини й механізми із вібраційною та ударною дією (двигуни, турбогенератори, компресори, вібратори, бульдозери), об'єкти промисловості, що передбачають технологічні процеси із вібраційними впливами (формувальні машини, преси, турбоагрегати, центрифуги, молоти).

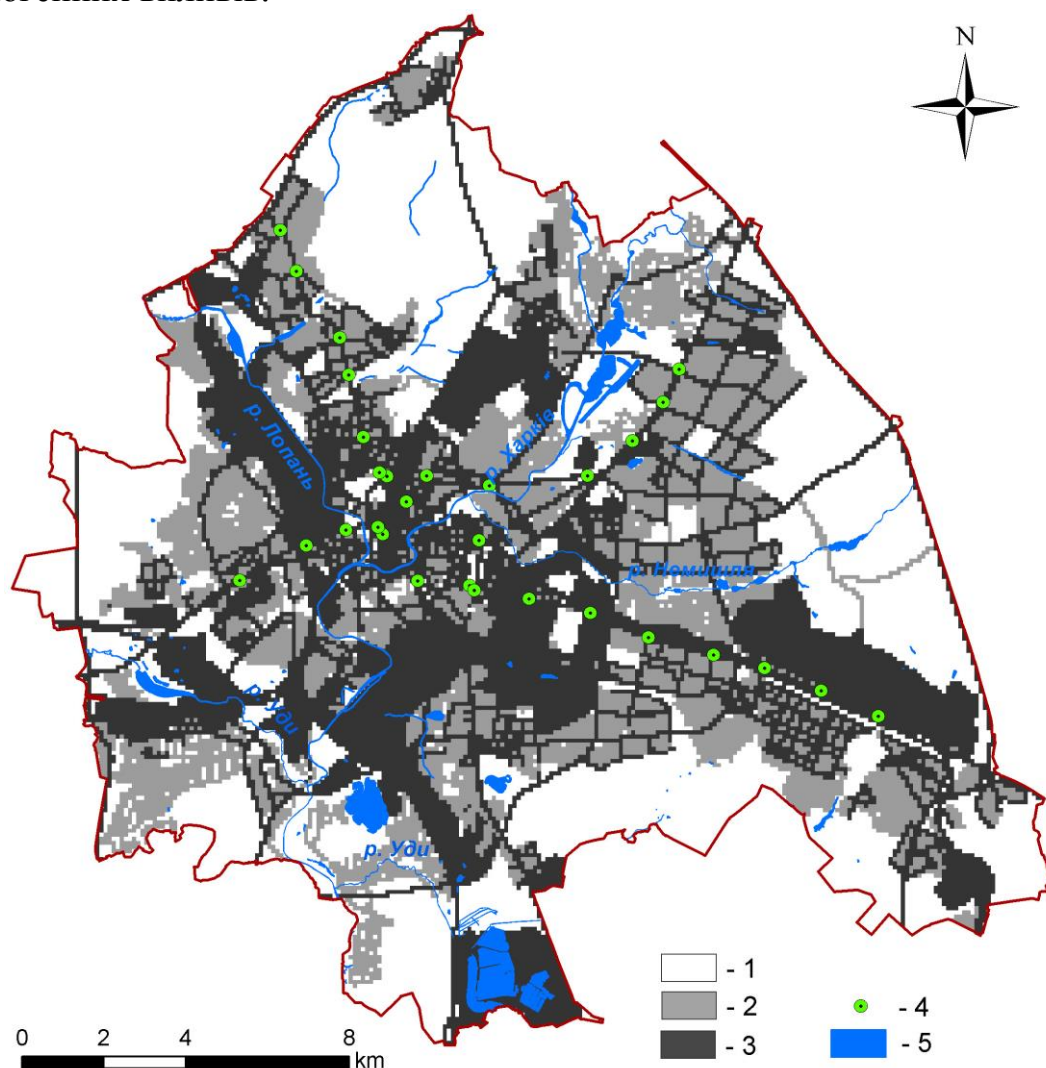
При цьому на території міста можна виділити такі *небезпечні ділянки* (високого ризику небезпечних подій), де техногенні впливи при одночасному прояві аномальних погодних ситуацій, техногенних витоків тощо, створюють умови для геологічних загроз – активізації геологічних явищ та процесів або зміни стану деякого об'єму геологічного середовища, що можуть являти собою небезпеку для інженерних об'єктів та людей, спричинити небезпечну подію або надзвичайну ситуацію.

На території м. Харків проаналізовано джерела динамічних та статичних навантажень. Об'єкти сельбищної функціональної зони було типізовано за поверховістю, щільністю забудови, у виробничих функціональних зонах виділено підприємства за типом обладнання, особливостями виробничих процесів. Для типізації рейкового транспорту виділено залізничні колії та трамвайні – з капітальним ремонтом та без реконструкції, автомобільний – вулиці та магістралі розділено за категорією руху. Відповідно до методики розробленої для м. Київ у роботі [5], що полягає інтегральній оцінці компонентів геологічного середовища та видів техногенних впливів з відповідною попередньою градацією їх показників за



балами проведено відповідне опрацювання банку даних за техногенними (статичними та динамічними) впливами для Харкова.

Із використанням методу по квадратній оцінці для території м. Харків отримано схему розподілу техногенних статичних та динамічних навантажень, рис. 1. На ділянках I типу впливи відсутні, на ділянках II типу навантаження формує забудова до 5 поверхів, наявність автошляхів 4 категорії з низькими вібраційними впливами. III тип – це поєднання промислових територій із залізничними коліями, наявність багатоповерхових споруд, динамічних впливів від руху поїздів метрополітену. 36,6% території міста зазнає значних комбінованих техногенних впливів.

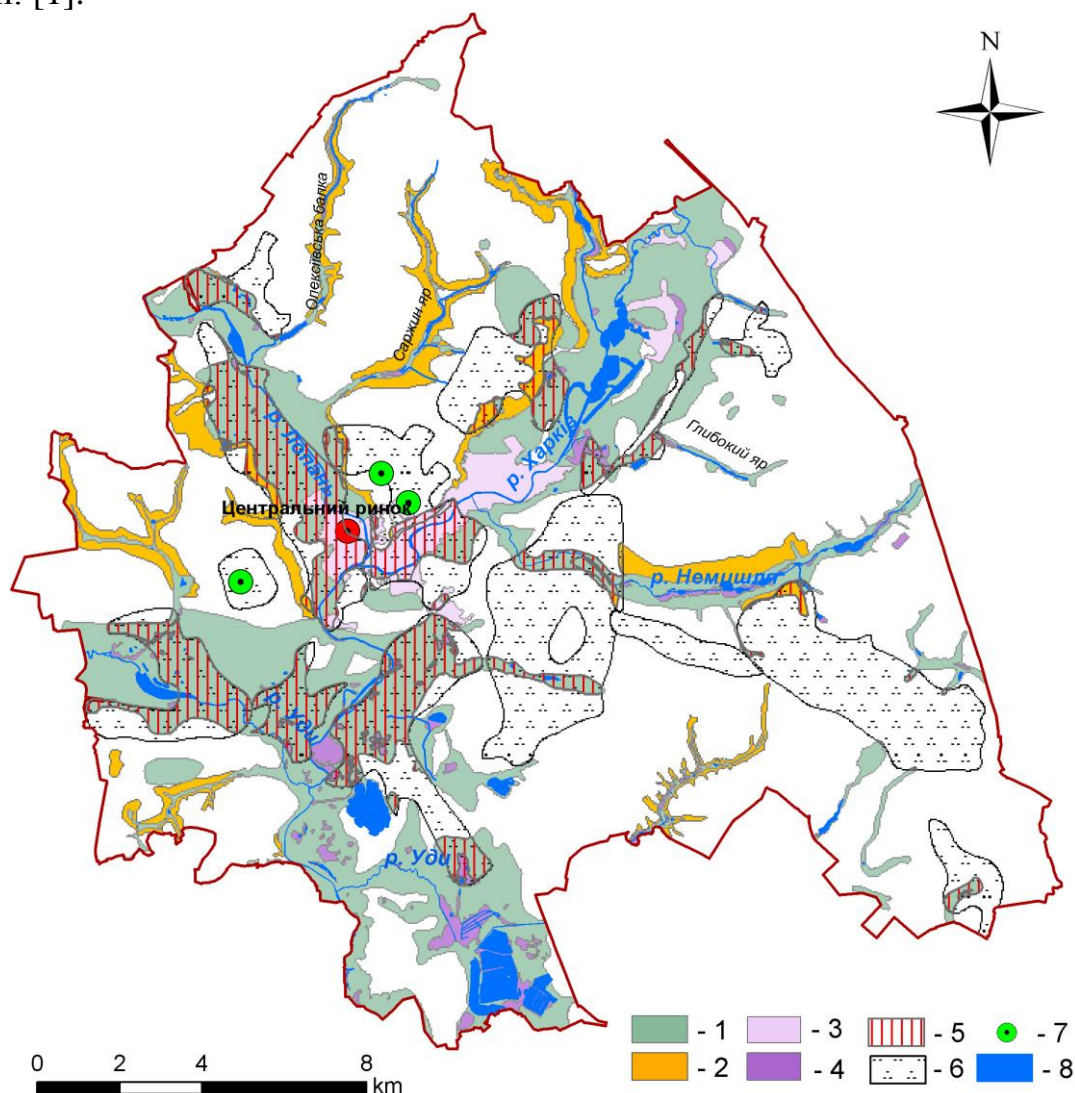


**Рис.1. Схема розподілу техногенних статичних та динамічних навантажень на території м. Харків: 1 – I тип, 0 балів; 2 – II тип, 1-2 бали; 3 – III тип, більше 3 балів; 4 – станція метро; 5 – гідрографічна мережа**

Аналіз природних умов території міста виконано з урахуванням карт четвертинних та дочетвертинних відкладів [2]. Особливості геологічної будови території Харкова визначається приуроченістю до північно-східного

борту Дніпровсько-Донецької западини. Серед осадових порід найбільшу потужність мають крейдянні відклади (560 м і більше), на яких трансгресивно залягають відклади палеогену потужністю 50-100 м, потім йдуть неогенові відклади, розмиті у річкових долинах. Четвертинні відклади представлені піщано-глинистими алювіальними делювіальними еоловими відкладами. Загальна потужність четвертинних відкладів досягає 20 м.

На території Харкові поширені процеси підтоплення, зсуви, просідання ґрунтів, заболочення, рис. 2. У підтопленому стані знаходиться близько 8900 га, в тому числі 3500 га забудованих територій. Найбільш небезпечними є райони Основи, Журавлівки, Центрального ринку, території колишнього заводу «Комсомолец», дамби на просп. Науки через Саржин Яр, схилів річкової долини вздовж вул. Клочківської, Журавлівських схилів та ін. [1].



**Рис. 2. Співставлення техногенних навантажень із інженерно-геологічними процесами міста:** 1 – підтоплення; 2 – зсувонебезпечні ділянки; 3 – просідання ґрунтів; 4 – заболочення; 5 – небезпечні ділянки (ризик небезпечних подій); 6 – ділянки максимальних техногенних впливів; 7 – станції метро середньої глибини закладання (до 30 м); 8 – гідрографічна мережа

Зсуви характерні для високих берегів річок, балок, ярів, де ґрунтові води сприяють зниженню зчеплення гірських порід. Додатковим фактором при цьому є при вантаженні від інженерних споруд. В межах міста при загальній довжині схилів 229,7 км зсувонебезпечними є 171,0 км [1].

Лесоподібні суглинки неогенового та четвертинного віку на території міста формують місця розташування I типу ґрунтових умов за просіданням. При збільшенні вологості ґрунтів знижується їх несуча здатність, що може призводити до нерівномірних деформацій фундаментів та споруд.

Станція метро «Центральний ринок» (див. рис. 2) мілкого закладання, збудована у 1975 р. на схемі знаходиться в зоні можливого підтоплення. При проектуванні рівень ґрунтових вод був на безпечних глибинах, але аномальні зливи в середині 90-х років призвели до підняття рівня і затоплення колій [4]. Тому для можливих надзвичайних подій на території населених пунктів необхідним є урахування аномальних синоптичних ситуацій.

Карти та схеми розвитку інженерно-геологічних процесів необхідно розглядати при визначенні вірогідного розвитку геологічних загроз тобто таких процесів, які при додаткових техногенних впливах аномальних синоптичних ситуаціях будуть активізуватися, сприяти небезпечним подіям та аваріям. Виділені небезпечні ділянки – збігу максимальних техногенних навантажень та інженерно-геологічних процесів (рис. 2) є місцями, що можуть потребувати улаштування відповідного додаткового інженерного захисту та організації моніторингових спостережень для своєчасного прийняття управлінських рішень.

### **Використані інформаційні джерела:**

1. *Харків основні положення генерального плану. ДППРОМІСТО, 2004. 47 с. Режим доступу: <http://gromada.kh.ua/upload/userfiles/1/genplan.pdf>.*
2. *Державна геологічна карта України. Масштаб 1:200 000. Дніпровсько-Донецька серія, аркуші М-36-XIII (Бєлгород), М-36-XIX (Харків). Борисенко Ю. А., Литвиненко Ю. О., Мирка Г. Ю., Москаленко І. О., Москаленко Л. Г., Рудий М. Г., Яковлев В. В. Київ, 2008 .*
3. *Демчишин М. Г. Техногенні впливи на геологічне середовище території України. Київ, 2004. 156 с.*
4. *Центральний ринок (станція метро). Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A6%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%B9\\_%D1%80%D0%B8%D0%BD%D0%BE%D0%BA\\_\(%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D1%96%D1%8F\\_%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A6%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D1%80%D0%B8%D0%BD%D0%BE%D0%BA_(%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D1%96%D1%8F_%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE))*
5. *Кріль Т. В. Техногенні динамічні впливи на геологічне середовище міста (на прикладі м. Києва). Київ: Наук. думка, 2015. 160 с.*

*Крупей К. С., к. б. н., Рябко І. Ю., студентка  
Запорізький державний медичний університет,  
м. Запоріжжя, Україна*

## **ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ РАКЕТНИХ ОБСТРІЛІВ ТЕРИТОРІЙ І АКВАТОРІЙ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВІЙНИ**

Рух і зіткнення снарядів (у т. ч. ракет) із об'єктами навколишнього середовища вивчає балістика, а дослідженням наслідків військових дій на довкілля займається військова екологія (прикладна галузь екології) [1]. До 2014 року безліч українських наукових публікацій у галузі військової екології були присвячені наслідкам військових навчань на полігонах, еколого-гігієнічній оцінці цих територій. Так, О. Г. Моложанова зі співавт. (2013) висвітлювали у своїх роботах необхідність впровадження експертно-моделювальної системи оцінки та еколого-гігієнічного забезпечення полігону задля запобігання катастрофам і зниження ризику забруднення територій. Проте з 2014 року після російського вторгнення на Донбас, АР Крим та з лютого 2022 року на територію всієї України масштаби руйнувань й екологічних наслідків катастрофічно збільшилися.

Мета цієї роботи – провести науково обґрунтований аналіз екологічних наслідків хімічного забруднення від ракетних обстрілів територій і акваторій України. Сучасні дослідники у галузі екології зазначають, що концепція ведення війни шляхом знищення навколишнього середовища, в якому проживає противник, не є новою. Тактика «випаленої землі» використовувалася ще здавна [2]. Проте дії, які ворог реалізує на території України починаючи з лютого 2022 року, можна назвати екоцидом.

Упродовж детонації артилерійських снарядів, у т. ч. ракет, утворюються токсичні хімічні сполуки – порохові гази, які потрапляють у навколишнє середовище й чинять негативний вплив на екосистеми та людей (СО, СО<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, оксиди Нітрогену (при нестачі кисню) – NO, N<sub>2</sub>O, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; СН<sub>4</sub>, HCN, СН<sub>2</sub>O, органічні компоненти й вода) [3, 4]. Як відомо, СО<sub>2</sub> та водяна пара не токсичні, але ці гази є парниковими, що здатні розігрівати планетарну атмосферу. Оксиди Нітрогену (та Сульфуру) при потраплянні в атмосферу вступають в реакцію з киснем атмосфери й спричиняють тим самим кислотні дощі. Ці опади здатні вимивати з ґрунту поживні речовини й заміщувати їх на токсичні метали, що порушує функціонування едафічних умов та згубно діє на мікроорганізми, які грають ключову роль у процесах ґрунтоутворення.

Окрім цього, активні бойові дії на півночі країни підвищують ризик виникнення торфових пожеж, в результаті чого в атмосферу потрапляє дрібнодисперсний пил та сполуки I, II класу небезпеки (формальдегід,

акролеїн, відповідно). Серед зазначених сполук найбільш агресивними для екосистем та організму людини є формальдегід, ціаніста кислота та нітрогази.

Пари формальдегіду можуть спровокувати у людини гіперчутливість (алергію), частий кашель, астму, подразнення очей, носа, горла і шкіри, безсоння, нервово-психічні розлади, головні болі, розлад потовиділення і регуляції температури тіла тощо. ГДК (гранично допустима концентрація) формальдегіду в повітрі становить  $0,5 \text{ мг/м}^3$ , добова ГДК –  $0,01 \text{ мг / м}^3$  (в 5 разів менша). У водоймах господарсько-питного та культурно-побутового водокористування ГДК цієї сполуки складає  $0,05 \text{ мг/дм}^3$ . Результати дослідження впливу формальдегіду на ріст та інтенсивність пігментакопичення мікроорганізмів-біоіндикаторів (бактерій *S. marcescens* MP-141 та дріжджів роду *Rhodotorula*), проведених авторами у 2017 році, показали, що навіть за концентрації формальдегіду, яка відповідає ГДК, росту та утворення пігментів не спостерігалось [5]. Це дозволяє зробити висновки, що аналітичні методи контролю токсичних сполук у довкіллі не є достатньо інформативними, оскільки не демонструють фізіологічно активні форми цих компонентів, а також не передбачають процеси комплексної трансформації небезпечних поллютантів у живих організмах.

Зазвичай більшість порохових газів розсіюється в атмосфері. Проте за певних атмосферних умов (швидкість вітру, вологості тощо) вони можуть накопичуватися в окопах та різних приміщеннях. За умов ведення вогню концентрація порохових газів може перевищувати ГДК в 4-5 разів [3]. Це негативно впливає на стан здоров'я військовослужбовців. Цей симптомокомплекс називають у військовій екології «порохова хвороба». Причому ці сполуки у поєднанні один із одним викликають ефект сумачії та потенціювання, що посилює їх токсичний ефект.

Пари HCN потрапляють до організму людини за аерогенним механізмом, після чого через легеневі мембрани ця сполука надходить у кров і розноситься по органах і тканинах. Частково в макроорганізмі відбувається детоксикація HCN (шляхом утворення тіоціанатів), що виводяться з організму із сечею. Основна частина синильної кислоти деактивує функцію Феруму, що сприяє припиненню потрапляння кисню в клітини й тканини, викликаючи гіпоксію. Дія нітрогазів на організм супроводжується ураженням органів дихання і проявляється у вигляді токсичного трахеобронхіту, бронхіоліту, токсичного набряку легень. Одночасно може підвищуватися рівень метгемоглобіну в крові [6].

Для виробництва оболонки боєприпасів використовують чавун зі сталлю, проте окрім Феруму та Карбону, цей матеріал вміщує також Сульфур та Купрум. Ці есенціальні елементи здатні мігрувати крізь ґрунтовий покрив до підземних вод й накопичуватися в живих організмах за трофічними ланцюгами (згідно з екологічним законом 10 %). Купрум у

надлишку викликає у людини токсичний синдром, пенетрує в органи й тканини, концентрується в нирках, печінці, мозку і крові. Тяжкість перебігу токсичного синдрому залежить від активності білка церулоплазмину, який синтезується в печінці та в нормі регулює вміст цього елемента.

Всі вищеописані наслідки від ракетних обстрілів належать до так званих «прямих», проте величезну шкоду для навколишнього середовища й людини відіграють також «непрямі» наслідки. Наприклад, знеструмлення шахти, з якої необхідно викачувати воду, внаслідок бойових дій призводить до затоплення шахти й проникнення в ґрунтові води токсичних і радіоактивних відходів. Особливо гострою ця проблема була у 2014 році в Донецькій області. Обстріл нафтобаз, пожежі також викликають руйнівні «непрямі» наслідки для екосистем.

Іншим прикладом «непрямих» екологічних наслідків ракетних обстрілів є знеструмлення ферм та птахофабрик. Так, у квітні 2022 року за цієї причини відбулося відключення автоматизованої системи годівлі птахів Чорнобаївської птахофабрики, в результаті чого загинуло 4 млн. курей. Внаслідок ракетних обстрілів неможливо провести захоронення такої величезної кількості птиці згідно «Правил облаштування і утримання худобомогильників та біотермічних ям для захоронення трупів тварин у населених пунктах України» (наказ державного комітету ветеринарної медицини від 27.10.2008 № 232). Таким чином місце масової загибелі тварин може перетворитися в хімічну й біологічну «бомбу» уповільненої дії, що призведе до забруднення ґрунтових екосистем, підземних вод трупними токсинами (кадаверін, путресцин, нейрін) та виникнення спалахів інфекційних захворювань.

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

1. *Військова екологія : підручник / за ред. І. М. Хижняка. К. : Чалчинська Н. В., 2020. 677 с.*
2. *Кардаш Д. М. Наслідки впливу військових дій на навколишнє середовище / Науково-практична конференція «Екологічні наслідки військових дій» (17-18 квітня 2018 р., м. Київ). К. : НПУ ім. М.П. Драгоманова, 2018. С. 79–81.*
3. *Tkachyshyn V., Fomenko K. The Impact of Powder Gases on Human Body. EMERGENCY MEDICINE. № 6.77. 2022. P. 121–131.*
4. *Військова гігієна з гігієною при надзвичайних ситуаціях: Підручник / За ред. К. О. Пашка. Тернопіль : Укрмедкнига, 2005. 312 с.*
5. *Крупей К. С. Біоіндикація забруднення води пігментосинтезувальними дріжджами : дис...канд. біол. наук. : 03.00.16 / Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича, 2017. 158 с.*
6. *Jarvis D. L., Leaderer B. P., Chinn S., Burney P. G. Indoor nitrous acid and respiratory symptoms and lung function in adults // Thorax. Jun. 60(6). 2005. P. 474–479.*



## **ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ РУЙНІВНОГО ВПЛИВУ ВОЄННИХ ДІЙ НА ПІВДНІ УКРАЇНИ**

Аналізу підлягають результати впливу воєнних дій на екологічну складову території держави. Доводиться приклади втручання країни агресора у навколишнє природне середовище південної частини країни. Обґрунтовується питання можливих екологічних наслідків воєнного конфлікту.

*Ключові слова:* військовий конфлікт, небезпека, промисловість, інфраструктура, життєзабезпечення, забруднення, довкілля, екологічна ситуація.

У процесі ведення бойових дій турбота про цілісність довкілля перебуває на останньому місці, незважаючи на ряд довготривалих негативних наслідків. Наступні спричинятимуть вплив на усі складові навколишнього природного середовища, а також фізичне та психологічне здоров'я суспільства.

Стосовно природних об'єктів, військові конфлікти небезпечно позначаються на стані ґрунтів та ландшафтів, поверхневих і підземних вод, рослинності й тваринного світу. Ведення бойових дій значно збільшує ризики виникнення аварійних ситуацій на промислових підприємствах та інфраструктурних об'єктах. Особливу небезпеку для довкілля становлять конфлікти, що відбуваються на промислово розвинених територіях із великою кількістю екологічно небезпечних підприємств та об'єктів, на територіях Харківської, Донецької, Луганської, Запорізької, Миколаївської та Херсонської областей.

Протягом усього періоду економічного розвитку схід України характеризувався високим рівнем індустріалізації, включаючи підприємства, робота яких є небезпечною для навколишнього природного середовища. Тому основною небезпекою в умовах збройного конфлікту, на даних територіях, є можливість виникнення техногенних катастроф, як результат – забруднення довкілля та загроза безпеки життя населення.

Із 24 лютого 2022 року у зоні активних бойових дій, що проводяться на вищеперерахованих територіях постраждали ряд об'єктів, серед яких : атомна електростанція, підприємства хімічної та металургійної промисловості, підприємства важкого машинобудування, склади небезпечних відходів (мінеральні добрива, пінополіуретан, лакофарбові та паливно-мастильні матеріали та ін.), окрім того об'єкти сільського

господарства та харчової промисловості. Зафіксовані пожежі на 27 нафтобазах, АЗС, сміттєзвалищах, є факти пошкодження об'єктів тепло- та водопостачання (каналізаційні насосні станції, фільтрувальні станції, водогони) [1].

4 березня 2022 року найбільшу атомну електростанцію Європи після важких боїв на вулицях міста Енергодара захопили окупанти РФ. Під час обстрілів Запорізької АЕС російські окупанти пошкодили низку об'єктів. Внаслідок обстрілу виникла пожежа в учбово-тренувальному корпусі та було пошкоджено перший енергоблок. Загалом території АЕС за попередніми оцінками, нанесена шкода склала 18,3 млрд. гривень [2]. Не слід забувати й про те, що у даній ситуації розмова йде не тільки про матеріальні збитки. Державне підприємство «Енергоатом» попередило міжнародну спільноту, що обстріл АЕС може призвести до трагічних наслідків для усього світу. Радіація могла бути перенесена вітром на інші регіони України, Білорусі, Росії та Європи [3].

Окрім ядерної небезпеки, збройні напади та окупація підвищують ризик викидів токсичних відходів із промислових підприємств України. За даними державного реєстру потенційно небезпечних об'єктів, на території держави розміщено: понад 23 тис. об'єктів підвищеної техногенної небезпеки, серед яких: 8 нафтопереробних підприємств, 7 газопереробних заводів, понад 1600 підприємств хімічної галузі та їх структурних підрозділів, 2987 складів зберігання високотоксичних пестицидів тощо. Більша кількість яких розташована на території Донецької, Дніпропетровської, Запорізької, Харківської та Львівської областей (де, станом на травень місяць також активно ведеться обстріл, стратегічних об'єктів).

Зазнали збитків також і об'єкти цивільної інфраструктури, робота яких напряму пов'язана з життєзабезпеченням населення. На даний момент вже виник цілий перелік загроз і викликів, серед таких:

- пошкодження систем водопостачання і водовідведення та комунікацій, що викликає загрозу аварійному забрудненню річок – джерел води для промислових та комунальних підприємств і населення;

- ремонтні роботи водопроводів і ліній електропередач в районах бойових дій проводиться з великими затримками, що також впливає на зниження якості питної води;

- забруднення підземних і поверхневих вод внаслідок масштабних розливів нафтопродуктів із підірваних резервуарів, від знищеної техніки та інших бойових дій;

- руйнування хвостосховищ, шламосховищ, сміттєзвалищ загрожує забрудненням водойм та надзвичайними ситуаціями в регіонах.

Армія противника продовжує атакувати портову інфраструктуру вздовж узбережжя Чорного та Азовського морів, а також кораблі, котрі



знаходяться на якірних стоянках. Такі дії призводять до забруднення вод і поширення токсинів у море.

Внаслідок вищезазначеного, окрім екологічного законодавства України, грубо порушено Міжнародну конвенцію ЄЕК ООН «Про охорону та використання міжнародних водотоків та міжнародних озер» [4]. Російська Федерація та Республіка Білорусь є сторонами цієї Конвенції. На основі цієї Конвенції були укладено відповідні двосторонні угоди про охорону та використання транскордонних водотоків, зокрема між Україною та Республікою Білорусь та Україною та Російською Федерацією. Держводагентство та його представники відповідають за виконання цих Угод від імені країни [5].

### **Використані інформаційні джерела:**

1. Євгенія Засядько. *Місяць війни Преступлення против окружающей среды. Українська правда.* URL:

<https://www.epravda.com.ua/rus/columns/2022/03/26/684714/> (дата звернення 22.03.2022р.).

2. *Окупанти РФ завдали Запорізькій АЕС шкоди на понад 18 млрд. грн. – Енергоатом. Інформаційно-аналітичний портал Акцент.* URL: *Окупанти рф завдали Запорізькій АЕС шкоди на понад 18 млрд. грн. – Енергоатом // Акцент, 2022-04-11 (дата звернення 15.05.2022р.).*

3. *Тетяна Яворович. Пожежа на Запорізькій АЕС. Енергоатом попереджає про трагічні наслідки. Суспільне.Новини.* URL: <https://suspilne.media/213583-snarad-vijsk-rf-potrapiv-u-blok-zaporizkoi-aes-energoatom-poperedzae-svit-pro-tragicni-naslidki/> (дата звернення 04.03.2022р.).

4. *Конвенція з охорони та використання транскордонних водотоків та міжнародних озер: вчинено в Хельсінкі, 17 березня 1992 р. (Про приєднання див. Закон N 801-XIV від 01.07.99) ( Поправки до Конвенції див. в Рішенні від 28.11.2003).*

5. *Інформація про наслідки для довкілля від російської агресії в Україні 24 лютого - 14 березня 2022 року. Інформаційний портал. Міністерство захисту довкілля і природних ресурсів України.* URL: <https://mepr.gov.ua/news/39034.html> (дата звернення 15.03.2022р.).

*Кузнецова М.О., студент, Журавська Н.Є., к. т. н., доц.  
Київський національний університет будівництва і архітектури,  
м. Київ, Україна*

## **ВПЛИВ ВОЄННИХ ДІЙ НА СТАН БІОСФЕРИ (В ТОМУ ЧИСЛІ ЛІСІВ) В УКРАЇНІ**

Одна з головних подій у сфері охорони навколишнього середовища, Стокгольмська (1972 р.) Міжнародна Конференція, в роботі якій прийняли участь 113 країн, де було прийнято два документи: «Декларація принципів» і «План заходів». У 1972 році на Генеральній Асамблеї ООН запровадила новий орган – Програму ООН із охорони навколишнього середовища (UNEP), яка взяла на себе вирішення деяких із найнагальніших екологічних проблем у світі, від зміни клімату до зникнення видів та забруднення; відповідно встановлені світові екологічні проблеми [1-6], згруповані в наступні розділи: зміна атмосфери і клімату, гідросфери, літосфери, та проблеми пов'язані з видобутком корисних копалин і використання земної поверхні, біоти (рослинного і тваринного світу), в лісовому та сільському господарстві; демографічні проблеми, зокрема продуктів харчування; урбанізація і проблеми населених місць, вплив навколишнього середовища й її змін на здоров'я людини; проблеми розвитку промислового виробництва; проблеми виробництва і використання енергії; проблеми, пов'язані з розвитком транспорту; розвиток природоохоронної освіти і розуміння суспільних проблем навколишнього середовища та на жаль, на зараз, проблема, яка поглинає всі попередні, є основною для України, пов'язана з впливом воєн на навколишнє середовище, та можливі екологічні наслідки воєн. «Незалежна міжнародна комісія з розслідування подій в Україні» – незалежний міжнародний комітет, створений Радою з прав людини ООН, 4 березня 2022 року з мандатом на розслідування порушень прав людини та міжнародного гуманітарного права під час повномасштабного російського вторгнення в Україну.

Нажаль сьогодні нашій країні через воєнний стан доводиться поставати перед цими проблемами в перебільшеному вигляді. Вже понад трьох місяців Україна перебуває під постійними ворожими обстрілами. З 24 лютого війна завдає величезної шкоди громадянам, інфраструктурі та екосфері країни. Зруйновані мільйони людських життів, сотні тисяч із них обірвані, або назавжди зламані. Тільки за даними ООН, понад 11-12 млн. українців були вимушені переїхати в інші райони, приблизно більш 4 млн. покинули країну. Ніхто не знає, коли закінчиться цей жах, але зараз точно можна сказати лише одне – чим довше він триває, тим більше постраждає доквілля, тим більше та довше ми будемо відчувати на собі негативні наслідки, до яких можна

віднести такі явища як лісові пожежі, забруднення підземних вод та повітря, просідання ґрунту та підтоплення площ. Вони, в свою чергу, також можуть збільшити кількість людських жертв у майбутньому.

Загроза існуванню важливою екосистеми, що поєднує у собі різні структурні елементи, такі як деревна та чагарникова рослинність із відповідним їй тваринним світом, мікроорганізмами, ґрунтами тощо, та взаємодії між цими елементами – ліси України, значення лісів у житті людини величезне, найважливіша роль у підтриманні природного стану біосфери, основа балансу та сталого розвитку територій від шкідливого впливу антропогенного та техногенного виснаження екосистем складових біосфери [2], виконують вуглецеву, кліматичну, водоохоронну, повітроочисну та оздоровчу функції. Саме тому, сьогоденній загрозі існування українських лісів потрібно надавати особливу увагу: першою проблемою є пожежна небезпека. Початок війни прийшовся на кінець зими, що збігається з початком пожежонебезпечного періоду. Це зумовлено тим, що після сходження снігу трава підсихає та стає легкозаймистою, пожежі поширюються моментально на величезні площі. Статистичні дані: станом на 29 березня 2022 прес-служба Державного агентства лісових ресурсів повідомляла, що з початку 2022 року в лісах вже встигли ліквідувати 86 пожеж на площі 438 гектарів, що в 11 разів більше від кількості та в 7 разів більше від площі загорянь за аналогічний період 2021 року [3]. На територіях, де ведуться бойові дії та відбувається масове замінування, пожежники не можуть проводити ліквідацію пожеж. На півночі та сході України розташовані монокультурні соснові насадження, а саме у них умови для поширення вогню є найсприятливішими. Також на півночі дуже поширені болотні екосистеми та торфовища. Більша частина торфовищ в Україні осушена, а це означає, що на них є сприятливі умови для виникнення торфових пожеж. Під час горіння торфовищ у повітря виділяються такі токсичні речовини, як оксид та діоксид вуглецю, дрібнодисперсний пил із діаметром часток 2,5 мікрони, що характерно для горіння, а також летючо-органічні сполуки [3]. Друга екологічна проблема загроза біорізноманіттю України, тому що тваринний світ України дуже різноманітний. Наведемо статистичні дані: всього в Україні називають приблизно 28000 видів фауни, до яких належить 690 видів хребетних тварин, 700 видів черв'яків, 15 найпростіших організмів, 330 видів молюсків, 400 видів ракоподібних, 20000 видів павукоподібних та 3300 видів павукоподібних. На території України налічується 22 національних парку, найбільшим із яких вважається Азово-Сиваський національний природний парк, а також 21 заповідник, 4 з котрих біосферні та 17 природних заповідників. Війна в Україні може спричинити істотні втрати біорізноманіття: зараз багато тварин вмирають від пожеж, мін, стрілецької та авіаційної зброї, а також внаслідок стресу. Більша частина міграційних коридорів птахів проходить через зону бойових дій, що може стати

причиною знищення великої кількості їхніх видів. Весна для багатьох видів тварин є сезоном розмноження, що на сьогоднішній день неможливо через постійну загрозу та стрес. Навіть після закінчення війни для тварин ще довго буде існувати проблема підвищеного рівня браконьєрства, замінування територій та наслідків можливих техногенних катастроф [3]. Третьою проблемою є пошкодження та забруднення лісових ґрунтів. Зараз на території України з кожним днем будується все більше і більше фортифікаційних споруд. Російські війська, готуючись до тривалих протистоянь, займають ліси та заповідники. Ґрунтовий покрив дуже сильно псується внаслідок будівництва окопів та руху важкої техніки. Це, в свою чергу, призводить до ерозії, процесу руйнування родючого шару ґрунту та знищення рослинного покриву [4].

За даними Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів, станом на 1 березня агресор веде бойові дії на третині площі природно-заповідного фонду України, що становить 12406,6 кв.км. Наприклад, за 20 днів війни на територію України було запущено більш ніж 900 одиниць ракет. Під час детонації ракет та артилерійських снарядів утворюється низка хімічних сполук: чадний газ (CO), вуглекислий газ (CO<sub>2</sub>), водяна пара (H<sub>2</sub>O), бурий газ (NO), закис азоту (N<sub>2</sub>O), діоксид азоту (NO<sub>2</sub>), формальдегід (CH<sub>2</sub>O), пари ціанистої кислоти (HCN), азот (N<sub>2</sub>), а також велика кількість токсичної органіки, окислюються навколишні ґрунти, деревина, дернина, конструкції [5].

Окремо виділяємо екологічну катастрофу в зоні відчуження. За даними офіціальних українських ЗМІ, станом на 27 березня 2022 року у зоні відчуження в районі ЧАЕС через бойові дії було зафіксовано 31 пожежу, які займали в цілому понад 10 тисяч гектарів лісів. Вони спричинили підвищений рівень радіоактивного забруднення повітря (в атмосферу вивільняються радіонукліди, які переносяться вітром на значні відстані). Особливо небезпечними треба вважати бойові дії на території Рудого лісу – це приблизно 10 км<sup>2</sup> лісової території, прилеглої до Чорнобильської атомної електростанції, де в ніч на 26 квітня 1986 року відбулася техногенна екологічно-гуманітарна катастрофа. В той злочасний день саме ця територія взяла на себе найбільшу частку викиду радіоактивного пилу під час вибуху реактору. З цих 10 км<sup>2</sup> 4,5 тисяч гектарів соснового лісу стали зоною повної загибелі хвойних порід. Сюди ж привозили й усі радіаційні відходи, задля того щоб прикопати їх значним шаром землі. Через пересування ворожої техніки та будівництва фортифікаційних споруд погіршується стан ґрунтів, водних об'єктів та атмосферного повітря, підіймається радіоактивний пил, який розповсюджується на інші території України. Також, питанням утилізації ворожої техніки потрібно буде займатись саме українцям.

У Конституції України ст.50 закріплено право громадян на безпечне для життя та здоров'я навколишнє середовище, проте сьогодні рівень

забезпечення цих конституційних прав є вкрай низьким, «антропогенне і техногенне навантаження на навколишнє природне середовище в Україні у кілька разів перевищує відповідні показники у розвинутих країнах світу», а пропонуване економічне зростання за рахунок декларативного принципу в воєний і поствоєнний час, на жаль, супроводжуватиметься подальшим загостренням екологічних проблем. У цьому напрямі ведеться робота по підключенню до набору робочої групи з питань стійкого розвитку та подолання безпекових ризиків бізнесу в Україні; вивчаються документи: «Про затвердження Методики визначення розміру шкоди, завданої землі, ґрунтам внаслідок надзвичайних ситуацій та/або збройної агресії та бойових дій під час дії воєнного стану», пропонується в подальшому проаналізувати та використовувати найефективніші рішення, які можуть бути впроваджені для території з різними видами, в тому числі рослин, лісового ресурсу, з підвищенням функціональності. Тому вкрай необхідне та заплановано в подальшій роботі приймати активну участь в інтерактивних заходах (ПАЕУ та інші), та долучатись до вивчення, розроблення інструментів управління та аналізу стратегічних напрямів із врахуванням безпекових ситуацій із умовою біотичних факторів (у тому числі лісових ресурсів).

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

1. Журавська Н. Є. Екологія : конспект лекцій. К. : КНУБА, 2020. 73 с.
2. Гладун Г., Бойко Т.О., Стрельчук Л.М.Б. Лісові меліорації агроландшафтів // Термінологічний словник. Херсон : Грінь ДС, 2015. 132.
3. Леси і палеоліт Поділля : тези доповідей XIX українсько-польського семінару, Тернопіль, 23-27 серп. 2015 р. Львів : ЛНУ, 2015. 90 с.
4. MCL.kiev.ua [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://mcl.kiev.ua/uk/osnovnye-ponjatija-o-lesah-i-rochemu-vazhno-ih-sohranenie/> (Дата звернення 19.04.2022).
5. Forest.gov.ua [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://forest.gov.ua/napryamki-diyalnosti/lisi-ukrayini/zagalna-harakteristika-lisiv-ukrayini> (Дата звернення 20.04.2022).
6. Ecoaction.org.ua [Електронний ресурс], Режим доступу: <https://ecoaction.org.ua/pryroda-ta-vijna.html?amp/> (Дата звернення 20.04.2022).

*Курепін В. М., к. е. н.  
Миколаївський національний аграрний університет,  
м. Миколаїв, Україна*

## **РЕГІОНАЛЬНІ ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ВОДНИХ РЕСУРСІВ ПІВДНЯ УКРАЇНИ**

Життєвонеобхідним для існування людини, її нинішнього й прийдешніх поколінь є збереження навколишнього середовища та його складових. Одним із основних напрямів державної політики національної безпеки України є забезпечення екологічної безпеки [1]. Вона спрямована на вирішення існуючих екологічних проблем, що призводять до негативних екологічних, соціальних та економічних наслідків.

Однією з основних екологічних проблем України з потенційно серйозними загрозами для її економіки пов'язано з проблеми водних ресурсів. Водні ресурси на території України є національним надбанням українського народу [2], однією з природних основ його економічного розвитку і соціального добробуту. Водні ресурси забезпечують існування людей, тваринного й рослинного світу і є обмеженими та уразливими природними об'єктами.

Україна належить до однієї з найменш водозабезпечених країн Європи, крім того ресурси поверхневих вод розподілені по території країни дуже нерівномірно. Природний дефіцит водних ресурсів, а також їх нерівномірний розподіл по території; виснаження водних ресурсів внаслідок великого обсягу водозабору для господарських потреб; значний обсяг забруднюючих речовин, що надходять у річки; уповільнення водообміну і, як наслідок, погіршення якості води і деградації русел є серед основними водними проблеми більшості регіонів України.

Південні регіони України є найменш забезпеченими ресурсами поверхневих вод [3], це Одеська, Запорізька і Миколаївська області. До того ж, основним чинником антропогенного навантаження на поверхневі водні ресурси цих регіонів є значні обсяги як споживання води в економічній діяльності, так і скидів забруднених вод. Південний регіон займає перше місце в Україні щодо об'ємів забору води з природних об'єктів. Найбільше води з природних водних об'єктів забирають Херсонська, Миколаївська області [4]. Водокористування здійснюється нерационально і збільшуються непродуктивні витрати води, об'єм придатних до використання водних ресурсів внаслідок забруднення і виснаження зменшується.

Причиною найменшого забезпечення поверхневими водами таких областей, як Херсонська та Миколаївська області є втрата води при її транспортуванні (втрата води від місця забору до місця споживання). Щорічно Україна втрачає при транспортуванні мільйони кубометрів води.

Найвищий показник втрати води при транспортуванні у Південному регіоні: Херсонська та Миколаївська області.

Значна частина водних об'єктів України характеризується високим ступенем забруднення і низькою якістю води [5]. Скид забруднюючих речовин підприємств промисловості та комунального господарства, а також стоки з сільськогосподарських територій і територій, зайнятих сміттєзвалищами мають значний негативний вплив на водні об'єкти.

Частка забруднених у загальній кількості скинутих вод у водні об'єкти в середньому по Україні досягає 20,3%. Найбільший відсоток забруднених вод у загальній кількості скинутих вод у водні об'єкти спостерігається у Південних регіонах України, а Одеська, Херсонська і Миколаївська області мають показник забруднення вод більший ніж середній показник по Україні та досягає майже 30%.

Одним з найважливіших об'єктів надр є підземні води. Вони мають стратегічне значення як єдине надійне джерело водопостачання населення [6], особливо в періоди надзвичайних ситуацій, у тому числі і воєнного характеру. Про це показує ситуація у м. Миколаїв [7], коли джерело водопостачання було варварські знищено бомбовими ударами агресора. Мешканці міста були позбавлені питної води, яка транспортувалася з річки Дніпр. Підземні води оказались єдиним джерелом водопостачання населення. Тому, однією з основних задач сучасної гідрогеології є їх раціональна експлуатація, охорона від забруднення та виснаження, а також запобігання катастрофічним екологічним наслідкам взаємодії підземних вод з навколишнім природним середовищем.

Із загальної кількості підземних вод, що видобувається, переважна частина використовується на господарсько-питне водопостачання, 10,3%. на виробничо-технічні потреби, 10,2% на сільськогосподарські потреби. Майже всі регіони в Україні використовують переважну частину підземних вод на господарсько-питне водопостачання. Херсонська та Миколаївська області займають перше місце по використанню підземних вод на зрошення – 10%.

На сьогодні спостерігається формування стійких осередків забруднення підземних вод, які пов'язані з місцями концентрації промисловості й населення, а також із місцями використання мінеральних та органічних добрив і пестицидів. Головні чинники забруднення підземних вод у Південних регіонах України є: комунальні стоки, стоки тваринницьких комплексів, мінеральні добрива, продукти сільгоспхімії, нафтопродукти.

Діюча Стратегія національної державної екополітики полягає у стабілізації й поліпшенні стану навколишнього природного середовища України, впровадження екобалансованої системи природокористування та збереження природних екосистем. Гарантування екобезпечного природного середовища для життя і здоров'я населення необхідно:

- підвищити рівень суспільної екологічної свідомості шляхом «впровадження програми підтримки проєктів громадських екологічних організацій»;

- поліпшити екологічну ситуацію та підвищити рівень екологічної безпеки;

- запровадити інтегроване управління водними ресурсами за басейновим принципом;

- реконструкція існуючих та будівництво нових міських очисних споруд із метою зниження рівня забруднення вод, скиду недостатньо очищених стічних вод;

- запобігання порушенням санітарно-гігієнічних вимог до якості поверхневих вод у місцях інтенсивного водокористування населення, до якості води, що використовується для потреб питного водопостачання та приготування їжі сільським населенням;

- удосконалення регіональної екологічної політики: розроблення та виконання середньострокових регіональних планів дій із охорони навколишнього природного середовища [8] як основного інструменту реалізації національної екополітики на регіональному рівні.

Отже, проблеми водних ресурсів необхідно розв'язувати шляхом гармонізації українського законодавства з міжнародними нормами та удосконалення нормативно-правової бази щодо забезпечення інноваційно-інвестиційного розвитку водного господарства. Необхідно впроваджувати ефективний, обґрунтований та збалансований механізм використання, охорони та відтворення водних ресурсів: забезпечити дієвий моніторинг вод згідно з міжнародними нормами; впроваджувати системи інтегрованого управління водними ресурсами за басейновим принципом, підвищити технологічний рівень водокористування; провести реконструкцію та модернізацію систем водопостачання й водовідведення.

### **Використані інформаційні джерела:**

1. Курепін В. М. *Формування стратегії розвитку екологічно безпечного сільського господарства в Україні // Перлини степового краю : матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції, 25-27 листопада 2020 р. Миколаїв : Миколаївський національний аграрний університет, 2020. С. 64–66. URL: <http://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/8445>.*

2. Іваненко В. С., Курепін В. М. *Захист водних ресурсів та джерел водопостачання // Захист водних ресурсів – Глобальні виклики, загрози опустелювання територій, міжнародні зобов'язання держав світу : тези доповідей з щорічного тематичного «круглого столу», м. Миколаїв, 22 березня 2022 року. Миколаїв : МНАУ, 2022. С. 9–13. URL <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/11213>.*

3. Курепін В. М. *Вода, як цінність людського життя // Захист водних ресурсів – Глобальні виклики, загрози опустелювання територій,*



міжнародні зобов'язання держав світу : тези доповідей з щорічного тематичного «круглого столу», м. Миколаїв, 22 березня 2022 року. Миколаїв : МНАУ, 2022. С. 13–16.

URL:<https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/11214>.

Іваненко В. С. Природні умови та антропогенний вплив на екосистему озера Солонець-Тузли // Розвиток сучасної науки : матеріали студентської науково-пошукової онлайн конференції, м. Львів, 28 січня 2021р. Львів : Фаховий коледж інфокомунікацій НУ «Львівська Політехніка», 2021. С. 10–14. URL:<http://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/8477>.

5. Кузьміна Т. М. Аналіз стану водних ресурсів в Миколаївській області // Academician Leo Berg – 140 years: Collection of Scientific Articles. Bendery, Moldova : Eco-TIRAS International Association of River Keepers, 2021. С. 389–394.

URL:<http://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/8877>.

6. Курепін В. М., Блащук В. В. Водопостачання для населення і раціональне використання водних ресурсів // Збереження планети – глобальні виклики, загрози, можливості на засадах результативного партнерства : тези доповідей тематичного круглого столу з питань екологічної безпеки до Всесвітнього Дня Землі – Earth Day, м. Миколаїв, 22 квітня 2022 року / Миколаївський національний аграрний університет. Миколаїв : МНАУ, 2022. С. 5–9.

URL:<https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/11311>.

7. Іваненко В. С. Прояви екологічного неблагополуччя у місті Миколаїв // Актуальні проблеми життєдіяльності людини в сучасному суспільстві : тези доповідей здобувачів вищої освіти інженерно-енергетичного факультету та інших учасників освітнього процесу за результатами тематичного «круглого столу» на інженерно-енергетичному факультеті, м. Миколаїв, 18-20 листопада 2020 р. Миколаїв : Миколаївський національний аграрний університет, 2020. С. 78–81.

URL:<http://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/8147>.

8. Блащук В. В. Локальні екологічні проєкти у розвитку місцевого господарювання, як популяризація історико-культурної спадщини Миколаївської області // Розвиток територіальних громад: правові, економічні та соціальні аспекти : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції м. Миколаїв, 23-24 червня 2021 р. Миколаїв : МНАУ, 2021. С. 95–97.

URL:<https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/9823>.

*Кутний Б. А., д. т. н., доцент кафедри теплоенергетики  
Національний університет «Полтавська політехніка  
імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна*

## **ВИПРОБУВАННЯ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЗОНАНСНИХ БУЛЬБАШКОВИХ СТРУКТУР**

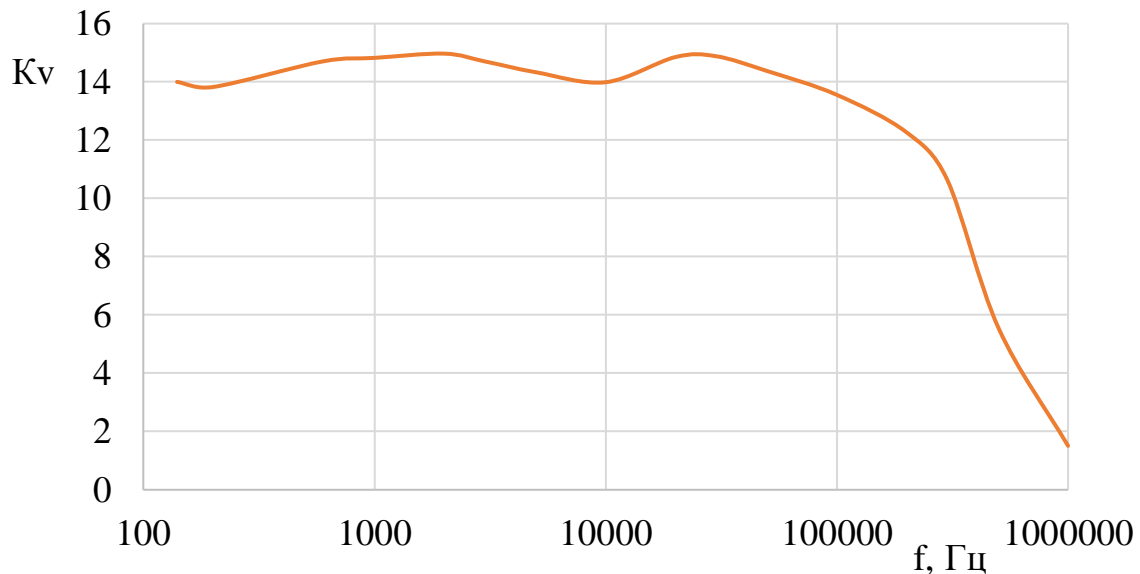
Створення емульсій є важливим компонентом різноманітних технологій: створення лікарських препаратів, вибухових речовин, паливних емульсій, харчові продукти. Для створення тонкодисперсних емульсій зазвичай застосовують особливо енерговитратні технології такі як кавітація. Проте, існує шлях отримання того-ж результату при у сто разів менших енерговитратах.

Попередніми дослідженнями [1] встановлено, що імпульсне введення енергії в газову бульбашку на її резонансній частоті призводить до зміни структури бульбашки, внаслідок чого утворюється нова структура, відома як мультибульбашка. Особливістю мультибульбашок є різке збільшення площі міжфазної поверхні (у сотні разів), порівняно з площею вихідної бульбашки. Ця особливість має важливе значення для інтенсифікації багатьох тепло- та масообмінних процесів, які відбуваються на міжфазній поверхні газ-рідина. Саме тому дослідження бульбашкових структур, які утворюються в умовах резонансу має важливе наукове та прикладне значення.

Для виконання запланованих досліджень розроблено лабораторний стенд з наступними можливостями: створення стабільних електричних коливань різної форми (меандр, синусоїда) в діапазоні частот  $100 \div 10^6$  Гц, регулювання потужності в межах  $1 \div 80$  Вт, засоби для вимірювання напруги, струму, частоти і форми коливань. В умовах самофінансування важливим фактором також є невисока вартість обладнання.

За основу побудови було взято схему 2-хтактного підсилюючого вихідного каскаду на комплементарних біполярних транзисторах, який працює в режимі Б [2]. Формування вхідного сигналу здійснюється за допомогою 5-ти діапазонного генератора на мікросхемі XR2206 з плавним регулюванням частоти, який працює в діапазоні  $1 \text{ Гц} \div 1 \text{ МГц}$ . Форма вихідного сигналу: синусоїда, меандр або трикутна. Вихідна амплітуда сигналу регулюється в межах  $0 \div 3$  вольт. Для вимірювання частоти застосовано частотомір на мікроконтролері PIC16F628A з діапазоном вимірювання  $1 \text{ Гц} \div 30 \text{ МГц}$ , точність вимірювань частоти в діапазоні  $1 \div 0,1 \text{ МГц}$  становить  $1 \text{ Гц}$ , в діапазоні  $0,1 \div 1 \text{ МГц} - 10 \text{ Гц}$ . Для визначення форми вихідного сигналу використано електронний осцилограф FNIRSI.

У результаті попередніх випробувань отримана амплітудно-частотна характеристика підсилювача, рис.1.



**Рис.1.** Амплітудно-частотна характеристика підсилювача

Аналіз отриманої залежності, рис.1. свідчить про можливість застосування підсилювача в інтервалі частот 100Гц-100кГц. Цього вже достатньо для проведення досліджень при надлишковому тиску до 5-6 атм. Для більших тисків потрібно «підняти» верхню частотну межу до 1МГц. Із цією метою планується заміна вхідного транзистора підсилювача на більш високочастотний.

У якості навантаження планується застосувати різноманітні випромінювачі на основі: електродинамічних механізмів, п'єзокерамічних та магнітострикційних матеріалів.

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

1. Кутний Б. Резонансні явища газопарових бульбашок // II International Scientific-Technical Conference Actual problems of renewable power engineering, construction and environmental engineering. 2017. P.99–107.

<https://www.jntes.tu.kielce.pl/wp-content/uploads/2019/09/book-of-abstract-II-International-2017-08%D1%8E09.pdf>

2. Схемотехніка-1. Аналогова схемотехніка: Лабораторний практикум. [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 171 «Електроніка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Ю. О. Оникієнко, А. Ю. Мищукова. – Електронні текстові данні. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021.107 с.

[https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/41129/1/Analohova\\_Skhemotekhnika\\_La b-Praktykum.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/41129/1/Analohova_Skhemotekhnika_La b-Praktykum.pdf)

*Лахтіна А. В., студентка, Красовська І. Г., к. т. н., с. н. с.  
Національний аерокосмічний університет ім. М. С. Жуковського «ХАІ»,  
м. Харків, Україна*

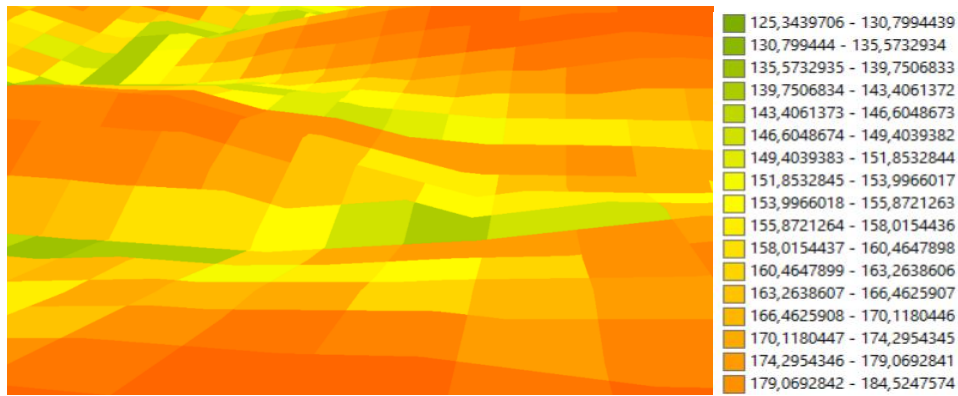
## **МОТЕДИКА 3-D МОДЕЛЮВАННЯ КОРИСНИХ КОПАЛИН ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ДАНИХ ДЗЗ**

Тривимірні моделі відіграють важливу роль географічних дослідженнях, спостереження рельєфу та його морфометричних характеристик; моделювання сільськогосподарського середовища; імітація надзвичайних ситуацій – це же малий список завдань, які вирішуються за допомогою аналізу та візуалізації 3D-моделей. Можна оцінити потенційні наслідки застосування різних стратегій оперативного керування, впливу на екосистему, користування природними ресурсами, оптимізації екосистем. У даній роботі було обрано зону кар'єру по видобутку піску в Харківській області (рис.1).



**Рис. 1. Кар'єр з видобутку піску**

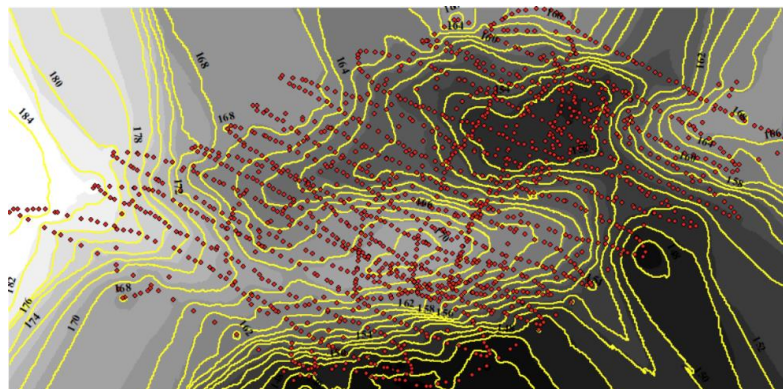
Відображення поверхні кар'єру в 3D було розглянуто двома методами, для того, щоб зробити порівняння у кращій візуальній складовій. Перший метод було зроблено за допомогою даних SRTM (радарна топографічна зйомка – місія для збору інтерферометричного радара, який порівнює два одночасних радіолокаційні зображення, зроблені під дещо різними. Відмінності між двома сигналами дозволили розрахувати висоту поверхні). Для відображення 3D моделі використаємо програму ArcGIS. Для роботи в тривимірному середовищі ArcGIS використовується додаток ArcScene. Додаємо завантажений SRTM Харківської області, який можна було знайти у відкритому доступі та безкоштовно завантажити дані. Системі відома інформація про колір кожного пікселя, але не про висоту. Для того, щоб відобразити висоту застосуємо параметр «Elevation from surfaces» Отримуємо кар'єр у 3D відображенні на рис.2.



**Рис. 2. Відображення растрових поверхонь в ArcScene**

Якщо розглянути результат, можна зрозуміти, що візуалізація виглядає не досить наглядно, та перепад висот погано розпізнається оком, лише легенда та колір дозволяє трохи отримати інформації щодо перепаду висот біля 20 м.

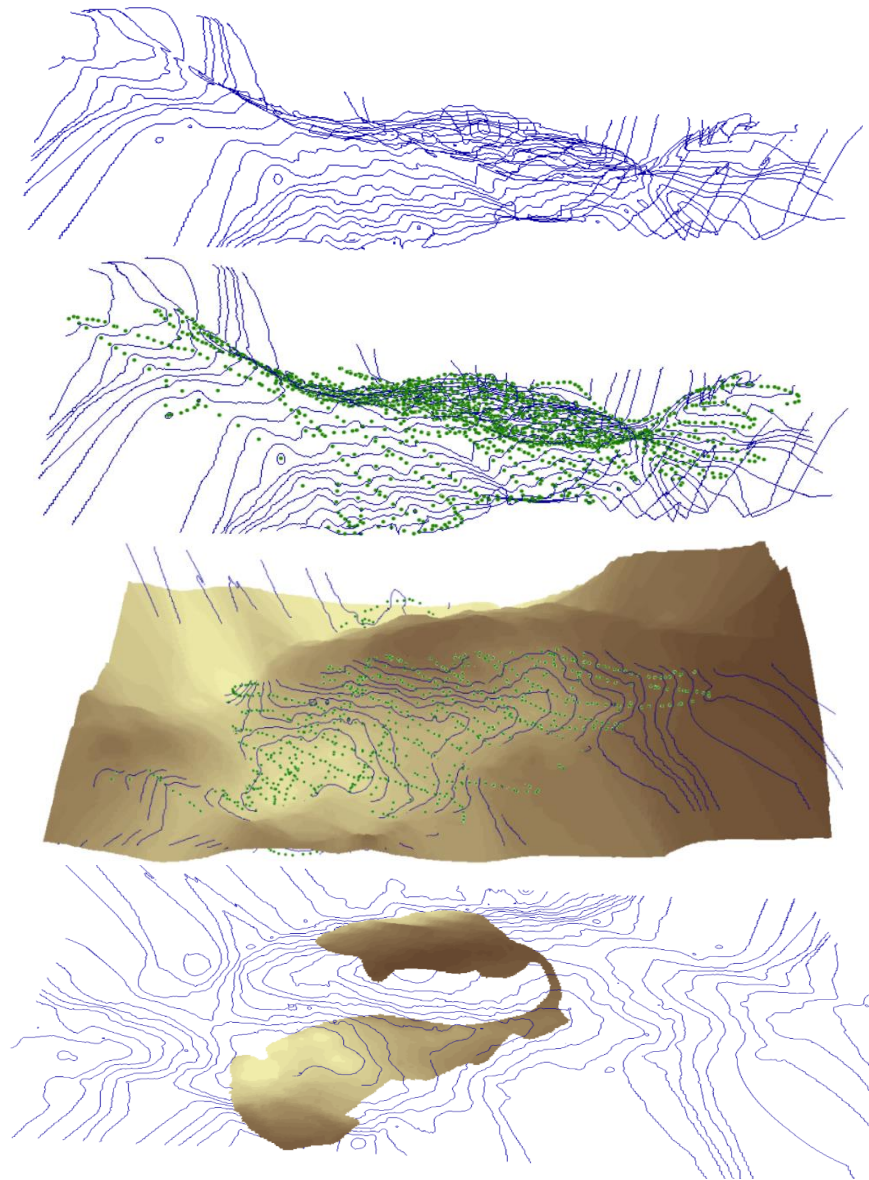
Розглянемо іншу методику побудови 3D моделювання, використавши векторні шари, для отримання растру в тривимірному відображенні. Для початку було створено множину тривимірних точок, розташованих у характерних точках місцевості (хаотична модель рельєфу), щоб отримати як умога більше точок з висотою, для більш точнішої побудови растрового шару. Для того, щоб створити таке був використаний безкоштовний програмний продукт Google Earth Pro. У програмі необхідно створити шлях з точок, у яких буде відображена висота на даній місцевості та зберегти отримані дані у форматі GPX, який дозволить подальшу роботу в програмі ArcMap. У цій програмі у вікні GPX To Features натиснути кнопку перегляду файлу Input GPX, щоб вибрати підключений пристрій. Далі було створено растрове відображення місцевості з отриманих точок висот за допомогою інструменту IDW (програма інтерполює растрову поверхню на основі точкових). На основі растру можна також зробити горизонталі (рис.3).



**Рис. 3. Відображення точок висот та горизонталей в ArcMap**



Було отримано усе необхідне, щоб можна було в ArcScene побудувати тривимірну модель. Для цього необхідно зайти до програми та додати усі шари, два векторних й два растрові, один із яких представляє собою точні контури кар'єру. Далі отримуємо 3D модель по конкретній території, яка досить наглядно демонструє перепади висот (рис.4).



**Рис.4. 3D модель зони кар'єру, відображена в ArcScene**

Також, для більшого розуміння масштабів даного кар'єру було пораховано площу (id1) та об'єм (Объем км<sup>3</sup>) за допомогою «Калькулятор поля» в програмі ArcMap та отримані результати можна розглянути в атрибутивній таблиці (рис.5).

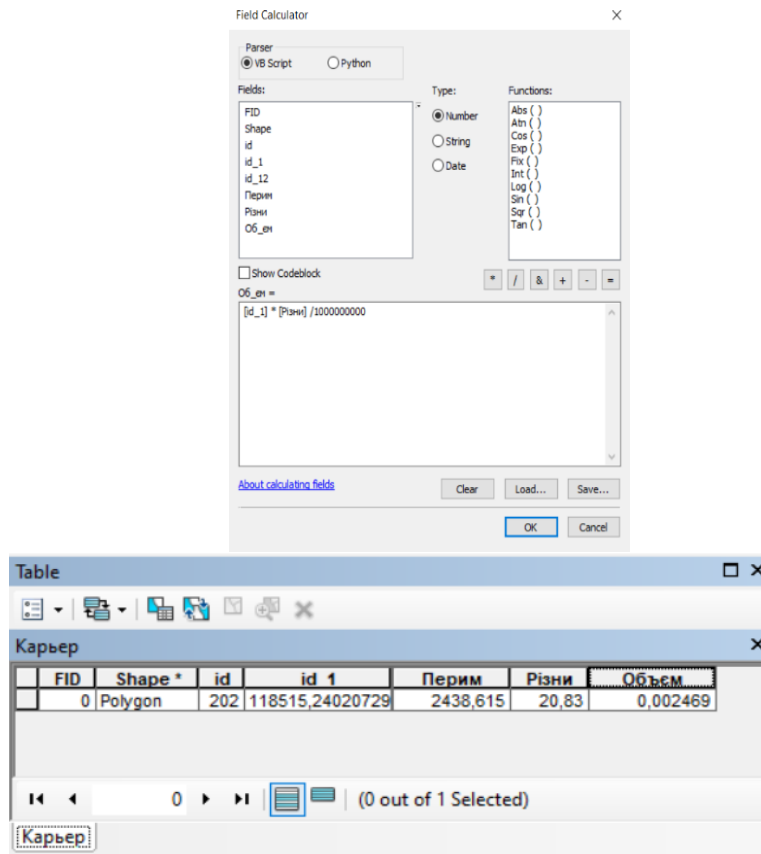


Рис. 5. Вкладки «Калькулятор поля» та «Таблиця атрибутів»

Таким чином, використовуючи дані ДЗЗ, було розглянуто дві методики 3D моделювання кар'єру корисних копалин. Показано, що моделювання з використанням горизонталей або висотних відміток дає краще розуміння рельєфу кар'єрів. Також дає можливість прорахувати приблизний його об'єм, використовуючи сучасні ГІС.

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

1. Електронний ресурс <https://gisrstudy.com/interpolation-arcgis/>
2. Електронний ресурс [https://geoknigi.com/book\\_view.php?id=1590](https://geoknigi.com/book_view.php?id=1590)
3. Електронний ресурс <http://maptimes.inf.ua/PublicUa/A12ReliefCreating.htm>
4. Міронова Н. Г., Артамонов Б. Б. Використання ГІС-технологій у дослідженні кар'єрів корисних копалин осадового походження Хмельницької області // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. 2020. №3. С. 7–11.
5. Шумейко В. О. Використання технологій ДЗЗ та ГІС для контролю видобування корисних копалин Хмельницької області // Центр прийому і обробки спеціальної інформації та контролю навігаційного поля, м. Дунаївці. 2009 №16. С. 118–129.

*Левченко М. А., Величко С. Д., студ., Бутенко О. С., д. т. н., проф.  
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна*

## **МОНІТОРИНГ ЛІСОВКРИТИХ ПЛОЩ ЗА ДОПОМОГОЮ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ**

Однією з сучасних проблем є проблема, що пов'язана з негативними наслідками погіршення екологічного стану довкілля. Перш за все, це стосується наслідків регулярних пожеж, незаконної вирубки лісів, забруднення і навіть вимирання мікроорганізмів та патогенів. Для того, щоб запобігти екологічним катастрофам, пов'язаним з частковим зникненням лісового покриву, доцільним є постійний моніторинг земної поверхні з використанням даних дистанційного зондування Землі. Це дозволяє оперативно відстежувати та контролювати велику територію лісових масивів або насаджень для своєчасного виявлення та локалізації небезпечних ділянок, які можуть привести до негативних наслідків та проведення своєчасної профілактики та діагностики лісу. Але приймати рішення щодо поточного стану об'єктів спостереження необхідно з урахуванням статистичних даних, даних контактних вимірювань та специфіки місцевості.

Таким чином, актуальність теми обумовлена попередженням негативних наслідків погіршення стану лісових масивів для збереження можливості відновлення компонентів біосфери, фауни та інше.

Зазначимо, що проведений аналіз можливостей використання даних космічного моніторингу Землі для виявлення динаміки змін стану лісів під впливом негативних факторів показав, що такий підхід дозволяє оперативно виявляти та локалізувати по космічних знімках пожеженебезпечні ділянки місцевості і ділянки несанкціонованих вирубок лісів, та оцінити їх геометричні характеристики.

У наш час на навколоземних орбітах знаходиться більше 100 супутників, з яких людство отримує дані дистанційного зондування Землі. Отримати будь-яку інформацію можливо у проміжок часу 48 годин, відносно будь-яких об'єктів чи процесів. Ця інформація використовується у різних сферах і лісогосподарство не є виключенням, тому за рахунок великої оперативності можна легко виявити динаміку зміни стану лісів під впливом негативних факторів [1].

Однак, при виявленні і локалізації по космічних знімках ділянок незаконних вирубок та для здійснення контролю лісу в усіх регіонах країни необхідним є не тільки урахування специфіки знімальної апаратури, а також



особливості місцевості та іншу статистичну інформацію, яка стосується об'єкта моніторингу.

Також зазначимо, що оскільки за допомогою космічного моніторингу можна отримати однорідну інформацію з гарною якістю та одночасно для великої території, то можливо додаткове вирішення ряду задач:

- аналіз шкідливих факторів, які негативно впливають на стан лісів (антропогенний вплив на ліси – це найшкідливіший фактор. До нього відноситься незаконна вирубка лісу та пожежі спричинені діяльністю людини);

- використання індексу вегетації NDVI при класифікації лісів за віком, запасом, висотою, вагою, біологічною продуктивністю та інших критеріїв. Таксаційні показники визначають методами наземної таксації або за допомогою дистанційної таксації і подальшого камерального дешифрування знімків. Повністю замінити класичну таксацію неможливо, проте задля спрощення процесу доцільним є використання методів дистанційного зондування та особливостей космічних знімків. Саме визначення стану та складу лісових масивів можливе завдяки спектральним властивостям супутникових знімків. Ця методика не тільки допомагає визначити склад та стан лісового покриву, а й може допомогти у класифікації та виділенні ділянок лісу, полегшує візуалізацію загальної картини території. Одним з найкоректніших методів визначення стану лісу є застосування індексу вегетації NDVI [2].

- виявлення та локалізація потенційно небезпечних ділянок лісу на підставі комплексного аналізу різночасових різнорідних даних моніторингу (при наявності низки знімків однієї місцевості, отриманих із одного супутника за деякий часовий ряд).

Ефективним є метод моніторингу заснований на порівнянні космічних знімків досліджуваної території у звичайному кольоровому діапазоні та у інфрачервоному діапазоні. На основі поєднання результатів аналізу за знімками в обох діапазонах у різночасових даних можна скласти комплексну картину того, що відбувається з досліджуваною територією, в той чи інший момент. Для порівняння інформації можна використовувати різні програмні продукти, наприклад ENVI [3].

Наприкінці можна зробити висновок що, фактори, які негативно впливають на лісові насадження, неможливо повністю уникнути, однак їх вплив можна послабити або своєчасно попередити їх негативний вплив. Цього можна досягти за допомогою оперативного оброблення даних космічного моніторингу лісовкритих площ, прогнозування виникнення різних ймовірних ситуацій із отриманням кількісних оцінок можливих наслідків та своєчасного оповіщення про масштаби стихійних лих. Отримані дані можуть використовуватися також для обліку й інвентаризації лісів, створення лісових карт, отримання таксаційних характеристик насаджень, оскільки дані отримані у режимі реального часу. А за допомогою

відповідного програмного забезпечення можна стежити за змінами стану лісових насаджень у дуже короткий проміжок часу.

**Використані інформаційні джерела:**

1. Гавриленко О. П. «Екогеографія України»: Навчальний посібник, 2008.

URL: [http://pidruchniki.ws/12991010/ekologiya/monitoring\\_navkolishnogo\\_prirodного\\_seredovischa\\_ukrayini](http://pidruchniki.ws/12991010/ekologiya/monitoring_navkolishnogo_prirodного_seredovischa_ukrayini) (дата звернення: 17.05.2022)

2. Миронюк В. В. Перспективи використання методу класифікації космічних знімків для лісової інвентаризації України. Збалансоване природокористування. 2015. С. 9–15.

3. Слободяник М.П. Використання методів ДЗЗ та ГІСТ-технологій для моніторингу лісових ресурсів. Вісник геодезії та картографії, 2014, №1 (88). 27. С.27–31. URL: [http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis\\_nbuv/cgiirbis\\_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE\\_FILE\\_DOWNLOAD=1&Image\\_file\\_name=PDF/vgtk\\_2014\\_1\\_2.pdf](http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/vgtk_2014_1_2.pdf) (дата звернення: 17.05.2022)

*Левченко А. В., студентка, Грек Л. К., викладач-методист  
Черкаський державний бізнес-коледж  
м. Черкаси, Україна*

## **ВОДОКОРИСТУВАННЯ НА ЧЕРКАЩИНІ В КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ**

Екологізація виробництва та споживання сьогодні належать до найважливіших потреб розвитку людства, з якими пов'язані сподівання на перехід до раціональних методів господарювання. Саме ці поняття лежать в основі стратегії сталого розвитку.

Стратегія сталого (збалансованого) розвитку суспільства та природи передбачає можливість уникнення глобальної екологічної кризи, вирішення питань охорони природи та раціонального використання природних ресурсів [1]. До одного з таких питань належать проблеми, пов'язані з наявністю чистої води та дотриманням санітарних умов. Враховуючи важливість водних ресурсів у розвитку економічної діяльності та соціального благополуччя 22 березня кожного року оголошується Всесвітнім днем води (Всесвітній день охорони водних ресурсів).

Зростаючий дефіцит природних вод, особливо прісних, виникає через руйнування природних територій, які утримують воду в ландшафтах, неконтрольоване та нераціональне їх використання в різних галузях промисловості, сільського, житлово-комунального господарства, кліматичні зміни. Вважають, що дефіцит прісної води буде одним із найбільших викликів для нашої планети в наступні десятиліття.

У Черкаській області протікає одна велика річка – Дніпро (150 км в межах області), понад 1000 малих річок загальною протяжністю 7735 км. На малих та середніх річках області побудовано 38 водосховищ та 2947 ставків. Частково на території області знаходяться два водосховища Дніпровського каскаду – Канівське та Кременчуцьке. Забезпеченість водою на одного жителя області становить лише 1,56 тис. куб. м в середній по водності рік (за оцінкою Європейської Економічної Комісії ООН), регіон вважається водонебезпеченим, при сучасному водоспоживанні відчувається дефіцит у водозабезпеченні [2].

Промисловість Черкащини представлена понад 400 підприємствами, значна частка яких є забруднювачами водних об'єктів. Забруднюючими елементами від діяльності сільськогосподарських підприємств є органічні речовини, біогенні елементи, мікроорганізми. Від урбанізованих територій у водні об'єкти потрапляють нафтопродукти, сполуки азоту, фосфору, стічні води. Хлорування, як метод очистки питної води, сприяє утворенню великої

кількості токсичних канцерогенних хлорорганічних сполук, що мають кумулятивну дію.

До проблем, пов'язаних із використанням водних ресурсів у регіоні належать: розорення прибережних захисних смуг, водна ерозія, в наслідок чого відбувається замулення річок та ставків; забруднення водойм промисловими та стічними водами; відсутність та незадовільний стан очисних споруд в містах області. Так із діючих в області очисних споруд більше половини потребують реконструкції, у п'яти районах Черкаської області міські очисні споруди взагалі відсутні, в частині населених пунктів відсутня зливово каналізація, що призводить до підтоплення територій. Забруднення водних об'єктів – джерел питного водопостачання – тягне за собою погіршення якості питної води та створює небезпеку для здоров'я населення в багатьох регіонах України.

Перспективними для очищення господарсько-побутових стічних вод від населених пунктів найбільш прийнятні фітотехнології. Експериментальні споруди для очищення побутових стічних вод були побудовані спочатку в Харківській області, а пізніше в Золотоніському районі Черкаської області. Подібна технологія базується на використанні процесів природного самоочищення водних об'єктів з використанням вищої водної рослинності, водної мікрофлори та мікроорганізмів. Подібні технології поширені в різних країнах світу. Вони мають низькі експлуатаційні затрати, незалежні від енергоресурсів, забезпечують ефективність очищення стічних вод протягом року.

Збалансоване водокористування передбачає: посилення відповідальності за порушення правової охорони водних ресурсів, організаційні, економічні, соціальні заходи.

Із метою виховання бережливого ставлення до природних ресурсів, в тому числі і до водних, студенти Черкаського державного бізнес-коледжу щорічно беруть участь в екологічних акціях із розчищення берегів водойм, узбережжя р. Дніпро, місцевого пляжу, проводять агітаційну роботу серед молоді нашого міста, розповсюджують нескладні поради для економного витрачання води в побуті, серед яких:

- економте воду, адже третина води в побуті витрачається марно;
- через несправний кран за добу може «накапати» від 30 до 200 літрів води;
- використовуйте менший струмінь води, вимикайте воду на якийсь час, коли чистите зуби;
- перевагу надавайте економній сантехніці, приймайте душ, а не ванну;
- економте воду під час прання, миття посуду.

Агресія Росії проти України супроводжується знищенням населення, руйнацією природного, соціального середовища, знищенням та забрудненням різних видів природних ресурсів, в тому числі, водних. Агресори планували зруйнувати дамбу, щоб незаконно заволодіти

ресурсами прісної води на півдні України, не усвідомлюючи, що своїми діями спровокують справжню екологічну катастрофу для її мешканців. Під час військових дій порушується нормальна робота комунальних служб у містах, що призводить до погіршення якості води, перебоїв каналізаційної системи. Зростає популяція гризунів, які є переносниками хвороб, збільшується загроза виникнення епідемій. Людство потребує чистої води певної якості, можливості жити з дотриманням санітарних вимог, тому такі потреби можуть бути реалізовані за неодмінної умови припинення всіх війн, у тому числі, і в Україні.

Отже, для вирішення регіональних екологічних проблем, пов'язаних із водними ресурсами потрібно: спочатку перемогти у війні з Росією, припинити або скоротити скидання забруднених стічних вод у річки та водойми, посилити увагу до очистки стічних вод, вжити заходів щодо економії прісної води, удосконалити економічні, правові, організаційні механізми управління водогосподарською діяльністю, підвищити рівень екологічної освіти та виховання населення.

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

*1. Про Основні напрями державної політики України у галузі охорони довкілля, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки Постанова Верховної Ради України. N 188/98-ВР від 5 березня 1998 року.*

*2. Стратегія розвитку Черкаської області на період 2021-2027 роки URL: <https://strategy2027-ck.gov.ua/> (дата звернення 10.05.2022).*

*Лесюк О. О., студ., Нечаусов А. С., к. т. н.  
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є.Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна*

## **МЕТОДИКА СТВОРЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ВИБІРКИ ХАРАКТЕРИСТИК ЯСКРАВOSTI ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ НА КОСМОЗНІМКАХ ВОГНИЩ ЗАГОРЯННЯ ТА ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ, ЯКІ ТРАПИЛИСЯ НЕЩОДАВНО**

Лісові пожежі є одним із природних процесів і можуть приносити користь здоров'ю лісів, але можуть завдавати й руйнування. Вогонь знищує цілі докільля, а задимлення внаслідок пожежі призводить до викиду вуглекислого газу в атмосферу, що сприяє глобальному потеплінню. Обгорілий ландшафт більш схильний до займання в майбутньому. Повторне випалювання однієї й тієї ж території може призвести до значного скорочення біорізноманіття та деградації ґрунту. Дистанційне зондування дозволяє оперативно виявляти осередки пожеж та контролювати їх поширення, проводити оцінку економічної та екологічної шкоди, завданої лісовому господарству.

Дані супутникових спостережень дуже важливі в оцінці поширення лісових пожеж, виявленні їх осередків, аналізі розповсюдження диму від пожеж, гарей, виявленні небезпеки виникнення пожеж. Застосування космічного моніторингу дозволяє реалізувати такі завдання:

- детектування та моніторинг лісових пожеж із космосу в динаміці;
- оцінка пройденої вогнем площі;
- попередня оцінка пошкоджень насадженням від пожеж (у тому числі виявлення загиблих насаджень);
- інтеграція в одному ГІС-інтерфейсі комплексної інформації (топооснови, ДЗЗ та атрибутивних даних) з метою підтримки управлінських рішень у галузі моніторингу лісопожежної ситуації.

У лісовпорядній практиці одним із найбільш ефективних методів вивчення та виявлення лісових пожеж є класифікація супутникових знімків за характеристиками яскравості. Цей метод заснований на створенні певної навчальної вибірки на основі показників характеристики яскравості пікселя для кожного окремого класу. За допомогою такої вибірки можна автоматизувати процес розпізнавання пожеж. Вивчення світового досвіду [1] у виявленні пожеж вказує на те, що багато уваги приділяється вже випаленим ділянкам [2], спектральні характеристики яких відрізняються лише типом ґрунтів та формою ділянки, що в свою чергу не дає можливості відрізнити ділянки за часовим показником. Для реалізації завдання визначення нових осередків займання було прийняте рішення

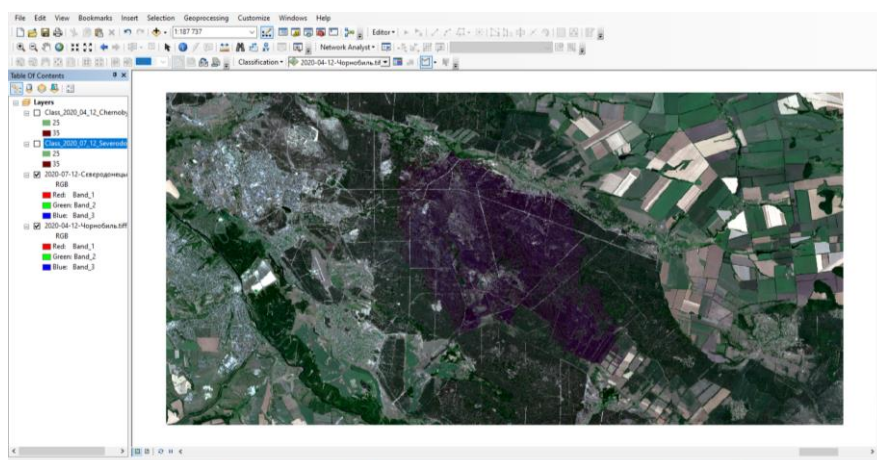
використовувати метод автоматичної класифікації на базі навчальної вибірки з наявними свіжими ділянками горілої території.

Для створення навчальної вибірки найкраще використовувати знімки за максимально наближену до початку пожежі дату. Для виконання дослідження було взято знімок датований початком липня, в районі міста Северодонецька, з територією де пожежа почалася нещодавно. Знімок із супутника Sentinel-2 L2A було отримано з відкритого ресурсу SentinelHub [3].

Програмне забезпечення ArcGIS має всі необхідні сучасні інструменти оброблення супутникових зображень та моделювання екологічних процесів, тому було прийняте рішення використовувати саме його для подальших досліджень.

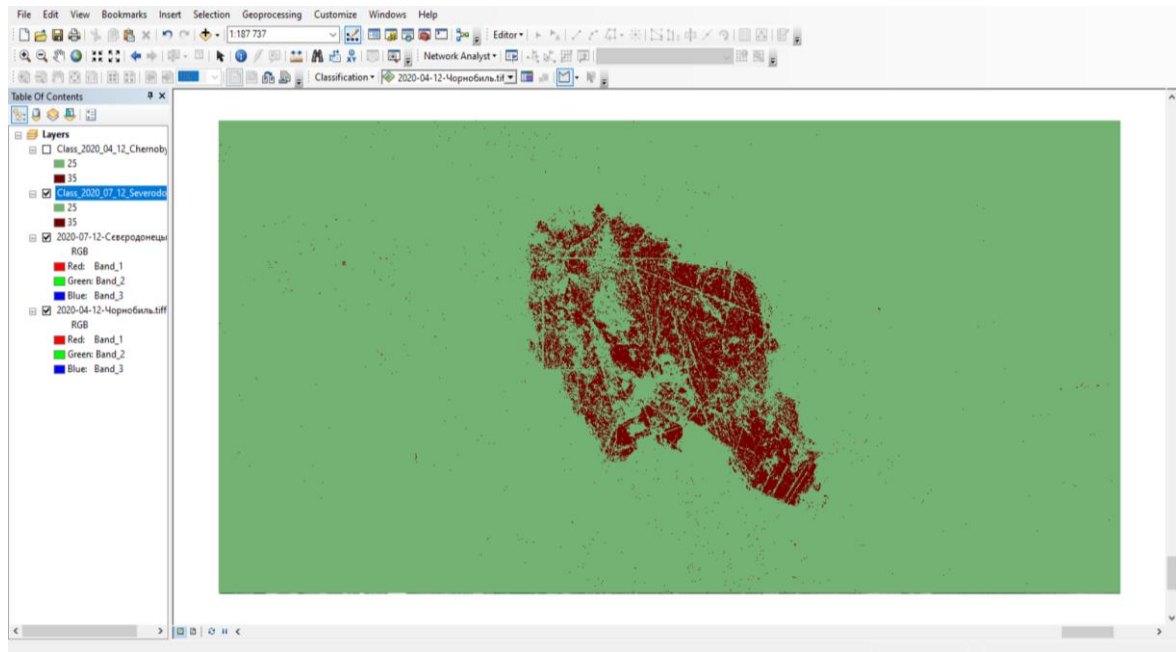
Знімки були завантажені у форматі .tiff, із трьома каналами – Red, Green, Blue, що формує зображення в натуральному природному кольорі. Такий набір каналів видимого спектру допомагає відокремити горілі ділянки від активної зелені та інших ділянок. Для створення вибірки був використаний вбудований інструмент Classification. Загалом, було створено два класи «Вигоріла територія лісу» та «Не вигоріла територія». Для кожного класу було використано певну кількість виділених полігонів території. Для більш коректної роботи вибірки доцільним було створити більше десяти полігонів для кожного класу. Такий підхід дозволить алгоритму інструменту більш детально проаналізувати знімок. У результаті виконання цього етапу було створено файл сигнатур, а також збережено класи вибірки окремо. Це потрібно для того, щоб надалі доповнювати вибірку та мати можливість її редагувати.

Для перевірки роботи класифікатора було прийнято рішення використовувати метод Maximum Likelihood. Перш за все, ефективність класифікатора було перевірено на знімку, з якого і були обрані полігони для вибірки (рис. 1).



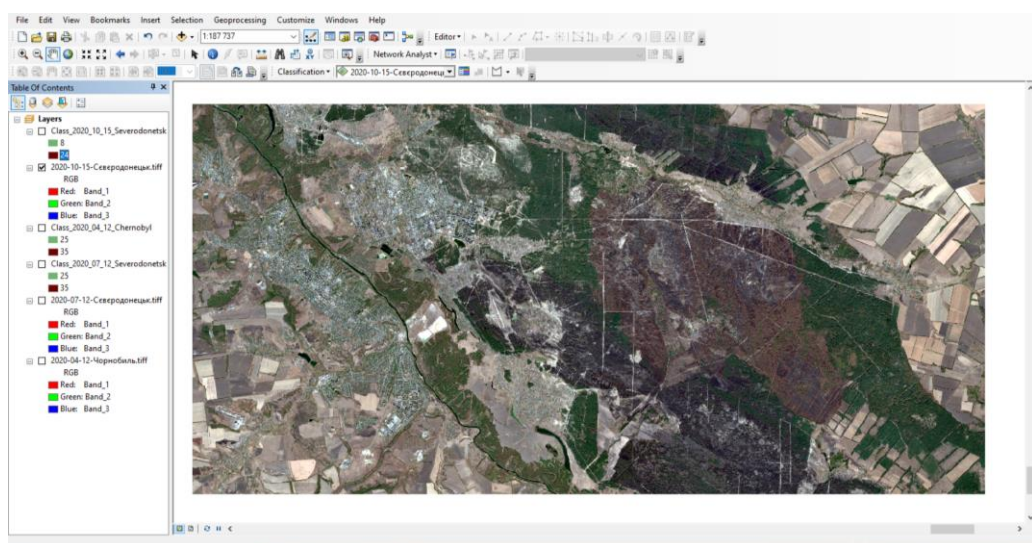
**Рис.1. Знімок території пожежі у Северодонецькому районі за 2020.07.12**

На відкласифікованому знімку наочно видно, що територія, яка вигоріла, виділилася окремим класом. А все, що не належить до неї, виділилося в інший клас (рис. 2). Кольорова шкала була підібрана таким чином, щоб максимально підкреслити відмінність пікселів.



**Рис.2. Класифікованій території пожежі у Сєвєродонецькому районі за 2020.07.12**

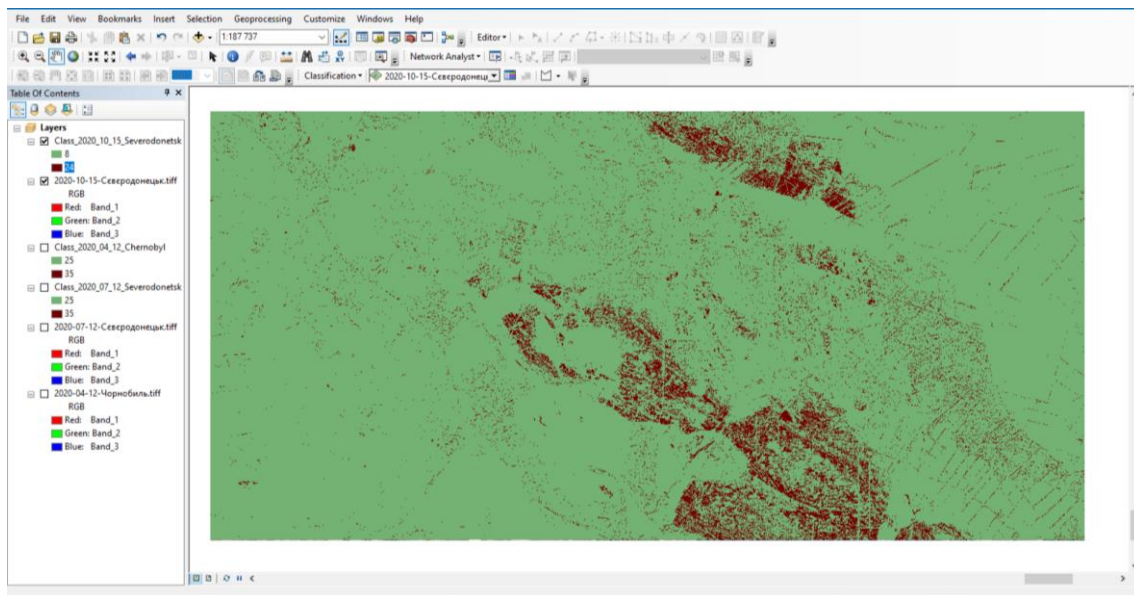
Для перевірки роботи класифікатора, на правильність визначення нових пожеж та вогнищ займання, було обрано знімок за середину вересня (рис 3). У цей проміжок часу поряд із старою пожежею, утворилися кілька нових осередків.



**Рис.3. Знімок території пожежі у Сєвєродонецькому районі за 2020.10.15**



Після застосування класифікатора, стало видно, що на знімку виділилися тільки нові осередки та випалені ділянки, а старі ділянки класифікатор виділив в інший клас (рис. 4).



**Рис.4. Класифікованої територія пожежі у Сєвєродонецькому районі за 2020.10.15**

Із результатів дослідження виходить, що визначення недавніх пожеж і вогнищ займання методом класифікації зображення на основі яскравості пікселя доцільне для чіткого відокремлення нових випалених територій від старих та проведення аналізу вогнищ займання. Також, після проведення класифікації, можна використовувати ці данні для наступних досліджень. Наприклад, додатково порахувати площу ділянок, що вигоріли для оцінки економічних збитків.

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

1. Гнатушенко В. В., Гнатушенко В. В., Мозговой Д. К., Васильев В. В. Спутниковый мониторинг последствий лесных пожаров // *Науковий вісник НГУ*. 2016. №1. С. 70–76.

2. *Forest fire risk mapping using GIS and remote sensing in two major landscapes of Nepal* Authors: Ashok Parajuli, Ambika Prasad Gautam, Sundar Prasad Sharma, Krishna Bahadur Bhujel, Gagan Sharma, Purna Bahadur Thapa, show all Pages 17 Published online: 07 Dec 2020.

3. Офіційний інтернет – портал пошуку космічних знімків EoBrowser SentinelHub – URL: <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/> – дата звернення 14.04.2022.

*Лисак Г. А., к. б. н., Панас Н. Є., к. б. н., Хірівський П. Р., к. б. н.,  
Фірсанов М. Д., Мазурак О.Т., к. б. н.*

*Львівський національний університет природокористування,  
Львів, Україна*

## **ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ ДЛЯ ДОВКІЛЛЯ ЛЬВІВЩИНИ**

Львівщина знаходиться не в зоні бойових дій, проте наслідки повномасштабного вторгнення держави-агресорки до України, вона відчула в повному обсязі. Область зазнала ракетного обстрілу вже з першого дня війни – біля 8 години ранку 24 лютого 2022 року були обстріляні військові частини Кам'янки-Бузької, Бродів та Нового Калинова [5]. Від ракетних ударів страждає довкілля, руйнується інфраструктура, психічна напруга населення досягає критичного максимуму.

Військові дії несуть як пряму, так і опосередковану загрозу навколишньому середовищу. До прямих впливів у першу чергу належать вибухи, які викликають горіння, забруднюють довкілля металами і токсичними елементами, є причиною руйнування екосистем. Бойові дії, що розпочалися наприкінці зими та тривають навесні, суттєво впливають на тваринний світ, порушують життєвий ритм диких тварин, які пробуджуються із зимової сплячки. Перелітні птахи в цей час мігрують до місць гніздувань і зупиняються біля водойм для відпочинку. Зміна міграційних шляхів журавлів, гусей, лебедів, качок, призводить до того, що виснажені перельотом птахи, стресують, не відновлюють свої сили, потрапляють під обстріли і розлітаються. Тепер вони мають меншу можливість знайти собі пару, у тиші виводити своє потомство, а це призведе до зменшення популяції птахів та зміну їхніх місць гніздувань.

Великою трагедією для Львівщини став ракетний удар по Міжнародному центрі миротворчості – Яворівському військовому полігону. Ворог випустив 30 крилатих ракет, які принесли велику кількість смертей та поранень [4]. Людські жертви є найважчими втратами, але неоціненними є руйнування популяції рідкісних рослин родини *Orchidaceae* в Розточчі. На території Міжнародного центру миротворчості та безпеки у 2014 році описано багаточисельну популяцію (277 ос.) коручки чемерникоподібної (*Eripactis helleborine* (L.) Crantz (*E. latifolia* (L.) All.).

Наслідками авіаударів є забруднення атмосферного повітря продуктами займання. Масовими пожежами стали бомбардування 18 березня Львівського державного авіаційно-ремонтного заводу, 26 березня – нафтобази у селищі Великі Кривчиці та Львівського бронетанкового заводу, 18 квітня – станції технічного обслуговування біля залізничних колій у

м. Львів та виводу з ладу тягової підстанції залізничної станції «Красне» [3]. Під час горіння в повітря виділяються такі токсичні речовини, як оксид і діоксид вуглецю, дрібнодисперсний пил із діаметром часток 2,5 мікрони (характерно для горіння), летючо-органічні сполуки, до складу яких входить акролеїн та інші шкідливі сполуки [2]. І все це відбувається у густонаселених районах.

Сили протиповітряної оборони Львівщини запобігають масовим руйнуванням інфраструктури, оскільки знищили уже понад 20 російських ракет [6]. Проте металеві уламки снарядів потрапляють на присадибні ділянки місцевих мешканців, території проживання біженців та дитячих будинків, часто є причиною пожеж та частково завдають шкоди агрофітоценозам. Їх не можна визначити як повністю безпечними і цілковито інертними, бо вони можуть стати причиною не лише поранень, а й містять небезпечні речовини, що надходять до довкілля та включаються до ланцюгів живлення, мігрують ґрунтовими водами. Власне, з чавуну і сталі, які є основним компонентом оболонки снаряду, потрапляє в навколишнє середовище залізо, вуглець, сірка, мідь. Коли відбувається детонація ракети або артилерійського снаряду у повітря виділяється велика кількість хімічних сполук. Серед них високий вміст: чадного газу (CO), вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>), водяної пари (H<sub>2</sub>O), бурого газу (NO), закису азоту (N<sub>2</sub>O), діоксиду азоту (NO<sub>2</sub>), формальдегіду (CH<sub>2</sub>O), пари ціанистої кислоти (HCN), азот (N<sub>2</sub>). Відбувається окислювання ґрунтів, вегетативної маси рослин. Оксиди сірки та азоту потрапляють через продиховий апарат в мезофіл листків рослин і спричиняють некрози, зменшують їхні фотосинтетичні властивості, запасуючі функції. Особливо чутливими до потрапляння цих речовин є хвойники [7]. Дія їх на людей і тварин проявляється у вигляді порушення функцій дихання і запалення слизових оболонок.

Уаслідок ракетного удару 26 березня загорілася нафтобаза на вул. Пластовій. Майже добу проводилося гасіння пожежі. Нафта разом із залишками протипожежної піни потрапляла в ґрунт. У такому ґрунті витісняється кисень, погіршуються біохімічні та мікробіологічні процеси. Спалахи та вибухи спричинили витік паливно-мастильних матеріалів та продуктів згорання у підґрунтові води, а потім і потрапляння в Полтву, яка протікає поблизу місця влучання ракети. Усі складові нафти є небезпечними для водних мешканців. Нафтові вуглеводні можуть розчиняти й інших забруднюючі речовини. Важкі метали, пестициди, складові стічних вод урбанізовано міста разом із нафтою концентруються в приповерхньому шарі водного плеса та ще більше отруюють його.

Щодо непрямих наслідків бойових дій на довкілля, то вони пов'язані з руйнацією критичної інфраструктури, що приводить до неможливості виконання різноманітних завдань та забруднення довкілля. Щоденні повітряні тривоги завдають також постійний психічний пресинг на

населення Львова. Відчувається більше агресії, поведінкових розладів серед оточуючих. Часті депресії, дисоціативні розлади спричиняють загострення хронічних захворювань, у рази зросла смертність [1].

Важливим завданням на сучасному етапі є фіксація екологічних злочинів зі встановленням реальних об'ємів завданої шкоди, продумування та втілення ефективної системи моніторингу стану довкілля з метою зниження рівня забруднення територій та тиску на природні екосистеми, впровадження найефективніших заходів щодо унеможливлення погіршення ситуації та необхідність відновлення екологічного балансу.

### **Використані інформаційні джерела:**

1. Панас Н., Лисак Г., Фірсанов М., Онисковець М., Лопотич Н. Поводження з відходами та їхній стан на території Рава-Руської територіальної громади Львівської області в умовах воєнного часу. Вісник ЛНАУ. Агронія. 2021. №25. С. 26–41.
2. Полтавець В. Екологічні наслідки воєнних дій для територіальних громад. Матеріали онлайн-конференції «Екологічна безпека України в умовах воєнного часу та програма «Green economic recovery». 5 травня 2022 р.
3. Сторінка Українського еколого-інформаційного штабу з аналітичної обробки та ліквідації наслідків бойових дій. <https://ecologia.com/news/ukrayinskyy-ekologo-informaciynyy-shtab-z-analitychnoyi-obrobky-ta-likvidaciyi-naslidkiv>
4. Телеграм-бот «ЕкоШкода» <https://dovidka.info/faq-items/ekoshkoda-ecoshkodabot/>;
5. [https://tvoemisto.tv/exclusive/yaki\\_rosiyski\\_rakety\\_letyat\\_na\\_lvivshchynu\\_i\\_chomu\\_ne\\_vsi\\_vdaietsya\\_zbyty\\_131929.html](https://tvoemisto.tv/exclusive/yaki_rosiyski_rakety_letyat_na_lvivshchynu_i_chomu_ne_vsi_vdaietsya_zbyty_131929.html) -
6. Orel S., Ivaschenko O., Malyovanyy M. Assessment of the influence of military activity on the environment at the international peacekeeping and security center through the evaluation of environmental risk. *Environmental problems*. 2018. Vol.3. №2. P. 129–132.

*Любінська Л. Г., д. б. н.*

*Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка,  
м. Кам'янець-Подільський, Україна*

## **ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНИХ ОБ'ЄКТІВ ХМЕЛЬНИЧЧИНИ У ВОЄННИЙ ПЕРІОД**

Територія Хмельниччини розділилася на два регіони. У центральній і північній частині постійно обстрілюють і південну, яка поки-що не уражалася. Природно-заповідний фонд області нараховує 522 об'єкти загальною площею 328467 га, серед яких два національних природних парки, два ботанічних сади, зоопарк, регіональний природний парк та заказники, пам'ятки природи, урочища, парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва різного рівня охорони. Прямого попадання чи бойових дій у цих об'єктах не відбувається, але на віддалі 0,5-4 км знищуються об'єкти інфраструктури. Зокрема, це стосується Хмельницького, Шепетівського та Старокостянтинівського р-нів. Вибухові хвилі, дрібні уламки, пил впливають на тварини, особливо ті, що переміщуються на значні віддалі навколо. Також запилення і задимлення спричиняють негативний вплив на всі живі організми. Подальші дослідження стресу у тварин, фотосинтезу рослин і накопичення забруднюючих речовин дасть можливість виявити сьогодні ще непередбачувані наслідки.

Через Хмельницьку область проходять міжнародні та національні залізниці та автодороги.

Національний природний парк «Подільські Товтри» (площа НПП 261315 га) простягається з північного заходу на південний схід на 120 км. Через НПП проходить одна залізнична лінія національного значення та одна – регіонального, а також національна автотраса, яка з'єднує дві міжнародних і безліч доріг обласного і місцевого значення. На сучасному етапі територія НПП не входить у зону активних воєнних дій, але задіяна у воєнній логістиці через наявність вищевказаних ліній сполучення.

Але одним із завдань працівників природно-заповідних об'єктів у воєнний час залишається еколого-освітня діяльність. До м. Кам'янець-Подільський прибуло біля 25 тис. наших громадян, серед яких третина – діти різного віку. Тому науковці та фахівці з освіти і Кам'янець-Подільського ботанічного саду і НПП проводять екскурсії для переселенців, організовують різні заходи для дітей.

В офісі НПП є геологічний музей, зоологічні та ботанічні експозиції, гербарій, моніторингова лабораторія. При ознайомленні з особливостями НПП «Подільські Товтри» включають і такі питання: біорізноманіття регіону, наявність інвазійних видів, охорона і відтворення рідкісних видів

флори і фауни. Демонструють комашинний притулок, модель товтр, розповідають і показують ролики про притулок для тварин у Сатанівському лісництві де утримуються, вовки, ведмеді, лиси та інші тварини, які не можуть самотійно жити в природі через різні причини.

Психологічне розвантаження під час ботанічних і зоологічних квестів, водні подорожі по р. Смотрич та геологічні пізнавальні екскурсії на території геологічної пам'ятки природи загальнодержавного значення «Смотрицький каньйон» сприяє покращенню здоров'я і знань дітей.

На території НПП «Подільські Товтри» зростає понад 1300 видів судинних рослин. Серед них біля вісімдесяти включені у Червону книгу України (2009), але понад 330 видів – адвентивні, з яких 25 складають групу інвазійних видів-трансформерів. Варто вказати, на сьогоднішній день в межах парку поширені такі види, як *Acorus calamus* L., *Ambrosia artemisiifolia* L., *Galinsoga parviflora* Cav., *Xanthium strumarium* L. Саме вони з'явилися під час різних воєн ( від – татаро-монгольської навали до другої світової війни).

Головним напрямом поширення інвазійних видів рослин у сучасних умовах є транспортні шляхи. Зокрема, це перевезення різних вантажів, переселенців, які прибули авто- і залізничним транспортом разом з домашніми тваринами з різних регіонів України, повернення біженців з європейських країн. Тому у воєнний час навіть території природо-заповідних об'єктів, які за межами впливу бойових дій будуть мати загрозу занесення інвазійних видів.

Основним завданням працівників заповідних об'єктів є моніторинг, інвентаризація, популяційні дослідження цієї групи видів. Також розробка менеджмент-планів і передбачення практичних заходів по знищенню таких видів і недопущення їх розмноження на природно-заповідній території та обмеження поширення за її межами. А також поширення знань про рідкісні та інвазійні види флори і фауни.

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

1. Новосад В. В., Крицька Л. І., Любінська Л. Г. Фітобіота національного природного парку «Подільські Товтри». Судинні рослини. Київ : Фітон, 2009. 292.

2. Оцінка і напрямки зменшення загроз біорізноманіттю України / О. В. Дудкін, А. В. Єна, М. М. Коржнев, В. І. Крижанівський та ін. / Під ред. О. В. Дудкіна. К. : Хімджест, 2003. 400.

Червона книга України. Рослинний світ / за ред. Я. П. Дідуха. К. : Глобалконсалдинг, 2009. 900.

Zavialova L. V., Protopopova V. V., Kucher O. O., Ryff L. E., Shevera M. V. Plant Invasion in Ukraine. *Environmental & Socio-economic Studies*. 2021, 9(4): 1–13. DOI: 10.2478/environ-2021-0020

*Ляшенко А. В., к. т. н.  
Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України  
м. Київ, Україна*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТВЕРДОЇ ФРАКЦІЇ ДВОФАЗНОЇ СИСТЕМИ ПРИ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ ПТАХІВНИЦТВА**

При взаємодії суцільної газоподібної (теплоносії) та дискретної середи (тверді частинки) у потоці утворюється особлива гетерогенна система.

У таких системах багатьох технологій у процесі сушіння передбачається розділення теплоносія та твердої фракції під дією сил тяжіння, відцентрових або інших сил. Промислове здійснення кожного з цих способів пов'язано із застосуванням відповідного обладнання [1]. Його вибір визначається низькою чинників, серед яких є розмір уловлюваних частинок, насипна вага та кут природного укосу.

У технологічній лінії з сушіння курячого посліду, яку розроблено в ІТТФ НАНУ [2], застосовують установку, що суміщує процеси сушіння і диспергування та устаткування для розділення твердих фракцій готового продукту та газоподібного теплоносія. Для створення методики розрахунку обладнання технологічної лінії або його підбору були проведені наступні дослідження з використанням чистого курячого посліду.

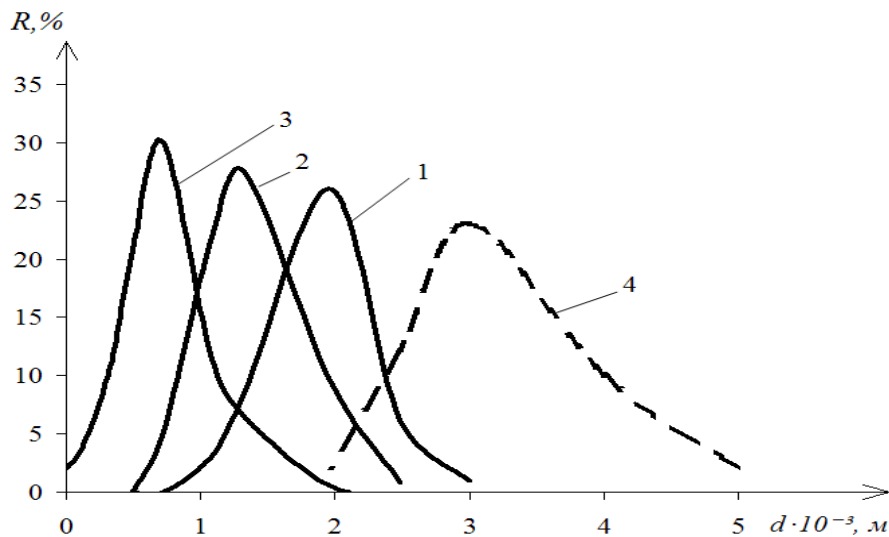


**Рис. 1. Загальний вигляд лабораторного стенда**

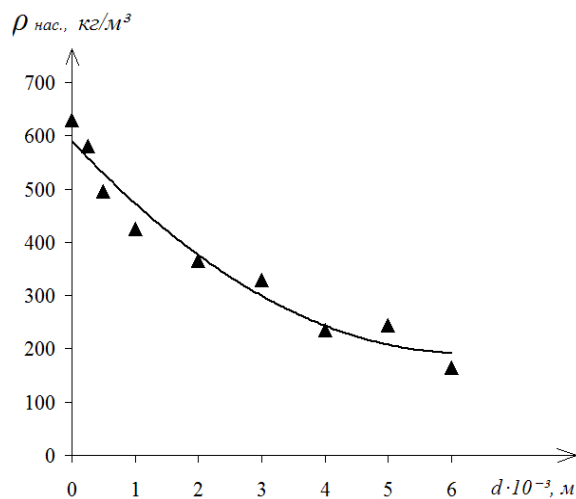
Для визначення зміни фракційного складу курячого посліду при його подрібненні залежно від вологості використовували матеріал однакової ваги. Дослідження проводилось при вологості матеріалу  $W=60\%$ ,  $W=25\%$ ,

$W=5\%$ . Подрібнення здійснювалось при швидкості обертання ротора  $n=150$  об/хв. Тривалість подрібнення  $\tau=10$  сек. Загальний вигляд стенда рис.1.

Розсівання проводили на ситах із розмірами отворів від 0 до 5 мм. Отримані результати приведені на рис. 2. На ньому видно, що зі зменшенням вологості від  $W=60\%$  до  $W=5\%$  максимуми кривих фракційного складу у відсотковому співвідношенні після подрібнення зміщуються до фракцій меншого розміру. При зменшенні вологості у 12 разів максимум гранулометричного складу зменшився у 3,2 рази.



**Рис. 2.** Криві фракційного складу курячого посліду після подрібнення: 1 – початкова вологість  $W=60\%$ ; 2 – початкова вологість  $W=25\%$ ; 3 – початкова вологість  $W=5\%$ ; 4 – до подрібнення

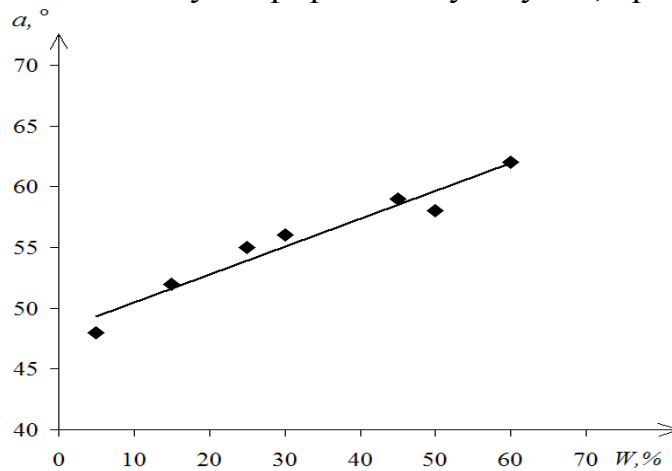


**Рис. 3.** Залежність насипної ваги частинок посліду в від їх розміру

Насипна вага для кожного класу частинок визначалась окремо за відомою методикою [3]. Згідно отриманих даних, середня насипна вага в залежності від розміру частинок при вологості  $W=5\%$  змінюється від 192 до  $587 \text{ кг/м}^3$  наведена на рис. 3.



Кут природного укосу для початкового матеріалу визначався за методикою, наведеною в [4] в залежності від вологості матеріалу та наведений на рис. 4. На ньому видно, що зменшення вологості посліду у 12 раз приводить до зменшення кута природного укосу в 1,2 рази.



**Рис. 4. Залежність кута природного укосу в залежності від початкової вологості посліду**

У результаті проведених дослідів отримані результати зі зміни фракційного складу посліду в залежності від вологості при його диспергуванні у подрібнювачі, насипної ваги та кута природного укосу. Результати досліджень необхідні для розрахунку установок сумісних процесів та підбору циклонів, транспортерів, конструювання бункерів.

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

1. *Чернобыльский И. И. Машины и аппараты химических производств. Изд. 3-е, перераб. и доп. М., «Машиностроение», 1974, 456 с.*
2. *Ляшенко А. В., Процьшин Б. Н., Гордиенко П. В., Фищук Н. У. Интенсификация процесса теплообмена при сушке термолабильных пастообразных материалов // Промышленная теплотехника. 2008. №1. С. 46–49.*
3. *CEN TS 15103:2005. Solid biofuels – Methods for the determination of bulk density.*
4. *Коузов П. А., Скрябина Л. Я. Методы определения физико-химических свойств промышленных пылей. Л. : Химия, 1983. 143 с.*

*Ляшенко А. В., к. т. н.*

*Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України  
м. Київ, Україна*

## **СТВОРЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ЛІСОРОСЛИННИЦЬКИХ ВІДХОДІВ БІОМАСИ**

Ліси України виконують переважно водоохоронні, захисні, рекреаційні функції, а їх експлуатаційне значення обмежено [1].

Одним із основних заходів в період росту лісу (декілька десятків років) є так звані рубки догляду, які полягають у періодичній вирубці в насадженнях частини дерев згідно з проектом [2].

Побічним результатом рубок догляду є заготівля ділової деревини, технологічних дров і паливних дров, а також утворення відходів, що не використовуються: тонкомірної деревини (хворосту, хмизу) і пнів.

Таким чином стає питання в розробці енергоефективних способів з підготовки та переробки лісорослинницьких відходів біомаси (тонкомірної деревини) для подальшого її використання в народному господарстві.

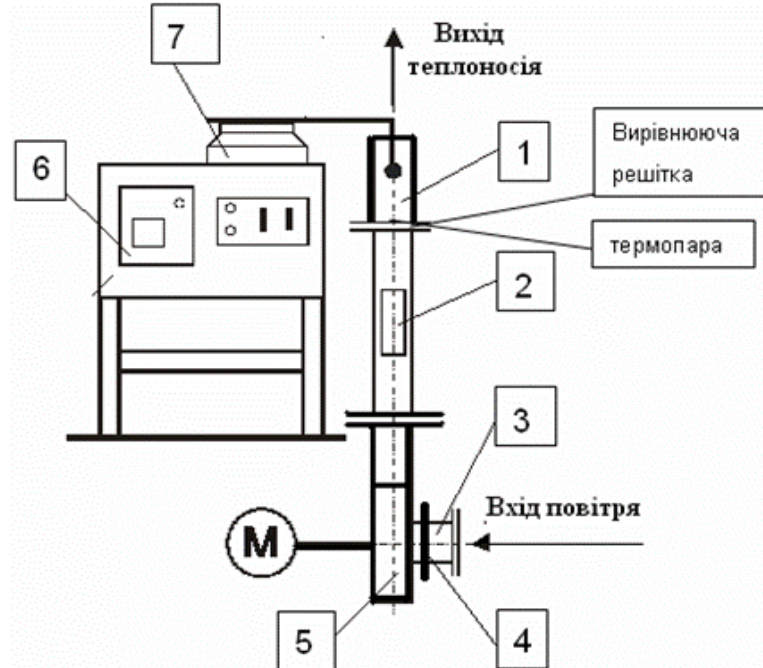
В якості досліджуваного матеріалу були використані дерева різних порід, що розташовані на території ІТТФ НАНУ. Тріску паливну заготовляли безпосередньо перед початком проведення експериментів за допомоги гілкоподрібнювача. В якості сировини використовували зрублені паростки довжиною від 1,5 до 2,5 м та товщиною від 0,5 см до 2,5 см.

Для експериментального дослідження процесу конвекційного сушіння тріски паливної на першому етапі був використаний існуючий експериментальний стенд (рис. 1) та розроблена методика проведення експерименту. Існуючий стенд має затверджений в ІТТФ НАНУ паспорт: «Експериментальний стенд по дослідженню сушки в киплячому стані».

Експериментальний стенд, складається з ізольованого повітропроводу, сушильної камери, нагрівальних елементів, приладів для вимірювання величин, що характеризують кінетику процесу сушіння досліджуваного матеріалу.

Сушильна камера (1) представляє собою циліндричний патрубок, виконаний із прозорого пластику. На ділянці підігріву теплоносія (2) розміщений трисекційний електронагрівач потужністю 3,6 кВт, що дозволяє регулювати температуру повітря в широких межах. Для підтримки заданої температури теплоносія за допомогою цифрового регулятора температури одна секція калорифера підключена до автоматичної системи щита управління (6), точність спрацьовування сигнальних контактів регулятора температури  $\pm 1^\circ\text{C}$ . Дві інші секції включаються в ручному режимі при необхідності за допомогою тумблерів на щиті управління.

Подача повітря в сушильну камеру здійснювалася відцентровим вентилятором (5) середнього тиску марки ВЦС-24. Зміна в широких межах швидкості руху теплоносія і його температури досягалася за допомогою заслінки (4) і електронагрівачів.



**Рис. 1.** Схема експериментального стенду для дослідження кінетики процесу сушіння лісорослинницьких відходів (тріски паливної з тонкоміру): 1 – сушильна камера; 2 – підігрівачі повітря; 3 – вхідний патрубок; 4 – заслінка; 5 – відцентровий вентилятор; 6 – щит управління; 7 – ваги фірми «AXIS» моделі А500.

При проведенні серії експериментальних досліджень використовувався матеріал з початковою вологістю  $W=50\dots60\%$  температура теплоносія була в межах  $t=120\dots140^\circ\text{C}$ , швидкості руху теплоносія  $v=1\dots1,5\text{м/с}$ , початкова висота шару матеріалу становила  $h=30\dots50\text{мм}$ .

На основі отриманих експериментальних даних були вибрані оптимальні режими швидкості руху теплоносія в експериментальній ємності та висота початкового шару матеріалу, що досліджується, а саме вологості тріски паливної.

Результати роботи показали ефективність вибраного способу сушки для даного виду матеріалу.

На другому етапі досліджень автором була проведена розробка технічного завдання на експериментальний пристрій для сушіння твердих дисперсних матеріалів у щільному шарі в умовах вертикального примусового спрямування газоподібного агента сушіння по відношенню до шару матеріалу з періодичною зміною напрямку на протилежний.



**Рис. 2.** Загальне фото спеціальної камери для сушіння лісорослинницьких відходів із функцією перевертання на 180°

Запропоновані вимоги і технічні рішення щодо згаданої модернізації були проведені на існуючому стенді: «Експериментальний стенд по дослідженню сушки в киплячому стані».

Проведені дослідження другого етапу показали, що наприклад, якщо взяти тріску з початковою вологістю 55% та кінцевою вологістю 15% при швидкості руху транспортера  $v_{тр.}=0,5$  м/хв., необхідна кількість зон сушарки складе 15 шт., час сушіння 1,5 години (90 хв.), а довжина зони сушки сушарки відповідно становитиме 45 м. Наразі дослідження другого етапу тривають.

**Висновки.** Енергоефективна переробка відходів діяльності лісових господарств надасть можливість отримувати якісний кінцевий продукт низької вартості з подальшим його використанням у різних сферах народного господарства.

Аналіз результатів експериментальних досліджень показує, що можливо, організувати такий режим процесу сушіння при якому, середні витрати тепла можна звести до мінімуму ( $q=3000...3500$  кДж/кг випареної вологи) з отриманням кінцевого готового продукту високої якості.

Напрацювання можуть бути використані при переробці деревинних відходів у різних регіонах України, зокрема в її західних областях.

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

- 1. Національна доповідь про стан навколишнього середовища в Україні. Підгот. Я. Мовчан, В. Дьомін, М. Полікарпов та ін.. К. 289 с.*
- 2. Рослинництво, Державна служба статистики України 2010-2020 рр., статистичний бюлетень.*

## **ЧИСЕЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ СУМІСНОГО ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ТА ДИСПЕРГУВАННЯ В ОДНІЙ КАМЕРІ**

Термолабільність низки дисперсних матеріалів обмежує можливість застосування підвищених температур нагріву матеріалу в процесі сушіння і викликає необхідність ретельного вибору оптимального режиму зневоднення. Показником термолабільності прийнято вважати максимально допустиму температуру нагріву матеріалу, при якій висушений продукт відповідає поставленим вимогам [1].

Обробка термолабільних дисперсних матеріалів високотемпературним агентом сушіння можлива лише за умов ведення процесу зневоднення в першому періоді, та зменшенні тривалості впливу підвищених температур на матеріал у другому періоді.

Одним із можливих способів ведення процесу є обробка вологих дисперсних матеріалів в камері сумісних процесів. У робочому об'ємі камери створюється «зважений» шар, який характеризується розвиненою поверхнею матеріалу, що висушується та високими відносними швидкостями руху його з теплоносієм. Така організація процесу зневоднення вологих термолабільних дисперсних матеріалів дозволяє досягнути суттєвої інтенсифікації процесу сушіння при високих техніко-економічних показниках.

Чисельне дослідження сумісного процесу, спрямоване саме на вивчення величини механічного впливу на інтенсифікацію процесу сушіння. Вихідний матеріал високоволога дисперсія (курячий послід) характеризується широким діапазоном зміни вологості. При побудові моделі вважається, що: у разі початкової вологості сировини 75-80%, вона поводить як суспензія (не ньютонівська рідина), а саме частинки твердої фази розподілені в несучій фазі – рідині; при вологості 55-60% – вологий сипкий матеріал, – розміри частинок відповідають величині частинок твердої фази в суспензії.

Вважається, що розвиток поверхні контакту фаз відбувається:

1) у суспензії – за рахунок руйнування несучої рідкої фази і утворення зваженого шару вологих твердих частинок; за рахунок розподілу часток в об'ємі робочої камери.

2) у вологому сипкому матеріалі відбувається оновлення поверхні за рахунок рідкої фази початкового матеріалу.

Моделлю не передбачається розгляд процесу дроблення на початковій стадії в об'ємі робочої камери.

Процес зневоднення моделюється з наступними припущеннями:

- процес випаровування відбувається з поверхні частинок, яка оновлюється рідкою фазою, тобто в першому періоді;
- за час зневоднення зменшується характерний розмір частинки.

На рис. 1 представлена структурна схема математичної моделі процесу в алгоритмічній формі.

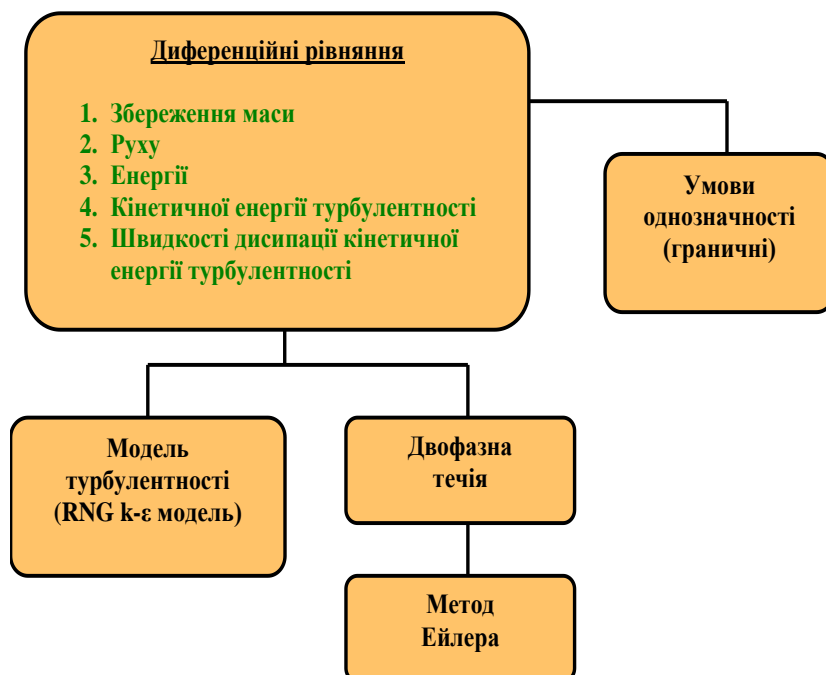


Рис. 1. Математична модель процесу в алгоритмічній формі

Фізична картина, що відбувається у камері розглядається наступним чином. Перша фаза – газова, яка містить продукти згоряння подається через отвір (2) (рис. 2). Друга фаза – тверде тіло, вводиться тангенційно через отвір (1) до вісі камери. Теплота від газової фази витрачається на нагрів і випаровування вологи з твердої фази. Друга фаза за допомоги біл, які розташовані на роторі вала (4) диспергується на дрібнодисперсні близькі до сферичних частинки, що приводить до розвитку поверхні контакту фаз та слідує у напрямі обертання біл слідом за першою фазою. При цьому відбувається випаровування вологи з частинок другої фази. При досягненні отвору (3) відбувається видалення першої та другої фаз із об’єму робочої камери.

Існують три основні підходи до моделювання двофазних потоків:

1) У разі, коли друга фаза мілкодисперсна і її концентрація незначна (1-2%), можливо моделювати двофазний потік як однофазний, вирішуючи при цьому додаткове рівняння для концентрації. Вважається, що тверда фаза слідує за основним потоком і має з ним однакову швидкість.

2) Метод Ейлера. Основні допущення: друга фаза слідує за першою з відставанням. Друга фаза представлена частинками одного

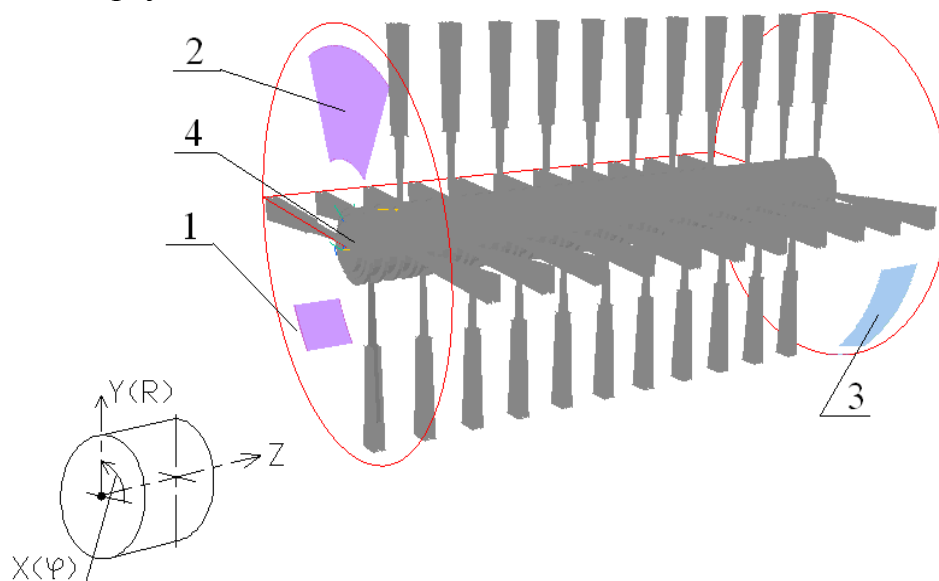
розміру. Для опису руху і енергії другої фази використовуються додаткові рівняння руху і енергії. Детальний опис методу можна знайти в [2].

3) Метод Лагранжа. Заснований на вирішенні повного рівняння руху Лагранжа для частинки або їх груп. Враховує повну взаємодію частинок з потоком і потоку з частинками. Він дозволяє розглядати рух ансамблю часток. У порівнянні з методом Ейлера вимагає великих витрат машинного часу. Детальний опис методу можна знайти в [3].

Проведений аналіз основних методів розрахунку двофазних потоків, дозволяє рекомендувати використання методу Ейлера для розрахунку руху твердої фази в даному випадку. Пакет прикладних програм Phoenics має декілька формул для міжфазового коефіцієнта перенесення. У цьому випадку використовується коефіцієнт перенесення для сферичних твердих часток, що рухаються в газовій фазі, запропонований Clift і ін. [4].

Чисельне дослідження виконано за допомогою пакету прикладних програм PHOENICS 2008. Комп'ютерна 3-вимірна модель апарату (3D) була побудована в циліндричній системі координат за допомогою геометричних примітивів препроцесора Phoenics VR Editor.

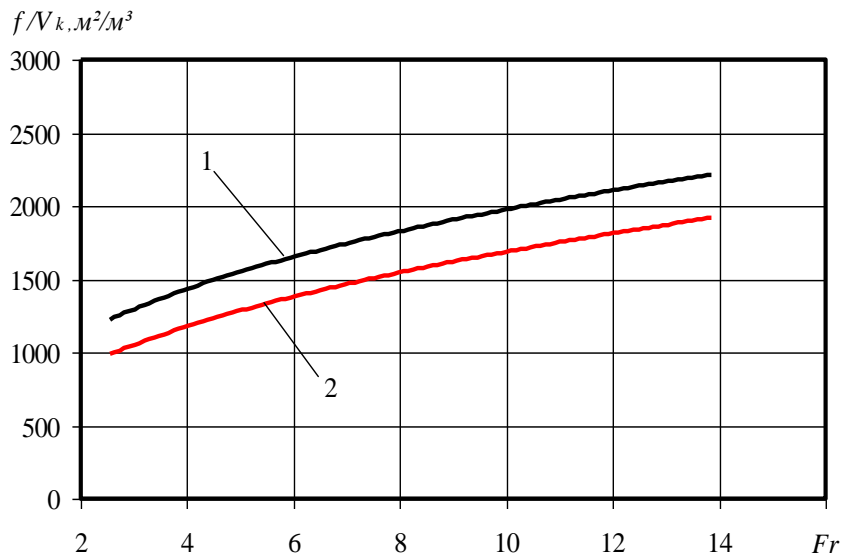
На рис. 2 представлена схема комп'ютерної моделі робочої камери сушарки, яка геометрично співпадає з конструкторськими особливостями робочої камери дослідної установки для дослідження сумісних процесів сушіння та диспергування.



**Рис. 2. Схема комп'ютерної моделі робочої камери установки сумісних процесів сушіння та диспергування:** 1 – вхід матеріалу у камеру; 2 – вхід теплоносія у камеру; 3 – вихід готового продукту та теплоносія з камери; 4 – ротор вала з радіально закріпленими білами

На рис. 3 площа поверхні контакту фаз  $f$  поділена на загальний об'єм камери  $V_k$ . Значення контакту фаз  $(f/V_k)$  від зміни чисел Фруда дали можливість отримати рівняння, яке описує зміну поверхні контакту фаз від критерію Фруда.





**Рис. 3.** Зміна середньої поверхні контакту фаз від значення числа Фруда: 1 – за даними комп'ютерного моделювання; 2 – згідно роботи [146]

**Висновки.** Чисельне дослідження сумісного процесу сушіння й диспергування за допомоги пакету прикладних програм PHOENICS 2008 у діапазоні заданих параметрів процесу дозволило отримати дані по тепломасообміну між теплоносієм та твердою фазою по довжині робочої камери, розподілу полів швидкості руху твердої фази по довжині робочої камери, що дозволило розрахувати зміну середньої швидкості руху твердої фази по довжині камери, які будуть використані при розрахунку теплообмінного критерію Нуссельта від числа Рейнольдса в наступному розділі роботи. Зміна значень полів концентрації твердої фази по довжині робочої камери в діапазоні заданих параметрів процесу дозволила отримати зміну середньої концентрації по довжині камери, що дозволило розрахувати поверхню контакту фаз. Зміна поверхні контакту фаз від критерію Фруда, що представлена в роботі як  $(f/V_k) = f(Fr)$  дозволила отримати залежність площі поверхні контакту фаз від критерію Фруда, яка буде використана при створенні методики теплотехнічного розрахунку реальної робочої камери установки сумісних процесів.

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

1. Кремнев О. А., Боровский В. Р., Долинський А. А. *Скоростная сушка*. К. : «Гостехиздат УССР», 1963. 382 с.
2. *The GENTRA User Guide*. CHAM, London. 2002. 752 p.
3. *PHOENICS Reference Guide Version 3.6*. CHAM, London. 2004. 390 p.
4. Favre A. *Statistical equations of turbulent gases*. In SIAM, editor, *Problems of hydrodynamics and continuum mechanics* / A. Favre. SIAM, Philadelphia, 1969. 231–266.



*Ляшок Я. О., д. е. н., проф., Подкопаєв С. В., д. т. н., проф.,  
Повзун О. І., к. т. н., доцент, Калиниченко В. В., к. т. н., доцент  
Донецький національний технічний університет, Луцьк, Україна*

## **СПОСІБ ВІДНОВЛЕННЯ ВІДХОДУ ТЕПЛОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ ДОНЕЧЧИНИ**

Під час виробництва електроенергії на теплових електростанціях (ТЕС) залежно від паливних систем, що застосовуються, від спалювання вугілля утворюються залишки у вигляді зол-виносу (летких зол), мокрих зол і котельних шлаків. В Україні щороку накопичується понад 8 млн. т [1] (14 млн. т) [2] золошлакових відходів, що займають площу понад 22 тис. га. Теплоелектростанція потужністю 1 млн. кіловат спалює приблизно 10 тис. т вугілля з виходом 1 тис. т шлаку і золи (при зольності 10%). Для захоронення такої кількості відходів при висоті золовідвалу не більше 8 м необхідно близько 1 га площ [1]. На сьогодні у відвалах чотирнадцяти ТЕС України акумульовано понад 358,8 млн. т золошлаків, які займають площу 3170 га і є джерелами несприятливої екологічної ситуації в регіонах [2].

У процесі згоряння всі тверді відходи ТЕС можна розділити на шлак+важка фракція золи; летка зола-виносу, яку, в свою чергу, можна розділити на фракцію середньої крупності, що вловлюється електростатичними фільтрами, і тонкодисперсну фракцію золи-виносу, яка не вловлюється електрофільтрами. З пиловловлювачів зола-виносу видаляється сухим методом або шляхом змішування з водою і подальшим прямуванням золошлакової пульпи до відвалу.

Під час зберігання золошлаки окислюються, вилугуюються і руйнуються, що призводить до зміни мінералогічного та речовинного складу техногенних відкладень, виносу хімічних елементів і утворення ореолів розсіювання навколо відвалів. У приповерхневій зоні техногенних відкладень під дією кисню, атмосферних опадів, фільтраційних полів та інших факторів іони важких і рідких металів розчинюються і мігрують, утворюючи збіднені і збагачені металами ділянки.

Головними видами впливу об'єктів промислової енергетики є надходження в атмосферу, водний басейн, ґрунтові води і на земну поверхню токсичних компонентів сировини, напівпродуктів, власне відвалів та діяльності допоміжних підприємств.

Основними джерелами впливу підприємства на довкілля є організовані і неорганізовані пило-газові викиди, скиди стічних вод та поверхневих стоків з території шламонакопичувачів, шламовідвалів. Індикаторами забруднення навколишнього природного середовища є хімічні сполуки, що

відповідають складу сировини, напівпродуктів і власне відходів із урахуванням фону в районі розміщення промислового підприємства.

Стала екологічна ситуація створює технологічні та еколого-економічні проблеми, оскільки збільшуються виробничі витрати і вартість природоохоронних заходів. У міру вироблення мінеральної сировини з високим вмістом корисних компонентів промисловість все частіше переходить до використання бідної, в тому числі вторинної нетрадиційної сировини. Багато відходів можуть бути досить цінною сировиною для інших галузей виробництва як техногенні родовища. Застосування побічних продуктів та промислових відходів сприятиме збереженню природної сировини та розв'язанню проблем захисту навколишнього природного середовища і призведе до значного підвищення питомої ваги у загальному балансі сировинних ресурсів. Тому ефективне відновлення вторинної сировини є однією з найважливіших проблем сучасності.

Зола-виносу має гідравлічну активність, завдяки чому її використовують у виробництві будівельних матеріалів як пуцолан при виготовленні цементу, сухих будівельних сумішей, часткової заміни портландцементу в бетонах і розчинах, бетонних та залізобетонних виробках (з метою економії цементу, заповнювачів, поліпшення технологічних властивостей бетонної і розчинної сумішей, а також показників якості бетонів та розчинів). Хімічний і дисперсійний склади золи-виносу дозволяють використовувати її у складі цементу. Цементний бетон із пуцолановою добавкою має підвищений захист від вологи і впливу агресивного середовища.

Введення висококальцієвих зол-виносу в ґрунти дозволяє замінити частину цементу і вапна в суміші, що її укріплюють. Доцільність застосування зол-виносу як активної добавки визначається їх здатністю вступати в хімічну реакцію з вапном із утворенням низькоосновних гідросилікатів кальцію, які цементують мінеральні частинки та агрегати ґрунту в єдиний структурний комплекс.

Гранулюванням золи-виносу з подальшим спіканням гранул за високих температур у печах одержують випалюваний зольний гравій. При холодній грануляції золи-виносу шляхом обкочування в обертових барабанах виходить безвипалюваний зольний гравій. Зольний гравій застосовують у високоякісних бетонах, бетонних сумішах, що самоущільнюються, та в легких бетонах. Зола-виносу можна вживати як замінювач активованого вугілля для очищення стічних вод, що містять, наприклад, азобарвники метиленовий блакитний і метиленовий червоний.

В Україні техногенні родовища використовують у незначних масштабах. Рівень переробки та використання золошлакових відходів за останні 10 років становить від 3 до 13% їх річного виходу [2].

Дослідження проводили з метою виявити можливість використання золи-виносу мокрого видалення із золівдвалів «ДТЕК Курахівська ТЕС» як кремнеземистий компонент в ніздрюватих бетонах.

Для приготування ніздрюватобетонної суміші використовували такі матеріали:

1. Зола-виносу мокрого видалення із золівдвалів ДТЕК Курахівська ТЕС (м. Курахове Донецької області).

2. Портландцемент марки М400 Краматорського цементного заводу – Пушка (м. Краматорськ Донецької області).

3. Вапно кальцієве комове негашене Колективного підприємства «Фірма «Азовбудматеріали» (м. Маріуполь Донецької області).

4. Пісок кварцовий, родовище Часов-Ярське (м. Часів Яр Донецької області).

5. Газоутворювач – пудра алюмінієва ПАП-1 (пігментна). Виробник – ТОВ НВП «Укрвтрорресурс» (м. Рівне).

6. Поверхнево-активна речовина – сульфанол.

7. Вода відповідає вимогам ДСТУ Б В.2.7-273:2011.

Підбір і розрахунок газобетону проводили для марок D600 за середньою густиною згідно з ДСТУ Н Б В.2.7-308:2015 і коригували на підставі характеристик бетону, виготовленого при пробних замісах.

Критеріями оцінювання ресурсної цінності ніздрюватого бетону було прийнято середню густину газобетону у сухому стані та його межу міцності на стиск (на зразках-кубах 0,07x0,07x0,07 м). Результати випробувань наведено в табл. 1.

Таблиця 1

**Фізико-механічні властивості газобетону  
на основі золи-виносу із золівдвалів Курахівської ТЕС**

Витрата алюмінієвої пудри на 1 м <sup>3</sup> газобетону (кг)	Водотверде відношення, В/Т	Середня густина газобетону у сухому стані, кг/м <sup>3</sup>	Міцність на стиск газобетону у сухому стані, МПа
0,4	0,4	830	2,93
0,6	0,42	628	2,83
0,8	0,43	655	2,73
0,8	0,45	617	2,63

Відомо, що на середню густину ніздрюватого бетону основний вплив має алюмінієва пудра і водотверде відношення. Відомо також, що надмірна кількість газоутворювача призводить до утворення крупно-ніздрюватої структури бетону і (як наслідок) до зниження його міцності. Високе водотверде відношення діє аналогічним чином.

Види ніздрюватого бетону – теплоізоляційний, конструкційно-теплоізоляційний і конструкційний. Ефективнішим газобетон буде за мінімальної середньої густини й максимальної міцності на стиск.

Як видно в таблиці 1, при витраті газоутворювача 0,4 кг і водотвердому відношенні 0,4 не вдалося одержати ніздрюватий бетон на основі золи-виносу Курахівської ТЕС з середньою густиною D600 (як за розрахунком). Тому найобґрунтованішими є витрата алюмінієвої пудри 0,6 кг/м<sup>3</sup>, а водотверде відношення В/Т = 0,42 (середня густина бетону становить 628 кг/м<sup>3</sup>, а міцність на стиск – 2,83 МПа). Згідно з ДСТУ Б В.2.7-45:2010 такий бетон відноситься до марки D600 за середньою густиною, а за міцністю на стиск – до класу С 1,5 і належить до теплоізоляційно-конструкційного виду.

У досліджуваних пробах золи-виносу мокрого видалення із золівідвалів «ДТЕК Курахівська ТЕС» питомі активності природних радіонуклідів становили: радію-226 ( $A_{Ra}$ ) – 110-189 Бк/кг, торію-232 ( $A_{Th}$ ) – 31-108 Бк/кг, калію – 454-1007 Бк/кг. Середня величина ефективної питомої активності радіонуклідів дорівнювала 294 Бк/кг, що не перевищує 370 Бк/кг, тобто досліджувана зола-виносу відповідає вимогам Норм радіаційної безпеки України НРБУ-97 (п. 8.6.1.2). Таким чином золу-виносу мокрого видалення із золівідвалів ДТЕК Курахівська ТЕС можна використовувати для всіх видів будівництва без обмежень (І клас).

Отже, вироби, виготовлені на основі золи-виносу мокрого видалення із золівідвалів «ДТЕК Курахівська ТЕС», відповідають вимогам ДСТУ Б В.2.7-45:2010 «Бетони ніздрюваті. Загальні технічні умови» та ДСТУ Б В.2.7-137:2008 «Блоки з ніздрюватого бетону стінові дрібні. Технічні умови». Ніздрюватобетонні блоки належать до негорючих вибухобезпечних виробів, що не виділяють токсичних речовин (ДСТУ Б.В.2.7-137:2008). Для вловлювання пилу з промислових викидів на заводах із виробництва ніздрюватих бетонів застосовують механічне і мокре пилоочищення. Граничнодопустимі концентрації пилу компонентів у повітрі робочої зони становлять: цемент – 6 мг/м<sup>3</sup>, кремнеземистий компонент – 1 мг/м<sup>3</sup>, вапно – 3 мг/м<sup>3</sup>, алюміній – 2 мг/м<sup>3</sup>. Газобетон відносяться до речовин 3-го класу небезпеки – речовини помірнонебезпечні.

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

1. Яцишин А. В., Матвєєва І. В., Ковач В. О. та ін. Особливості впливу золівідвалів підприємств теплоенергетики на навколишнє середовище // *Проблеми надзвичайних ситуацій*. 2018. № 2(28). С. 57–68.
2. Зінченко В. В., Скляр Л. В. Основні напрямки утилізації золошлакових відходів теплоелектростанцій // *Проблеми енергозбереження і механізації в гірничо-металургійному комплексі : Мат. Міжнародної науково-технічної конференції молодих вчених і студентів, м. Кривий Ріг, КНУ, 25 квітня 2019 року*. С. 147–148.

*Макаренко М. Б., к.пед. н., Чернуха В. С., студент  
ДВНЗ «Київський національний економічний університет  
імені Вадима Гетьмана», Київ, Україна*

## **СУЧАСНІ ЗАГРОЗИ ДЛЯ ПРОФЕСІЙНОЇ БЕЗПЕКИ**

Під час ведення професійної діяльності ніколи не можна забувати про можливі загрози для професійної інформації, з якими можна зіткнутися в будь-який момент. Важливо розуміти, що комп'ютеризація пропонує не тільки полегшене зберігання даних, але й чималий шанс їх небажаного розповсюдження.

Професійна інформація – документовані або публічно оголошені відомості про трудову діяльність та її роль в професійному самовизначенні особи, інформація про стан, потребу і динаміку ринку праці, зміст та перспективи розвитку сучасних професій і вимоги до особи, форми та умови оволодіння ними, можливості професійно-кваліфікаційного зростання і побудови кар'єри, що спрямована на формування професійних інтересів, намірів та мотивації особи щодо вибору або зміни виду трудової діяльності, професії, кваліфікації, роботи [3].

Загроза професійній інформації – це сукупність умов і факторів, що створюють небезпеку порушення інформаційної безпеки, що може призвести до втрати або псування професійної інформації [1].

До основних загроз безпеки інформації належать:

- розкриття конфіденційної інформації;
- компрометація інформації;
- несанкціоноване використання ресурсів локальної обчислювальної мережі;
- помилкове використання ресурсів мережі підприємства;
- несанкціонований обмін інформацією;
- відмова від інформації;
- відмова в обслуговуванні.

Прикладом однієї з основних загроз, а саме розкриття конфіденційної інформації, є передача працівником банку інформації про рахунок клієнта за запитом третіх осіб. Зазвичай такі запити часто задовольняються, оскільки за них добре платять, а також через малу вірогідність бути покараним. Окрім цього, прикладом можуть слугувати передані зацікавленим особам дані пацієнта в лікарні, школяра або студента вищого навчального закладу, такі як номер телефону, адреса, паспортні дані та ін.

Двома основними типами загроз є екзогенні та ендогенні. Екзогенний тип загроз полягає у тому, що джерелом походження загрози є зовнішній процес (наприклад, хакерська атака). Ендогенний тип загроз виникає через

внутрішні процеси, перебуваючи в самій системі (причиною може бути помилка в системі захисту даних, чиясь неухважність або навмисне псування чи видалення інформації працівниками) [4].

У випадку з екзогенними загрозами, конкуренти підприємства можуть надіслати вірус, скористатися послугами хакерів, щоб отримати чи зіпсувати професійну інформацію компанії. У випадку з ендогенним типом загроз, доволі частим прикладом є бажання чимось ображеного співробітника нашкодити, що він може зробити наступними способами:

- пошкодження обладнання;
- вбудовування логічної «бомби», яка з часом руйнує програми і дані;
- введення невірних даних;
- знищення даних;
- зміна даних;
- модифікація даних;
- надання доступу до даних із обмеженим доступом тощо.

Зазвичай співробітники володіють інформацією про встановлені правила та порядки у організації та можуть нанести шкоду в разі передачі її до зацікавлених осіб. Політика безпеки організації повинна включати ряд запобіжників, щоб під час звільнення співробітника були повністю обмежені його права доступу до документів, інформаційних ресурсів та мережі, а після звільнення необхідно обов'язково змінити всі паролі доступу до всіх джерел інформації. Бажано обмежити його спілкування із особами, які мають доступ до важливої інформації [4].

Розглянувши типи загроз для професійної інформації та дослідивши які існують ознаки, по яким класифікують загрози для професійної інформації, можна зробити висновок, що кожен тип загроз потребує індивідуального та комплексного вирішення та кожна організація повинна ретельно дотримуватися необхідної політики безпеки згідно діючого законодавства України.

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

1. *Загрози інформаційної безпеки [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [bit.ly/3toQCaA](http://bit.ly/3toQCaA)*
2. *Макаренко М. Б., Поштаренко Б. О. Сучасні підходи до вирішення проблем інформаційної безпеки // Сучасні інформаційні технології та системи в управлінні [Електронний ресурс] : Зб. матеріалів II Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, аспірантів і студентів, 16-17 квітня 2020 р. Київ: КНЕУ. 2020. С. 44–45.*

*Макарова О. В., ст. викладач, Григор'єва Л. І., д. б. н., професор  
Державна установа «Чорноморський національний університет  
ім. Петра Могили МОН України, м. Миколаїв, Україна*

## **КАНАЛІЗАЦІЙНІ СТОКИ м.МИКОЛАЇВ ЯК ЕКОЛОГІЧНА ПРОБЛЕМА БУЗЬКОГО ЛИМАНУ**

Розвиток регіону, який включає територіальні громади м. Миколаїв та прилеглих територій та територія якого належить до посушливої зони, а прісні водні ресурси якого обмежені і залежать, головним чином, від притоку з інших регіонів, потребує якісних і безпечних місцевих водних ресурсів річок Південного Бугу, Інгулу і Бузького лиману. На якість цих водних ресурсів впливають як глобальні кліматичні зміни, які призводять до підвищення температури водного середовища, так і чимале антропогенне навантаження [1].

У м. Миколаїв розвинута переробна промисловість: металургійне виробництво, машинобудівної галузі, харчової галузі. Промислові підприємства міста забезпечують до 50% обсягів продукції суднобудування України, понад 90% державного виробництва газових турбін, 80 % глинозему. Розвиток портової галузі у регіоні і створення потужної мережі державних і приватних вантажних портів на узбережжі Бузького лиману, серед яких є порти з перевалки, зберігання, підготовки та відправки вантажів, що містять шкідливі сполуки, несе загрозу потрапляння таких сполук до водного середовища, створюючи небезпеку для водної біоти і пригнічуючи здатність екосистеми Бузького лиману до самоочищення.

Разом із цим, м. Миколаїв – це місто з населенням майже півмільона людей. Тому каналізаційні стоки підприємств промисловості й комунального господарства несуть загрозу суттєвого додаткового навантаження на обмежені регіональні водні ресурси.

Із основної території міста в Бузький лиман із дощовими стоками змивають значну кількість забруднюючих речовин [2]:

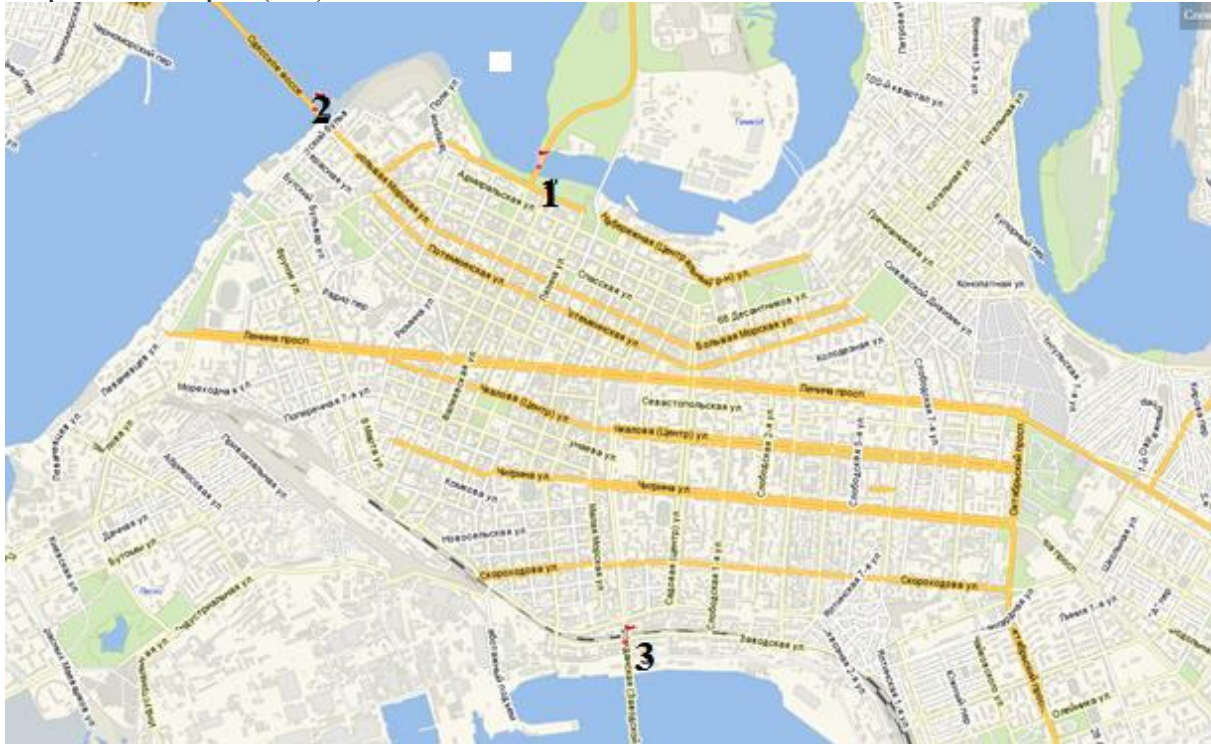
- більше 100 т нафтопродуктів,
- 300 т заліза,
- 7 т свинцю,
- 5 т органічних сполук.

У м. Миколаїв зареєстровано 49 дощових стоків, із яких 19 мають пряме скидання у відкриті водойми [2, 4].

При дослідженнях скидів дощової каналізації м. Миколаїв у 2021 р. використано дані складу проб води дощової каналізації м. Миколаїв (дата

відбору проб 24.02.2021) та дані Миколаївського гідрометцентру щодо кількості дощових опадів у м. Миколаїв у 2021 р.

У межах державного моніторингу водних ресурсів м. Миколаєва, який здійснює Миколаївським обласним центром з гідрометеорології, точками спостережень є (рис. 1): набережна Інгулу (т.1); Варварівський міст (т.2); морський порт (т.3).



**Рис. 1. Схема відбору проб води з контрольних точок**

Моніторинг здійснювався за: солоністю води; нітритним азотом; нафтопродуктами; БСК<sub>5</sub>. Аналіз результатів щомісячних спостережень вказав що величина солоності в гирлових водах Південного Бугу та Інгулу була зафіксована в межах 2,53-5,33%. Перевищення ГДК за вмістом амонійного азоту та СПАР не спостерігалось. Перевищення ГДК за вмістом фенолів зафіксовано на станціях Варварівський міст та морський порт, склавши від 5,3 та 1,3 ГДК відповідно. Перевищення ГДК за нітритним азотом спостерігалось на станціях набережна Інгулу, морський порт і склало 20–21 мкг/л (при ГДК 20 мкг/л). Перевищення ГДК за вмістом нафтопродуктів не спостерігалось.

За результатами розрахунку скиду забруднюючих речовин з дощовими каналізаційними стоками у районі м. Миколаєва у 2021 р. об'єми скидів склали:

- завислі речовини: 3,4 т/добу (416,1 т/рік),
- азот амонійний: 1,14 т/добу (416,1 т/рік),
- нітриту: 0,043 т/добу (15,69 т/рік),
- нафтопродукти: 0,722 т/добу (263,53 т/рік),



– фосфати: 0,050 т/добу.

Порівняння з 1997 р. свідчило про те що, концентрація забруднюючих речовин у 2021р. менша, ніж у 1997р., але все ж значно перевищує відповідні ГДК.

Визначено, що під час дощів зростають значення також наступних показників: свинцю; нікелю; заліза; міді; хрому; цинку, БСК; СПАР, фтору.

Також встановлено, що всі вибрані дощові стоки мали стоки води невідомого походження при відсутності опадів, що свідчить про несанкціоноване підключення до них промислових чи побутових каналізацій.

На підставі досвіду вирішення проблеми водних стоків у США, Ізраїлі, Франції запропоновано план дій для зменшення забруднення лиману дощовими каналізаційними стоками

### **Використані інформаційні джерела:**

1. *Артющенко О. В. Система басейнового управління водними ресурсами як складова організаційно-економічного механізму водокористування: Вісник Нац. ун-ту водного господарства та природокористування. Економіка: зб. наук. пр. НУВГП. Рівне, 2006.*

2. *Матеріали хімічної лабораторії Миколаївського обласного центру гідрометеорології. Режим доступу: <http://mcgm.mk.ua/structure/laboratory/>*

3. *Судук О. Ю. Вітчизняний та зарубіжний досвід розвитку системи управління водогосподарським комплексом: Вісник соціально економічних досліджень : зб. наук. пр. ; за ред. М. І. Зверякова.*

4. *Отчет НИР «Исследование поверхностного стока автотранспортных предприятий г. Николаева». АЦЭБР, Николаев, 1993.*

*Македон В. В., д. е. н., професор кафедри міжнародної економіки і світових фінансів*

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара,  
м. Дніпро, Україна*

## **ГЛОБАЛЬНІ ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ: СТРАТИФІКАЦІЯ І АНАЛІЗ**

Вплив людини та управління природним середовищем, а також турбота про збереження біорізноманіття підкреслюється всюди. Швидке зростання населення та економічний розвиток призводить до ряду екологічних проблем в Індії через неконтрольоване зростання урбанізації та індустріалізації, розширення та масову інтенсифікацію сільського господарства, знищення лісів. Основними екологічними проблемами є деградація лісів та сільського господарства землі, виснаження ресурсів (вода, мінерали, ліс, пісок, гірські породи тощо), погіршення стану навколишнього середовища, здоров'я населення, втрата біорізноманіття, втрата стійкості в екосистемах, безпека засобів до існування для бідних.

1. Глобальні екологічні проблеми. На зорі третього тисячоліття потужна і складна мережа взаємодій сприяє безпрецедентним глобальним тенденціям деградації навколишнього середовища. Ці сили включають швидку глобалізацію та урбанізацію, повсюдну бідність, нестійкі моделі споживання та зростання населення. Глобальні екологічні проблеми, які часто посилюють наслідки та інтенсивність екологічних проблем, описаних у попередньому розділі, вимагають узгоджених відповідей з боку міжнародної спільноти. Глобальна зміна клімату, виснаження озонового шару, опустелювання, вирубка лісів, втрата біологічного різноманіття планети та транскордонне переміщення небезпечних відходів та хімічних речовин – це екологічні проблеми, які торкаються кожної нації та негативно впливають на життя та здоров'я їхнього населення.

2. Прогрес у глобальних змінах навколишнього середовища. Починаючи з 1990 року населення планети зросло приблизно з 5,3 до 6,8 мільярдів і підтримувало глобальне економічне зростання, що супроводжувалося загальним і на душу населення збільшенням споживання в багатьох частинах світу, не в останню чергу в Бразилії, Росії, Індії та Китаї. Проте наш світ залишається розбитим через відмінності у доступі до ресурсів і споживанні на душу населення як між країнами, так і всередині них. Огляд найбільш цитованих статей у цьому журналі показує значний внесок у п'ять широких тем: рушії та вплив системних і кумулятивних змін, наскрізні концепції, такі як вразливість і стійкість, підходи до управління, контролю та політики, а також різні точки зору. про зміну клімату [4].

Екологічні проблеми на глобальному рівні: виснаження природних ресурсів; забруднення води; забруднення повітря; забруднення підземних вод; токсичні хімікати та забруднення ґрунту; руйнування озонового шару; глобальне потепління; втрата біорізноманіття; вимирання дикої природи та втрата природного середовища існування; ядерні відходи та радіаційні проблеми.

Список глобальних екологічних проблем. Якщо запитати, з якими глобальними екологічними проблемами стикається сьогодні планета, більшість людей не зможуть вийти за межі глобального потепління та енергетичної кризи. Ці люди не усвідомлюють того факту, що існує кілька інших проблем, що викликають глобальне занепокоєння, кожна з яких однаково небезпечна. Що ще важливіше, всі ці проблеми так чи інакше пов'язані між собою, а отже, вирішувати їх одну за одною стало складно.

1. Зміна клімату. Зміна клімату стала більш ніж очевидною за останнє десятиліття, і дев'ять років цього десятиліття увійшли до списку найспекотніших років, які коли-небудь спостерігала планета. Підвищення температури також призвело до того, що рівняння на планеті зіпсувалися. Деякі з найбільш очевидних ознак цього включають нерівності в погоді, часті шторми, танення льодовиків, підвищення рівня моря тощо. Виходячи з переважаючих умов, неважко передбачити, що планета прямує до різкої зміни клімату, дещо, найближче майбутнє.

2. Збереження видів: ще одна глобальна екологічна проблема, збереження видів, в основному стосується збереження флори та фауни, щоб стримати вимирання видів. Вимирання окремого виду рослин або тварин призводить до різкого дисбалансу в екосистемі, оскільки це також впливає на низку інших видів, які прямо чи опосередковано від нього залежать. За останнє століття або близько того кілька видів рослин і тварин вимерли, що призвело до серйозної втрати біорізноманіття планети [1].

3. Енергетична криза: той факт, що наші потреби в енергії значною мірою залежні від викопного палива, зробив нас значно вразливими до серйозної енергетичної кризи. Хоча виявлено чимало відновлюваних джерел енергії, жоден з них не був достатньо перспективним, коли йдеться про заміну викопного палива як основного джерела енергії для людства. Спроби використати весь потенціал цих джерел тривають, і наше майбутнє загалом залежить від цих спроб, оскільки викопне паливо знаходиться на межі вичерпання.

4. Експлуатація природних ресурсів: наша жага до більшого залишила нас з порожніми руками з точки зору природних ресурсів у кількох частинах світу. Декілька видів діяльності людини, у тому числі видобуток корисних копалин, сільське господарство, рибальство тощо, призвели до різкої деградації наших природних ресурсів [3].

Деградація земель: забруднення землі внаслідок людської діяльності та опустелювання через втрату рослинності зробили поверхню планети

непридатною для використання людиною. Деградацію земель можна пояснити тим, що ми стали занадто розслабленими в плані збереження природи. Неправильне використання ґрунту, випадкове видалення відходів, масштабна вирубка лісів та інші подібні шкідливі для природи дії людини стають все більшими, що незмінно впливає на наше природне оточення.

Землекористування. Глобальні екологічні проблеми, що стосуються землі, обмежуються не лише випадковим утилізацією відходів чи великомасштабною вирубкою лісів, а й неправильним використанням землі. Природне середовище руйнується, щоб звільнити місце для розростання міст, що опосередковано призводить до втрати середовища проживання кількох видів. Фрагментація землі внаслідок будівництва також є важливим фактором, коли йдеться про неналежне використання землі. Усі ці фактори разом призводять до кількох проблем, включаючи ерозію ґрунтів, деградацію земель та опустелювання [3].

Ядерні проблеми: ядерна енергетика дійсно має високий потенціал, але проблеми, пов'язані з нею, не менші. Радіоактивні відходи з атомних електростанцій є однією з головних проблем, з якими ми, ймовірно, зіткнемося, особливо якщо правила безпеки не дотримуються належним чином. Чорнобильська трагедія показала приклад того, як ядерні відходи можуть призвести до катастрофи для людства, і ніхто не хотів би бачити черговий Чорнобиль. На цьому все не закінчується, оскільки над людством завжди нависає загроза того, що якась нація відверне свою ядерну енергію для виробництва ядерного арсеналу. І не знадобиться Ейнштейну, щоб уявити, яку шкоду завдасть ця ядерна зброя.

Перенаселення: ще одна серйозна глобальна екологічна проблема – це перенаселення. Оскільки населення світу продовжує зростати з загрозливою швидкістю, тиск на ресурси планети зростає. Ці проблеми, пов'язані з перенаселенням, варіюються від кризи їжі та води до нестачі місця для природного поховання. Перенаселення також призводить до різних інших демографічних небезпек. Безперервне зростання населення призведе не тільки до виснаження природних ресурсів, але й посилить тиск на економіку. Зрештою, підтримання величезного населення вимагає величезних зусиль для нації, що стосується фінансів.

Забруднення: це, мабуть, найочевидніша, але найбільш ігнорована глобальна екологічна проблема в цьому списку екологічних проблем. Термін «населення» сам по собі має кілька інших аспектів, визначні з яких включають забруднення повітря, забруднення води та забруднення землі. З одного боку, забруднення повітря може бути пов'язано з великою кількістю вуглекислого газу, що закачується в атмосферу промисловими підприємствами та транспортними засобами, забруднення води та землі спричиняється утилізацією відходів із заводів, нафтових суден тощо. звинувачувати в цій проблемі, оскільки наша діяльність, як правило, заважає навколишньому середовищу з загрозливою швидкістю. Якщо ця тенденція

збережеться, ми дуже скоро залишимося без свіжого повітря, яким можна дихати, і без чистої води, щоб пити.

Управління відходами: зі збільшенням населення збільшується діяльність людини, що в кінцевому підсумку збільшує кількість вироблених відходів. Ці відходи включають не тільки ті шкідливі гази, що виділяються в атмосферу, або токсичні відходи, що виділяються у водоймах, але також ядерні відходи, електронні відходи, медичні відходи і навіть відходи з наших будинків. Оскільки на планеті доступна обмежена територія, і більша її частина населена нами, у нас немає місця для утилізації цих відходів. Швидкість, з якою ці відходи утворюються, набагато більша, ніж швидкість, з якою вони обробляються, і це просто призводить до накопичення відходів, що в кінцевому підсумку забруднює навколишнє середовище [2].

Отже, ми окреслили одні з головних глобальних екологічних проблем і проблем, які загрожують планеті протягом досить тривалого часу в наступні 20 років. Однак екологічні проблеми, з якими сьогодні стикається планета, не обмежуються лише переліком, наведеним вище. Ряд проблем, у тому числі проблеми, пов'язані з будівництвом дамб, генетичним забрудненням, нанотоксикологією тощо, виникають через день, що робить список глобальних екологічних проблем довшим із часом. Якщо ми не почнемо вирішувати ці проблеми одне за іншим, то не за горами момент, коли у нас не залишиться іншого виходу, окрім як віддатися цим екологічним проблемам.

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

1. Athanasios Valavanidis. *Current Environmental Issues and Emerging Global Challenges in the 21st Century for Environmental Protection and Sustainable Development*. 2019. n<sup>o</sup>1. P. 1–52.
2. *State of Global Environmental Governance 2021*. URL: <https://www.iisd.org/system/files/2022-02/state-global-environmental-governance-2021-en.pdf>
3. *Trade and environment review 2021*. URL: [https://unctad.org/system/files/official-document/ditcted2020d3\\_en.pdf](https://unctad.org/system/files/official-document/ditcted2020d3_en.pdf)
4. Zhang L., Xu M., Chen H., Li Y. and Chen S. *Globalization, Green Economy and Environmental Challenges: State of the Art Review for Practical Implications*. 2022. *Frontiers Environmental Science* n<sup>o</sup>10. 870271. doi: 10.3389/fenvs.2022.870271

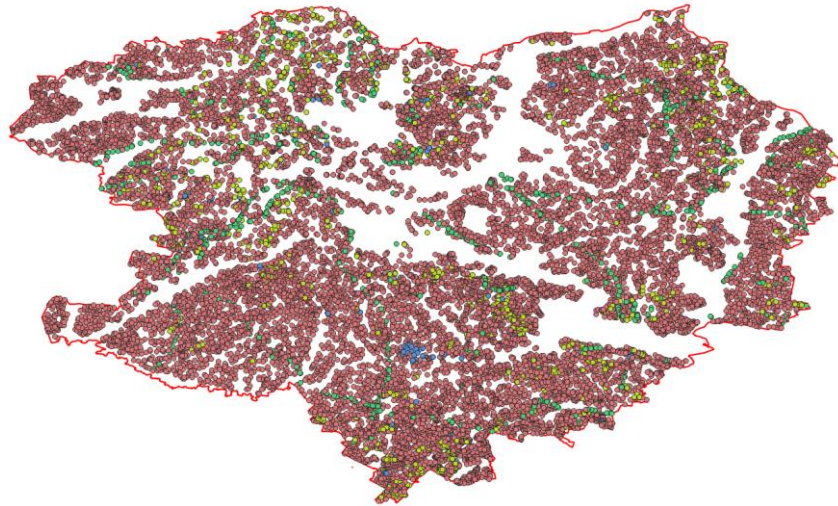
*Малихіна М. О., студ., Андреев С. М., к. т. н.  
Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна*

## **СТВОРЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ТЕМАТИЧНИХ КАРТ НА ОСНОВІ ПЛИТКОВИХ КАРТОЇДІВ**

Розвиток екологічного картографування в Україні напряду пов'язаний із необхідністю створення інформаційних баз даних для систем екологічного управління. Перелік тематичних карт, що використовуються для цілей екологічного управління, досить великий і різноманітний: карти ґрунтового покриву; карти рослинного, тваринного світу; геологічні, геоморфологічні, кліматичні, соціально-економічні карти та ін. Тематичні карти дають інформацію про природний потенціал території, її характеристики, здатність витримувати антропогенні навантаження. Їхнє основне призначення – систематизація інформації про компоненти природного та антропогенного середовища, які є чинниками, що впливають на формування екологічної ситуації на відповідній території. Але матеріали у подібному форматі в більшості випадків залишається недоступним для сприйняття недосвідченими людьми. Тому виникає потреба у винайденні швидкої та легкої для усвідомлення форми подання дослідницьких результатів. Гармонізація взаємодії між дослідниками, представниками засобів масової інформації та користувачами закладається в наявності інформативних картографічних матеріалів, що сприяють простому та зрозумілому поширенню актуальних екологічних даних.

У світі екологічний наратив і візуалізація природи формують свідомості громадян у вигляді вражень. І саме картоїди можуть допомогти наглядно представити вражаючі результати екологічних досліджень. Картоїди незмінно зберігають дві ознаки традиційних геокарт – наочність та характер образотворчих засобів. На картоїдах застосовуються ті ж способи зображення, що і на тематичних географічних картах: картодіаграма, картограма, масштабні та немасштабні значки, ареали, ізолінії, лінії руху, квантифіковані точки тощо, але замість конкретних цифр на полі зображення та в його легенді можуть стояти алгебраїчні символи та інші знаки, що показують відносини «більше – менше» [1].

Одним із основних типів даних при будь якому виді досліджень є точкові дані. В результаті довготривалих та масштабних досліджень науковці дуже часто вимушені обробляти та представляти дуже великий об'єм даних. Для прикладу було взято точкові дані, що відображають наявність та положення лісосмуги у просторі у кількості більше 19тис точок (1точка = одна лісосмуга) (рис.1).



**Рис.1. Лісосмуги у Харківській області**

Бінінг – чудова альтернативна техніка для візуалізації щільності під час роботи з такими великими наборами даних. Багато карт створено з точковими даними. Незважаючи на те, що вони створюють потужну візуалізацію даних, іноді їх об'єднання розповідає кращу історію або відкриває нові висновки. Одним із методів є гексагональне бінінгування, яке використовує шестикутні форми для створення сітки та розробки просторової гістограми.

Бінінг простий – це кількість точок, які потрапляють у прямокутник або шестикутник на поверхні з сіткою. Найпростіший метод – це квадратна сітка, але за її допомогою неможливо зобразити інформацію так точно, як за допомогою шестикутної сітки. Тому було використано саме шестикутну сітку для ГІС-аналізу території, де інструментом відображення інформації є колір шестикутника [2].

Створення карт за допомогою цього методу є можливим у будь-якій геоінформаційній системі, але наразі QGIS є найбільш зручною системою для незалежних дослідників. Широкий набір інструментів та додаткових плагінів робить цю ГІС універсальним засобом для науково-практичної роботи. Головна задача при використанні методу бінінгу полягає у створенні сітки з шестикутників рівної площі та підрахунку згрупованих даних у одному шестикутнику. Для виконання цих завдань було використано вбудовані інструменти. Спочатку було сгенеровано гексагональну сітку за допомогою інструменту «Create GRID». «Крок» шестикутника було підібрано в залежності від площі території, що необхідно покрити. Далі за допомогою інструменту «Points in polygon» було підраховано фактичну кількість точок. Важливо приділити увагу тому, що інструмент можливо налаштувати в залежності від вимог: розрахувати кількість на основі id кожної точки або розрахувати кількість точок на основі згрупування даних за класифікацією. Таке налаштування надає певну гнучкість під час візуалізації даних. У

результаті було отримано карту щільності розподілу лісосмуг у Харківській області (рис.2).

Згідно підібраної кольорової шкали чим більш червона плашка сітки – тим менша кількість збережених лісосмуг на даній території. Та відповідно, чим зеленіший шестикутник – тим більш щільно розміщені лісосмуги.

Щільність розподілу лісосмуг у Харківській області

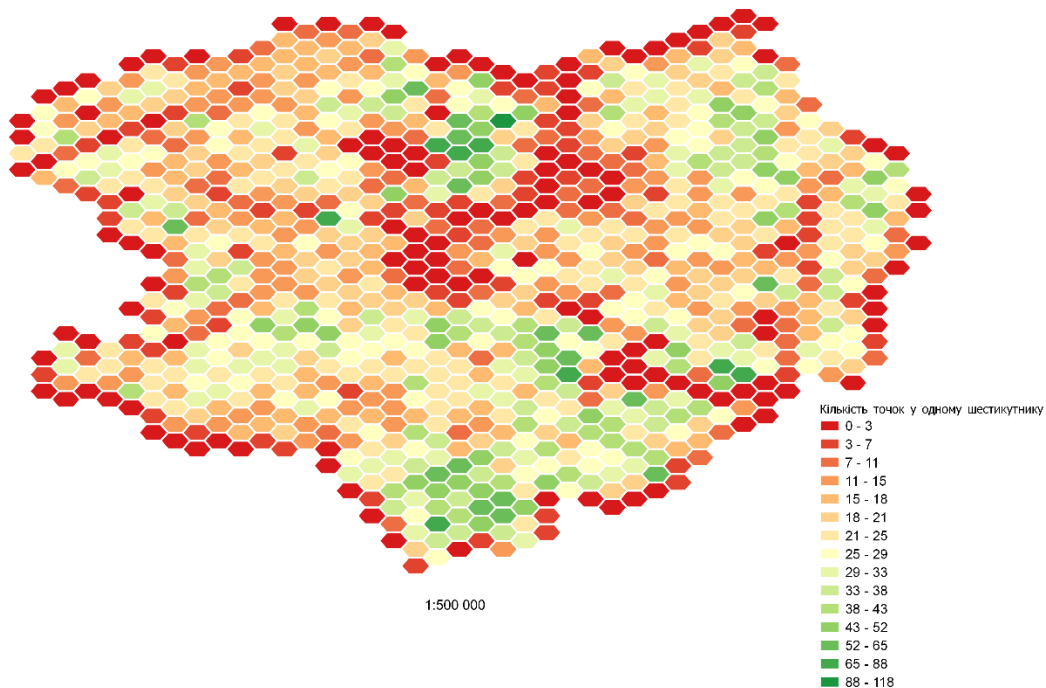


Рис.2. Карта щільності розподілу лісосмуг у Харківській області

Вище запропонована візуалізація даних суттєво полегшить роботу з великими обсягами інформації, а також буде корисною для прийняття управлінських рішень органам державної влади та місцевого самоврядування, представникам бізнесу та всім зацікавленим. У результаті дослідження було визначено, що карти екологічної інформації, створені за допомогою шестикутного бінінгу мають низку переваг для користувачів:

- концентрація уваги на багатьох аспектах даних одночасно;
- аналіз великого набору даних із складною структурою;
- виділення взаємозв'язків, які у великій кількості інформації;
- на карті легко виділити важливі дані.

### **Використані інформаційні джерела:**

1. Родоман Б.Б. География, районирование, картоиды : сб. тр. Смоленск : Ойкумена, 2007.

3. Стаття: *Binning: An Alternative to Point Maps* By Nate Smith  
URL:<https://blog.mapbox.com/binning-an-alternative-to-point-maps-2cfc7b01d2ed>(дата звернення: 06.05.2022)



*Мандич Л. О., магістрантка, Смоляр Н. О., к. б. н., доцент  
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія  
Кондратюка», м. Полтава, Україна*

## **СТРАТЕГІЧНА ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЯК ІНСТРУМЕНТ ПРИРОДООХОРОННОЇ ПОЛІТИКИ В ГАЛУЗІ ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА**

Одним із інструментів забезпечення збалансованості екологічної політики є стратегічна екологічна оцінка (далі – СЕО), яку використовують практично в усіх країнах світу як попереджувальний та дійовий інструмент. Вивчення практичного досвіду й аналітичний аналіз літературних джерел розкрили еволюційний розвиток та сфери застосування на міжнародному рівні СЕО. Встановлено, що така оцінка дає численні переваги і має високий потенціал підвищення ефективності процесів прийняття рішень, навіть якщо використовується не в повному обсягу.

СЕО визначають систематичний процес виявлення та обліку факторів і можливих наслідків стратегій, політик, програм, які розробляються і впроваджуються. Виходячи з цього, СЕО є невід'ємним елементом сучасного стратегічного планування, а також інструментом екологічної політики, спрямованої на збалансування та узгодження інтересів зацікавлених сторін в процесі розробки і реалізації стратегій, планів і програм [2].

Основними міжнародними правовими документами щодо СЕО є Протокол про стратегічну екологічну оцінку до Конвенції про оцінку впливу на навколишнє середовище у транскордонному контексті, ратифікований Верховною Радою України (№ 562-VIII від 01.07.2015), та Директива 2001/42/ЄС про оцінку впливу окремих планів і програм на навколишнє середовище, імплементація якої передбачена Угодою про асоціацію між Україною та ЄС [5; 6].

Засади екологічної політики України визначені Законом України «Про основні засади державної екологічної політики на період до 2030 року» (ухвалено Верховною Радою України 28 лютого 2019 року). В цьому законі СЕО згадується в основних принципах національної екологічної політики, інструментах реалізації національної екологічної політики та показниках ефективності. Закон України «Про стратегічну екологічну оцінку» був ухвалений Верховною Радою України 20 березня 2018 року та 10 квітня 2018 року підписаний Президентом України. Даний Закон вступив в дію з 12 жовтня 2018 року. Чинна, поточна редакція закону від 01 січня 2020 року. Закон встановлює в Україні механізм СЕО, який діє в країнах Європейського Союзу та передбачає, що всі важливі документи, повинні, у

першу чергу, проходити стратегічну екологічну оцінку з урахуванням необхідних імовірних ризиків тих чи інших дій для довкілля.

Цей Закон регулює відносини у сфері оцінки наслідків для довкілля, у тому числі для здоров'я населення, виконання документів державного планування та поширюється на документи державного планування, які стосуються сільського господарства, лісового господарства, рибного господарства, енергетики, промисловості, транспорту, поводження з відходами, використання водних ресурсів, охорони довкілля, телекомунікацій, туризму, містобудування або землеустрою (схеми) та виконання яких передбачатиме реалізацію видів діяльності (або які містять види діяльності та об'єкти), щодо яких законодавством передбачено здійснення процедури оцінки впливу на довкілля, або які вимагають оцінки, зважаючи на ймовірні наслідки для територій та об'єктів природно-заповідного фонду та екологічної мережі, крім тих, що стосуються створення або розширення територій та об'єктів природно-заповідного фонду [1].

Однією з проблем втілення в практику процедури СЕО є недостатність належної методичної бази. В Законі [1] регламентується порядок оцінки, перелік документів, до яких вона застосовується, та коло питань, які необхідно розглянути. Але досі не існує достатньо детально розроблених методичних вказівок та обґрунтувань щодо впровадження такої процедури для різних типів стратегій, планів, програм.

Таким чином, практичне значення СЕО полягає в наступному:

- на етапі СЕО надається можливість розгляду ширшого кола альтернатив варіантів регіонального або секторального розвитку;

- часові та географічні рамки, які встановлюються на рівні документів державного планування, дають більше можливостей для розгляду кумулятивних і широкомасштабних наслідків впливів планованої діяльності;

- уможлиблюється оптимізація і вдосконалення звітів про ОВД шляхом їх ув'язки зі звітом про СЕО, зокрема, удосконалюється обґрунтування необхідності, місця розташування і варіантів планованої діяльності на підставі заздалегідь визначених екологічних наслідків;

- виникає можливість зниження витрат на природоохоронні заходи, оскільки більш екологічно несприятливі варіанти можуть бути відхилені на стадії СЕО;

- на ранній стадії планування враховується думка громадськості.

Міністерством екології та природних ресурсів розроблено також проект «Державна стратегія управління лісами України до 2035 року» [3, 4] (далі – Стратегія), що пропонується до затвердження розпорядженням Кабінету Міністрів України і згідно Закону [1] підлягає процедурі СЕО. Стратегія визначає стратегічні напрями забезпечення сталого ведення та управління лісовим господарством [3, 4]:

1. Ефективне управління лісами.
2. Забезпечення екологічної стійкості.
3. Забезпечення вагомого внеску лісів у розвиток економіки.
4. Рекреація та відкрите суспільство.
5. Дослідження та освіта.

При екологічній оцінці стратегії розвитку лісової галузі додатково має бути враховано, що самі ліси – це частина навколишнього середовища, а наслідком розвитку галузі може бути або покращення стану довкілля в цілому, або його погіршення. Тому екологічна складова стратегії управління галуззю має бути спрямована на формування діалектичного балансу між розвитком лісів, як частини довкілля та використанням лісів, як ресурсу. І якщо стратегія розвитку лісової галузі, в якій ліс розглядається як ресурс для економіки, тобто безпосередньо для споживання, має значні перспективи, то ліс як частина довкілля потерпає від суттєвих порушень екологічних вимог до цього споживання. Це призводить не тільки до негативних впливів на самі ліси, але й на інші складові довкілля через регулярні паводки та пожежі. Тому суттєвим елементом при виконанні СЕО стратегії управління лісами України є оцінка пріоритетності вибраних цілей розвитку.

Оцінці впливу на довкілля відповідно до частин другої і третьої статті 3 Закону, підлягають такі види планованої діяльності у галузі лісового господарства:

- 1) усі суцільні та поступові рубки головного користування та суцільні санітарні рубки на площі понад 1 гектар; усі суцільні санітарні рубки на територіях та об'єктах природно-заповідного фонду;
- 2) лісгосподарське освоєння на територіях площею 20 га і більше або на територіях та об'єктах ПЗФ чи в їхніх охоронних зонах на площі 5 га і більше;
- 3) Насадження лісу (крім лісовідновлювальних робіт) на площах понад 20 га або на територіях та об'єктах природно-заповідного фонду чи в їхніх охоронних зонах на площі 5 га і більше;
- 4) Зміна цільового призначення земель сільськогосподарського призначення (якщо нове призначення відноситься хоча б до одного виду діяльності у галузі лісового господарства, зазначеного у частинах другій та третій статті 3 Закону).

СЕО сучасного стану фонду лісового господарства, його динаміка в часі і просторі має важливе значення для раціональної адекватної еколого-економічної оцінки лісових ресурсів та, оскільки на стадії СЕО можливе врахування екологічних чинників при визначенні фундаментальних основ документа, потенціал СЕО значно збільшує можливості подальших процедур оцінки впливу на довкілля щодо зменшення негативних впливів на довкілля.

### **Використані інформаційні джерела:**

1. Закон України про стратегічну екологічну оцінку  
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2354-19#Text>

2. Хлобистов Є. В. Інституційні передумови імплементації стратегічної екологічної оцінки: аналіз стану державного планування та прогнозування соціально-економічного розвитку // Вісник Сумського державного університету. 2005. №10. С. 48–53.

3. Повідомлення про опублікування проекту Державної стратегії управління лісами України до 2035 року /Електронний ресурс.- Режим доступу:<https://mepr.gov.ua/news/36108.htm/>

4. Повідомлення про оприлюднення заяви про визначення обсягу стратегічної екологічної оцінки проекту Державної стратегії управління лісами України до 2035 року та проект Державної стратегії управління лісами України до 2035 року / Електронний ресурс. Режим доступу: <https://mepr.gov.ua/news/36526.htm/>

5. Про оцінку впливу деяких планів і програм на навколишнє середовище: директива Європейського парламенту і Ради 2001/42/ЄС від 27 червня 2001 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://eur-lex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/?uri=celex:32001L0042>

6. Про ратифікацію Протоколу про стратегічну екологічну оцінку до Конвенції про оцінку впливу на навколишнє середовище у транскордонному контексті: закон України № 562-VIII від 01.07.2015 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/562-19>

*Маркіна Л. М., д. т. н., професор, зав. кафедри техногенної та цивільної безпеки, Ушкац С. Ю., к. ф.-м. н., викладач кафедри техногенної та цивільної безпеки, Жолобенко Н. Ю., завідувач лабораторією кафедри техногенної та цивільної безпеки, Власенко О. В., провідний інженер Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, м. Миколаїв, Україна*

## **ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ПІД ЧАС ВІЙНИ**

Війни руйнують місце існування, вбивають диких тварин, забруднюють навколишнє середовище і повністю переробляють екосистеми з наслідками, які відчуватимуться десятиліттями.

Дослідження історії сучасних воєнних конфліктів показує, що війна в Україні також серйозно впливає на навколишнє середовище. Ведення війни завжди є актом руйнування. Як свідчать різні міжнародні дослідження, це непропорційно впливає на найважливіші екосистеми планети.

З 1950 по 2000 рік понад 80% великих збройних конфліктів у світі відбувалися в точках біорізноманіття, районах, багатих на місцеві види, що знаходяться під загрозою, визначили вчені у дослідженні 2009 року. Основна ідея полягала в тому, що «якщо ми турбуємося про біорізноманіття та його збереження у світі, нам також потрібно турбуватися про конфлікти та патерни конфліктів».

У деяких випадках руйнація навколишнього середовища є очевидною військовою тактикою. Під час війни у В'єтнамі американські військові розпорошували дефоліанти на широких ділянках джунглів, щоб прорідити ліси та позбавити ворожі сили укриття. Збройні сили часто використовують «розграбовані ресурси», такі як нафта та деревина для фінансування своїх військових дій. Але навіть коли руйнація навколишнього середовища не є навмисним, війна може завдати серйозної шкоди. Солдати риють траншеї, танки знищують рослинність, бомби дряпають ландшафт, а вибухівка розпалює пожежі. Зброя викидає у повітря токсичні гази та тверді частки, а важкі метали виділяються у ґрунт та воду.

У дослідженні 2018 року вчені виявили, що збройний конфлікт корелює зі скороченням чисельності диких тварин в районах Африки, що охороняються. Виявили, що популяції диких тварин, як правило, були стабільними в мирний час і скорочувалися під час війни, і чим частіше відбувалися конфлікти, тим більше скорочувалися.

У 2011 році вчені повідомили, що рівні вмісту свинцю та міді у ґрунті, як і раніше, підвищені в деяких районах навколо Іпра, великого поля битви Першої світової війни в Бельгії.

Забруднення довкілля є особливо гострою проблемою в Україні. Україна має багато хімічних заводів та сховищ, нафтобаз, вугільних шахт, газопроводів та інших промислових об'єктів, які можуть та вже викидають величезну кількість забруднюючих речовин у разі пошкодження.

Дослідження показують, що війна завдає більшу частину свого екологічного хаосу менш безпосередньо. Війни часто викликають економічну та продовольчу нестабільність, змушуючи мирних жителів більше покладатися на природні ресурси, такі як дичина, щоб вижити. Деякі збройні сили також залежать від диких тварин, щоб годувати свої війська, або вони збирають цінні частини тварин, такі як бивні слона та роги носорога, для фінансування своєї діяльності, або масово розстрілюють тварин заради помсти чи забавки.

Після того, як у 1975 році в Анголі вибухнула громадянська війна, в країні було припинено патрулі боротьби з браконьерством. У той же час конфлікт розширив доступ до автоматичної зброї, результатом стало різке збільшення полювання, що призвело до скорочення кількості буйволів, антилоп та інших цільових видів.

Полювання під час війни завдає непропорційно великої шкоди великим ссавцям, багато з яких відіграють вирішальну роль у формуванні їх екосистем. Під час громадянської війни в Мозамбіку, яка тривала з 1977 по 1992 рік, щільність популяції дев'яти великих травоядних, включаючи слонів, зебр, гіпопотамів та буйволів, у національному парку Горонгосу скоротилася більше, ніж на 90%.

Отримані дані свідчать про те, що дика природа може наражатися на скрізь, де війна в Україні створює брак продовольства, навіть за межами районів активних бойових дій. Багато тварин у заповіднику потребують додаткової годівлі людьми взимку та ранньою весною.

Бойові дії, які розпочали російські загарбники, охопили третину площ природно-заповідного фонду України. Це більше мільйона гектар особливо цінних земель, серед них: 26 національних природних парків, 14 природних та біосферних заповідників. Під загрозою знищення в Україні знаходяться 14 Рамсарських об'єктів площею 397,7 тис. га, близько 200 територій Смарагдової мережі площею 2,9 млн. га та біосферні заповідники. Деякі адміністративні приміщення окупованих заповідників розграбовані, а багато працівників евакуйовано.

Військові дії викликають пожежі, досить великі, щоб їх можна було побачити з космосу, що викликало побоювання з приводу руйнування критично важливих місць існування птахів. На Кінбурнській косі продовжують горіти ліси. Під загрозою села Геройське та Іванівка Херсонської області. Ситуація ускладнюється тим, що російські окупанти не дозволяли рятувальникам гасити вогонь.

Тож фіксуються дані для обчислення розміру шкоди природно-заповідному фонду у таких випадках:

- незаконна рубка або пошкодження дерев та рослин, що мають здерев'яніле стебло;
- знищення або пошкодження лісових культур, природного підросту та самосіву, сіянців і саджанців;
- знищення або пошкодження газонів та квітників;
- незаконний збір або знищення дикорослих трав'янистих рослин, лісової підстилки, лікарських рослин, дикорослих плодів, горіхів, ягід, другорядних лісових матеріалів;
- незаконне добування чи знищення об'єктів тваринного світу, пошкодження або знищення їх жител та споруд, місць перебування і розмноження;
- пошкодження карстово-спелеологічних, геологічних та гідрологічних об'єктів;
- проїзд транспорту, проліт та посадка літальних апаратів;
- самовільне зайняття земельних ділянок;
- знищення або пошкодження осушувальних каналів, дренажних і протиерозійних систем, доріг та інших об'єктів.

Війни можуть зробити ландшафти настільки небезпечними і непридатними для людини або створити так багато бар'єрів для експлуатації природних ресурсів, але екосистеми мають рідкісну можливість відновитися. Це парадокс, який наголошує на загрозі, яку людська діяльність становить для світу природи під час війни та миру.

Ще є ядерний вплив. Україна має 15 ядерних реакторів на чотирьох електростанціях, де найбільший є місцем запеклих боїв. Військові дії поблизу АЕС можуть призвести до масштабного радіоактивного зараження великих територій не лише України, а й далеко за її межами.

Пошкодження місць зберігання ядерних відходів може призвести до значного забруднення. Вчені багато чого дізналися про довготривалий вплив радіації на тварин та екосистеми з досліджень, проведених у Чорнобильській зоні відчуження України, яка значною мірою була занедбана після катастрофи на Чорнобильській АЕС у 1986 році. Дослідження тут показали, що радіація як викликала потворності в окремих тварин, а й впливала на цілі популяції. Військові дії поставили під загрозу відновлення дикої природи у зоні відчуження. Зараз там мешкають сірі вовки, руді лисиці, енотовидні собаки, рисі та кабани, а також коні Пржевальського, що знаходяться під загрозою зникнення, які були завезені в цей район близько двох десятиліть тому. Пожежі призвели до викиду радіоактивних частинок, захоплених місцевою флорою, а рух найбільш забрудненими районами міг підняти хмари радіоактивного пилу.

У деяких випадках війна може також зруйнувати добувну промисловість, як на Донбасі. Під час Другої світової війни комерційний промисел у Північному морі майже повністю припинився через реквізицію рибальських човнів, обмежень на їхнє пересування та набір рибалок на

війну. Але при цьому поселення багатьох комерційних видів риб відновилися.

Необхідно розглянути питання про збереження відразу після конфлікту, коли навколишнє середовище може бути в небезпеці, оскільки країни прагнуть відновити інфраструктуру та економіку.

Наша головна роль полягатиме в тому, щоб наскільки це можливо, відновлення України не означало знищення її природи. Необхідно посилене патрулювання боротьби з браконьєрством, розвиток індустрії туризму в дикій природі та зусилля щодо поліпшення економічної та продовольчої безпеки у місцевих спільнотах. Політики можуть використовувати постконфліктний період для посилення захисту навколишнього середовища і навіть включити збереження в миротворчий процес.

Установи природно-заповідного фонду, Держекоінспекція, державні підприємства лісової галузі фіксують злочини проти природи. Шкоду, заподіяну цим територіям та їхньому біорізноманіттю потрібно буде оцінити для подальшого відшкодування Україні втрат біорізноманіття.

Для України в сьогоденних умовах, коли окупант обстрілює промислові об'єкти та провокує масштабні аварії на нашій території, важливо використовувати всі доступні міжнародні правові інструменти, щоб забезпечити громадян і довкілля від наслідків «руського миру»!

Головна вимога: відбудова України – це не повернення до довоєнного стану, а повноцінна розбудова та інтегрування до Європейського співтовариства на засадах сталого розвитку та з урахуванням Європейського зеленого курсу, що також є запорукою виконання Копенгагенських критеріїв вступу до ЄС.



*Медвежинська О. В., аспірантка,  
Кулешов С. В., к. х. н., молодший науковий співробітник,  
Омельчук А. О., член-кореспондент НАН України, д. х. н., професор  
Новоселова І. А., к. х. н., старший науковий співробітник  
Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В. І. Вернадського НАНУ  
м. Київ, Україна*

## **ЕЛЕКТРОЛІТИЧНІ КАТАЛІЗАТОРИ НА ОСНОВІ ВОЛЬФРАМУ ТА КАРБІДІВ ВОЛЬФРАМУ ДЛЯ ВОДНЕВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ**

На сьогодні, водень, як нетоксичний, високоефективний та чистий енергоносіє, є альтернативою традиційним викопним джерелам енергії. Тому важливим науковим завданням є пошук нових або вдосконалених методів отримання водню у великих масштабах. Метод електрохімічного розкладання води, у порівнянні з іншими методами одержання водню, має низку переваг, а саме: одержуваний водень має високу чистоту, використовується просте та надійне в експлуатації обладнання, є великі природні запаси дешевої вихідної сировини, при виробництві не утворюються шкідливі для довкілля продукти. Одним із недоліків методу є відносно висока вартість електродних матеріалів з низькими значеннями перенапруги катодного виділення водню (метали платинової групи) та електроенергії. Тому перспектива подальшого розвитку методу електрохімічного розкладання води для одержання водню у вирішальній мірі залежить від створення дешевих та ефективних електродних матеріалів, які забезпечуватимуть зменшення питомих витрат електроенергії.

В останні роки значний інтерес викликають недорогі, у порівнянні з металами платинової групи, метали, такі як Fe, Co, Ni, Mo, W, а також їх сполуки чи композити [1-3]. Для використання в якості електродних матеріалів у реакціях виділення водню (РВВ) та кисню (РВК) як у кислих, так і лужних електролітах найкраще себе зарекомендували композиційні матеріали на основі карбідів вольфраму [4-6]. Відомі роботи [7,8] у яких досліджено каталітичну активність чистого вольфраму у лужних і кислотних розчинах і показано перспективу його використання для РВВ.

Високотемпературний електрохімічний синтез (ВЕС) і його сучасний варіант – FFC Cambridge process, є перспективними у плані отримання високодисперсних порошків вольфраму, вуглецю, карбідів вольфраму та композитів на їх основі із властивостями необхідними для успішного створення електродних матеріалів водневої енергетики. Метод ВЕС оснований на одночасному або послідовному проведенні багатоелектронних електрохімічних реакцій виділення металу і неметалу, в результаті яких на катоді утворюється продукт заданого складу та

властивостей. У методі FFC Cambridge процес розплавлену сіль або суміш солей лужних та лужно-земельних металів використовують в якості електроліту для повного електрохімічного відновлення оксиду металу, завантаженого на катод. Відновлення відбувається в результаті низки послідовних хімічних та електрохімічних перетворень, в яких приймають участь компоненти електролітної суміші. Йони кисню внаслідок таких перетворень розряджаються на аноді, утворюючи кисень, або вуглекислий газ, якщо в якості аноду використовують вуглецеві матеріали. Відновлений оксид утворює дрібнодисперсну металеву фазу, придатну для широкого практичного використання у різних сферах сучасної науки та техніки, у тому числі і для формування нових електродних матеріалів.

У даному повідомленні представлено результати досліджень із електрохімічного відновлення оксигеновмісних сполук вольфраму та отримання дрібнокристалічного вольфрамового порошку, а також композиту WC/C із дешевих і малотоксичних електролітних розплавів солей лужних та лужноземельних металів.

Вольфрам отримували шляхом електрохімічного відновлення вольфрам (VI) оксиду, або вольфрамату кальцію в розплавленій суміші евтектичного складу (мол. %)  $\text{CaCl}_2$  (52)– $\text{NaCl}$  (48) в інертній атмосфері аргону на рідкому галієвому катоді (Гл-1), в якості аноду використовували графітовий електрод (МПП-7). Відновлення оксигеновмісних сполук вольфраму здійснювали в потенціостатичних умовах, при потенціалі, що забезпечував сумісне відновлення компонентів електролітної суміші. Швидкість відновлення за цих умов складала близько 0,40–0,45 г/А·год. Результати рентгенофазового аналізу (рис.1,а) свідчать, що продуктом відновлення є фаза  $\beta$ -W вільна від домішок сполук, що містять кисень. Згідно результатів скануючої електронної мікроскопії (рис. 1,б) кристаліти вольфраму формують агломерати у вигляді дендритів розміром від 3 до 5 мкм.

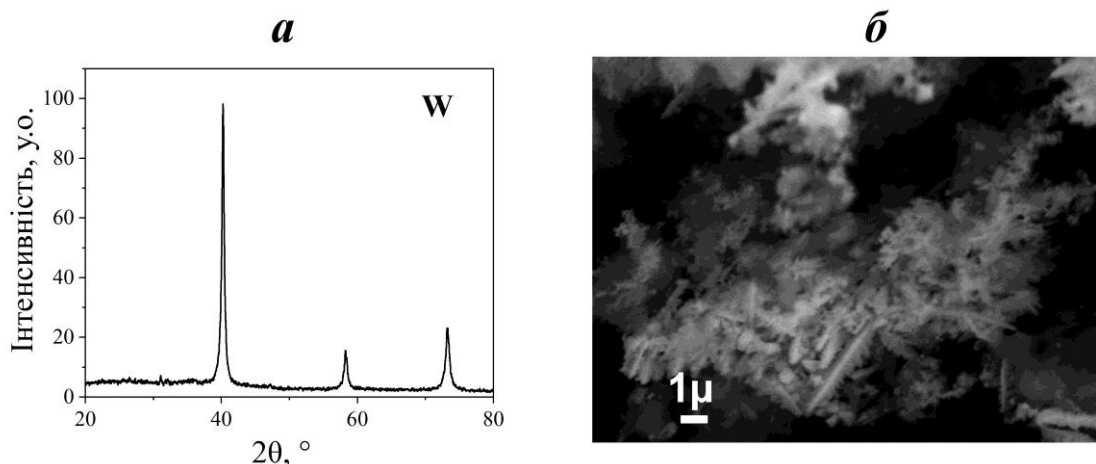
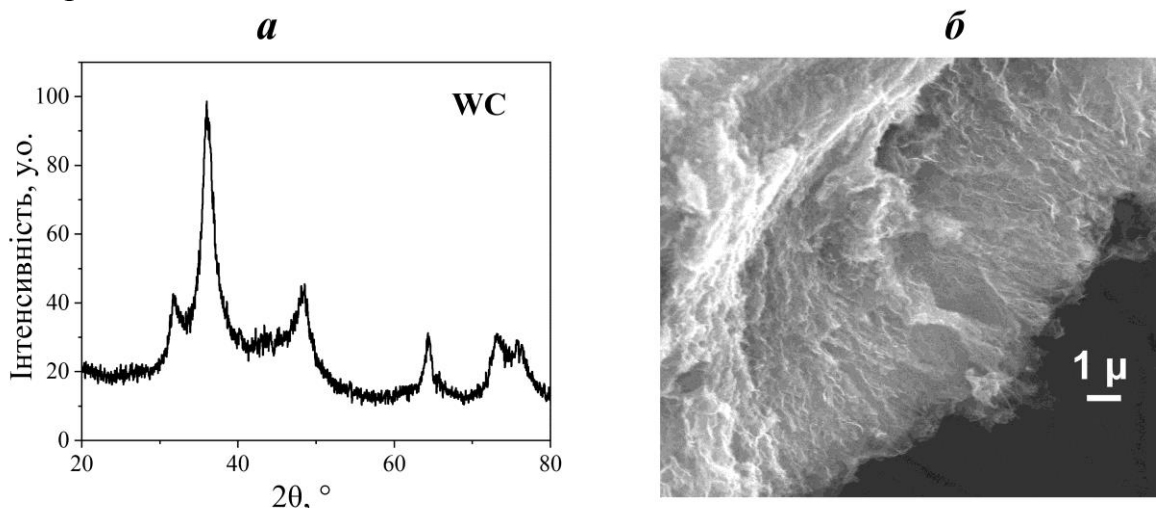


Рис. 1. Дифрактограма (а) та зображення СЕМ (б) порошку вольфраму одержаних шляхом електрохімічного відновлення  $\text{WO}_3$  на фоні евтектичної суміші  $\text{CaCl}_2$ – $\text{NaCl}$  ( $i \approx 0,70$ – $0,74$  А/см<sup>2</sup>,  $t = 600^\circ\text{C}$ )

Для синтезу композиту монокарбіду вольфраму з вільним вуглецем WC/C використано електролітичну суміш із вмістом:  $\text{Na}_2\text{W}_2\text{O}_7$  – 16,5 мас.%;  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  – 4,1 мас.%. Фоновим електролітом слугувала еквімолярна суміш  $\text{NaCl}$ – $\text{KCl}$ . В електролізері підтримувався тиск  $\text{CO}_2$  – 1,0 МПа та температура розплаву – 750 °С. Густина катодного струму була в межах 0,15–0,30 А/см<sup>2</sup>. Вихід продукту (швидкість осадження) за цих умов становив ~0,30–0,40 г/А·год.

Аналіз дифрактограм (рис.2, а) показав, що кристалічна решітка синтезованого карбіду вольфраму знаходиться в нерівноважному стані. На користь цього свідчать невисока інтенсивність та розширенність рефлексів, що реєструються на дифрактограмах. Середній розмір синтезованих кристалітів карбіду вольфраму оцінюється величиною 8-10 нм (розраховано за формулою Селякова-Шерера). Такі частинки утворюють щільні пластинчасті агломерати (рис.2, б). Методом БЕТ встановлено, що синтезований композит має мезопористу структуру та високу питому поверхню – ~140 м<sup>2</sup>/г.



**Рис. 2.** Дифрактограма (а) та зображення СЕМ (б) порошку карбіду вольфраму одержаного у системі  $\text{Na, K|Cl-Na}_2\text{W}_2\text{O}_7\text{-Li}_2\text{CO}_3\text{-CO}_2$  ( $i \approx 0,15\text{--}0,30$  А/см<sup>2</sup>,  $t = 750$  °С)

Перевірено активність такого композиту при електрохімічному отриманні водню із 1н розчину  $\text{H}_2\text{SO}_4$  у порівнянні із платиновим та графітовими електродами (рис.3). Потенціал початку виділення водню для електроду із WC/C становить -0,02 В, перенапряга виділення водню  $\eta$  (при  $i_k = 10$  мА/см<sup>2</sup>) складає -110 мВ, струм обміну –  $7,0 \times 10^{-4}$  А/см<sup>2</sup>, нахил Тафеля – -85 мВ/дек.

Таким чином, як високодисперсний вольфрамовий порошок, так і композит карбіду вольфраму з вуглецем є перспективними вихідними сполуками для створення нових електродних матеріалів для отримання водню електрохімічним методом.

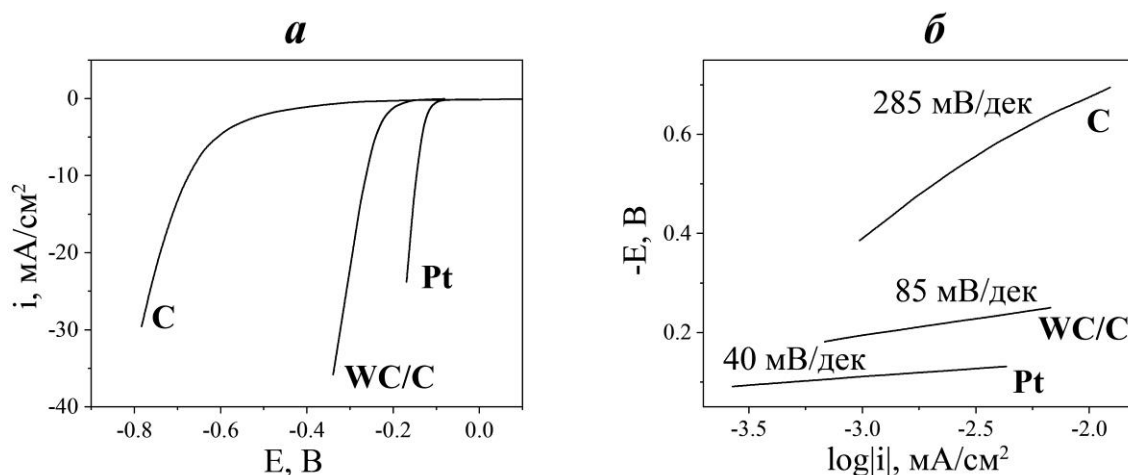


Рис. 3. Вольтамперограми виділення водню (а) та залежність струму від напруги в напів-логарифмічних координатах (б) для різних електродів. Електроліт – 1н розчин  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ; швидкість поляризації 5 мВ/с; температура 21°C; потенціал відносно стандартного водневого електроду

#### Використані інформаційні джерела:

1. Zeng M., Li Y. Recent advances in heterogeneous electrocatalysts for the hydrogen evolution reaction. *Journal of Materials Chemistry A*. 2015. Vol. 3, Iss. 29. P. 14942–14962.
2. Single-Atom Catalysts for Electrochemical Hydrogen Evolution Reaction: Recent Advances and Future Perspectives / Z. Pu et al. *Nano-Micro Letters*. 2020. Vol. 12, Iss. 1. P. 1–29.
3. A review of the electrocatalysts on hydrogen evolution reaction with an emphasis on Fe, Co and Ni-based phosphides / Z. Ge et al. *Journal of Materials Science*. 2020. Vol. 55, Iss. 29. P. 14081–14104.
4. WC as a non-platinum hydrogen evolution electrocatalyst for high temperature PEM water electrolyzers / A.V. Nikiforov et al. *International journal of hydrogen energy*. 2012. Vol. 37, Iss. 24. P. 18591–18597.
5. Chen W-F., Muckerman J.T., Fujita E. Recent developments in transition metal carbides and nitrides as hydrogen evolution electrocatalysts. *Chemical Communications*. 2013. 49, P. 8896–8909.
6. Recent progress in transition metal carbide electrocatalysts for the hydrogen evolution reaction / X. Zhao et al. *Research and Reviews in Electrochemistry*. 2017. Vol. 105. P. 1–12.
7. Badawy W.A., Abd El-Hafez G.M., Nady H. Electrochemical performance of tungsten electrode as cathode for hydrogen evolution in alkaline solutions. *International Journal of Hydrogen Energy*. 2015. Vol. 40, Iss. 19. P. 6276–6282.
8. Abd El-Hafez G., Nady M., Walcarius A., Fekry A. Evaluation of the electrocatalytic properties of Tungsten electrode towards hydrogen evolution reaction in acidic solutions. *International Journal of Hydrogen Energy*. 2019. Vol. 44 (31), P. 16487–16496.

*Мезенцева Д. О., здобувачка середньої освіти, учениця 10 класу,  
Мовчан В. В., учитель географії та біології, вчитель-методист  
Березоволуцький заклад загальної середньої освіти I-III ступенів  
Петрівсько-Роменської сільської ради.  
с. Березова Лука, Миргородський район, Полтавська область, Україна*

## **РИЗИКИ Й ЗАГРОЗИ БІОРІЗНОМАНІТТЮ ПРИРОДНИХ КОМПЛЕКСІВ БІЛЯ СЕЛА МЕЛЕШКИ ТА ШЛЯХИ ЗБЕРЕЖЕННЯ Й ОХОРОНИ**

**Актуальність роботи.** Згідно з сучасною концепцією Національної програми збереження біологічного та ландшафтного розмаїття України основним пріоритетним завданням є збереження максимально можливої біорізноманітності та багатства ландшафтів шляхом охорони, поліпшення стану та відтворення екосистем, середовища існування видів та компонентів ландшафтів, а також створення екологічної мережі України як складової Всеєвропейської загально-екологічної мережі. Такий підхід передбачає збереження біоти через її заповідання та невиснажливе використання і застосовується у веденні заповідної справи в полтавському регіоні.

У межах Петрівсько-Роменської громади знаходиться чотири природно-заповідних об'єкти (ПЗО), а саме: один заказник і три заповідних урочища. Всі вони приурочені до долинно-річкової системи (ДРС) Хоролу. Найпівденнішим ПЗО є заповідне урочище «Перевалкове» поблизу села Мелешки. Проте, поряд із заповідним урочищем розміщені не менш цінні в екологічному плані природні комплекси, які могли б збільшити площу природно-заповідного фонду (ПЗФ) громади. Саме вони і стали об'єктом досліджень у 2021 році.

Мета дослідження – бґрунтувати доцільність заповідання лучно-болотних та лісових природних комплексів в межах долинно-річкової системи Хоролу поблизу села Мелешки та подальше їх об'єднання з заповідним урочищем «Перевалкове».

Територія дослідження належить до Гадяцько-Миргородського геоботанічного району лучних степів, дубових лісів, заплавних лук та долинних евтрофних боліт [2].

Досить цікавими на ключовій ділянці ДРС Хоролу є болотні відклади у вигляді торфу. Згідно опрацьованих матеріалів [3, 4], тут у 50-70-х роках ХХ століття розроблялося Велико-Сагське родовище. Проте, є факти незаконного видобутку жителями сусідніх сіл торфу з метою продажу й унаш час. Може бути так, що в недалекому майбутньому поновляться цілком законні розробки родовища, що є неприпустимим, оскільки природні комплекси зазнають значного антропогенного навантаження. Єдиним

порятунком цінних лучно-болотних та лісових угідь є створення в межах даної території ПЗО та об'єднання його із заповідним урочищем «Перевалкове». До того ж, збереження даної території відповідатиме меті Рамсарської конвенції про збереження водно-болотних угідь [5].

Зауважимо, що на одній із ділянок родовища після видобутку торфу утворилося озеро розміром близько 10 га, де досить добре почувуються водоплавні птахи. Саме тут, зі слів місцевих жителів, вже не один рік гніздяться лебеді. На щастя, вони не потерпають від браконьєрів, адже озеро розташоване поряд із сільськими садибами, в одній із яких живе лісник. На узбережжі озера, на окремих його ділянках, можна спостерігати боброві хатки.

Тобто, можна стверджувати, що в даному випадку антропогенний чинник мав позитивне значення. Щоправда, невідомо, чи не були втрачені назавжди рідкісні види рослин під час видобутку торфу, оскільки на той час це питання нікого не цікавило.

Окрім лучно-болотних угідь заплава досліджуваної території репрезентована вільшняками та кленово-дубовими лісами, які належать до Комишнянського лісництва Миргородського лісгоспу. Серед жителів села Мелешки цей ліс має назву «Засага». На захід від нього знаходиться заповідне урочище «Перевалкове».

Навесні 2021 року проведене детальне обстеження лісу «Засага» За результатами проведених флористичних досліджень встановлено, що територія «Засаги», незважаючи на межування із населеним пунктом, все ж характеризується високими показниками флоросозологічної цінності, оскільки у складі флори виявлено сім рідкісних видів, із яких два – *Listera ovata* (L.) R. Br. Та *Allium ursinum* L. включені до списку Червоної книги України [1, 6], п'ять – до регіонального списку [1]: *Scilla siberica* Haw., *Chrysosplenium alternifolium* L., *Convallaria majalis* L., *Dentaria quiquefolia* Bieb., *Corydalis marschalliana* (Pall. ex Willd.) Pers. Під час літніх обстежень вдалося виявити регіонально-рідкісну папороть – *Matteuccia struthiopteris* (L.) Tod..

Найціннішою знахідкою весняного етапу дослідження стала лісова орхідея – *Listera ovata*. До цього на Гадяччині було відомо лише два місця, де зустрічається цей вид. Ще однією не менш цінною знахідкою було встановлення місця зростання *Allium ursinum* – виду, який теж у нашій місцевості зустрічається рідко. Проте, поблизу села Мелешки масив даного виду має досить значну площу та хорошу чисельність популяції. Розпочинається масив *Allium ursinum* безпосередньо біля озера і тягнеться вглиб лісу. Популяція цього виду облюбувала навіть ґрунтову дорогу, яка проходить через ліс. Можна сказати, що на даному етапі розвитку рослини нічого не загрожує.

Зауважимо, що зараз проходять дебати стосовно статусу *Allium ursinum*. Деякі науковці пропонують виключити цей вид зі списку Червоної

книги України у зв'язку із масовим поширенням рослини в північних лісах нашої країни. Однак, із просуванням на південь кількість її помітно зменшується. То ж, заповідання території дослідження набуває ще більшої актуальності, адже в разі поновлення тут видобутку торфу, або проведення санітарних рубок цей рідкісний вид може безповоротно зникнути. На деяких лісових ділянках *Allium ursinum* зростає поряд із регіонально-рідкісним видом – *Dentaria quiquefolia*. Хоча основні масиви зубниці поширені на дещо сухіших ділянках заплавного лісу.

Також, цінною знахідкою було встановлення місця зростання регіонально-рідкісної *Chrisosplenium alternifolium*. У Полтавській області області відомо лише декілька місць зростання даного виду. Ще на початку 2000-х років науковцями області висловлювалася думка про доцільність створення в притерасному вільшняку р. Псел, де поширений цей вид, гідрологічного заказника [1]. Тож, нове виявлення його є досить важливим, оскільки біля р. Хорол таких знахідок є лише дві.

На окремих ділянках лісового масиву можна спостерігати зростання *Convallaria majalis* – виду, який у Полтавській області має статус регіонально-рідкісного виду. Здебільшого в наших лісах він досить часто зустрічається. Але в даному випадку він зустрічається лише декількома локалітетами, що надає йому тут ще більшої значущості. На дещо підвищених ділянках заплавного лісу вдалося виявити та обстежити популяцію регіонально-рідкісного *Corydalis marschalliana*, який поширений тут в достатній кількості.

Під час обстеження нагірної діброви серед грабових масивів було виявлено такі регіонально рідкісні види як *Vinca minor* L. та *Lamium galeobdolon* (L.) L.. Вид на Полтавщині зустрічається не часто, то ж, його виявлення можна вважати вдалою знахідкою. На відміну від нього *Vinca minor* має більше місць зростання в нашій області, але в даному випадку вражає суцільне масове поширення на значних лісових площах. Також, поряд з грабом тут зростають поодинокі екземпляри *Cerasus avium* (L.) Moench. На узліссі нагірної діброви вдалося виявити популяцію *Primula veris* L., який теж має статус регіонально-рідкісного виду Полтавщини.

Важливо зазначити, що на початку 2000-х років подібні грабово-дубові ліси поблизу сусіднього з Мелешками села Березова Лука обстежував гадяцький краєзнавець М. Ф. Торяник. Він повідомив, що виявив тут окремі екземпляри *Galanthus nivalis* L. – рідкісний вид іщ національним созологічним статусом. У 2005 році в Березовій Луці провели свої дослідження полтавські науковці О. М. Байрак і Н. О. Смоляр Н.О. та підтвердили повідомлення М.Ф. Торяника. Хоча, на жаль, на даний час не вдається тут зустріти цей рідкісний вид. Проте, зважаючи на близьку відстань між лісовими масивами, можна зробити припущення, що в грабовому лісі поблизу села Мелешки є вірогідність його зростання. То ж, ранньої весни наступного року потрібно провести детальні обстеження.

Улітку 2021 року також були обстежені лучно-болотні комплекси на заплаві Хоролу в околицях с. Мелешки. У ході дослідження встановлено місцезнаходження восьми созофітів, із яких чотири – *Gladoilus tenuis* Bieb., *Orchis palustris* L., *Dactylorhiza incarnata* Soo, *D. fuchsia* (Druce) Soo, включені до списку Червоної книги України, і ще чотири – *Valeriana officinalis* L., *Inula helenium* L., *Potentilla palustre* (L.) Scop.

Отже, всього на досліджуваній території виявлено та описано місцезнаходження 20 видів рідкісних рослин, сім із яких включено до Червоної книги України і вісім – до регіонального списку

Таким чином, ділянка долинно-річкової системи Хоролу поблизу села Мелешки повністю відповідає критеріям природно-заповідного об'єкту. Складовими ПЗО мають стати лучно-болотні та лісові природні комплекси ДРС Хоролу. Доцільним буде об'єднання досліджуваної території із заповідним урочищем «Перевалкове» та створення ландшафтного заказника «Мелешківський». У перспективі цей об'єкт може стати одним із ядер майбутнього філіалу регіонального ландшафтного парку «Гадяцький».

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

1. Байрак О. М., Стецюк Н. О. Атлас рідкісних і зникаючих рослин Полтавщини. Полтава : Верстка, 2005. 248 с.
2. Булава Л. М. Фізико-географічне районування: Карта // Полтавська область: Географічний атлас. К., 2004.
3. Геологическая карта СССР масштаба 1:200000. Серия Днепро-Донецкая, лист М-36-ХVI / Объяснительная записка. Киев, 1972. 85 с.
4. Карта четвертичных отложений. Масштаб 1:200000. Серия Днепро-Донецкая, лист М-36-ХVI. Киев, 1971.
5. Рамсарська конвенція – Природно-заповідний фонд України URL: <https://wownature.in.ua/pro-nas/nasha-diialnist/mizhnarodna-diialnist/ramsarska-konventsii/> (дата звернення: 15.05.2021)
6. Червона книга України. Рослинний світ ; [за ред. Я. П. Дідуха]. К. : Глобалконсалтинг, 2009. 900 с.



*Мельник Н. В., к. е. н.*

*Поліський національний університет, м. Житомир, Україна*

## **СВІТОВЕ ВИРОБНИЦТВО ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ З ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ**

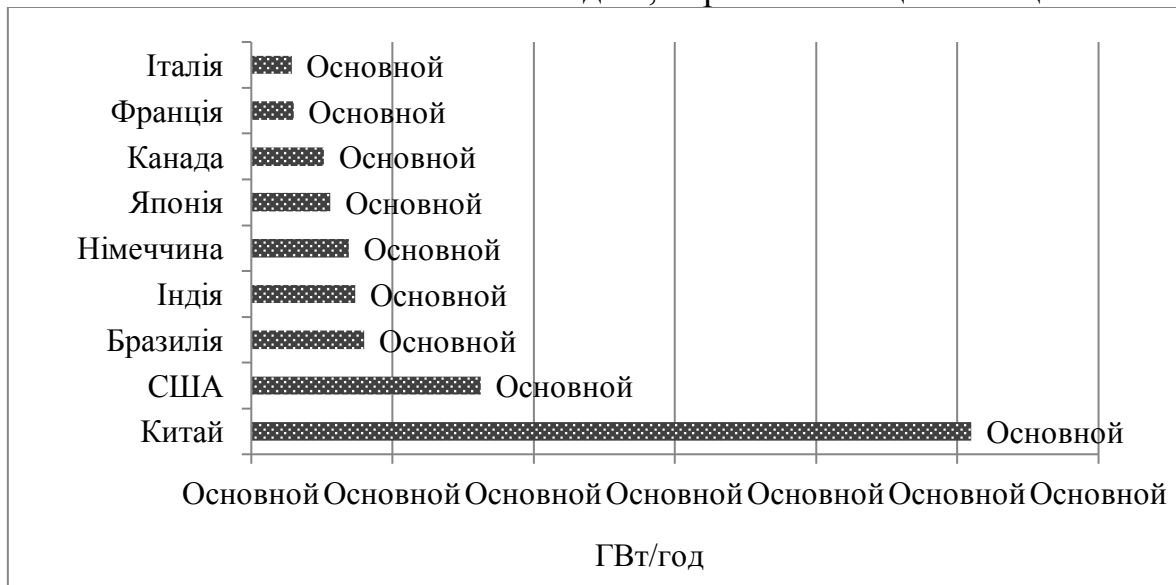
За останні три десятиліття дослідження та розробки в галузі зеленої енергетики вибухнули, створивши сотні перспективних нових технологій, які можуть зменшити нашу залежність від вугілля, нафти та природного газу. Зелена енергія надходить із відновлювальних джерел, таких як сонячне світло, вітер, припливи, рослини, водорості та геотермальне тепло. Відновлювані джерела енергії також мають набагато менший вплив на навколишнє середовище в порівнянні з викопним паливом. Зелена енергія може доповнити або замінити використання викопного палива у всіх основних сферах використання, включаючи електроенергію, опалення та паливо для транспортних засобів.

Зростання цін на імпортовані енергоносії та зменшення енергетичної безпеки у більшій кількості країн світу призводить до впровадження і розвитку відновлювальних джерел енергії. Розвиток та використання альтернативної енергетики у світі є одним із пріоритетних державних напрямів, який базується на впровадженні новітніх технологій та практичного досвіду в сфері виробництва та використання відновлювальних джерел енергії [1, 2].

Використання відновлюваної енергії зросло на 3% у 2020 році, оскільки попит на всі інші види палива знизився. Основною рушійною силою стало зростання виробництва електроенергії з відновлюваних джерел майже на 7%. Довгострокові контракти, пріоритетний доступ до електромережі та безперервне встановлення нових електростанцій сприяли розвитку відновлюваних джерел енергії, незважаючи на зниження попиту на електроенергію, проблеми ланцюга поставок та затримки будівництва в багатьох частинах світу. Відповідно, частка відновлюваних джерел у світовому виробництві електроенергії зросла до 29% у 2020 році з 27% у 2019 році. Використання біоенергії в промисловості зросло на 3%, але було значною мірою компенсовано зниженням виробництва біопалива, оскільки зниження попиту на нафту також зменшило використання змішане біопаливо [3].

У 2021 році провідними країнами із встановлених відновлюваних джерел енергії були Китай, США та Бразилія. Китай був лідером у виробництві відновлюваних джерел енергії з потужністю близько 1020 ГВт/год. На другому місці США з потужністю близько 325 ГВт/год. А на третьому місці у світовому рейтингу у виробництві відновлюваних

джерел енергії з потужністю 160 ГВт/год. є Бразилія (рис. 1) [4]. Слід зауважити, що відновлювана енергетика є важливим кроком у пом'якшенні кліматичних змін та зменшенні наслідків, спричинених цим явищем.



**Рис. 1. Країни-лідери за встановленими потужностями відновлюваної енергії у світі в 2021 році [4].**

Потужність відновлюваної енергії визначається як максимальна генеруюча потужність установок, які використовують відновлювані джерела для виробництва електроенергії. Останні дані свідчать про те, що частка відновлюваної енергії у світовому виробництві електроенергії зростає.

Аналіз світового виробництва електроенергії з відновлювальних джерел енергії свідчить про те, що лідерами виробництва електроенергії є Китай і США (рис. 2). Слід відмітити, що Китай найбільше виробляє енергію за рахунок таких відновлювальних джерел як: гідроенергія – 62 ТВт/год., сонячна енергія – 54 ТВт/год., вітрова енергія – 154 ТВт/год. США відповідно 9 ТВт/год., 26 ТВт/год. та 61 ТВт/год. [5].

Геотермальна енергетика також зростає. Дані свідчать про збільшення потужностей геотермальної енергії в усьому світі за останні 10 років. Так само в останні роки відбулося різке збільшення потужностей глобальної сонячної енергії.

Зазначимо, що розвиток альтернативної енергії або зеленої енергії в країнах світу є актуальною і її актуальність із кожним роком зростає. Гідроенергія, вітрова та сонячна енергія, біомаса та геотермальна енергія є чистими та безмежними джерелами енергії. Оскільки, як відновлювані джерела енергії, вони відіграють домінуючу роль у енергетичному переході. Важливо сприяти їх розвитку для боротьби з глобальним потеплінням та залежності країн світу від імпортованих енергоносіїв. Енергетичні системи мають бути швидко електрифіковані та інтегровані при цьому вони потребують державної підтримки на кожному рівні. Одним із простих

способів скоротити споживання викопного палива є перехід до постачальника відновлюваної енергії. Багато провайдерів пропонують зелені тарифи, коли електроенергію виробляють із екологічно чистих джерел.

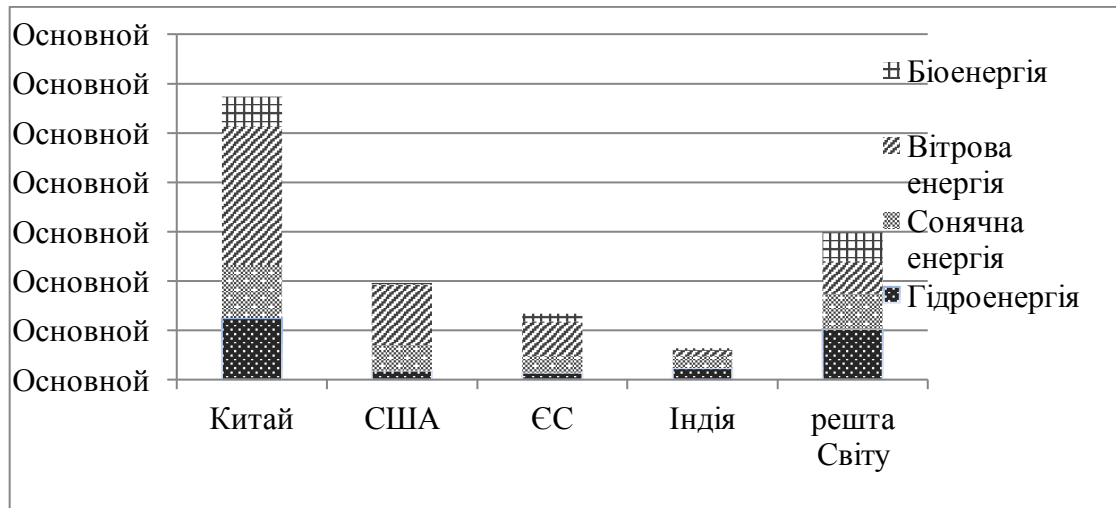


Рис. 2. Виробництво електроенергії з відновлювальних джерел енергії в країнах та регіонах Світу в 2021 році, ТВт/год. [5]

#### Використані інформаційні джерела:

1. Мельник Н. В. Аналіз моделі ринку біоетанолу та розвиток біржі біопалива в Україні. *Наукові горизонти*. 2020. № 6 (91). С. 101–115. doi: 10.33249/2663-2144-2020-91-6-101-115
2. Chaikin, O., Kirieieva, E. (2020). *Branch Approach to Sustainable Development and Inclusive Growth: Ukraine Case*. *Scientific Horizons*, 06 (91), 19–25 p. doi: 10.33249/2663-2144-2020-91-6-19-25
3. Roberts, D (2019). *The global transition to clean energy, explained in 12 charts*. URL: <https://www.vox.com/energy-and-environment/2019/6/18/18681591/renewable-energy-china-solar-pv-jobs>
4. Madhumitha Jaganmohan (2022). *Renewable energy capacity 2021, by country*. <https://www.statista.com/statistics/267233/renewable-energy-capacity-worldwide-by-country/>
5. *Global Energy Review 2021*. URL: <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2021/renewables>

*Мельниченко С. Г.*

*здобувачка ступеня доктора філософії,  
асистентка кафедри водних біоресурсів та аквакультури,  
Херсонський державний аграрно-економічний університет  
м. Херсон, Україна*

## **ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ОЦІНКИ СТУПЕНЯ КОАДАПТИВНОСТІ ТЕРИТОРІЇ**

Сучасний економічний розвиток зумовлює інтенсивне використання природних ресурсів, що з одного боку, збільшує антропогенне навантаження на природне навколишнє середовище, а з другого – неможливість їх відтворити і, як наслідок, виникає дисбаланс між природою та населенням.

Незважаючи на значну кількість досліджень, присвячених темі взаємодії природи і суспільства [5-7], механізм цього процесу до кінця не вивчений. Коадаптивний підхід націлює на створення таких природно-господарських систем, у яких господарська і природна підсистеми були б взаємоузгоджені та сумісні. Ця проблема не вирішена ні на теоретичному, ні на методичному рівні.

В умовах сучасного природокористування визначення рівня коадаптивності у межах природно-господарських систем різних рівнів організації є першочерговою та актуальною.

Метою роботи є дослідження теоретико-методологічних засад оцінки ступеня коадаптивності території.

Під природокористуванням зазвичай розуміють процес використання людиною природних ресурсів у виробничій та невиробничій сферах, охорону та відтворення цих ресурсів.

На сучасному етапі розвитку суспільства та науково-технічного процесу трактування поняття «природокористування» є досить неоднозначним. Так, виділяють такі основні тлумачення означеного поняття [1- 2]:

- раціональне природокористування, за якого передбачається відтворення, охорона та «правильне» раціональне використання природних багатств;

- антропогенна діяльність, яка передбачає використання природних ресурсів з метою отримання так званого «економічного ефекту», тобто для створення матеріальних і нематеріальних благ задля задоволення потреб людства;

- територіальне природокористування, яке передбачає вивчення, освоєння, використання охорону та відтворення природних багатств певних територій (регіон, країна, район);

- використання природних ресурсів на таких рівнях, як глобальний, регіональний та локальний.

В умовах стрімкого світового соціально-економічного розвитку стратегічним напрямком природоохоронної діяльності має бути більш системне, повне, цілісне, комплексне використання природних благ, наукове обґрунтування, розробка та впровадження в дію безвідходних та маловідходних технологій, за рахунок чого можна було б повністю чи хоча б частково забезпечити вторинну переробку сировини та зменшити антропогенний вплив на природне середовище.

У наш час головною складовою у взаємодіях природи та людства виступає коадаптивне сумісництво господарської та природної складових певних територій. У аспекті «коадаптивності», саме природа виступає на перше місце, оскільки саме охорона природи є важливим аспектом підтримання динамічної рівноваги між підтриманням відтворюваності природної підсистеми і використанням природних багатств людиною. Саме тому оцінка коадаптивної сумісності природної та господарської підсистеми певної території дає можливість не лише забезпечити раціональне природокористування, але й розробити певну стратегію сталого розвитку цієї території.

Під поняттям «коадаптивність» мають на увазі таке функціонування господарської та природної підсистем, при якому всі складові кожної з підсистем гармонійно взаємодіють між собою, при цьому не порушуючи геоекологічну ситуацію на певній території.

Під коадаптивним природокористуванням розуміють:

- таке планування організації території, за якого б фізико-географічна область, регіон чи район функціонували як цілісна стійка геосистема, у якій антропогенно модифіковані геосистеми (господарські підсистеми), узгоджені з природними і наближеними до них геосистемами за принципом сумісності;

- це структурна сумісність господарської та природної підсистем цілісної природно-господарської територіальної системи (ПГТС), де людина й продукти її життєдіяльності виступають на рівні повноцінних компонентів системи.

У науковій літературі щодо сучасного коадаптивного природокористування, виділяють такі головні принципи [5-7]:

- унікальності, за яким передбачено урахування закономірностей розвитку та специфіки об'єкта природокористування, розрахункових і абсолютних меж навантажень;

- кумулятивності, сутність якого полягає в тому, що кінцевий результат різночасових або одночасних впливів кількох чинників на географічну систему нерівнозначні сумі одержаних результатів цих же чинників, в тому випадку якщо вони діють окремо;

- принцип системності – саме з його боку розглядають кожен об'єкт як цілісну систему, яка складена з пов'язаних між собою господарської та природної складової;

- синергізм, за яким спільна дія окремих елементів певної системи призводить до утворення якісно нових структур та властивостей;

- обмеження, який полягає в припустимих характеристиках окремих елементів системи в географічному просторі, їх зміни у часі та за рівнем навантажень;

- нестійкості, який свідчить про наявність у кожній системі зворотного зв'язку, який і визначає її нестабільність, що є причиною розвитку або деструкції;

- збереження, оскільки саме зворотній зв'язок визначає вірогідність повернення системи в свій колишній стан;

- нелінійність розвитку, який свідчить про наявність нелінійних процесів та блоку невизначеності у існуванні, що дає змогу робити прогноз через точки біфуркації та стадії відносної стійкості;

- самоорганізована критичність – системи при зміні зовнішнього середовища, що веде до деградації, можуть зберігати свій стан при подальшій тенденції зміни середовища;

- узгодженість, так як усі природні системи розвиваються за законами самоорганізації, їм неможливо нав'язувати інші шляхи, які неузгоджені із стадіями їх внутрішнього розвитку;

- малі впливи – який зазначає, що резонансні малі впливи, узгоджені з внутрішніми властивостями геосистем, є більш ефективними, ніж сильні, але не резонансні

- принцип ведучого процесу, за яким в кожній геосистемі завжди є головний – «ведучий» процес, а всі інші підпорядковані йому і другорядні.

Нині існує ряд методик оцінки ступеня коадаптивності. Так, у роботі І. В. Охременко «Экологический аудит территорий и туризм» була розроблена методика оцінки ступеня коадаптації природної та господарської підсистем в межах території, яка ґрунтувалась на таких основних етапах [4]:

- на першому етапі необхідно визначити структурну сумісність підсистем в межах певної території: спочатку треба визначити ступінь узгодженості ландшафтно-територіальних систем із господарськими системами, а потім – їх структурну сумісність на рівні загальної територіальної організації;

- на другому етапі, авторкою запропоновано визначення впливів природної підсистеми певної території на господарську, при цьому виявивши основні деструктивні процеси, які наявні на досліджуваній території;

- третім етапом є дослідження впливів природної системи на господарську через призму часу, тобто протягом історичного періоду освоєння досліджуваної території;

- на четвертому етапі дослідження запропоновано дослідження коадаптації природної та господарської підсистем, де визначається взаємовплив об'єкта аудита та його середовища через пошук неперервно зв'язаних процесних та структурних змін середовища.

На сьогоднішній день, ситуація ускладнюється через зосередження різних типів природокористування в межах однієї території. Мальчиковою Д. С. [3] була здійснена спроба оцінки несумісності (сумісності) та конфліктності видів природокористування в межах Херсонської області за допомогою матриці конфліктних ситуацій різних видів природокористування наявних у регіоні. За результатами чого було виявлено, що межування деяких видів природокористування є взаємовиключним і навіть певною мірою конфліктним, проте більшість із них певною мірою все ж таки сумісні між собою.

Отже, під «коадаптивністю», мають на увазі таке функціонування господарської та природної підсистем, при якому всі складові кожної з підсистем гармонійно взаємодіють між собою, при цьому не порушуючи геоекологічну ситуацію на певній території. Коадаптивне природокористування – це структурна сумісність господарської та природної підсистем цілісної природно-господарської територіальної системи (ПГТС), де людина і продукти її життєдіяльності виступають на рівні повноцінних компонентів системи.

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

1. *Географічна енциклопедія України: в 3 т. / Ред. кол. О. М. Маринич (Відповід. ред.) та ін. К., 1990. Т.2. С.324.*

2. *Данилишин Б. М. Економіка природокористування : підруч. Б. М. Данилишин, М. А. Хвесик, В. А. Голян. К. : Кондор, 2010. 465 с.*

3. *Мальчикова Д. С. Територіальні ресурси як основа стратегії регіонального розвитку Херсонської області. Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія: Географічні науки, 2014, №1. С. 52–58.*

4. *Охременко И. В. Экологический аудит территорий и туризм Ученые записки ТНУ им. В. И. Вернадского. География, 2010, Т. 23(62), №3. С. 119–122.*

5. *Позаченюк Е. А. Экологическая экспертиза: природно-хозяйственные системы. Симферополь, 2003. 473 с.*

6. *Швебс Г. И. Контурное земледелие. Одесса, 1985. 55 с.*

7. *Швебс Г. И. Концептуальная модель рационального использования природных ресурсов. Изв. ВГО, 1978. 110. С. 537–540.*

*Мисковець І. Я., к. геогр. н., Мольчак Я. О., д. геогр. н.  
Луцький НТУ, Луцьк, Україна*

## **СУТНІСТЬ СУЧАСНОЇ ГЛОБАЛЬНОЇ ЕКОЛОГІЧНОЇ ПРОБЛЕМИ**

Людина, що проживає в цьому столітті, опинилася в світі, де живе понад шість млрд. чоловік, обтяжених багатьма проблемами – супутниками його соціально-економічного розвитку. Це і військові протистояння, в останні роки, і природне середовище, природа, суспільство, проблеми народонаселення, харчування, охорони здоров'я, енергетична проблема тощо. До цього додаються проблеми природокористування: скорочення лісів (20 га/хв.), опустелювання земель (44 га/хв.), зростання парникових газів в атмосфері, скорочення озонового екрану тощо. Якщо ці факти покласти на вісь часу і зіставити з динамікою зростання народонаселення, то вийде, що одне супроводжує інше. Суспільство зіткнулося з серйозною системною кризою і можна стверджувати, що в його основі, зокрема, лежать принципи взаємовідносин суспільства і природи [1].

Взаємодія суспільства і природи здійснюється об'єктивно: людина є частиною природи, а природа є частиною його господарства через природні ресурси – тобто тіла і сили природи, які він використовує, або буде у своїй господарській діяльності. У той же час соціоприродний дуалізм людини зумовлює субстанційну різницю суспільства і природи і є передумовою протиріч між ними. Справа в тому, що з появою розуму людина підпорядкувала свій розвиток цілям, які формує сама для себе [2]. Ці цілі можуть не збігатися з вектором еволюції природи і привести до серйозних катаклізмів, що і відбувається останнім часом.

Антропогенний прес на природу різко посилюється в епоху промислової революції, починаючи з кінця ХУІІІ століття. Розпочата науково-технічна революція різко розсунула горизонти можливостей задоволення потреб людей, а разом з тим і навантаження на природні системи. Відсутність обмежень на використання природних об'єктів призвела до різкого погіршення якості довкілля. Особливо це стало виявлятися в період сучасних війн, а саме – забруднення середовища проживання людей. Головним об'єктом експансії стали ліси. Якщо 100 років тому лісистість території світу була 30-40%, то зараз вона складає до 20%, що має наслідки глобальної зміни географічного оточення. Швидко виявилися регіональні проблеми: кислотні дощі, порушення ґрунтового покриву тощо. Крім всього, в кінці ХХ ст., на початку ХХІ почалися масові випробування атомних бомб, які на порядок збільшили радіоактивність об'єктів довкілля в глобальному відношенні, масове застосування пестицидів, якими



забруднена практично вся суша [3]. Тому цей час вітчизняний еколог Н.Ф. Реймерс вважає формальним початком сучасної екологічної кризи. Якщо раніше про охорону природи говорили нечисленні захисники природи, то сьогодні проблема перенесена у вищі ешелони влади і на міжнародний рівень [4].

Переломним роком у ставленні до взаємодії суспільства і природи став 1972 р. – рік Стокгольмської конференції ООН із навколишнього середовища, системи нагляду за станом довкілля в національному і глобальному масштабах. Тобто, з одного боку, фактом є погіршення якості навколишнього середовища, з іншого – прагнення до економічного зростання бідних країн і тих, що розвиваються. Тому, маємо суперечність між станом і орієнтацією продуктивних сил суспільства та вимогами, що пред'являються до якості навколишнього середовища, а саме – підтримання на Землі суворо певних фізико-хімічних констант та умов, які забезпечують життя людей. Це протиріччя визначає сутність глобальної екологічної проблеми, яка є відображенням суперечностей, що виникають у системі взаємодії на умовах життєдіяльності людей, зв'язків суспільства і природи, в результаті інтенсифікації їх соціально-політичних, економічних та інших процесів. Наслідки і масштаби форм їх проявів залежать від соціально-економічних відносин, рівня розвитку продуктивних сил, стану науки і техніки тощо [3]. Основним аспектом проблеми є забруднення навколишнього природного середовища, а саме – водних ресурсів, атмосфери, ґрунту.

Причини забруднення – чисельність населення Землі й темпи його зростання є визначеними чинниками підвищення інтенсивності забруднення всіх геосфер Землі; величезний масштаб діяльності людини на природу який посилювався в міру зростання чисельності населення і ускладнення форм його діяльності; нераціональне використання первинних природних ресурсів; масове застосування мінеральних добрив і хімічних засобів захисту рослин; технократичне мислення – причина руйнівного підходу до природи – наївно-прагматичне ставлення до неї і глибоко помилкове уявлення людей про власні всемогутності, підкріплені технологіями і потужними джерелами енергії; спуск радіоактивних відходів у моря й річки, як і захоронення їх у верхніх водонепроникних шарах земної кори тощо. Деградація земель (ґрунтів) являє собою сукупність природних і антропогенних процесів, що призводять до зміни функцій ґрунтів, кількісному і якісному змін їх складу та властивостей і зниження родючо-господарської значущості земель.

Сьогодні світова цивілізація вступила в такий етап свого розвитку, коли на перше місце висунулися проблеми виживання і самозбереження людства, збереження навколишнього природного середовища та раціонального використання природних ресурсів. Сучасний етап розвитку людства оголив проблеми, викликані зростанням населення Землі, суперечностями між

традиційним господарюванням і наростаючим темпом використання природних ресурсів, забруднення біосфери промисловими відходами і обмеженими можливостями її до їх нейтралізації [4]. Відмічені протиріччя та військові дії гальмують подальший науково-технічний прогрес людства, стають загрозою його існування.

Тільки в другій половині ХХ століття, завдяки розвитку екології та поширенню екологічних знань серед населення, стало очевидним, що населення є неодмінною частиною біосфери, яка підкорена природі, безконтрольне використання її ресурсів і забруднення навколишнього середовища – глухий кут у розвитку цивілізації і в еволюції самої людини. Таким чином, сучаснішою умовою розвитку людства є дбайливе ставлення до природи, турбота про раціональне використання та відновлення її ресурсів, збереження сприятливого довкілля.

Сьогодні у взаємовідносинах між природою і людиною відбувається покращення, що привело до різкого збільшення чисельності населення, інтенсивної індустріалізації і урбанізації на Землі. Внаслідок цього порушився природний кругообіг речовин у біосфері. Під загрозою опинилося здоров'я нинішнього і майбутнього поколінь людей. Екологічна проблема сучасного світу не тільки гостра, але й багатогранна. Вона з'являється практично у всіх галузях матеріального виробництва, має відношення до всіх регіонів планети.

Багато мешканців не розуміють взаємозв'язку між станом навколишнього природного середовища та господарською діяльністю людини. Широке еколого-природоохоронне просвітництво має метою допомогти людям у засвоєнні екологічних знань та етичних норм і цінностей, відносин і способу життя, які необхідні для розвитку природи і суспільства.

Завданням сьогодення є охорона природи, що стала соціальною. Знову і знову ми чуємо про небезпеку, що загрожує навколишньому середовищу, але до цих пір багато хто із нас вважають їх неприємним, але неминучим породженням цивілізації й думають, що ми ще встигнемо впоратися з усіма труднощами [ 5 ].

Але, вплив людини на навколишнє середовище прийняло загрозливі масштаби. Щоб у корені поліпшити положення, знадобляться цілеспрямовані і продумані дії всього людства. Відповідальна і діюча політика стосовно навколишнього природного середовища і його охорона та бережне відношення буде можлива лише тоді, коли ми назбираємо необхідні дані про сучасний стан середовища, обґрунтовані знання про взаємодію важливих екологічних факторів [6]. При цьому необхідно розробити нові науково обґрунтовані методи зменшення і запобігання шкоди, що завдається людиною довкіллю.

### **Використані інформаційні джерела:**

1. Горбач Л. М. *Інноваційне забезпечення екологічного розвитку: сучасні реалії та перспективи: монографія.* К. : «Кондор-Видавництво». 2016. 360 с.

2. Константинов В. М. *Охорона природи.* М. : Видавничий центр «Академія», 2010. 246 с.

3. Мольчак Я. Ю Мисковець І. Я. *Еколого-економічні аспекти управління природокористуванням // Екологічні нотатки. Вип. 5. Луцьк : ІВВ ЛНТУ. 2017. С.115–121.*

4. Назарук М. М. *Основи екології та соціоекології : Навч. посібник.* Львів: «Афіша». 2012. 214 с.

5. Ситник К. І., Брайон А. Н. *Біосфера, екологія, охорона природи.* К. : Наукова думка, 2012. 302 с.

6. Хвесик М. А. *Економіка природокористування: вектори розвитку : Монографія.* К. : ДУ ІЕПСР НАН України. 2019. 398 с.

<sup>1</sup>Михайленко В. П., к. х. н., <sup>2</sup>Близнюк М. М., д. п. н.

<sup>1</sup>Київський національний університет імені Тараса Шевченка,  
м. Київ, Україна

<sup>2</sup>Полтавський національний педагогічний університет  
імені В.Г. Короленка, м. Полтава, Україна

## **УСВІДОМЛЕННЯ НЕБЕЗПЕК ВІД ПОЖЕЖ НА ЗВАЛИЩАХ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ**

Пожежі на сміттєзвалищах та полігонах твердих побутових відходів (ТПВ) є одними з найбільш складних і довготривалих небезпек, які трапляються все частіше в усьому світі. Їх гасіння вимагає значних ресурсів, зусиль і часу. Картину пожежної небезпеки підсилює недостатня дослідженість соціально-економічних та технологічних факторів, застаріла система поводження з відходами та низька культура поведінки населення. Прогнозування та попередження пожеж на полігонах є надзвичайно складним завданням, Комплексний характер проблеми значною мірою ускладнює її дослідження.

Виникнення пожеж часто відносять до самодовільних процесів, спричинених біохімічним розкладанням відходів, за рахунок підвищення температури тіла звалища до 40-70 °С, або до необережного поводження населення з вогнем і навмисних підпалів. Найчастіше пожежі трапляються в період пожеж влітку. За даними синоптиків, кліматичні зміни в Україні привели до підвищення середньорічної температури на 2°С та пересування межі кліматичних зон на північ в середньому на 200 км. Клімат в південно-східних областях стає більш теплим і сухим, що додатково підвищує пожежну небезпеку на таких об'єктах.

Метою дослідження є розробка загальної картини небезпеки сміттєвих пожеж та розробка спільних стратегій та спільних рекомендацій щодо їх усунення. Виявлення соціально-економічних причин виникнення пожеж, та їх наслідків для довкілля, зокрема, негативного впливу на здоров'я населення пилових мікрочастинок, легкозаймистих та токсичних сполук. Вивчення здатності до транскордонної міграції забруднень на великі відстані.

Згідно з статистичними даними, на території України розміщено 6 700 офіційних полігонів та звалищ, а неофіційні показники можуть бути ще вищими. Така кількість пожежонебезпечних об'єктів підкреслює актуальність досліджень. Особливо це стосується теперішнього часу, коли в умовах воєнного стану такі об'єктами стають місцем ворожих диверсій.

Статистичні дані про пожежі на полігонах ТПВ не відокремлені від «відкритих» пожеж. Фактично виявити кількість таких інцидентів

неможливо. Це є основною перешкодою у розробці політики превентивних заходів щодо усунення пожеж на полігонах ТПВ на національному рівні. Пожежа 2016 року на Львівському звалищі ТПВ «Грибовичі» привернула увагу громадськості та наукової спільноти, спрямовуючи на дослідження причин та наслідків пожеж, профілактичних заходів та їх мінімізації.

В українських джерелах літератури мало досліджені питання щодо утворення токсичних речовин в результаті горіння, їх здатність до транскордонної міграції на великі відстані та як вони впливають на здоров'я населення. Беручи до уваги різноманітність підходів, що застосовуються в різних країнах та складний характер пожежних інцидентів, пов'язаних із відходами, важливим завданням є вироблення комплексного підходу для визначення повного спектру небезпек, спільного бачення, існуючих бар'єрів для їх подолання.

Забруднення атмосфери димовими газами та утворення смогів є новим типом небезпек для багатьох людей, які вже її усвідомили. Такі забруднення становлять небезпеку навіть для тих, кому прямий вплив від вогню не загрожує. Розуміння пилу та диму як складової забруднень атмосфери, необхідно для підтримки інтегрованого управління якістю довкілля та живими істотами в країні та за її межами. Додаткового вивчення вимагають небезпеки від розповсюдження мікрочасток ( $PM_{2,5}$ ), Проблема тління органічного матеріалу в тілі полігону пов'язана з транскордонним переносом повітря, забрудненого тонким пилом, твердими часточками діаметром менше 10 мкм ( $PM_{10}$ ), які можуть бути значною небезпекою для здоров'я в суміжних регіонах. Забруднення повітря здатне подорожувати на великі відстані до регіонів із повітряними потоками. Дослідження показали, що частинки розміром менше 2,5 мкм ( $PM_{2,5}$ ) можуть мігрувати навіть у міжконтинентальних масштабах (Shuchang Liu, 2020).

Однією з недостатньо вивчених небезпек від пожеж на звалищах ТПВ є утворення токсичних сполук, віднесених до класу стійких органічних забрудників (СОЗ) та їх міграція на великі відстані. Побутові відходи містять різноманітні хімічні речовини та продукти на основі поліфторакрилових сполук (PFAS), які містяться в багатьох споживчих, комерційних та промислових товарах, які надходять на звалища. Такий робить викиди від сміттєвих пожеж під їхнім впливом стійкими, біоаккумулятивними та токсичними за своєю природою.

Завдяки їхній стійкості у навколишньому середовищі багато PFAS виявляють у крові людей і тварин у всьому світі. Вони мігрують у довкіллі і їхня присутність в низьких рівнях виявлена у різноманітних харчових продуктах. В даний час сміттєві пожежі є найбільш домінуючим джерелом викидів поліхлорованих дифенілів (ПХДД/Ф) в Європі, а дослідження глобального впливу на стан здоров'я населення показало, що викиди від сміттєвих пожеж спричиняють 270 000 передчасних смертей дорослих на рік.

Швидке зростання легкозаймистих органічних відходів у складі ТПВ у поєднанні з тенденцією підвищення середньодобових температур формує високий рівень пожежної небезпеки звалища і значну ймовірність утворення та поширення отруйних сполук на великі відстані в Україні й за її межами. Сміттєві пожежі все частіше заявляють про небезпеку через відсутність ефективних приладів піногасіння. Гасіння пожеж водою призводить до небезпек зсуву тіла звалища, як це відбулось на Львівському звалищі ТПВ «Грибовичі» (рис. 1).



**Рис.1. Територія Львівського звалища ТПВ «Грибовичі»**

Аналіз світової статистики пожеж (Звіт ЄПІФ, 2019) показує, що пожежі на звалищах в Україні трапляються часто. У 2017 році на сміттєзвалища припадає 10,4% пожеж, загальною кількістю – 104 випадки, що створює відповідну кількість надзвичайних ситуацій складного характеру. Вважається, що пожежі мають високу екологічну небезпеку (Сарапіна, 2017), та спричиняють серйозні людські втрати і відчутні негативні наслідки для довкілля, як джерела поширення СО<sub>2</sub> (Вайхенталь, 2015, 2019, Ваверкова, 2019). Такі сполуки підпадають під дію Стокгольмської конвенції про стійкі органічні забруднювачі, СО<sub>2</sub>, Стороною якої є Україна.

Існує необхідність вивчити фактори, які можуть призвести до самозаймання ТПВ, якщо вони зберігаються протягом досить тривалого періоду. Краще розуміння цих факторів може допомогти у встановленні практичних настанов щодо ефективного поводження з ТПВ та зменшення екологічних та соціальних витрат, спричинених самозайманням пожеж.

Аналіз критичних спостережень та надання рекомендацій щодо запобігання, мінімізації, та пом'якшення несприятливих наслідків аварій на

полігонах можуть бути корисними для покращення управлінських рішень та пожежної безпеки. Виявлення природи виникнення пожеж на сміттєзвалищах та заходів щодо запобігання забрудненню димом дозволить людям побачити взаємозв'язок їхнього самопочуття з тим, що відбувається у фізично віддалених просторах.

### **Використані інформаційні джерела:**

1. Гаврилюк Р. Б., Тимченко І. В., Михайленко В. П. Вплив фільтрату Грибовицького сміттєзвалища на забруднення підземних вод // Прикладні науково-технічні дослідження : матеріали IV міжнародної науково-практичної конференції (1-3 квітня 2020 р., м. Івано-Франківськ) / Академія технічних наук України. Івано-Франківськ: ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника», 2020. Т. 1. С. 12–14.

2. Сарапінa М. В. Еколого-токсикологічний ризик професійного захворювання пожежників внаслідок ліквідації пожеж на звалищах // Комунальне господарство міст. Серія : Технічні науки та архітектура. 2017. Вип. 139. С. 73–78. Sarapina M.V. (2017) Ecological and toxicological risk of occupational disease of firemen as a result elimination of fires on dumps MV // Komunal'ne hospodarstvo mist. Seriya : Tekhnichni nauki ta architecture. 2017. Vyp. 139. P. 73–78. - Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/kgm\\_tech\\_2017\\_139\\_17](http://nbuv.gov.ua/UJRN/kgm_tech_2017_139_17)

3. CTIF Report #24, Center of Fire Statistics, CTIF 2019, tab.4, [ Electronic resource ]: [https://www.ctif.org/sites/default/files/news\\_files/2019-04/CTIF\\_Report24\\_ERG.pdf](https://www.ctif.org/sites/default/files/news_files/2019-04/CTIF_Report24_ERG.pdf)

4. Shuchang Liua, Jia Xinga, Shuxiao Wang, Dian Dinga, Lei Chena, Jiming Haoa Revealing the impacts of transboundary pollution on PM2.5-related deaths in China Environment International v.134, 2020 <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105323>

5. Vaverková, M. D.(2019). Landfill Impacts on the Environment – Review Geosciences 2019, 9, 431; doi:10.3390/geosciences9100431

6. Weichenthal S. et. Al. (2019). The impact of a landfill fire on ambient air quality in the north: A case study in Iqaluit, Canada. *Environmental Research*, #142, 2015, P 46–50/



<sup>1</sup>*Мітрясова О. П., д. пед. н., проф.,* <sup>2</sup>*Шибанова А. М., к. т. н., доц.,*

<sup>2</sup>*Джумеля Е. А., доктор філософії*

<sup>1</sup>*Чорноморський національний університет*

*імені Петра Могили, Миколаїв,*

<sup>2</sup>*Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна,*

## **ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ ВОДНОГО ОБ'ЄКТУ ЯК УМОВА ПОПЕРЕДЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ**

Проблема стану поверхневих вод є одним з ключових викликів людства. Відповідно до цілей сталого розвитку, для України, де понад 70% всього водокористування припадає саме на поверхневі води, моніторинг є не тільки основою попередження екологічних криз, особливо за умов війни, але й однею з умов сталого використання водних ресурсів та якості довкілля загалом. Дослідження та аналіз екологічного стану водних об'єктів, зокрема річок, має важливе практичне значення, оскільки їх стан у подальшому відбиваються на якості питної води.

Екологічний стан поверхневих вод залежить від політики водокористування, тому оборотне та повторно-послідовне використання води відбивається на актуальному статусі водного об'єкту. Найперспективнішим методом ідентифікації зон підвищеної екологічної небезпеки є оцінювання екологічного стану. Це дозволяє визначити допустимий антропогенний тиск з метою збереження сталого існування певної водної екосистеми.

Мета роботи полягає в оцінюванні екологічного стану водного об'єкту за гідрохімічними показниками.

Під час дослідження використано такі методи: порівняння та аналогій; аналізу; спостереження; синтезу; узагальнення. Для проведення дослідження використовувались такі програми для розрахунків: Google Maps, програмне забезпечення Microsoft Excel. Google Maps використовувались для пошуку місцевостей на картах та побудови потрібних для роботи карт. Microsoft Excel використовувались для виконання розрахунків та побудови графічних зображень.

Визначення екологічного стану проводилось за допомогою використання формул екологічних індексів (1), трофо-сапробіологічного індексу (2) та індексу екологічної якості (EQI) (3).

$$I_E = \frac{(I_C + I_{TC} + I_T)}{3}, \quad (1)$$

де,  $I_C$  – індекс забруднення компонентів сольового складу;

$I_{TC}$  – трофо-сапробіологічний індекс;



$I_T$  – індекс специфічних показників токсичної та радіаційної дії.

$$I_{TC} = \frac{(I_{KP} + I_{OP} + I_{3П} + I_{БР})}{4}, \quad (2)$$

де,  $I_{KP}$  – індекс показників кисневого режиму;

$I_{OP}$  – індекс показників вмісту органічних речовин;

$I_{3П}$  – індекс загальних показників (рН, завислі речовини та ін.);

$I_{БР}$  – індекс показників вмісту сполук біогенних елементів [6].

$$EQI = \sum_{i=1}^N \frac{P_e}{P_i}, \quad (3)$$

де,  $P_i$  – значення показника в  $i$ -му створі;

$P_e$  – значення показника в еталонному створі;

$N$  – загальна чисельність показників.

Градації індексу  $EQI$  відповідно до класів якості вод наведено у керівному документі ЄС «Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC), Guidance document № 10» [14] (табл. 1).

*Таблиця 1*

**Індекс екологічної якості вод**

Клас якості вод	1	2	3	4	5
	Відмінна (high)	Добра (good)	Посередня (moderate)	Низька (poor)	Погана (bad)
Значення $EQI$	>0,83	0,82-0,62	0,61-0,41	0,40-0,20	<0,20

Для приведення індексу екологічної оцінки якості вод ( $I_E$ ) до діапазону від 1 до 0, який прийнято для  $EQI$ , можна використати формулу 4:

$$I_{Eпр} = 1 - \frac{I_E}{7}. \quad (4)$$

**Результати.** Моніторингові дослідження по Бузькому лиману проводились в точці моніторингу (Миколаївська ТЕЦ, рис. 2) щоквартально по гідрохімічним та радіологічним показникам. У період із 2004 року по 2020 рік було відібрано 60 проб по кожному досліджуваному гідрохімічному параметру.

Оцінювання екологічного стану здійснювалося на основі «Методики екологічної оцінки стану поверхневих вод за відповідними категоріями» [1] за допомогою відповідних індексів (формули 1, 2, 3, 4).



**Рис. 1. Точка моніторингових спостережень для оцінювання екологічного стану поверхневих вод Бузького лиману в межах м. Миколаїв: 1 – місто Миколаїв, 2 – річка Південний Буг, 3 – річка Інгул, 4 – Бузький лиман (Варварівський міст), 5 – Бузький лиман, 6 – точка відбору проб (Миколаївська ТЕЦ).**

Отже, найбільшими забруднювачами водної екосистеми у даній точці моніторингу є такі компоненти: сухий залишок, хлориди, підвищена жорсткість води, що супроводжується зниженням прозорості води, а також погіршенням кисневого режиму. Забруднення води і зниження її якості головним чином відбувається за рахунок речовин антропогенного походження. Забруднюючі речовини потрапляють у водний об'єкт зі стічними водами, а також за рахунок забрудненими поверхневими стоками.

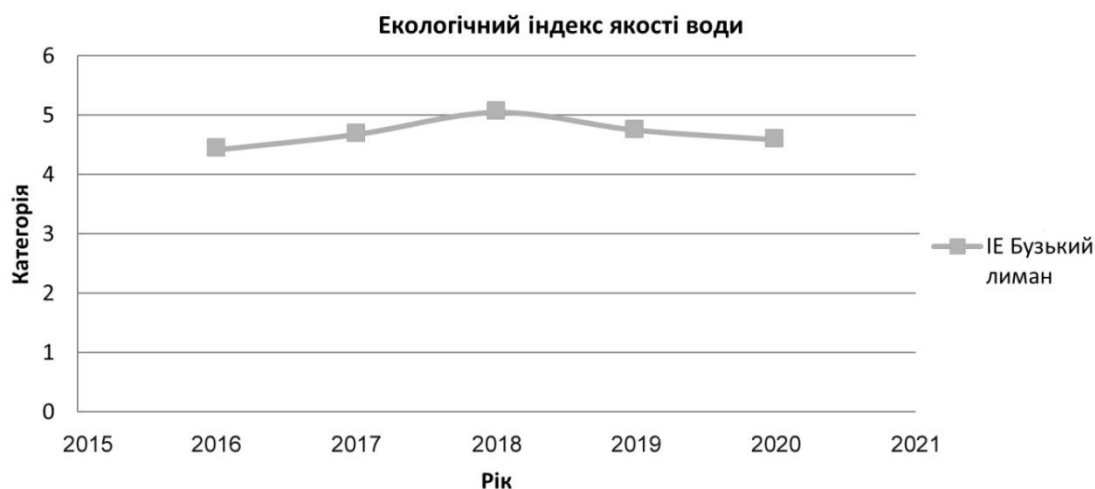
Для переведення індексу якості вод ( $I_E$ ) до діапазону від 1 до 0, який прийнято для  $EQI$  (табл. 1), використано формулу 4.

Отримані результати оцінювання екологічного стану поверхневих вод також подано у вигляді індексу екологічної якості ( $EQI$ ) згідно Водної Рамкової Директиви ЄС 2000/60/ЄС [2]. За цим документом клас якості поверхневих вод Бузького лиману в межах міста Миколаєва є «низьким».

У результаті оцінювання екологічного стану вод Бузького лиману встановлено, що якість води загалом є «задовільною», але досить часто визначається її погіршення. Спостерігається тенденція до більшого регресу [3].

Екологічний стан вод лиману найбільше погіршується, за рахунок речовин, що входять до хімічного трофо-сапробіологічного критерію забруднення, а саме: рН, зважені речовини, фосфати, БСК<sub>5</sub>, жорсткість загальна; а також до критерію сольового складу: сульфати та хлориди. Забруднення вод компонентами токсичної та радіаційної дії (Купруму та Цинку) в середньому помірно.

Аналізуючи отримані результати, можна зробити висновок, що вода в Бузькому лимані упродовж досліджуваного періоду є помірно забрудненою (рис. 2).



**Рис. 2. Екологічний індекс якості вод**

**Висновки.** Встановлено, що якість води, загалом, є «задовільною». Проте, досить часто зустрічається її погіршення і спостерігається тенденція до більшого регресу екологічного стану водного об'єкту. Екологічний стан вод лиману найбільше погіршується за рахунок речовин, що входять до хімічного трофо-сапробіологічного критерію забруднення, а саме: рН, зважені речовини, фосфати, БСК<sub>5</sub>, жорсткість загальна; а також до критерію сольового складу: сульфати та хлориди. Забруднення вод компонентами токсичної та радіаційної дії (Купруму та Цинку) загалом помірні.

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

1. Васенко О. Г., Верниченко-Цветков Д. Ю., Коваленко М. С. та ін. (2008). *Екологічна оцінка стану поверхневих вод України з урахуванням регіональних гідрохімічних особливостей*. Київ : УкрНДІЕП, 36–53.

2. *European Communities WFD CIS Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC) / Guidance document №10 River and lakes – Typology, reference conditions and classification systems*. Luxembourg, 2003, 87.

3. Мітрясова О. П., Погребенник В. Д., Шибанова А. М., Джумеля Е. А. *Оцінювання екологічного стану водного об'єкта за гідрохімічними показниками // Екологічна безпека та природокористування, 2022. № 1 (41). С. 18–30.*

*Мокрий В. І., д. т. н., Петрушка І. М., д. т. н., Джумеля Е. А., д. ф.  
Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна*

## **ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ СТЕБНИЦЬКОГО ХВОСТОСХОВИЩА ГІДРОТЕХНІЧНИМИ ЗАХОДАМИ**

Екологічна безпека Стебницького гірничопромислового району (ГПР) обумовлена негативним впливом гірничо-видобувної діяльності на довкілля внаслідок низької культури надрокористування [1]. Несвоєчасні і некоректні науково-технічні, гірничотехнічні, моніторингові і природоохоронні заходи створили передумови виникнення екологічних проблем для населення територій видобутку калійної солі. Потенційну небезпеку на території впливу підприємства створюють підземні гірничі виробки, що є осередками утворення карстів, а також хвостосховище. Розмив атмосферними опадами солевмісних відвалів, переповнення хвостосховища мінералізованими розчинами та атмосферними опадами спричинюють поширення геохімічних ореолів засолення ґрунтів, забруднення підземних та поверхневих вод. Для оптимізації Стебницької постмайнінгової геосистеми й стабілізації екологічної ситуації доцільне науково-технічне обґрунтування та розроблення технологій гідротехнічної рекультивациі хвостосховища, та фітомеліоративних заходів.

Актуальність гідротехнічної рекультивациі Стебницького хвостосховища обумовлена техногенною дестабілізацією геосистеми калійного родовища. Відповідно до Гірничого закону України, порушені під час розроблення корисних копалин території та об'єкти, необхідно привести у стан, безпечний для людей. Особлива увага повинна бути приділена недопущенню техногенних екологічних катастроф, обумовлених техніко-експлуатаційними, кліматичними та гідрогеологічними факторами., як це мало місце у 1983 р., коли розсоли калійних солей Стебницького хвостосховища зруйнували всю водну екосистему верхів'я басейну Дністра.

На основі результатів ідентифікаційних та інвентаризаційних досліджень, екологічного моніторингу території впливу Стебницького хвостосховища встановлено, що основною причиною його згубного впливу на довкілля є неефективна технологія перероблення полімінеральних руд, що призвело до утворенням величезної кількості відходів, які стали причиною екологічної катастрофи. Хвостосховище на даний час є найбільшим джерелом забруднення (засолонення) водоносного горизонту, поверхневих водотоків та ґрунтового покриву в досліджуваному районі. Некоректна експлуатація та відсутність ефективної системи збору і відведення вод атмосферного походження стало основною причиною сучасного кризового стану об'єкту.

Хвостосховище складається з двох секцій, загальною площею близько 125 га (рис.1). Площа першої секції, яка містить тверду фазу відходів збагачення, становить 69 га. Друга секція заповнена ропою і розділена перемичкою на дві ділянки – південну, площею 28,9 га та північну, площею 26,9 га. На даний час хвостосховище заповнене до критичного рівня, що збільшує ризик прориву дамби та стікання розсолів у гідромережу р.Дністер. Рівень розсолів у хвостосховищі зафіксовано на позначці: секція №1 – 310,64 м (допустимий 312 м); секція №2 – 303,38 м (допустимий 304 м). Рівень розсолів в секції №2 наближається до абсолютної відмітки 304 м (максимально допустимої), що створює загрозу переливу через охоронну дамбу, або загрозу прориву дамби та пошкодження гідротехнічної споруди.

Для запобігання надзвичайної ситуації, обумовленої можливим різким підняттям рівня води в секції №2 хвостосховища необхідно терміново здійснити гідротехнічні заходи щодо організації перехоплення поверхневих вод з розташованої вище площі водозбору і відведення атмосферних опадів, що випадають на площу хвостосховища. Для забезпечення екологічної безпеки секції №2 доцільна гідротехнічна рекультивация хвостосховища шляхом створення Стебницького гідропарку, розроблення та реалізація проекту гідротехнічних споруд. Концепція реалізації проекту гідротехнічної рекультивации Стебницького хвостосховища представлена на рис.1.



**Рис. 1. Діаграма процесу реалізації проекту гідротехнічної рекультивации Стебницького хвостосховища**

Пропоновані технічні рішення гідротехнічної рекультивації хвостосховища включають пропозиції проектування мережі напрямних, розподільчих і відвідних каналів по території вже сухої секції №1, для розвантаження секції №2 (рис.1). Освітлену воду з секції №2 у канали слід відводити водоскидами, які можуть бути виконані як горизонтальні перепускні труби в тілі внутрішньої дамби. Алгоритм водовідведення включає поступове пониження рівня розсолів спочатку з південної ділянки, з наступним пониженням рівня в північній ділянці.

Конструктивно-технологічні рішення з проектування розподільчих відвідних каналів і водоскидних споруд повинні прийматися з урахуванням інженерно-геологічних, гідрогеологічних, топографічних і сейсмічних умов. Врахування рельєфу місцевості, транспортної довжини, ширини і глибини каналів, ґрунтів основи проектованої гідромережі, з визначенням схем транспортування освітленої води, забезпечує екологічно безпечний гідродинамічний стан системи «хвостосховище – відвідні канали».

Пропонована гідротехнічна система є суттєвим доповненням до системи пилепригнічення у секції №1 хвостосховища і враховує місцеві кліматичні умови. Зменшення пиловиділення є засобом захисту від забруднення хвостосховищем атмосферного повітря, рослин, ґрунту, поверхневих вод. Для боротьби з пиловиділенням секції №1 необхідно утримувати на весь період експлуатації мінімально можливу площу сухого пляжу. Зволоження і закріплення поверхні, що виділяє пил, забезпечиться підтриманням постійного рівня води на поверхні проектованої гідротехнічної системи каналів. Найбільш ефективною технологією пилеподавлення є фітомеліорація, реалізована шляхом створення на поверхні хвостосховища рослинного покриття. Рекомендований фітомеліоративний метод пилоподавлення базується на основі результатів досліджень рослинного покриття секції №1 та власного досвіду фітомеліорації техногенних ландшафтів [2]. Інфраструктурно-інвестиційну стратегію сталого розвитку Стебницького ГПП розроблено авторами [3].

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

1. Рудько Г. І., Шкіца Л. Є. Техногенно-екологічна безпека солевидобувних гірничопромислових комплексів Передкарпаття // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. 2001. № 5–6. С. 68–71.

2. Мокрий В., Петрушка І., Ріпак Н., Хрептак Н., Ватилик Б., Патрій М. Фітомеліоративні технології стабілізації стану довкілля в районі Стебницького хвостосховища // Сталій розвиток – стан та перспективи : М-ли II Міжн. наукю симпозиуму SDEV'2020. Львів, 2020. С.198–199.

3. Гречаник Р., Мокрий В., Мороз О., Петрушка І., Шемелинець І., Чайка О., Бобуш О., Коверко Ю. Сталій розвиток проектованого Стебницького природно-техногенного геопарку // Сталій розвиток – стан та перспективи : М-ли Міжн. наук. симп. SDEV'2018. Львів, 2018. С.31–37.

<sup>1</sup>Назаревич Л. Є., к. геол. н., <sup>1</sup>Назаревич А. В., к. ф.-м. н., <sup>2</sup>Келеман І. М.

<sup>1</sup>Карпатське відділення Інституту геофізики ім. С. І. Субботіна НАНУ,  
Львів, Україна

<sup>2</sup>Інститут геофізики ім. С. І. Субботіна НАНУ, ВСКР, Львів, Україна

## СЕЙСМІЧНІСТЬ РАЙОНУ ДНІСТРОВСЬКОГО ГІДРОВУЗЛА ЯК ЧИННИК ТЕХНОГЕННИХ ЗАГРОЗ

Території, на яких розташовані гідротехнічні споруди, інші великі інженерні об'єкти, зазнають не тільки техногенно-антропогенного впливу, тут нерідко активізується місцева, так звана, наведена сейсмічність [6]. Робота гідротехнічних споруд генерує додатковий і змінний у часі напружено-деформований стан (НДС) в оточуючих масивах порід і впливає на їх гідрогеологічний режим. Присутні тут масштабні процеси масопереносу, а також прогину земної кори під дією гравітаційного навантаження води змінюють напружений стан земної кори на великій території і підсилюють сейсмічну активність в районах будівництва крупних гідровузлів. Такі сейсмічні події, які призвели до матеріальних збитків і людських жертв, відзначені в районах водосховищ Кариба (Зімбабве), Гувер (США), Інгурі (Грузія), Нурекського та ін. В Україні в останні роки зареєстровано помітну сейсмічну активність у районі розташування Дністровського гідровузла, зокрема, Дністровської ГАЕС. Саме після початку активної роботи всього комплексу ГЕС і ГАЕС були зареєстровані сейсмічні події в радіусі 10-15 км від гідровузла. Вивчення такої сейсмічності становить значний інтерес для забезпечення стійкого і безпечного розвитку даних територій.

**Геодинаміка району.** Район Дністровського гідровузла розташований в активній у геодинамічному відношенні зоні південно-західної окраїни Східноєвропейської платформи, що вже само по собі несе певні геоекологічні загрози для безпеки регіону. Геоактивність досліджуваного району – сегменту трансєвропейської геомобільної зони підтверджується, зокрема, наявністю тут аномалії теплового потоку [3], значними амплітудами неотектонічних рухів, у районі Дністровського гідровузла методами GNSS зафіксовано горизонтальні переміщення земної поверхні на ділянці розташування гідротехнічних споруд.

**Сейсмічність.** На сусідніх із районом Дністровської ГАЕС територіях за історичний період зафіксовано ряд відчутних землетрусів (з інтенсивністю струшувань 3-4 бали): в районах міст Кам'янець-Подільський, Могилів-Подільський [2], що свідчить про сучасну геодинамічну та сейсмотектонічну активність цієї території. Слабка

«інструментальна» сейсмічність цього району виявлялася й до початку роботи ГАЕС. Так, тут в 1987 р., 1989 р., 1991 р., 2000 р., 2005 р., 2006 р. інструментально зареєстровано 16 невеликих землетрусів (їх енергетичний клас  $K=6,5-7,8$ ). У тектонічному плані вогнища цих землетрусів тяжіють до зони зчленування тут Українського щита і Волино-Подільської плити. А в 2006 р. в районі Новодністровська (безпосередня зона Дністровської ГАЕС) інструментально зареєстровано 9 землетрусів класу  $K=6,1-8,4$  [Вербицький та ін., 2008]. Сильніший з них із  $M=2,9$  відбувся 22. 10. 2006 р. Вогнище цього землетрусу локалізоване на глибині  $H=3,8$  км на захід від Дністровської ГЕС. Цей землетрус, незважаючи на відносно невелику енергію ( $K=8,4$ ) і глибину  $H=3,8$  км, викликав макросейсмічний ефект із інтенсивністю в епіцентрі  $I_0=4$  бали за шкалою MSK-64, який відчувався в радіусі 15 км від епіцентру. Поверхневих руйнувань він не завдав, але відчувався людьми (також зафіксовано рух предметів на верхніх поверхах будинків). Ще ціла серія слабких землетрусів (близько 30) з  $K=5,4-6,7$  відбулася безпосередньо біля Дністровського гідровузла у 2012 р.

За період 2014-2018 рр. в районі Дністровського гідровузла зафіксовано 20 землетрусів різного енергетичного класу (рис. 1). В основному це землетруси з  $M=0,6-2,4$ . Просторове розташування вогнищ землетрусів за період 2014-2018 рр. має деякі особливості, вони розміщені на захід від самої Дністровської ГАЕС, а вогнища землетрусів 1991-2006 рр. розташовувалися в основному на схід від ГАЕС. Виходячи з цього, можна простежити часовий хід геодинамічних процесів у досліджуваному районі: напруження в земній корі спочатку концентруються на північний схід від Дністровської ГАЕС і розряджаються в основному землетрусами невеликої сили ( $K=6,5-7,8$ ). Надалі настає кількарічний період сейсмічного затишшя, в цей час відбувається перерозподіл тектонічних напружень, які, концентруються західніше Дністровської ГАЕС і надалі відбувається чергова фаза розрядки тектонічних напружень також землетрусами невеликої сили  $M=0,6-2,4$ .



**Рис. 1. Карта-схема (на базі карти Google) сейсмічності району Дністровської ГАЕС за 2014-2018 рр.** Тут: чорні кола – епіцентри землетрусів; трикутник – сейсмічна станція Новодністровськ, білий круг – макросейсмічний епіцентр землетрусу 22. 10. 2006 р. (показані умовні профілі I-I і II-II)



Характерним є те, що і в першій фазі сейсмотектонічної активізації і в другій відбувались одиничні сильніші (відчутні, тобто з макросейсмічним ефектом) сейсмічні події, що можуть негативно впливати на роботу Дністровського гідровузла. У другій фазі сильніший землетрус (з  $M=3$ ) відбувся 12. 07. 2016 р.

Для вивчення можливого зв'язку сейсмічної активності досліджуваної території з діяльністю Дністровського гідрокаскаду було проведено аналіз моментів виникнення землетрусів у розрізі доби. Він показав, що найбільша кількість землетрусів відбувається у вечірній і нічний час, у решту часу доби – спорадична сейсмічність (по одній події в годину). Це дає можливість припустити наявність певного впливу на НДС геологічного середовища в районі Дністровського гідровузла режиму його роботи. Так, ГАЕС працює у чіткому добовому циклі, вночі вода закачується з нижнього водосховища у верхнє, для цього використовується надлишкова електроенергія в електромережі. Спричинене цим додаткове техногенне геодинамічне навантаження додає або перерозподіляє напруження в земній корі і, очевидно, служить свого роду «спусковим гачком». Землетруси виникають в оточуючих зонах земної кори, де накопичились природні тектонічні напруження і земна кора вже підготована до розрядки сейсмічними подіями. Нам видається, що цей гідродинамічний ефект може бути причиною частого виникнення землетрусів у нічний час, так званої, наведеної (індукованої) сейсмічності [5].

Для детального вивчення особливостей сейсмотектонічної активізації різноглибинних структур геологічного середовища району досліджень ми використовували методики, описані в роботах [6, 7]. Для цього, проаналізувавши дані про вектори напружень в земній корі цього району [3], дані про вертикальні рухи, морфологію рельєфу і русла річки Дністер, нами побудовано два умовних профілі, які перетинаються в центрі найбільшої концентрації епіцентрів землетрусів: перший проходить паралельно Карпатам, другий – перпендикулярно до них (див. рис.). Аналіз просторового розташування гіпоцентрів землетрусів на цих двох профілях показав, що на обох чітко простежуються два глибинні рівні сейсмічної активізації. Перший рівень – глибини  $H=0-2$  км, другий –  $H=3-5$  км. На першому рівні відбувається більша кількість слабких землетрусів, на другому відбуваються сильніші землетруси з  $M \geq 2$ , їх кількість значно менша. Саме на другому рівні глибин сталися два землетруси з макросейсмічним ефектом. Область групування вогнищ у плані утворює овал неправильної форми, велика вісь якого спрямована паралельно Карпатам. Ця область контролюється розломами другого порядку, які опірають основний тут і активний Луцьк – Збараж – Кам'янець-Подільський розлом. У районі гідроспоруд встановлено зони стиску й зсуву, ускладнені розломами дугової конфігурації зі зміщеннями, течією і квазітечією порід на межах літотипів. Ці особливості ґрунтів разом з кумулятивним ефектом

від сейсмічності в районі Дністровського гідровузла можуть стати причинами потенційних сейсмічно спровокованих техногенних аварійних ситуацій на цій території.

**Висновки.** Сучасна сейсмічність району Дністровського гідровузла представлена слабкими землетрусами, має тенденцію до збільшення кількості сейсмічних подій у часі, вогнища землетрусів локалізуються вузькою зоною на захід від ГЕС-1. Сейсмічні події найбільш часто відбуваються в нічний час, що може бути пов'язано з режимом роботи ГЕС і, особливо, ГАЕС. Геодинамічна активність території, значні тектонічні напруження і зміни НДС земної кори, викликані, в тому числі, роботою Дністровського гідровузла, можуть бути причиною аварійних ситуацій на об'єктах Дністровського гідровузла, а також спричинити техногенні загрози для довкілля, все це потребує подальшого детального вивчення та моніторингу.

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

1. Вербицкий С. Т., Стасюк А. Ф., Чуба М. В., Пронишин Р. С., Келеман И. Н., Гаранджа И. А., Вербицкий Ю. Т. Сейсмичность Карпат в 2006 году // Сейсмологический бюллетень Украины за 2006 год. Симферополь : КЭС НАНУ. 2008. С. 31–41.
2. Евсеев С. В. Интенсивность землетрясений Украины. Киев : Наук. Думка. 1969. С. 32–55.
3. Крупський Ю. З. Геологія і нафтогазоносність Західного регіону України. Львів : СПОЛОМ, 2020. 256 с.
4. Назаревич Л. Є., Назаревич А. В. Наведена сейсмічність і сейсмотектоніка Надвірнянського нафтогазового району (Українське Передкарпаття) // 15th EAGE International Conference on Geoinformatics – Theoretical and Applied Aspects «Geoinformatics-2016». Київ. 2016. DOI: 10.3997/2214-4609.201600490.
5. Назаревич Л. Е., Назаревич А. В. Сейсмичность и сейсмотектоника Надворнянского нефтегазового района (Украинское Предкарпатье) // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. геол. 2015. Т. 90. Вып. 6. С. 17–27.
6. Назаревич Л. Є., Назаревич А. В. Сейсмогеодинамічна активізація нафтогазоносних районів Передкарпатського прогину (Долина, Надвірна, Борислав) // Мінеральні ресурси України. 2018. №2. С. 36–42. DOI: 10.31996/mru.2018.2.36-42.
7. Kováčiková S., Logvinov I., Nazarevych A., Nazarevych L., Pek J., Tarasov V., Kalenda P. Seismic activity and deep conductivity structure of the Eastern Carpathians // Stud. Geophys. Geod. 2016. 60. P. 1–17. DOI: 10.1007/s11200-014-0942-y.

*Назарук М. М., д. географ. н., професор, Бота О. В., аспірант  
Львівський національний університет імені Івана Франка, Львів, Україна*

## **СУЧАСНІ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ**

Сьогодні існує безліч небезпечних природних явищ і процесів різного походження. Найбільш руйнівними з них є: землетруси, лісові пожежі, повені, смерчі, ерозія, зсуви, обвали тощо.

Джерелами техногенних надзвичайних ситуацій є аварії та катастрофи, наслідки небезпечних природних явищ, використання сучасних засобів ураження, що призводять до пожеж, вибухів, обвалів будівель та споруд, виходу з ладу систем життєзабезпечення, аварій транспортних засобів, викидів шкідливих речовин у атмосферу.

Важливо пам'ятати, що нещасні випадки, аварії та катастрофи викликані комплексом із кількох причин:

- порушенням техніки безпеки;
- людським фактором;
- наслідком збройних конфліктів та ін.

Моніторинг – це процес спостереження за станом довкілля з метою отримання актуальної інформації про його існуючий стан.

Об'єктами моніторингу надзвичайних ситуацій (НС) є:

- природні та антропогенні компоненти довкілля, які можуть бути потенційними джерелами небезпеки;
- небезпечні дії на захищений об'єкт, який може ініціювати формування надзвичайної ситуації.

Метою моніторингу НС є визначення стану та тенденцій змін у природних та техногенних елементах навколишнього середовища, які можуть призвести до надзвичайних ситуацій.

Важливою умовою для успішної організації моніторингу є своєчасне отримання наступної первинної інформації:

- дані про потенційні джерела небезпеки;
- докладна інформація про шкідливі впливи на об'єкти, що охороняються;
- дані про захищені об'єкти – специфічні особливості, ризик виникнення надзвичайних ситуацій, які пов'язані з ними;
- дані про можливу надзвичайну ситуацію, пов'язану із захищеними об'єктами – конкретних критеріїв для НС, можливий тип аварії, її наслідки, масштаби потенційної шкоди, ймовірність виникнення та оцінки ризику.

Для моніторингу надзвичайних ситуацій використовуються різні засоби та методи: візуальне спостереження, лабораторний моніторинг,

використання наземних, повітряних, космічних, морських інструментальних засобів та приладів [1].

Моніторинг не передбачає управління якістю довкілля. Однак очевидно, що необхідною умовою такого управління якістю довкілля є правильна організація системи моніторингу (рис. 1).

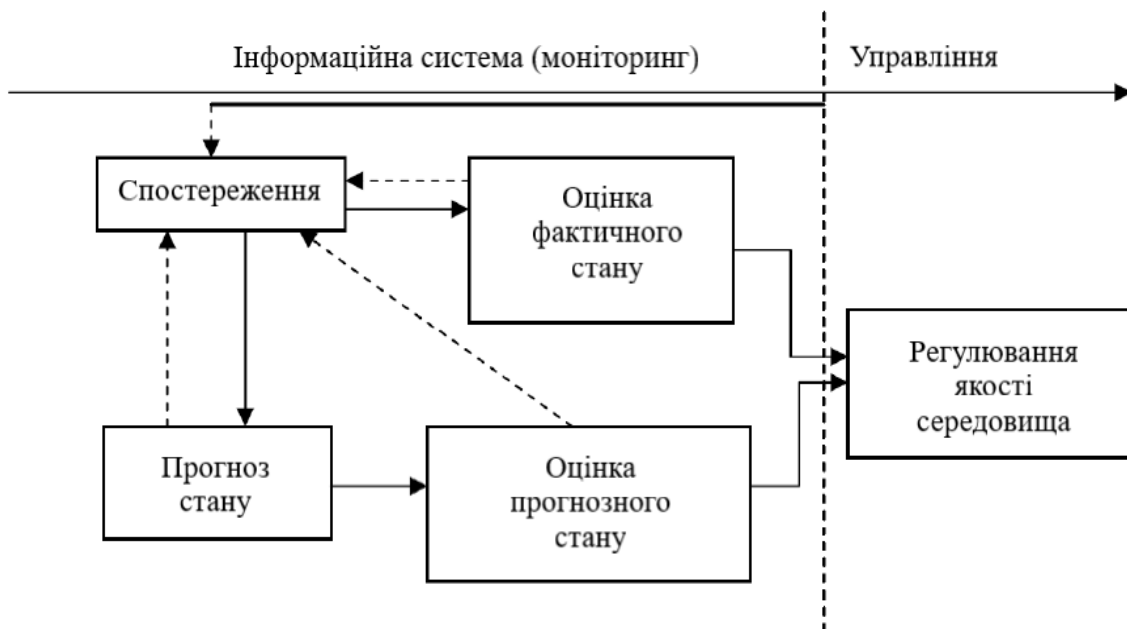


Рис. 1. Універсальна схема систем прогнозування стану якості довкілля

Результати моніторингу можуть бути використані для:

- оцінки стану об'єкта моніторингу (джерело небезпеки, небезпечна дія, об'єкт захисту, параметри НС);
- виявлення тенденції його зміни;
- прогнозування наслідків, що викликаються об'єктом моніторингу та його змінами.

Прогноз надзвичайної ситуації спрямований на визначення місця можливого виникнення НС, ймовірності виникнення аварійних ситуацій та можливих негативних наслідків.

Організація та здійснення процесу пошуку інформації ґрунтується на системах програмування, операційних системах, комп'ютерного проектування, автоматичного управління та інших продуктів автоматизації.

Найбільш важливим аспектом міжнародного співробітництва в галузі захисту населення та територій від природних та техногенних надзвичайних ситуацій та стихійних лих є покращення міжнародної системи моніторингу та прогнозування надзвичайних ситуацій за даними аерокосмічних інформаційних систем. Її основними компонентами є національні системи, що об'єднані за допомогою супутників та інших систем зв'язку [3].

Метою прогнозування НС є визначення таких характеристик (рис.2):

- час та місце виникнення НС;

- ймовірність виникнення НС;
- характер та масштаб можливих наслідків НС.



**Рис. 2. Прогнозування небезпечних подій за часом та характером проведення**

Методи прогнозування надзвичайних ситуацій, включають такі етапи:

- збір і аналіз вихідних даних;
- моделювання процесів розвитку надзвичайної ситуації за допомогою математичних моделей, методів статистичного аналізу чи інших засобів;
- виконання необхідних процедур оформлення;
- оцінка адекватності та надійності прогнозу.

Прогнозування надзвичайних ситуацій на основі аналізу ризиків для оцінки потенційної небезпеки об'єктів включає наступні завдання:

- структура сценаріїв виникнення та розвитку аварії;
- оцінка частоти реалізації різних сценаріїв виникнення та розвитку аварії;
- побудова полів факторів небезпеки, що генеруються при різних сценаріях розвитку аварії;
- оцінка наслідків впливу травми факторів аварії на людину або на інші матеріальні об'єкти та навколишнє середовище;
- розрахунок показників ризику [4].

Використовують дві основні групи технологій для прогнозування надзвичайних ситуацій. Перша група включає інформаційно-аналітичні технології для короткострокових прогнозів, які використовуються для швидкого реагування на надзвичайні ситуації. Вони здатні своєчасно попереджати про виникнення таких надзвичайних ситуацій, як повені, лісові пожежі, лавинну небезпеку тощо.

Друга група включає аналітичні та статистичні технології для довгострокових прогнозів багатьох природних та техногенних надзвичайних ситуацій. Це технології для прогнозування стихійних лих з використанням методології аналізу та управління ризиками. Результати довгострокового прогнозу великомасштабних надзвичайних ситуацій є

початковою основою для розробки цільових програм, планів та для прийняття відповідних рішень щодо попередження надзвичайних ситуацій.

Вищенаведений матеріал дозволяє сформулювати наступні висновки:

- основним напрямом розвитку довгострокових технологій прогнозування є підвищення надійності прогнозів. Сучасні методи прогнозування природних та техногенних надзвичайних ситуацій не дозволяють завчасно визначати появу найнебезпечніших стихійних лих: землетрусів, повенів, ураганів, селів, лавин та ін.;

- основною причиною низької достовірності результатів прогнозу низки природних та техногенних надзвичайних ситуацій на даному етапі є відсутність знань про механізми, які точно описують процеси виникнення та подальший розвиток техногенних аварій та небезпечних природних явищ;

- при використанні технологій довгострокового прогнозування стихійних лих слід враховувати не тільки статистичні дані циклічних процесів і спостережень служб моніторингу, але й використовувати результати наукового аналізу відомих стратегічних ризиків у розрізі окремих об'єктів та регіонів.

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

1. *Погребенник В. Д. Фоновий екологічний моніторинг України: програма, структура та принципи організації // Нетрадиційні енергоресурси та екологія України. К., 2012. С. 126-131.*

2. *Скакальський О. М. Екологічний моніторинг у системі природоохоронної діяльності регіональної влади // Державне управління та місцеве самоврядування. 2015. Вип. 4. С. 152–162.*

3. *Скакальський О. М. Державні цільові екологічні програми: сутність та шляхи формування на регіональному рівні // Аспекти публічного управління. 2015. №7-8. С. 85–93.*

4. *Соболь О. М. Нормативно-правове регулювання моніторингу надзвичайних ситуацій в Україні // Вісник Національного університету цивільного захисту України. Серія : Державне управління. 2014. Вип. 1. С. 130–135.*

5. *Хвесик М. А., Степаненко А. В. Екологічна криза в Україні: соціально-економічні наслідки та шляхи їх подолання // Економіка України. 2014. №1. С. 74–86.*

*Незеленнікова У. Д., курсантка Навчально-наукового інституту права та підготовки фахівців для підрозділів Національної поліції,  
Ярошенко А. С., к. юрид. н., доцент кафедри цивільного права та процесу факультету підготовки фахівців для підрозділів кримінальної поліції  
Дніпропетровський державний університет внутрішніх справ,  
м. Дніпро, Україна*

## **РОЗВИТОК ЕКОЛОГІЧНОЇ СВІДОМОСТІ: ПРАВОВІ АСПЕКТИ**

Питання актуальності розвитку екологічної свідомості громадян містить актуальні дилеми, що виражені, насамперед, у вирішенні питань пов'язаних із необхідністю змін у світогляді осіб та філософських проблем сучасності. Сучасні умови розвитку світу дозволяють прослідкувати динаміку розвитку екологічної свідомості суспільства, та тенденції, які розповсюджуються з умовами росту екологічної свідомості.

У світоглядному плані екологічна свідомість – вищий рівень усвідомлення людиною свого місця та значення в еволюції біосфери у зв'язку з бурхливим розвитком науки й технологій [1]. Екологічна свідомість особи полягає у її повному розумінні та прийнятті факту важливості природи, залежності її добробуту від цілісності й порівняної незмінності середовища її проживання [2]. Таке розуміння дозволяє побудувати складові сучасного людського світогляду загальної свідомості, яке дозволить на прикладі більшості екологічно безпечно ставитися до природи. Такий спосіб залучення більшості до забезпечення безпеки екологічного середовища дозволить врахувати можливий розвиток таких звичок та допоможе у виховуванні нового покоління з вже розвинутих відчуттям відповідальності за майбутнє цілісності та збереженості природи.

Також, важливим підґрунтям у забезпеченні підтримки даного питання повинна виступати держава з боку затвердження потрібних законодавчих актів, які мають змогу регулювати дане запитання. Таким фундаментом формування українського екологічного законодавства виступає Конституція України, яка зазначає обов'язковість забезпечення екологічної безпеки та підтримання екологічної рівноваги, а також гарантування кожному громадянину права на безпечне життя і здоров'я довкілля, на відшкодування завданої порушенням цього права шкоди, і, що досить важливо, гарантує кожному право вільного доступу до інформації про стан довкілля, про якість харчових продуктів і предметів побуту та право на їх поширення. Такий перелік прав показує готовність держави до прозорого та відкритого забезпечення прав та свобод громадян своєї країни до вирішення питань такого характеру [3; 4]. Відповідно до цього така

інформація не може бути засекречена, і одночасно з цим покладає відповідальність та обов'язок на кожного громадянина не заподіювати шкоду природі, культурній спадщині та відшкодовувати завдані ними збитки, що також позитивно впливає на розвиток екологічної правосвідомості за допомогою застосування примусового важелю тиску держави на своїх громадян.

Таким чином, виходячи з вище сказаного, зроблено висновок про те, що формування екологічної свідомості громадян повинно піддаватися розвитку з усіх аспектів життєдіяльності суспільства. Кожен крок повинен бути направлений не на шкоду, а на зберігання та примноження наявного. Цей процес потребує багато часу на втілення і може відбуватися протягом всього життя, та під впливом різних чинників, але такий процес є необхідним, та повинен мати поступовий характер, що в свою чергу подбає про гідний рівень розвитку держави, що у свою чергу виховає варте суспільство, яке не буде байдуже до оточення, в якому вона та її нащадки будуть жити.

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

1. *Мусієнко М. М., Серебряков В. В., Брайон О. В. Екологія: тлумачний словник. К. Либідь, 2004. С. 376.*
2. *Потриваєва І. А. Як розвинути екологічну свідомість. Миколаївський національний аграрний університет навчально-науковий інститут економіки та управління. Миколаїв. 2019. С. 76.*
3. *Конституція України: Закон від 28.06.1996 № 254к/96-ВР. Відомство Верховної Ради України. Київ. 1996. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254%D0%BA/96%D0%B2%D1%80#Text> (дата звернення: 06.05.2022).*
4. *Ярошенко А. С., Голобородько В. В. Правові аспекти законодавчого регулювання права громадян на доступ до інформації про стан довкілля // Порівняльно-аналітичне право : Електронне наукове фахове видання, 2019. №5. С. 217–220.*



*Некос А., д. геогр. н, проф., Васюха О., магістр  
Харківській національній університет імені В. Н. Каразіна,  
м. Харків, Україна*

## **ПРОБЛЕМИ ПРОДОВОЛЬЧОЇ КРИЗИ ТА ЕКОБЕЗПЕКА У СИСТЕМІ «FARM TO FORK»**

Глобальна продовольча криза простежується у відсутності належної кількості продовольства для населення Землі. Вона проявляється переважно у найбідніших країнах третього світу. Загальна кількість людей у всьому світі, які страждають від нестачі продовольства, становить понад мільярд. Справа в тому, що зростання населення випереджає сільськогосподарське виробництво та розвиток сільськогосподарських технологій. Однак, за деякими оцінками, навіть існуючий рівень розвитку аграрного сектору може дозволити нагодувати понад десять мільярдів людей за умови, що ці технології раціонально використовують наявні ресурси та відбуватиметься справедлива система розподілу продуктів.

За даними ВООЗ та ФАО добова норма людини має становити 2400 – 2500 ккал і дещо вище. Недоїдання оцінюється, коли людина споживає менше 1800 ккал, а голод настає, коли його щоденна норма падає нижче за критичну позначку у 1000 ккал на день [1].

На сьогодні глобальна продовольча криза стає все більш актуальною. Вчені вважають, що це пов'язано з недовершеним державним менеджментом. Ще у 1776 році Адам Сміт писав, що «ціна хліба, хоча і в усі часи підвладна коливанням, найбільше коливається в тих неспокійних і невпорядкованих державах, де розлад будь-якої торгівлі та зв'язків заважає тому, щоб достаток в одній частині країни полегшувало брак в іншій» і що «голод ніколи не виникав з якоїсь іншої причини, як у результаті насильницьких заходів уряду, який намагався непридатними засобами усунути незручності дорожнечі». Таку думку поділяє і відомий економіст, лауреат Нобелівської премії з економіки за 1998 р. А. Сен, що в 1981 році опублікував книгу «Бідність і голод», у якій доводив, що в більшості випадків голод був викликаний не браком їжі, а проблемами з розподілом продовольства. Китайський учений, генеральний директор Міжнародного дослідницького інституту продовольчої політики (МДПП) Шенген Фен також підкреслює, що саме вмиле державне управління здатне подолати голод і недоїдання [2].

Інша думка пов'язана з ім'ям економіста Томаса Мальтуса, який у 1798 році опублікував есе «Досвід закону про народонаселення», в якому доводив, що населення планети росте швидше, ніж виробництво засобів існування, необхідних для задоволення потреб людства.

Головною проблемою, що ускладнює продовольче забезпечення густонаселених регіонів, є імпортозалежність продуктів харчування. Ця проблема постає через нестачу природних ресурсів. Загострення цієї проблеми стане критичним до 2050 року, коли за прогнозами, чисельність населення Землі сягне 9 млрд.

Для України продовольча проблема кількісного та якісного недоїдання, в тому числі незбалансованого харчування, стосується всього населення України, яке віднесене за класифікацією ООН до бідного, і якщо в 2015-2016 роках цей показник визначався на рівні 60% – то за результатами 2017-го року він оцінювався Світовим банком на рівні 80% (на 2,4% менше, ніж в 2002-му році). Основною проблемою для населення країни (до лютого 2022 р.) була не фізична відсутність продуктів харчування, а обмежені фінансові можливості їх придбання. Звідси поставала проблема забезпечення населення країни достатніми обсягами продуктів для забезпечення активного та здорового способу життя. [3]

Пандемія COVID-19 сильно вразила європейську, і світову економіку. Це вперше, коли світова економіка зіткнулася з фінансовою кризою, спричиненою уповільненням економічного зростання через глобальну надзвичайну ситуацію в галузі охорони здоров'я. Україна разом з іншими державами-членами СОТ підписала спільну заяву, зобов'язуючись забезпечити прозору та послідовну торгівлю сільськогосподарськими та продовольчими товарами під час пандемії.

Цілі сталого розвитку на 2015-2030 роки схвалив Уряд України у 2015 році на саміті ООН, які було прийнято у вигляді Національної доповіді «Цілі Сталого Розвитку: Україна». В цих документах відзначається, що забезпечення права на захист від бідності та соціального відчуження є одним із головних напрямів Європейської соціальної хартії (переглянутої), що була ратифікована Верховною Радою України в 2006 році.

У 2015 року набув чинності один з євроінтеграційних законів, ухвалених Верховною Радою №4179-а «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо харчових продуктів». Його прийняття передбачало запровадження в Україні нової моделі європейської системи екобезпеки та якості харчових продуктів. Основа її функціонування – принцип «від лану до столу», що передбачає безпеку та якість всіх стадій виробництва харчових продуктів, а також застосування системи НАССР – визначення небезпечних чинників і контроль «критичних точок» виробництва безпечної продукції. Без відповідного законодавства Україна не змогла б реалізувати квоти на поставку своєї харчової продукції в рамках підписання Угоди про асоціацію з ЄС до країн-партнерів.

Прикладом подолання продовольчої проблеми в країнах ЄС є стратегія «Farm to Fork» (F2F), яка визначає нову, стійку та інклюзивну стратегію зростання, щоб стимулювати економіку, покращити здоров'я та якість життя людей, дбати про природу. Стратегія «Farm to Fork» є основою «Зеленого

курсу». У ньому всебічно розглядаються проблеми екобезпеки продовольчих систем та визнаються нерозривні зв'язки між здоровими людьми, здоровим суспільством та здоровою планетою. Стратегія також займає центральне місце на порядку денному Комісії з досягнення цілей сталого розвитку ООН. Усі громадяни світу в ланцюжках створення вартості в ЄС та інших місцях мають отримати вигоду зі справедливого переходу, особливо після пандемії COVID-19 та економічного спаду, не говорячи вже про ситуацію у світі після 24 лютого 2022р. Стратегія «Farm to Fork» встановлює новий підхід до забезпечення того, щоб сільське господарство, рибальство та аквакультура, а також ланцюжок створення вартості продуктів харчування стали екологічно безпечними і якомога менше впливали на навколишнє природне середовище.

Цілі ЄС полягають у скороченні екологічного та кліматичного сліду продовольчої системи ЄС та підвищенні її стійкості, забезпеченні продовольчої безпеки перед зміною клімату та втрати біорізноманіття на глобальному переході до конкурентної стійкості системи «від ферми до вилки».

Такий підхід передбачає:

1. Забезпечення того, щоб харчовий ланцюжок, що охоплює виробництво, транспортування, розподіл, маркетинг та споживання продовольства, надавав нейтральний або позитивний вплив на навколишнє середовище, зберігаючи та відновлюючи земельні, прісноводні та морські ресурси, від яких залежить продовольча система; допомога у пом'якшенні зміни клімату та адаптації до його впливу; захист здоров'я та добробуту.

2. Забезпечення продовольчої безпеки, харчування та громадської охорони здоров'я – забезпечення того, щоб кожен мав доступ до достатнього, поживного, сталого продовольства, яке підтримує високі стандарти безпеки та якості, здоров'я рослин, здоров'я та благополуччя тварин, задовольняючи при цьому дієтичні потреби та уподобання в їжі.

3. Збереження доступності продовольства при одночасному забезпеченні більш справедливої економічної віддачі у ланцюжку поставок, щоб найбільш стійке продовольство стало найбільш доступним, сприяючи конкурентоспроможності сектора поставок ЄС, заохочуючи справедливу торгівлю, створюючи нові можливості для бізнесу, забезпечуючи цілісність ринку та безпеку праці.

Стратегія «Від ферми до вилки» на даному етапі запровадження має і негативну сторону та значні ризики, що може призвести до безпрецедентного падіння сільськогосподарського виробництва у ЄС, різкого скорочення доходів фермерів, погіршення чистої торгової позиції блоку та підвищення цін виробників, що підвищить витрати на продовольство для споживачів. Екологічні вигоди здебільшого простежуватимуться, оскільки імпорт ЄС збільшиться, що призведе до збільшення викидів парникових газів в інших країнах. Також можливий

прогноз, що Стратегія призведе до глобального погіршення стану сільськогосподарського сектору та європейських сільських районів, послаблення продовольчо-екологічної безпеки та інфляції споживчих цін. Сільськогосподарські сектори можуть зіткнутися з масовою реструктуризацією та різким скороченням кількості фермерських господарств, що у свою чергу може призвести до глобальної продовольчої кризи. [4]

Згідно з моніторингом торгівлі сільськогосподарською продукцією, проведеному Європейською комісією, за період з листопада 2018 року до жовтня 2019 року Україна, експортувавши сільськогосподарську продукцію на загальну суму 7,3 мільярда євро, зайняла третє місце серед найбільших постачальників сільськогосподарської продукції в ЄС.

Значним актуальним ризиком продовольчого питання у світі є сучасні умови військового стану в Україні. Ця ситуація за негативними прогнозами фахівців може викликати глобальну продовольчу кризу. Дивлячись більш оптимістично на показники збалансованості постачання агропродукції, державні служби повідомляють, що Євросоюз обіцяє допомогти Україні вивезти на зовнішні ринки агропродукцію, заблоковану сьогодні у морських портах, прогнозують, що восени ріст української агропродукції різними каналами зросте до 3-3,5 млн. т, а більшість скасованих ЄС мит стосуються саме української аграрної продукції.

Таким чином, утримання стійкості продовольчих систем, їх екологічної безпечності є глобальною задачею всього людства, а самі продовольчі системи повинні адаптуватися до актуальних проблем сучасності і бути мобільними. Відстеження та задоволення потреб населення планети у продовольстві повинно здійснюватися відносно кожної конкретної людини в фокусі визначених уразливих груп населення та особливостей диференціації великих регіонів.

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

1. *Здоровое питание [Електронний ресурс] // World health organization. 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.who.int/ru>.*
2. *Poverty headcount ratio at national poverty lines [Електронний ресурс]. 2018. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.un.org.ua>.*
3. *ЄВРОПЕЙСЬКА СОЦІАЛЬНА ХАРТІЯ [Електронний ресурс] // Закон України. 2016. – Режим доступу до ресурсу: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994\\_062#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_062#Text).*
4. *Стратегия Farm to Fork [Електронний ресурс] // ЕВРОПЕЙСКАЯ КОМИССИЯ. 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://eur-lex.europa.eu>.*

*Новоселова І. А., к. х. н., ст. наук. співр.,  
Омельчук А. П., д. х. н., чл.-кор. НАН України  
Інститут загальної та неорганічної хімії  
ім. В.І. Вернадського НАН України, м. Київ*

## **КОНВЕРСІЯ КАРБОНОВМІСНИХ ЗАБРУДНЮВАЧІВ ДОВКІЛЛЯ ЕЛЕКТРОХІМІЧНИМИ МЕТОДАМИ У РОЗПЛАВЛЕНИХ СОЛЯХ**

За останнє століття антропогенна діяльність обумовила значне зростання концентрації вуглекислого газу в атмосфері Землі. Станом на сьогодні щорічний приріст  $\text{CO}_2$  оцінюється величиною приблизно 3200 – 3600 млн т. Діоксид карбону разом із іншими парниковими газами (водяна пара  $\text{H}_2\text{O}$ , метан  $\text{CH}_4$ , закис азоту  $\text{N}_2\text{O}$ , гексафторид сірки  $\text{SF}_6$  та ін.) спричиняє не лише глобальне потепління планети, але й серйозне погіршення її екологічного стану. Збільшується кислотність природних водойм, тануть льодовики, пришвидшується кругообіг води. В одних регіонах це призводить до інтенсивних опадів та повеней, а в інших – до екстремальної посухи. Тому розробка та пошук ефективних методів утилізації вуглекислого газу набуває пріоритетної наукової та екологічної значимості для світового наукового загалу [1-3].

Можливі декілька шляхів вирішення даної проблеми. Один із них полягає у суттєвому скороченні викидів  $\text{CO}_2$ , головним чином за рахунок часткової і навіть повної відмови від використання кам'яновугільних, нафтових та газових ресурсів. Такий підхід до певної міри сприятиме значному погіршенню життєвого рівня населення планети.

Інший варіант передбачає використання  $\text{CO}_2$  як поновлюваний карбоновий ресурс. Діоксид карбону стає цінним джерелом сировини для виробництва палива та інших хімічних продуктів з корисними властивостями та доданою вартістю. Вуглекислий газ із забруднювача довкілля можна перетворити на джерело відновлюваної карбонової сировини для промисловості. Концепція, що передбачає конверсію  $\text{CO}_2$  у корисні для промисловості сполуки та речовини передбачає реалізацію замкненого карбонового циклу. Карбоновмісна природна сировина використовується як джерело енергії та діоксиду карбону. Утворений діоксид карбону утилізують для виробництва цінних сполук та речовин, у тому числі енергоносіїв (наприклад, синтез-газ). Користь від реалізації такого циклу очевидна. По-перше, зменшується екологічний тиск на довкілля, по-друге, утворюється цінна вихідна сировина для синтезу нових речовин та сполук.

Розрізняють декілька способів утилізації CO<sub>2</sub>: біологічні, хімічні та фізичні.

Серед хімічних методів конверсії вуглекислого газу слід звернути увагу на електрохімічний – трансформацію діоксиду карбону за рахунок електричної енергії. Електрохімічне перетворення CO<sub>2</sub> можна здійснювати в газовому, водному, неводному (наприклад, апротонні розчинники та іонні рідини), твердотільному та розплавленому середовищах у широкому інтервалі температур (від кімнатних до 1000 °C). В залежності від умов реалізації процесу (склад електролізної ванни, температури, густини струму, природи електродних матеріалів та конструкції електрохімічного реактору) можна цілеспрямовано впливати на хімічний склад продуктів електродних. Основними продуктами відновлення можуть бути закис карбону (CO), мурашина кислота (HCOOH), метан (CH<sub>4</sub>), метанол (CH<sub>3</sub>OH), формальдегід (CH<sub>2</sub>O), щавлева кислота (H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>), етилен (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>), етанол (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH), вуглець різних модифікацій, у тому числі карбонові трубки, волокна, нанофази, фулерени, графен, тощо, а також карбіди металів різної складу, будови та морфології.

Особливістю реакторів електрохімічної конверсії CO<sub>2</sub> є те, що в залежності від агрегатного складу електроліту, вони повинні забезпечувати ефективний перенос заряду через межу розділу фаз: електрод/діоксид карбону/електроліт. У деяких випадках, наприклад, при синтезі цільових продуктів у газовій фазі, у таких реакторах може бути використана мембрана для розділу електродних просторів.

Зазвичай на катоді відновлюють діоксид карбону. На аноді протікають супутні окиснювальні процеси, як правило, виділення кисню. Для підвищення ефективності електрохімічного відновлення CO<sub>2</sub>, часто використовують каталізатори, як у катодному, так і анодному процесах.

Головною перевагою електрохімічного методу конверсії CO<sub>2</sub> у порівнянні з іншими є можливість цілеспрямованого керування процесом (отриманням бажаних продуктів заданого складу) шляхом підтримання необхідних для цього параметрів електролізу (режимами поляризації електродів, густини струму та кількості пропущеної електрики). Крім зазначених факторів, керувати процесом можна за допомогою низки інших параметрів, а саме: природою та складом електроліту, складом, структурою та морфологією матеріалів електродів, робочою температурою процесу та конструкцією електролізера. Серед переваг електрохімічної конверсії діоксиду карбону слід відзначити невисокі питомі витрати реагентів та електроенергії.

Однак існують певні недоліки даного процесу, серед яких слід відмітити невисоку швидкість електровідновлення CO<sub>2</sub>, навіть при використанні каталізаторів.

У даному повідомленні приведено результати досліджень можливості електрохімічної конверсії діоксиду карбону в розплавлених електролітах.

Особливістю відновлення  $\text{CO}_2$  в розплавлених солях, на відміну від водних, органічних, твердих електролітів та іонних рідин, є можливість формування на катоді карбонвмісних сполук різного складу, будови та морфології у твердотільному стані. Інформація про закономірності електродних процесів за участю  $\text{CO}_2$  та залежність складу синтезованих речовин від умов електролізу необхідна для створення наукової бази керованого електрохімічного синтезу таких матеріалів: нанотрубок, нановолокон, графену, аморфного вуглецю, карбідів тугоплавких металів та численних композитів на їх основі.

Мета даної роботи – вивчення закономірностей прямого електрохімічного відновлення діоксиду карбону під надлишковим парціальним тиском над розплавом, а також карбонату літію у розплавах різного складу в інтервалі температур 500-800 °С і виявлення зв'язку між умовами синтезу та складом продуктів, які при цьому утворюються.

Термодинамічний аналіз можливих шляхів електровідновлення  $\text{CO}_2$  та карбонатів лужних та лужноземельних металів у інтервалі температур 500 – 800 °С показав, що катодним продуктом може бути: тверда вуглецева фаза; монооксид карбону; фази карбідів металів різного складу, будови та морфології. При температурах нижчих за 800 °С термодинамічно вигідним буде перший шлях.

Електрохімічну поведінку діоксиду карбону в розплавлених сольових сумішах (склад у мол.%)  $\text{NaCl}(50,0)\text{--KCl}(50,0)$ ,  $\text{NaCl}(30,0)\text{--KCl}(24,5)\text{--CsCl}(45,5)$ ,  $\text{NaCl}(42,3)\text{--KCl}(42,3)\text{--NaF}(15,4)$  під надлишковим тиском (1,0÷17 атм.) вивчали методом циклічної вольтамперометрії при різних швидкостях сканування потенціалу (0,02÷10  $\text{В}\cdot\text{с}^{-1}$ ) та в різних діапазонах розгортки потенціалу на платиновому, золотому та скловуглецевому електродах. Встановлено, що при швидкостях сканування потенціалу менших за 0,2  $\text{В}\cdot\text{с}^{-1}$  електровідновлення діоксиду карбону протікає у дві стадії, електродний процес контролюється закономірностями змішаної кінетики. Встановлено, що у розплавах  $\text{Na,K|Cl}$  та  $\text{Na,K|Cl,F}$  в досліджуваному інтервалі тисків (1,0÷17 атм.) розчинність  $\text{CO}_2$  описується законом Генрі, а відновлення відбувається за механізмом ЕСЕ (electrochemical–chemical–electrochemical reaction). На аноді розряджаються аніони кисню ( $\text{O}^{2-}$ ) та оксокарбону ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) з виділенням кисню.

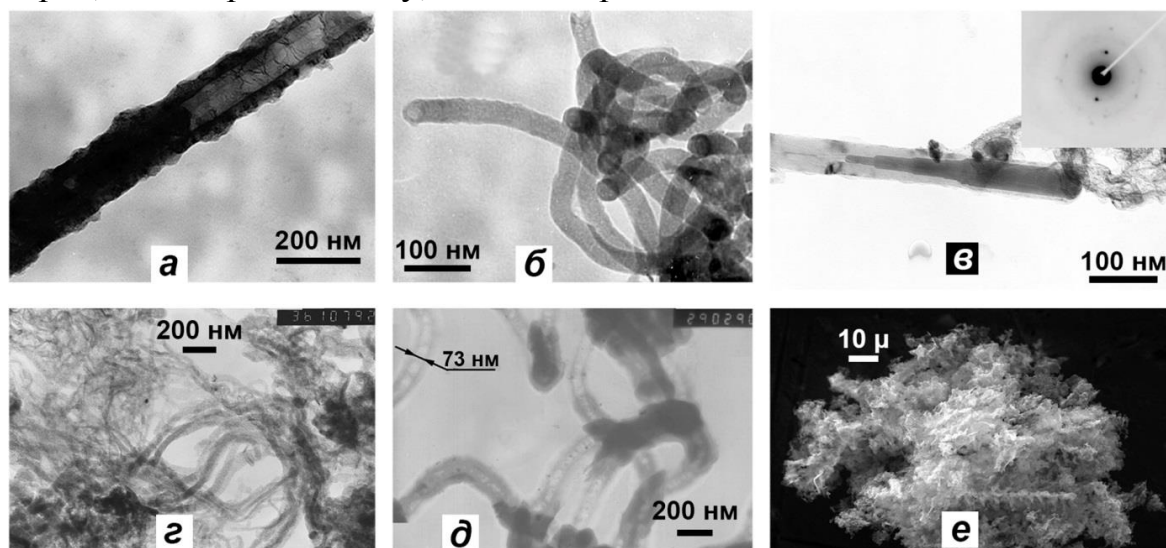
Електрохімічне відновлення  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  в розплавленій еквімолярній суміші  $\text{Na,K|Cl}$  у різних газових середовищах (повітря, аргон, діоксид вуглецю) вивчали методом циклічної вольтамперометрії. Відновлення  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  до карбону на повітрі відбувається через стадію попередньої хімічної реакції кислотного типу з утворенням двох електрохімічно активних частинок  $\text{CO}_2$  і  $\{\text{Li}_x\text{CO}_3\}^{2-x}$ , які утворюються при потенціалах -0,8 та -1,7 В відповідно, відносно  $\text{Pb|PbCl}_2$  електрода порівняння. Обидва процеси незворотні, причому лімітуючою стадією відновлення  $\{\text{Li}_x\text{CO}_3\}^{2-x}$  є

дифузія деполяризатора до поверхні електроду. В атмосфері аргону та  $\text{CO}_2$  у процесі електровідновлення бере участь лише  $\{\text{Li}_x\text{CO}_3\}^{2-x}$ .

Методами РФА, ТЕМ, СЕМ, КР- та ЕПР- спектроскопії встановлено, що продуктом відновлення у вивчених розплавлених сумішах солей за різних умов електролізу є нано-розмірний твердофазний вуглець різної структури та морфології (аморфний вуглець, багатостінні вуглецеві нанотрубки, нановолокна, оксид графену). На рис. 1 наведено загальний вигляд та морфологію синтезованих із діоксиду карбону та карбонат-аніона карбонових фаз у ТЕМ та СЕМ зображеннях.

Встановлено кореляцію між утвореною на катоді структурою твердої фази карбону та умовами електролізу (складом електролітичної ванни, матеріалом катода, густиною струму та температурою).

Синтезовані вуглецеві сполуки мають перспективу практичного використання у різних галузях науки та техніки, зокрема, для створення: надміцних композитних матеріалів, суперконденсаторів, цільових медичних засобів доставки ліків, носіїв каталізаторів, пристроїв для польової емісії, квантових дротів та точок, для зберігання та перетворення енергії, для зберігання газу, нанoeлектроніки тощо.



**Рис. 1. ТЕМ зображення вуглецевих нанорозмірних фаз, одержаних електролізом сольових розплавів  $\text{Na,K|Cl-CO}_2$  (а-д); СЕМ-зображення катодного порошку у системі  $\text{Na,K|Cl-Li}_2\text{CO}_3$  (е).**

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

1. Fennell P.S., Shah N., Maitland G.C. (2017) *The role of  $\text{CO}_2$  capture and utilization in mitigating climate change*. *Nat Clim Chang* 7:243–249.
2. Chu S., Majumdar A. (2012) *Opportunities and challenges for a sustainable energy future*. *Nature* 488:294–303.
3. Chu S, Cui Y, Liu N (2016) *The path towards sustainable energy*. *Nat Mater* 16:16–22.



*Онопрієнко Ю. Ю., студентка, Щербина С. І., викладач-методист  
Черкаський державний бізнес-коледж  
м. Черкаси, Україна*

## ПРОБЛЕМА ЗАБРУДНЕНОСТІ ПОВІТРЯ У М. ЧЕРКАСИ

Проблема забрудненості повітря доволі довгий час займає ключову сходинку екологічних проблем рідного міста Черкаси. До забруднення громадським транспортом та котельнями, додається забруднення вихлопів хімічного виробництва. Що негативно впливає на здоров'я людини, викликає та посилює ряд захворювань, зокрема легень та серця. Щодня жителі міста вимушені дихати забрудненим повітрям із домішками пилу та відчувати помітний смог. Місто має низький потенціал розсіювання цього забруднення через низьку потужність та практичну відсутність вітрів, дощів на весні та туманності. Результати контролю якості атмосферного повітря наведено у таблиці 1.

*Таблиця 1*

### Результати контролю якості атмосферного повітря у м. Черкаси за 2020-2022 рр., ГДК на ПСЗ

Значення максимальних концентрацій	2020	2021	2022
за вмістом пилу	0,8	0,6	1,0
за вмістом оксиду вуглецю	0,6	0,4	0,4
за вмістом діоксиду сірки	0,1	0,07	0,34
за вмістом діоксиду азоту	0,85	0,55	0,8
за вмістом оксиду азоту	0,4	0,25	0,15
за вмістом сірководню	0,38	0,5	0,38
за вмістом аміаку	2,8	1,2	0,8
за вмістом формальдегіду	0,8	0,37	0,94

*Джерело: за даними джерела [1, 2, 3]*

Індекс забруднення склав 5,4 у 2022 році. При цьому в розрізі аналізу стану забрудненості повітря в окремих районах міста спостерігається перевищення середнього показника домішків пилу в атмосфері майже в два рази в центральній частині міста. Значний вплив на забруднення атмосферного повітря у I кварталі 2022 року мали холодний період, зумовлений надходженням повітря з північних широт у супроводі посиленого вітру, що сприяло розсіюванню шкідливих домішок у приземному шарі атмосфери. Лише наприкінці місяця з надходженням атлантичного тепла в окремі дні березня за слабого вітру в нічні години в антициклоні створювались умови для накопичення шкідливих домішок у приземному шарі атмосфери [1].

Орієнтація видозміни середнього рівня засмічення атмосферного повітря за останні п'ять років характеризувалася зниженням концентрацій по діоксиду сірки та аміаку, збільшенням діоксиду та оксиду азоту, формальдегіду. За іншими домішками рівень забруднення не змінився. По важких металах зменшення відслідковувалося лише з міді, нікелю та хрому, повідомляють в обласному гідрометцентрі.

Через велику проблему забруднення повітря у багатьох містах Україна звернулася до Кіотського протоколу. Кіотський протокол є міжнародною угодою до Рамкової конвенції ООН і встановлює обов'язки на зниження викидів парникових газів. Тобто країни, що приєдналися до угоди, зобов'язані співвідносити свої викиди з 1990-м роком – якщо їхній рівень перевищує показники, зафіксовані за 1990-й, країна зобов'язана компенсувати нарощування викидів купівлею відповідного обсягу квот тих учасників кіотського протоколу, які мають невикористані «запаси» парникових газів. В сукупності за протоколом усі країни повинні знизити викиди парникових газів на 5% від рівня викидів в 1990 р. в період 2008-2012 рр. Україна ратифікувала Кіотський протокол у 2004 році із зобов'язанням не перевищити до 2012 року обсягу викидів, що мала в 1990 р. Реальні викиди на 2004 становили лише 45% від обсягу 1990 р. Навіть із таким зниженням, на 2005 рік за викидами парникових газів Україна входить в двадцятку найбільших забруднювачів планети, несучи певну відповідальність перед світовою спільнотою за негативні наслідки від зміни клімату [4].

Станом на 2020 рік Черкаси входять у 15-ку найзабрудненіших міст України та посідають 13 місце з рейтинговою оцінкою 7,4 бали. Істотних збитків атмосферному повітрі міста та області завдає автомобільний транспорт, число та активність якого з кожним роком зростає. У відпрацьованих газах основними токсичними компонентами, якими забруднюється повітря під час експлуатації автотранспорту, є оксид вуглецю, вуглеводні, оксид азоту, сажа та діоксид сірки. За даними рейтингу Найчистіших міст України, який проводить журнал Фокус – Черкаси опинилися на 11 місці з загальним показником 11,1 балів [5].

Для ефективних методів зниження показників забруднення атмосферного повітря екологи рекомендують:

- віддавати скло на переробку, адже при його переробці рівень забруднення повітря зменшується на 20%, а рівень забруднення води на 50%;
- бути енергоефективним у побуті, використовувати енергозберігаючі лампи – вони служать довше і споживають менше енергії, ніж звичайні;
- сортувати сміття і віддавати на переробку;
- обирати найбільш екологічній транспорт – замість використання персональної автівки, можна їздити на роботу на громадському транспорті, велосипеді або пішки.

Отже, проаналізувавши екологічну ситуацію на Черкащині можна зробити підсумок щодо недостатності проведених заходів у минулі роки щодо вдосконалення стану навколишнього середовища. Для вирішення екологічних проблемних задач Черкащини актуальна реалізація та реалізація реальних та дієвих програм покращення, які ґрунтувалися б на великих екологічних пізнаннях та високому рівні екологічної свідомості людей. Із метою скорочення термінів вирішення екологічних проблем в області потрібно провести достатнє оплачування природоохоронних заходів, адже зроблені природоохоронні програми без фінансування не мають достатнього правильного впливу на навколишнє середовище.

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

1. *Результати контролю якості атмосферного повітря в м. Черкаси за березень 2022 року. Офіційний портал міської ради, міського голови, виконавчого комітету м. Черкаси URL:*

*<http://chmr.gov.ua/ua/newsread.php?view=20988&s=1&s1=17> (дата звернення 10.05.2022)*

2. *Результати контролю якості атмосферного повітря в м. Черкаси за 2021 рік. Офіційний портал міської ради, міського голови, виконавчого комітету м. Черкаси URL:*

*<http://chmr.gov.ua/ua/newsread.php?view=18976&s=1&s1=69> (дата звернення 10.05.2022)*

3. *Результати контролю якості атмосферного повітря в м. Черкаси за 2021 рік. Офіційний портал міської ради, міського голови, виконавчого комітету м. Черкаси URL:*

*<http://chmr.gov.ua/ua/newsread.php?view=18329&s=1&s1=69> (дата звернення 10.05.2022)*

4. *Київський протокол. Всеукраїнська громадська організація природоохоронного спрямування «Жива планета». URL:*

*<https://www.zhiva-planeta.org.ua/diyalnist/klimat/kiot-protokol.html> (дата звернення: 12.05.2022).*

5. *Екологічний рейтинг регіонів України 2022. URL:*

*<https://focus.ua/uk/ratings/504721-ekologicheskiiy-reyting-oblastey-ukrainy-2021> (дата звернення: 12.05.2022).*

## **АСПЕКТИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ТЕРИТОРІЇ КОЛИШНІХ БОЇВ**

Зазвичай екологічний стан території колишніх боїв оцінюють за ступенем руйнування об'єктів, що вмістять небезпечні для навколишнього середовища сполуки. Розглянемо ж можливе забруднення довкілля вибуховими речовинами, які з тих чи інших причин не вибухнули і залишилися в ґрунті. Пізніше речовини розпилюються по поверхні ґрунту, потрапляють у підземні та поверхневі води та рослини, споживаються тваринами та людьми та завдають шкоди останнім.

В основному в боеприпасах використовуються такі вибухові речовини, як 2,4,6-тринітротолуол (ТНТ), 1,3,5-тринітро-1,3,5-триазациклогексан (гексоген, далі RDX) та їх суміш [1]. Потенційний вплив на людину може призвести до несприятливих наслідків, включаючи пошкодження життєво важливих органів, таких як печінка та нирки, патологію еритроцитів та подразнення епітеліальних тканин [2]. Незважаючи на небезпеку, у багатьох країнах, зокрема в Україні, не встановлено екологічних норм щодо цих вибухових речовин як забруднюючих речовин. Це робить оцінку ризику впливу залишків вибухівки в зонах бойових дій з інтенсивним конфліктом ще більш важливою.

Отже метою даної роботи є оцінка токсикологічної дії вибухових речовин, які з різних причин не вибухнули, залишилися на полі бою і в подальшому вплинули на населення, яке знаходиться на території колишніх бойових дій.

Для оцінки токсикологічного впливу вибухових речовин на людей у даному дослідженні використовувалася модель оцінки ризику для здоров'я ЕРА [4]. Суть методу полягає у порівнянні дози забруднювача, що попадає у організм людини, з безпечними (референтними) дозами. Цей метод розглядає три основних шляхи впливу забрудненого ґрунту на людину: проковтування, вдихання та контакт зі шкірою. Однак у літературі немає референтних значень концентрації вибухівки для шкірного контакту та вдихання, тому в подальшому оцінка проводилась лише для шляху проковтування для двох сприйнятливих груп мешканців: дорослих (віком до 70 років) та дітей (до 6 років).

Середнє добове споживання вибухової речовини (мг/(кг/день) шляхом проковтування (*ADI*) було розраховано за допомогою рівняння (1) для неканцерогенного ризику та рівняння (2) для канцерогенного ризику.

$$ADI = Cs \cdot FI \cdot ET \cdot CF2 \cdot IRn \cdot EDn / (BWn \cdot ATn \cdot 365) \quad (1)$$

$$ADI = C_s \cdot FI \cdot EF \cdot ET \cdot CF2 \cdot ((ED_c \cdot IR_c / BW_c) + (ED_a \cdot IR_a / BW_a)) / (AT \cdot 365) \quad (2)$$

Визначення та коефіцієнти, що застосовувались, відібрані за еталонними стандартами, представлені в таблиці 1.

Таблиця 1

**Різні фактори для розрахунку ризику для здоров'я людини [8]**

Фактор	Визначення	Стандартні величини
$C_s$	Концентрація вибухівки в ґрунті, мг / кг	
$IR_n$	Споживання, кг / доба	$IR_c$ для дітей – 0,0002; $IR_a$ для дорослих – 0,0001
$ET$	Час експозиції, година / доба	1
$CF2$	Коефіцієнт перетворення, доба / година	$ET/24$
$FI$	Фракція забрудненого ґрунту, відносні одиниці	1 (100%)
$EF$	Частота експозиції, доба / рік	350
$ED_n$	Тривалість експозиції, рік	$ED_c$ для дітей – 6; $ED_a$ для дорослих – 24
$BW_n$	Маса тіла, кг	$BW_c$ для дітей – 15; $BW_a$ для дорослих – 70
$AT_n$	Середній період часу, рік	$AT_c$ для дітей – 6; $AT_a$ для дорослих – 30
$AT$	Середній період часу для канцерогенів, рік	70

Коефіцієнт небезпеки ( $HQ$ ) використовується для оцінки ризику для здоров'я людини від попадання частинок ґрунту (рівняння 3).

$$HQ = ADI / RfD. \quad (3)$$

Характеристика ризику неканцерогенної дії в сукупній та кумулятивній дії вибухових речовин заснована на розрахунку індексу небезпеки ( $HI$ )

$$HI = \sum HQ_i. \quad (4)$$

Канцерогенез - це підвищений ризик раку протягом життя людини в результаті впливу канцерогенів. Формула для розрахунку ризику раку протягом життя представлена в рівнянні 5:

$$CR = \sum ADI_i \cdot SFi. \quad (5)$$

$SFi$  – коефіцієнт нахилу для  $i$ -ї вибухової речовини ( $\text{мг}/(\text{кг}/\text{добу})^{-1}$ ), що представляє ступінь збільшення канцерогенного ризику зі збільшенням дози на одиницю  $i$  є величиною, що описує небезпеку канцерогену.

Як приклад оцінки визначався токсикологічний вплив вибухових речовин на людину при артилерійських обстрілах поблизу села Степанівка Донецької області під час бойових дій 2014 року [5]. За підрахунками авторів, внаслідок вибуху 15 505 боєприпасів різного калібру на площі  $225 \text{ км}^2$  з-під землі було викинуто і розсіяно щонайменше  $91\,407 \text{ м}^3$  ґрунту. Діаметр воронки визначав калібр боєприпасів, а отже, і масу вибухівки, яка в них була. Всього використано  $76\,172,8 \text{ кг}$  вибухівки.

Відомо [6], що порядок детонації вибухових речовин можна розрізнити як високий і низький, або повний і неповний. Переважно порядок неповної детонації зустрічається приблизно в 2,5% випадків. При повній детонації маса речовини, що не вибухнула, знаходиться в межах  $2 \cdot 10^{-3}$ – $7 \cdot 10^{-7}\%$  і в принципі нею можна знехтувати. Основна маса вибухової речовини потрапляє в навколишнє середовище від неповної детонації, тоді частина «незгорілої» вибухівки знаходиться в діапазоні 27-49% [3]. Зазвичай боєприпаси містять тротил, гексоген та їх суміш. Найпопулярнішою є суміш 60% гексогену і 40% тротилу, так звана композиція В [6]. Тоді, припустивши частку боєприпасів із низькою детонацією 2,5% і частину «незгорілої» вибухівки в них 37%, у навколишньому середовищі було розсіяно  $422,76 \text{ кг}$  гексогену та  $281,84 \text{ кг}$  тротилу. Припустимо, що вибухова речовина розсіюється в ґрунті, що викидається з воронки боєприпасів із низькою детонацією, що в цілому підтверджується даними [3]. У розрахунках враховувався лише ґрунт, який викидався низькодетонаційними боєприпасами. Враховуючи, що об'єм викинутого ґрунту ( $V_s$ ) майже прямо пропорційний масі вибухової речовини,  $V_s = 91407,36 \times 0,025 \times (1-0,37) = 1439,7 \text{ м}^3$  і, приймаючи середню щільність ґрунту  $2100 \text{ кг}/\text{м}^3$ , його маса ( $M_s$ ), складає  $M_s = 1439,7 \times 2100 = 3023370 \text{ кг}$ . Середня концентрація вибухівки у ґрунті в цьому випадку становить  $C_{\text{RDX}} = 140,0 \text{ мг}/\text{кг}$  і  $C_{\text{TNT}} = 93,2 \text{ мг}/\text{кг}$ , що відповідає порядку експериментальних даних, наприклад (CRREL-TR-04-14 2004).

Відповідно до наведених вище припущень щодо концентрації вибухівки у ґрунті на території колишнього артобстрілу, згідно стандартних значень таблиці 1 та рівнянь (1) – (5) розраховувалися величини неканцерогенного та канцерогенного ризиків. Результати розрахунку наведені в таблиці 2.

**Значення канцерогенних і неканцерогенних ризиків від токсикологічної дії вибухових речовин на території району колишніх бойових дій**

Вибухівка	Канцерогенний ризик	Неканцерогенний ризик	
		Діти	Дорослі
TNT	1,82E-07	9,93E-02	8,51E-03
RDX	4,12E-07	2,49E-02	2,13E-03
Total (CR, HI)	2,23E-07	0,12	0,0106

Отримані результати свідчать про те, що, незважаючи на досить інтенсивний обстріл, залишкова кількість вибухівки в ґрунті не призводить до небезпечних наслідків для здоров'я людей, які проживають на території колишніх боїв. Проте варто зазначити, що ми зробили приблизну оцінку впливу вибухової речовини на людину (дітей та дорослих) лише за одного шляху впливу – орального. У той же час токсикологічна небезпека вибухових речовин значно вища. Приблизно 5% всіх боєприпасів не вибухає і залишається в ґрунті, використання застарілих боєприпасів збільшує кількість таких випадків у рази. Тому проблема токсикологічного впливу залишків вибухових речовин на мешканців та довкілля регіонів, що і так постраждали від бойових дій залишається актуальною.

**Використані інформаційні джерела:**

1. Oh, S.Y., et al. (2016). Evaluation of remediation processes for explosive-contaminated soils: Kinetics and Microtox® bioassay. *J. Chem. Technol. Biotechnol.*, 91, 928–937; doi:0.1002/jctb.4658.
2. Lima, D., et al. (2011). Impact of ammunition and military explosives on human health and the environment. *Rev. Environ. Health*, 26, 101–110.
3. EPA-505-S-11-001 (2012). Site Characterization for Munitions Constituents. [https://www.epa.gov/sites/default/files/documents/site\\_characterization\\_for\\_munitions\\_constituents.pdf](https://www.epa.gov/sites/default/files/documents/site_characterization_for_munitions_constituents.pdf).
4. EPA/540/1-89/002 (1989). Risk assessment guidance for Superfund. Vol 1. Human health evaluation manual, (Part A). [https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-09/documents/rags\\_a.pdf](https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-09/documents/rags_a.pdf).
5. Кравченко О., ред. (2015). *Воєнні дії на сході України – цивілізаційні виклики людству*. Львів, ЕПЛ, 136 с.
6. Walsh, M.E., et al. (2010). Field observations of the persistence of Comp B explosives residues in a salt marsh impact area. *Chemosphere*, 78, 467–473.
7. CRREL-TR-04-14 (2004). Sampling strategies near a low-order detonation and a target at an artillery impact area. <https://erdc-library.erdcdren.mil/jspui/bitstream/11681/5375/1/CRREL-TR-04-14.pdf>.
8. EPA/600/R-09/052F (2011). Exposure factors handbook. <http://www.epa.gov/ncea/efh>

## **ВУГЛЕВОДНЕВІ ВІДХОДИ ТА МЕХАНОАКТИВАЦІЯ**

Дефіцит палива, прогресуючий ріст його споживання, а також підвищення рівня вимог до охорони навколишнього середовища вимагають не тільки пошук нетрадиційних методів видобутку та переробки сировини, а й раціональне використання сировинних ресурсів. Для всіх галузей промисловості актуальним є питання утилізації відходів, які можна, в окремих випадках, розглядати як техногенні сировинні ресурси. І нафтогазова галузь є не винятком. Для нафтогазового комплексу дане питання є особливо складним. Відходи утворюються на всіх стадіях нафтогазового виробництва і в значних об'ємах. На відміну від інших галузей промисловості вони характеризуються досить різноманітним хімічним складом, а й, відповідно, різноманітними фізико-хімічними властивостями. Така специфічна властивість відходів нафтогазової галузі ускладнює можливість як їх подальшої переробки та утилізації, так й зберігання. І до сих пір залишається практично не вирішеними питання утилізації більшості відходів нафтогазового виробництва як в Україні, так і в інших нафтогазовидобувних країнах світу.

При експлуатації нафтових родовищ у процесі підготовки нафти, зачистці нафтових резервуарів, випробовуванні та капітальному ремонті свердловин, аварійних розливів при видобутку та транспортуванні нафти утворюються вуглеводнево-вмісні відходи. Найбільш поширеними з них є нафтошлами. Найбільша кількість нафтошламів утворюється в процесі підготовки нафти на установці знесолення та зневоднення нафти. В більшості випадків вони не мають подальшого використання.

Нафтошлами нагромаджуються і зберігаються в амбарах-накопичувачах. І в процесі їх тривалого зберігання відбувається природне перемішування вмісту амбару та відстій. Гідроізоляція амбару повністю не запобігає фільтраційним процесам, що приводить до забруднення ґрунтів, водоносних горизонтів і поверхневих вод.

Аналіз фізико-хімічних властивостей нафтошламів показує, якщо щойно утворенні нафтошлами по фракційному складу наближаються до товарної нафти, то з часом частина нафтових фракцій випаровується, збільшується концентрація стабілізаторів, і нафтошлами переходять до стану стійкої емульсії. Склад вуглеводневої частини нафтошламів та осаду амбарів свідчать про те, що до їх складу входить близько 80 компонентів, більша частина з яких представлена парафіновими вуглеводнями від  $C_6$  до  $C_{23}$ : насичені – 40-45%; ароматичні— 50-55%; смоли та асфальтени – 4-7%.



Кількість механічних домішок у нафтошламів незначна – 2-5%. Для осадів шламівих амбарів характерним є значний вміст механічних домішок:  $\text{SiO}_2$  – 57-65%;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 10,2-14%;  $\text{CaO}$  – 8,2-13,2%;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 3,8-4,9;  $\text{CaCO}_3$  – 0,2-0,5.

Складність процесу переробки відходів нафтошламівих амбарів полягає у стійкості нафтових емульсій, значному вмісті механічних домішок та їх неоднорідності. Вибір методу утилізації, переробки і знешкодження нафтових шламів, в основному, залежить від кількості вуглеводнів та механічних домішок, що містяться у відходах. Сучасні методи утилізації нафтошламів енергоємні і вимагають значних капітальних вкладень. Тому об'єми їх утилізації відстають від об'ємів утворення, що приводить до постійного нагромадження нафтошламів. Всі відомі технології переробки нафтошламів за методами переробки поділяють на такі групи: термічні (спалювання у печах різного типу, одержання бітумінозних залишків, піроліз); механічні (перемішування та фізичне розділення); хімічні (екстрагування за допомогою розчинників, затвердіння з використанням добавок і шляхом диспергування з гідрофобними реагентами на основі негашеного вапна або інших матеріалів); фізичні (гравітаційне відстоювання, розподіл у відцентровому полі, фільтрування, екстракція); фізико-хімічні (розділення нафтового шламу на складові зі застосуванням спеціально підібраних ПАР, деемульгаторів, розчинники); біологічні (біорозкладання із застосуванням спеціальних штамів бактерій, біогенних добавок).

На даний час менш поширеним методом утилізації нафтошламів є термічний метод. Загалом спалювання твердої частини нафтошламів не вирішує проблеми відходів. При цьому додатково виникає проблема, пов'язана з необхідністю захоронення утвореної золи, неповним згорянням нафтопродуктів та значними витратами на очистку і нейтралізацію утворених димових газів. Використання хімічних, механічних і термічних методів утилізації нафтошламів трудомістке, має високу вартість і часто само собою являє екологічну небезпеку, оскільки використовуються хімічні реагенти, коагулянти, ПАР.

На всіх ступенях підготовки нафти на розділі фаз «вода-нафта» відбувається осідання стійких нафтових емульсій, які існуючою технологією та обладнанням зруйнувати не вдасться. В процесі підготовки товарної нафти джерелами утворення нафтових шламів є прийомні амбари насосних станцій, кульові відстійники 1-го ступеня підготовки, де відбувається часткова деемульсація і знесолення нафти, і кульові відстійники II-го ступеня підготовки. Зруйнована емульсія проходить через шар підтоварної води, сировинні та товарні резервуари для відстоювання, ставки до відстоювання, де проходить очищення від стійкої нафтової емульсії та частково від механічних домішок. Нормативно допустимий обсяг утворення стійких нафтових емульсій 1,5-1,6% від об'єму

підготовленої нафти.

Досить часто ті чи інші методи не дають бажаного результату. Щодо нафтошламів, наприклад, то тривалі терміни їх зберігання значно ускладнюють можливість переробки та утилізації відходів. Тому в таких випадках перспективним є застосування комплексних технологій. І як один з найбільш перспективним є метод механоактивації речовин.

Дослідженнями доведено, що механоактивація відходів нафтогазопереробки дозволяє одержувати з них додатково значну кількість легких фракцій вуглеводнів, що зменшує об'єми утворення відходів і відкриває перспективу більш поглибленої переробки нафтогазової сировини. Встановлена можливість одержання з нафтошламів методами механічної активації надстійких водонафтових емульсій, які можуть бути використані як паливо. Встановлено, що при механохімічній обробці змінюється хімічний склад вуглеводнів. Механоактивація водонафтової емульсії приводить до деструкції її вуглеводневої частини в напрямку збільшення кількості легких вуглеводнів при одночасному зменшенні вмісту важких. Проведений комплекс досліджень з вуглеводневими речовинами, піском і кварцвмісними відходами спрямували нас на пошук напрямків поводження з нафтошламами. Розроблений метод переробки нафтошламів на мінеральний порошок для дорожнього будівництва. Оскільки, основними складовими мінерального порошку є мінеральна складова і органічна складова, то в якості мінеральної складової нами був використаний механоактивований пісок, а як органічна складова – нафтошлам. Застосування механоактивації у приготуванні мінерального порошку на основі нафтошламів можна досягти більш кращого обволікання мінеральної складової органічною.

Отже, використання методу механоактивації речовин в напрямку механохімічної активації нафтових вуглеводнів може бути ефективним для утилізації вуглеводневовмісних відходів.

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

1. *Екологічна безпека територій : Колективна монографія / за ред. О.М. Адаменка, Я.О. Адаменка. Івано-Франківськ : Супрун В.П., 2014. 444 с. С.301–309.*

2. *Екологічна безпека нафтогазового комплексу у західному регіоні Колективна монографія / О. М. Адаменко, Т. М. Яцишин та ін.; за ред. проф. Я. О. Адаменка. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2017. 384 с.*

3. *Орфанова М. М. Перспективи використання методу механоактивації в технологічних процесах нафтогазового виробництва // Розвідка і розробка. №3 (72). 2019. С.76–82.*

4. *Орфанова М. М. Влияние механоактивации на физико-химические свойства углеводородов // Екологічна безпека. №1 (27). 2019. С. 38–44.*

*Песін Я. М., магістр, Атаєва О. А., к. е. н., доц.  
Навчально-науковий професійно-педагогічний інститут  
Української інженерно-педагогічної академії, м. Бахмут, Україна*

## **ШЛЯХИ МІНІМІЗАЦІЇ ЧИННИКІВ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ НА ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ**

Моніторинг соціально важливих показників здоров'я населення засвідчив, що починаючи з 60-х років минулого століття, спостерігається зменшення захворюваності, смертності і збільшення тривалості життя. Проте, зменшення базових факторів ризику на популяційному рівні переконливо не вплинуло на регіональні розбіжності показників, які існують не тільки між країнами, але і в них, у тому числі і в Україні. Частина з них дала змогу в подальшому визначити певні напрямки і пріоритети. Наприклад, на смертність можуть впливати такі чинники, як рівень забруднення атмосферного повітря, демографічна ситуація регіонів, географічне положення, ступінь індустріалізації, тощо. Доведено, що в промислово розвинених областях: Дніпропетровська, Донецька, Запорізька, в порівнянні з Закарпатською, Рівненською, Хмельницькою, рівень раптової серцевої смерті вищий.

Спостерігається взаємозв'язок між рівнем смертності та соціально-економічними відмінностями, які більше залежать від економічних важелів і соціального статусу в країнах: рівень валового внутрішнього продукту, перерозподіл його на душу населення, освітній рівень, пропаганда та втілення здоровий спосіб життя і доступ до медичної допомоги.

Екологи, соціологи, психологи та лікарі підкреслюють важливість не тільки тривалості життя, але і його якості. Усвідомлення власного здоров'я чи нездоров'я шляхом самооцінки визначає поведінку особистості, її продуктивність і реалізацію соціальних функцій.

Дослідження «European Social Survey» показало, що в нас найчастіша оцінка здоров'я як «погане» і «дуже погане»: 23,2% проти 2,6% у Швейцарії і 12,9% у Польщі, а як добре – 24,1% (52,2% у Швейцарії та 41,8% – Польщі). Головними факторами, що детермінують здоров'я, вважаються екологічні, соціальні, економічні, психологічні, поведінкові (здоровий спосіб життя) та медичні. Виділяють наступні складові формування здоров'я: генетичні передумови і екологія – 25%, соціально-економічні умови – 25%, умови праці та вплив стресу – 25%, організація системи охорони здоров'я – 25%, із них якість і доступність медичної допомоги – до 10%.

Найважливішою детермінантною нездоров'я вважається бідність, яка асоціюється з високою смертністю і короткою очікуваною тривалістю життя, провокує розвиток хвороб та нездоров'я, що гальмує розвиток країн.

За показником відносної бідності населення України виділяють рівні, розраховані кластерним аналізом: наднизький – до 20%; низький – 20-23%; середній – 23,1-26%; високий – 26,1-29% і надвисокий – більше 29%.

Така ситуація та погіршення стану здоров'я пов'язані із: кризовим станом в державі, який позначився на всіх сферах життя і вплинув на складові формування здоров'я, незадовільним матеріальним становищем, відсутністю у значної частини населення навичок здорового способу життя, неадекватністю медичної допомоги.

На даний час, серед визначених факторів недостатньо є вченим вплив навколишнього середовища на стан здоров'я населення, зокрема, роль його змін у розвитку неінфекційної захворюваності населення.

Науковими дослідженнями доведено, що незадовільний стан довкілля, його забруднення хімічними, фізичними та біологічними агентами повітря, ґрунту і води, дія інших негативних факторів навколишнього середовища на організм, може бути причиною зростання захворюваності, в тому числі серцево-судинної.

За даними Національної доповіді про стан природного середовища в Україні у 2021 р. в атмосферу потрапило 6,4 млн. тонн забруднюючих речовин від стаціонарних і пересувних джерел забруднення. Основними є діоксин сірки, оксиди азоту, оксид вуглецю, речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, метан і леткі органічні сполуки. Найбільший вплив на Донецьку, Дніпропетровську, Харківську, Івано-Франківську, Запорізьку області. Підприємствами м. Києва у розрахунку на 1 км<sup>2</sup> площі території викинуто 52,5 т, що перевищує середній у 8 разів.

Незважаючи на зниження промислового виробництва, надлишкова концентрація їх об'єктів та автотранспорту призводить до антропогенного навантаження на навколишнє середовище, а високий рівень забруднення повітря формується в більшій мірі за рахунок викидів підприємств коксохімічної, металургійної та хімічної промисловості.

Задимлення веде до погіршення мікроклімату, збільшення числа туманних днів. Будь-які види диму містять вуглеводні, як безопірен та гідралазин, в токсичних туманах збільшується концентрація сірчистого газу і зважених речовин. Встановлена пряма залежність між частотою розвитку серцевих нападів і рівнем оксиду вуглецю в повітрі. Крім того, через велику запиленість та загазованість знижується загальна інтенсивність сонячної радіації на 15-20%, а втрати ультрафіолетового опромінення – до 40%, що знижує їх загально зміцнюючий та тонізуючий вплив на організм.

Покращання ж якості повітря може призвести до зниження рівня захворюваності і смертності, що і підтверджується дослідженнями. Наприклад, після заборони продажу вугілля в Дубліні знизився рівень забруднення пиловими частками на 36 мкг/м<sup>2</sup> (70%), при цьому смертність за 6 років знизилась на 10, рослинності поглинає 1,6 кг діоксину вуглецю та виділяє 1,2 кг кисню.

Одночасно існують методи, що засновані на дії «чистого» повітря, які здатні покращати здоров'я, зокрема, одна з таких інноваційних технологій інструментальна оротерапія, що шляхом фізичного моделювання цілющих властивостей природного гірського повітря здатна підвищити резистентність організму до несприятливих умов середовища та має лікувальні властивості.

Екологічно небезпечним може бути не лише атмосферне повітря. У середовищі житлових та суспільних будівель знайдено 560 летких органічних сполук, що відносяться до 32 груп хімічних речовин. Основні джерела забруднення: полімерні матеріали, предмети побутової хімії тощо. Загальний рівень хімічного забруднення приміщень в 1,5-4 рази перевищує атмосферного повітря в залежності від регіону, існують також підвищені рівні електромагнітного поля, віброакустики та інші.

Довготривалий вплив шуму в умовах сучасних міст призводить до виснаження та перенапруження нервової системи, в результаті порушення координуючої ролі якої в роботі органів та систем організму виникають розлади, розвивається нейроциркуляторна дистонія по гіпертонічному типу. Інфразвуки (нечутні звуки) при тривалій дії сприяють виникненню багатьох нервових хвороб мешканців великих міст. Тривалий шум підвищеної інтенсивності, за даними австрійських вчених, може скорочувати життя людини на 7-12 років.

Серед пріоритетних чинників екологічної небезпеки слід виділити забруднення водних ресурсів промисловими, сільськогосподарськими та побутовими джерелами, адже організм на 65% складається із води і спричиняє значні порушення при хронічному надходженні речовин із кумулятивною токсичною дією (важких металів, пестицидів тощо)

За даними Національної доповіді про стан навколишнього природного середовища через низьку ефективність очищення стічних вод практично всі поверхневі джерела водопостачання досить інтенсивно забруднені. Основним джерелом води для 2/3 населення України є Дніпро. Очисні споруди водопроводів не здатні забезпечити повноцінне очищення від високотоксичних ксенобіотиків таких як діоксин, пестициди, феноли та інші.

Озеленення міст сприятиме покращанню мікроклімату, зменшенню рівню шуму, загазованості та запиленості повітря шляхом розсіювання та поглинання шкідливих речовин.

Таким чином, шкідливі фактори навколишнього середовища значно впливають на розвиток серцево-судинних захворювань, а також загальної захворюваності, передчасної смертності і тривалості життя.

Одночасно негативний вплив шкідливих екологічних факторів може дещо компенсуватись біологічними особливостями організму, відсутністю шкідливих звичок, якіснішими соціально-побутовими та економічними умовами: повноцінним харчуванням, умовами побуту та відпочинку тощо.

Значно зменшити ж рівень впливу шкідливих екологічних факторів можна за допомогою регламентації їх надходження у навколишнє середовище. А для цього необхідні чітка програма профілактичної державної політики, зміни на виробництві, індивідуальної поведінки населення. До вирішення проблеми поширення неінфекційних хвороб повинні залучатись і організації, що не пов'язані з системою охорони здоров'я, приватний сектор, громадянське суспільство. В той же час, повинні бути соціальні та економічні стимули для формування активного ставлення громадян до свого здоров'я і його збереження, а саме профілактика захворювань повинна бути стратегічним напрямком системи охорони здоров'я: популяційна, групова, вторинна і індивідуальна. Держава повинна бути відповідальною за формування належного ставлення громадян до власного здоров'я.

Відповідно до пріоритетів нової європейською політики та сучасних напрямків в системі охорони здоров'я розроблено проект Загальнодержавної програми, метою якої є збереження здоров'я, профілактика захворювань, зниження захворюваності, інвалідності та смертності, підвищення якості та ефективності медичної допомоги, захист прав на охорону здоров'я. Серед її розділів виділяють охорону навколишнього середовища та оздоровлення.

Таким чином, регіональні розбіжності в показниках захворюваності і смертності при різних класах хвороб, виходять за рамки галузевих питань і вимагають системного підходу, включаючи вивчення взаємозв'язків медичного, соціального, соціо-економічного та суспільно-політичного характеру.

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

1. Корнацький В. М., Дорогой А. П. та співавт. *Серцево-судинна захворюваність в Україні та рекомендації щодо покращання здоров'я в сучасних умовах / Аналітично-статистичний посібник. Київ. 2012 р. 117 с.*
2. *Основні причини високого рівня смертності в Україні // Новини медицини і фармації. 2020. №22 (350). С. 8–11.*
3. *Офіційний сайт Всесвітньої організації охорони здоров'я [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.euro.who.int>.*

*<sup>1</sup>Петренко А. О., к. т. н., доц., <sup>1</sup>Петренко В. В., студент,  
<sup>2</sup>Верля Р. Р., директор, <sup>2</sup>Петренко В. О., к. т. н., доц.  
<sup>1</sup>Придніпровська державна академія будівництва та архітектури,  
Дніпро, Україна  
<sup>2</sup>ДП «Герц-Україна», Київ, Україна*

## **ГЕНЕРАТОРИ ТЕПЛА, ЩО ПРАЦЮЮТЬ НА ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛАХ ЕНЕРГІЇ ФІРМИ «HERZ ENERGIETECHNIK GES.M.B.H.»**

Більшість європейських країн дивлячись на проблеми з традиційними джерелами енергії фокусує свою стратегію енергетичного розвитку на використанні відновлюваних джерел енергії [1]. Біомаса та тверде паливо служить альтернативою традиційним джерелам енергії. На ряду з процесами впровадження стандартизації та сертифікації біопалива для ефективного та безпечного використання йде впровадження і нових технологічних пристроїв для спалювання цього виду палива.

Метою публікації є огляд обладнання фірми «HERZ Energietechnik Ges.m.b.H.», що використовує для спалювання біомасу та можливого їх використання в умовах технічних рішень із будівництва та реконструкції котелень на біомасі для умов України.

Технологічні рішення для виробництва теплової енергії з біомаси залежать від масштабу та призначення теплогенерувальних установок, а також виду біомаси, що використовується як паливо.

Технології спалювання біомаси можна розділити на три основні типи [2]: спалювання в шарі, пилове спалювання; спалювання в псевдозрідженому стані; комбінований тип – сумісне спалювання біомаси з іншим паливом.

Спалювання біомаси у генераторі тепла залежить від багатьох факторів, у тому числі і від коректного вибору обладнання.

Види біомаси, її фізичні та хімічні характеристики можуть змінюватися в широких межах, тому й обладнання призначене для спалювання має різні конструктивні особливості.

Для аналізу типів генераторів тепла спочатку розглянемо види біомаси, що спалюються. Розрізняють такі види біомаси:

- тріска, січка (фракція до 15 мм, щільність до 50 кг/м<sup>3</sup>). Ця біомаса може вироблятися із подрібненої соломи, сіна, очерету, деревини, лушпиння соняшникового насіння;
- пелети (фракція до 15 мм, щільність до 1200 кг/м<sup>3</sup>). Пелети зручно використовувати при автоматичній подачі палива в генератор тепла;
- брикети (розміри близько 90x350 мм, щільність до 1200 кг/м<sup>3</sup>);

- тюки (розміри близько 1х1х2,5 м, щільність до 220 кг/м<sup>3</sup>). Зазвичай для тюків використовують несічену соломку та сіно;
- дрова (можуть мати різні розміри, зазвичай обумовлюються розмірами топки генератора тепла).

Тип генератора тепла залежить також від таких характеристик як:

- вид сировини, з якої виготовляють біопаливо;
- вологість палива;
- зольність палива та температура деформації золи;
- елементарний склад палива.

Лінійка генераторів тепла, що працюють на біомасі, від фірми «HERZ Energietechnik Ges.m.b.H.», покривають частину тих типів, які вони можуть спалювати. Частина генераторів невеликої потужності можуть спалювати дрова або пелети, а генератори тепла великої потужності можуть працювати на пелетах або деревній трісці, оскільки при великих об'ємах її спалювання процеси завантаження топки автоматизуються.

Лінійка генераторів тепла Firestar (рис. 1) призначена для спалювання дров довжиною до 50 см. При повному завантаженні процес горіння підтримується протягом 8 годин. Тривалість спалювання проходить в унікальній камері з подвійним вихором. Очищення теплообмінника від золи здійснюється автоматично. Є можливість доволі швидкої модернізації з встановлення спалювача пелет. Номінальна потужність лінійки генераторів тепла Firestar становить від 18 кВт до 40 кВт.



Firestar Лямбда  
18–40 кВт



Firestar De Luxe  
18–40 кВт



Firestar Лямбда ECO  
18–40 кВт

**Рис. 1 Генератори тепла типу «firestar», що працюють на дровах**

Генератор тепла типу Pelletfire (рис. 2) конструктивно поєднує в своїй конструкції можливості спалювання дров або пелет. Вибір режиму і процесу спалювання того чи іншого палива виконується автоматично, що не потребує ніяких процесів модернізації. Теплообмінник очищається від нагару автоматично. Номінальна потужність лінійки генераторів тепла Pelletfire становить від 20 кВт до 40 кВт.

Генератор тепла типу Pelletstar (рис. 3) і Pelletstar CONDENSATION (рис. 4) працюють тільки на пелетах, але процес подачі біопалива, в залежності від комплектації, проводиться за допомогою різних систем (гнучкий шнек; подача зі всмоктуванням; дисковий перемішувач; ручне завантаження). Генератор тепла типу Pelletstar CONDENSATION з технологією конденсації дозволяє використовувати водяну пару з димових газів для нагріву теплоносія систем водяного опалення, що надає



можливості підняти ККД котла до 106 %. Номінальна потужність лінійки генераторів тепла Pelletstar і Pelletstar CONDENSATION становить від 10 кВт до 101 кВт.



Pelletfire  
20-40 кВт

**Рис. 2** Генератори тепла типу «pelletfire», що працюють на дровах й деревних пелетах



Pelletstar  
10-60 кВт

**Рис. 3** Генератори тепла типу «pelletstar», що працюють на дровах й деревних пелетах

Лінійки генераторів тепла Firematic виконуються у декількох категоріях потужностей:

- малої потужності (Firematic CONDENSATION 30-40 кВт (рис. 4), Firematic 20-60 кВт (рис. 5));
- середньої потужності (Firematic 80-301 кВт (Рис. 5));
- великої потужності (Firematic 349-501 кВт (Рис. 5)).

Генератори тепла цієї лінійки призначені для спалювання пелет та деревної тріски.



Pelletstar  
CONDENSATION  
10-101 кВт

**Рис. 4** Генератори тепла типу «Pelletstar CONDENSATION» і «Firematic CONDENSATION» із технологією конденсації, що працюють на пелетах й деревній трісці



Firematic  
CONDENSATION  
30-40 кВт



Firematic  
20-60  
кВт



Firematic  
80-301  
кВт



Firematic  
349-501  
кВт

**Рис. 5** Генератори тепла типу «Firematic», що працюють на деревній трісці й деревній пелеті

Генератор тепла типу Firematic CONDENSATION із технологією конденсації дозволяє використовувати водяну пару з димових газів для нагріву теплоносія систем водяного опалення, що надає можливість підняти ККД котла до 106%.

Конструкція Firematic 20-60 кВт дозволяє автоматично очищувати колосників завдяки автоматичному опусканню на матрицю й трубчастого теплообмінника. Firematic 80-301 кВт має ступеневу/рухоми колосникову решітку камери спалювання, автоматичне очищення камери згоряння й трубчастого теплообмінника, а також додаткову функцію вилучення золи в зовнішній контейнер. Firematic 80-301 кВт має функцію автоматичного очищення камери згоряння й трубчастого теплообмінника, а також дистанційне обслуговування та візуалізація.

Генератори тепла великої потужності BioFire 500-6000 кВт (рис. 6) призначені для опалення великих будівель. В якості біомаси можуть використовуватися деревні пелети, деревна тріска розмірністю до М40, деревна тріска вологістю до М50. Конструктивно BioFire має тризонну ступеневу колосникову решітку, функції автоматичного очищення камери згоряння й трубчастого теплообмінника, дистанційне обслуговування та візуалізація, а також додаткову функцію рециркуляції димових газів.

«HERZ Energietechnik Ges.m.b.H.» має рішення зі зберігання деревних трісок і пелет, а також транспортування палива з біомаси в котел за допомогою різних систем: гнучкий шнек; пневматичні системи; дисковий перемішувач; гідравлічна рухома підлога; система вертикального завантаження; ланцюгові транспортери; системи видалення золи; системи наповнення паливо сховищ (рис. 7).



BioFire

**Рис. 6** Генератори тепла типу «BioFire», що працюють на деревній трісці й деревній пелеті



**Рис. 7** Технологія транспортування й зберігання

**Висновки.** У публікації розглянуто типи генераторів тепла фірми «HERZ Energietechnik Ges.m.b.H.», що працюють на відновлюваних джерелах енергії (дровах, деревних пелетах та трісці) та їхні основні конструктивні особливості. Економіка і теплоенергетика України потребує на сьогоднішній день швидкого впровадження генераторів тепла таких типів для швидкої відмови від традиційних енергоносіїв. Впровадження такого обладнання як вітчизняного виробника, так і закордонного дозволить контролювати енергетичну безпеку країни. Широкі лінійки генераторів тепла фірми «HERZ Energietechnik Ges.m.b.H.» від 10 кВт до 6000 кВт дозволяє забезпечити перехід на опалення відновлюваними джерелами енергії у всіх секторах економіки України. Впровадження може відноситися до об'єктів як приватного сектора, так і промисловості та сільських господарств.

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

1. *Економічне обґрунтування доцільності переходу на опалення твердим біопаливом. Гармонізація українських стандартів і стандартів ЄС : Підручник. 2014. 47 с.*
2. *Біоенергетичні проекти: від ідеї до втілення. Практичний посібник / під загальною редакцією Тормосова Р. Ю. К. : ТОВ «Поліграф плюс», 2015. 2008 с. (ISBN 978-966-8977-61-9)*
3. <https://herz.ua/>

*Петрушка І. М., д. т. н., Мокрий В. І., д. т. н., Джумеля Е.А., д. ф.,  
Дмитрів Б. А.*

*Національний університет «Львівська політехніка», м.Львів, Україна*

## **ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ЖИДАЧІВСЬКОГО ЦЕЛЮЛОЗНО- ПАПЕРОВОГО КОМБІНАТУ**

Дослідження тенденцій розвитку та виробництва продукції целюлозно-паперових підприємств України є актуальним питанням сьогодення, оскільки в Україні функціонує близько 2,6 тис. підприємств із понад 40 тис. працівників, що виробляють 300 найменувань товарної продукції, яка постачається на внутрішній ринок та закордон. А це дає можливість Україні забезпечити населення робочими місцями та підтримувати конкурентні позиції на світовому паперовому ринку. Близько 100 підприємств галузі даної промисловості виробляють і переробляють папір та картон. При цьому близько 50% припадає на 42 підприємства, що розташовані у Львівській, Київській, Чернігівській, Житомирській, Дніпропетровській, Одеській, Хмельницькій областях. Подальший розвиток галузі буде позитивно впливати на розвиток економіки України та зміцнити зовнішні економічні взаємини з іншими країнами світу.

Головним джерелом утворення забруднених стічних вод ПАТ «Жидачівський целюлозно-паперовий комбінат» є виробництво целюлози, яке базується на сульфатному та сульфитному способах виварювання деревини та відбілюванні напівфабрикату з використанням хлорпродуктів. Забруднені стічні води підприємства характеризуються наявністю в них таких шкідливих речовин, як сульфати, хлориди, нафтопродукти, феноли, формальдегіди, метанол, фурфурол, диметилсульфід, диметилдисульфід. Основна причина негативного впливу на навколишнє середовище підприємства є використання старих технологій та обладнання. Забруднені стічні води утворюються під час обробки целюлозної та паперової маси, промивання та згущення целюлози, розгону скипидар-сирцю, вилучення шламів, мокрому коруванню лісоматеріалів тощо. В технології сульфитного способу виробництва паперу в стічні води також потрапляє сульфитний луг. У стічних водах гідролізних виробництв є спиртові, фурфурольні компоненти, сивушні ефіроальдегідні та скипидарні фракції та кислоти.

Крім хімічного забруднення водою від діяльності ПАТ «Жидачівський целюлозно-паперовий комбінат» відбувається теплове забруднення води. Це відбувається внаслідок використання великих обсягів води протягом технологічного процесу, а також використання води в теплообмінниках і конденсаторах для охолодження, після чого нагріта вода потрапляє зі стоком в гідросферу.

При випуску 3 млн. т/рік целюлози утворюється 3,5 млн. т/рік відпрацьованих лугів у перерахунку на суху речовину. З них біля 2 млн. т/рік можна утилізувати у вигляді спиртів. А інші сухі речовини відпрацьованих лугів скидається на очисні споруди. При процесі відбілювання целюлози використовують хлор, або його похідні (оксид хлору, хлориди, гіпохлориди). При делігніфікації деревини фенольновмісні фрагменти лігніну взаємодіють із хлорними реагентами, утворюючи діоксини та фурані, що є високотоксичними екоотоксикантами. Основна проблема галузі – експлуатування старих технологій та обладнання системи очистки.

Під час обробки целюлозної та паперової маси, промивання целюлози, вилучення шламів утворюються забруднені стічні води. Стоки можуть мати кислу, нейтральну або лужну реакцію, що в будь-якому випадку пов'язано зі зміною природного рН водоймищ. Промислові води після відбілювального цеху мають жовте забарвлення, смолистий запах, перманганатну окисність 160-240 мг  $O_2$   $дм^3$  /, вміст замулених речовин 800-1000 мг  $дм^3$  /, із них 70-90 % органічні речовини, БСК5 10-30 мг  $O_2$   $дм^3$ . Стічні води цього цеху мають лужний характер, збагачені хлором, ртуттю, їх сполуками та органічними речовинами. Стік цеху відбілювання - лужні води з розчиненим хлором та органічними сполуками. Ці сполуки є токсичними, тому потребують ретельного очищення. До складу стічних вод входять: розчинена органіка, мінеральні речовини ( $SO_4$ ,  $SO_3$ ,  $CO_3$ ,  $NaCl$ ). Основні потоки: лужні стічні води варильного цеху; стічні води відбілювального цеху; конденсати варильного цеху.

Аналіз впливу джерел забруднення на навколишнє середовище від стічних вод ПАТ «Жидачівський целюлозно-паперовий комбінат» показали, що річка Стрий стала жовтуватого кольору. В забруднених стічних водах підприємства наявні такі зважені речовини: формальдегіди, марганець, нафтопродукти, сульфати, хлориди, диметилсульфід, метанол, диметилдисульфід, фурфурол, метали, речовини метоксильних, карбоксильних та фенольних груп. Біля пункту водокористування ці речовини повинні бути відсутні у водоймі.

Очисні споруди, що використовуються на паперовій фабриці побудовані ще в 1970-х роках. Їхнє номінальне навантаження передбачає щодоби проводити очистку біля 20000  $м^3$  стоків, на даний час реально використовується 10-15%. За даними гідрохімічного аналізу поверхневої води річки Стрий є перевищення ГДК марганцю.

Водоспоживання фабрики здійснюється від річки Стрий. Із річки подається 5,6 млн.  $м^3$ /рік чистої води (або 20 тис  $м^3$ /добу). Промислові стоки відбілювального цеху поступають на систему очищення введена в експлуатацію ще в 1970-х роках, ефективність якої складала 80%, на даний момент біля 20%. Потім вода скидається в річку Стрий. Діюча система очистки закладена в проекті на основі рекомендацій галузевої лабораторії

по очищенню промислових стоків підприємств целюлозно-паперової промисловості.

Основними забруднювачем атмосферного повітря ПАТ «Жидачівський целюлозно-паперовий комбінат» є дрібнодисперсні частинки. Інші забруднювачі через їх специфічний вплив на здоров'я людини та екосистем включають оксиди азоту (NO<sub>x</sub>), оксиди сірки (SO<sub>x</sub>), свинець, леткі органічні сполуки (ЛОС) та оксид вуглецю (CO). Згідно з даними за 2021 рік речовини, які викидає в повітря ПАТ «Жидачівський целюлозно-паперовий комбінат» включають: аміак, миш'як, кадмій, хлор, діоксид хлору (ClO<sub>2</sub>), діоксини та фурани, формальдегід, шестивалентний хром, спирт, марганець, ртуть, метанол, метилетилкетон, поліциклічні ароматичні вуглеводні, фосфор, сірчана кислота та цинк. Багато з цих сполук є відомими канцерогенами, включаючи миш'як, кадмій, діоксини і фурани.

Під час діяльності ПАТ «Жидачівський целюлозно-паперовий комбінат» утворюються тверді відходи такі як мул, що утворюється на очисних спорудах, тверді відходи, такі як вапняний шлам, шлаки для гасіння вапна, відходи зеленого луку, зола з котлів і печей, шлами скрубберів, залишки деревообробки та шлам очищення стічних вод утворюються з різних млинів, макулатурний шлам, та побічні відходи від діяльності підприємства, а саме шини автомобільні, акумулятори, лампи люмінесцентні та тверді побутові відходи. Утилізація цих твердих відходів спричиняє екологічні проблеми через високий вміст органічних речовин, поділу хлорованої органіки, патогенних мікроорганізмів, золи та слідів вмісту важких металів.

Висновки і перспективи подальших наукових досліджень полягають у формуванні конкретних моделей і механізмів забезпечення екологічної безпеки та стратегічного розвитку підприємства на внутрішньому та зовнішньому ринку, проведення інноваційно-технологічної модернізації виробництва з поглибленою переробкою та випуском інноваційної продукції кінцевого споживання.

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

1. Офіційний сайт міністерства економічного розвитку і торгівлі України. *Целюлозно-паперова промисловість України [Електронний ресурс]*. – Режим доступу: <http://www.ukrexport.gov.ua/ukr/prom/ukr/25.html>

УДК 338.23:6281

*Петрушка К. І., к. т. н., доцент, Петрушка І. М., д. т. н., професор,  
Максимюк А. Б., студент*

*Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна*

## **ЗАРУБІЖНИЙ ДОСВІД УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ**

Для забезпечення екологічної безпеки довкілля високо розвинуті держави світу приділяють значну увагу питанням утилізації відходів. Слідкуючи за новинами світу ми спостерігаємо закордонний досвід Європи та інших країн світу, які на законодавчому рівні забороняють використання пластикових пакетів, розповідають про активне використання переробленої сировини у виробництві, впровадження автоматизованої системи збору відходів, тощо. Зараз найпоширеніший спосіб знищення твердих побутових відходів (ТПВ) – полігони для захоронення. Проте, цей простий метод супроводжується такими проблемами, як швидке переповнення через великий об'єм, зараження підземних вод, безконтрольне утворення метану, неможливість усунення полігонів через неперетворювані фракції золи, шин, будівельного сміття, тощо. Внаслідок створення нових та розширення старих полігонів ТПВ змінюється природний ландшафт місцевості та рельєф земної поверхні; нищиться рослинний та ґрунтовий покрив. В Україні офіційно нараховується 5455 звалищ та полігонів загальною площею більше 8,7 тис. га за даними Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства.

Досвід Європейського Союзу свідчить про поступове відмовлення від полігонів та започаткування нових методів боротьби з відходами, які дозволяють не тільки покращити стан навколишнього природного середовища, а й отримувати додаткові кошти та сировину з переробки відходів. Ще в середині 80-х років Німеччині пророкували потонути у смітті, проте в 1990 році була прийнята нова державна система «Duals System Deutschland GmbH», яка забезпечує збір використаних торговельних упаковок по всій країні та отримує з них сировину для економіки замкнутого циклу. Вона виявилася настільки ефективною, що в одному тільки Берліні майже 90% домогосподарств беруть участь у процесі роздільного збирання сміття. Це при тому, що жодних санкцій за порушення порядку система не передбачає. Неперероблена частина сміття спалюється, пара знаходить на електростанції, де змушує працювати генератори. Майже 12% електроенергії, необхідної для домогосподарств, виробляється таким чином. Інший варіант утилізації – ферментація, коли зі сміття отримують майже чистий метан. Їм, наприклад, заправляють сміттєзбиральні машини чи громадський транспорт. В Швейцарії екологічна ситуація почала покращуватись після введення нової політики за якої будь-яка людина може викидати скільки завгодно сміття, але за кожні 5 кілограмів побутових

відходів доведеться сплатити від 2 до 3 франків. І в той же час, у спеціальних пунктах прийому у людини заберуть стару побутову техніку безкоштовно. Те саме стосується макулатури та багатьох інших відходів. Після Німеччини і Швейцарії, Францію можна назвати ліберальним раєм для тих, хто не любить перебирати своє сміття. Система сортування у Франції дуже проста – є всього два контейнери. Один для збирання вторинної сировини, що переробляється, інший для непереробного. Французька система не передбачає покарань чи заохочень за сортування сміття. Виключно особиста відповідальність громадян.

Проблема пластику поступово стає загальнолюдською, і кожна країна обирає свої методи боротьби. Італія стала першою в Європі країною, що заборонила використання одноразових пластикових пакетів, котрі не розкладаються. Низка країн, зокрема Китай, ПАР, Кенія, Уганда, Бангладеш, заборонили використання тонких пластикових пакетів, а деякі (Руанда, Сомалі, Танзанія) ввели радикальнішу заборону на застосування будь-яких пластикових пакетів. Ірландія в 2002 році ввела податок у розмірі 15 євроцентів за пакет, її прикладом скористалися Бельгія, Швейцарія, Німеччина, Іспанія, Норвегія та Нідерланди, а Вельс, окрім податку, ввів ще штраф для власників крамничок, котрі продовжують видавати пластикові пакети безкоштовно. За даними Агенції із захисту довкілля США, щороку у світі виробляють і використовують приблизно трильйон пластикових пакетів, і лише 10% після використання потрапляє на переробку. В Україні «відсоток повернення» ще менший. Такі країни як Швейцарія, Швеція та Німеччина практично відмовилися від полігонів твердих побутових відходів. Ці країни інвестують кошти у такі методи боротьби з відходами як сортування, спалювання та переробка. Румунія, Польща, Чехія, Латвія, Угорщина та Литва – це країни які більшість своїх відходів утилізують на полігонах твердих побутових відходах, а переробка, спалювання та сортування займає незначну частку. У 2019-2020 роках кількість відходів в Україні зростала. За 2019 рік утворилося 441,5 млн. тонн відходів, 108 млн. тонн утилізували і 239 млн. тонн відправили на зберігання. Загальний обсяг накопичених відходів склав 15 млрд. 398,6 млн. тонн, в 2020-му – 15 млрд. 635,3 млн. тонн. За минулий рік утворилося 462,4 млн. тонн відходів: утилізували – 100,5 млн. тонн, відправили на зберігання – 276 млн. тонн. Також зовсім невеликий обсяг відходів в Україні спалюють – в середньому 1-1,1 млн. тонн за рік.

Спираючись на світовий досвід можна виділити наступні шляхи вирішення проблеми утилізації відходів: створення умов для сортування, за яких сортовані відходи будуть потрапляти на сміттєспалювальні заводи, перероблятись на вторинну сировину чи використовуватись на біогазовій станції; фінансове заохочення; накладання санкцій за порушення порядку; надання населенню базової екологічної освіти та розвиток громадської відповідальності.

*Петухова О. А., к. т. н., доцент,  
Добринська В. Є., здобувачка вищої освіти  
Національний університет цивільного захисту України,  
м. Харків, Україна*

## **ВЛАШТУВАННЯ ПОЖЕЖНИХ ВОДОЙМИЩ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ЕКОЛОГІЧНУ ТА ТЕХНОГЕННУ БЕЗПЕКУ ТЕРИТОРІЙ**

В умовах воєнного стану сучасної України питання влаштування пожежних водоймищ є актуальними. Умовами реалізації можливості гасіння пожеж, які виникають у мирному житті, а особливо у результаті бойових дій, є влаштування систем безводопровідного протипожежного водопостачання. Одним з можливих способів цього є побудування пожежних водоймищ: природних або штучних. Основними вимогами до таких елементів є наявність достатньої для успішного гасіння пожежі кількості води у будь-яку пору року, пристосування цих елементів до можливості забору з них води пожежною технікою та наявність показників, на яких вказується об'єм доступної кількості води та кількість пожежної техніки, яка може одночасно встановлюватися на майданчику біля водоймищ.

Вимоги сучасних нормативних документів дозволяють передбачати протипожежне водопостачання із водоймищ та резервуарів для: населених пунктів при кількості мешканців до 5000 осіб; підприємств категорії будівель за пожежовибухонебезпекою В, Г та Д при витраті води на пожежогасіння не більше 10 л/с; сховищ грубих кормів об'ємом до 1000 м<sup>3</sup>; сховищ мінеральних добрив об'ємом будівель до 5000 м<sup>3</sup>; будівель радіотелевізійних передавальних станцій; будівель холодильників та сховищ овочів та фруктів; та інших окремих громадських будівель. Аналіз цих об'єктів показує, що виникнення пожеж на таких об'єктах та тривале їх гасіння може привести до створення екологічної та техногенної небезпеки, тому наявність пожежних водоймищ, при влаштуванні яких виконані всі вимоги нормативних документів, значно знизить ризик виникнення надзвичайних ситуацій екологічного або техногенного характеру.

Для забезпечення надійного забору води пожежною технікою із природних водоймищ, крім під'їзних шляхів до місця водозабору та площадок для встановлення пожежної техніки, в багатьох випадках необхідно влаштовувати спеціальні пожежні пірси або берегові колодязі.

Пожежні пірси доцільно влаштовувати на водоймищах, що мають пологі береги. Найчастіше майданчик пірсу встановлюється на дерев'яних палях діаметром 0,25-0,30 м, що обумовлено необхідністю витримування ваги пожежної техніки у повному бойовому оснащенні. З урахуванням



сезонного коливання рівня води у водоймище та висоти всмоктування насосу, встановленому на пожежному автомобілі, майданчик пірсу розташовується та відстані не менш 0,1 м від найвищого рівня води у водоймищі, та не більше 4,5-5 м від найнижчого рівня води. Для забезпечення безпечного забору води в передній частині пірсу розташовується упорний брус, а бокові частини мають огорожу висотою 0,7-0,8 м.

Для забору води із природних вододжерел із болотними берегами доцільно влаштування берегових колодязів, об'єм яких приблизно дорівнює об'єму баку пожежної машини (3-5 м<sup>3</sup>), а розташування їх здійснюється в місці можливого безпечного під'їзду пожежної техніки.

Реальні обставини багатьох регіонів України такі, що влаштування джерел без водопровідного протипожежного водопостачання на базі природних водоймищ неможливо. Але є можливість використання ґрунтових вод, які розташовані на глибині до 3,5 метрів від поверхні землі. У таких випадках будуються спеціальні штучні пожежні водоймища, які зберігають необхідний об'єм води для забезпечення умов успішного гасіння пожежі, пристосовані для безперешкодної роботи пожежної техніки та мають відповідні позначення. Основною задачею (проблемою) при влаштуванні таких елементів є здійснення їх гідроізоляції, основні способи якої зведені до таблиці 1.

*Таблиця 1*

**Способи гідроізоляції пожежних водоймищ та їх порівняння**

Місце	Способи гідроізоляції пожежних водоймищ та їх порівняння за:		
	гідроізолююча здатність	термін експлуатації	вартість (у порядку збільшення)
I	асфальтобетонне облицювання	кам'яне облицювання	солонцювання ґрунту
II	бетонне облицювання	асфальтобетонна облицювання	глиняний одяг
III	кам'яне облицювання	бетонне облицювання	кольматаж ґрунту
IV	глиняний одяг	глиняний одяг	каміна облицювання
V	кольматаж ґрунту	кольматаж ґрунту	асфальтобетонне облицювання
VI	солонцювання ґрунту	солонцювання ґрунту	бетонне облицювання

Необґрунтований вибір способу гідроізоляції може привести до того, що водоймище не лише не зможе виконувати функції, що на нього покладені, а й створювати небезпеку для навколишнього середовища за рахунок впливу на мікроклімат території, можуть виникати зміни в режимі руху та витратах водоносних горизонтів, які використовуються для поповнення водоймищ. Реалізація гідроізоляції без урахування типів ґрунтів, висоти (глибини) залягання та характеристик ґрунтових вод, може

вплинути на якість цих вод та призвести до їх забруднення та іншим негативним наслідкам.

Важливо враховувати, що герметичність гідроізоляції може порушуватися у наслідок впливу кислотних дощів, підземних вод, поверхневих вод із кислотами та їдкими солями та інше. Сучасні пропозиції гідроізоляції з полімерних, бентонітових матеріалів можуть усунути проблему, але вартість робіт та термін і умови експлуатації не завжди дозволяють їх застосовувати.

Для усунення можливості виникнення надзвичайних ситуації екологічного та техногенного характеру (при обґрунтованому влаштуванні) під час експлуатації пожежних водоймищ необхідно здійснювати постійний нагляд за ними, який включає наступне:

- перевірка використання водоймища за прямим призначенням;
- регулярна перевірка рівня води у водоймищі і при його зниженні відносно норми на 0,3 м забезпечення поповнення запасу способом, який заздалегідь передбачений в конкретних умовах розташування;
- утримання у належному стані шляхів під`їзду до водоймища, майданчиків для пожежної техніки, пірсів та берегових колодязів (за їх наявності);
- дезінфекція влітку води (наприклад, хлорним вапном, при відсутності застережень) для запобігання погіршення її якості;
- забезпечення справного стану водозабірних споруд, укосів, гідроізоляції;
- створення обмежувальних заходів щодо доступності водоймища для непрофільного його використання;
- створення ополонок взимку, їх утеплення та позначення місць їх знаходження для забезпечення безперешкодного забору води пожежною технікою.

Виконання умов вибору місць розташування та способів гідроізоляції пожежних водоймищ, їх реалізації при побудованні та експлуатації, дозволить мати надійне джерело протипожежного безводопровідного водопостачання, що буде виконувати свої функції та не зашкодить навколишньому середовищу, тобто не створить можливих надзвичайних ситуацій екологічного або техногенного характеру.

*Пироженко Є. В., аспірант, Себко В. В., д. т. н., проф. каф. «Хімічна  
техніка та промислова екологія»*

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний  
інститут», м. Харків, Україна*

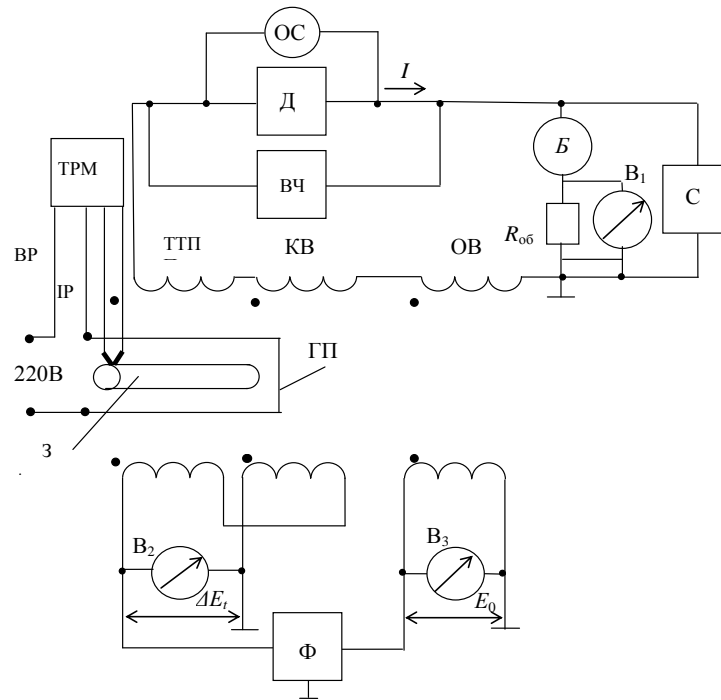
## **ТРИПАРАМЕТРОВИЙ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИЙ МЕТОД СУМІСНИХ ВИМІРЮВАНЬ ПИТОМОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ОПОРУ $\lambda$ , ВІДНОСНОЇ ДІЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРОНИКНОСТІ $\epsilon_r$ ТА ТЕМПЕРАТУРИ $t$ ЗРАЗКІВ ПИВНИХ СТОКІВ**

До найбільш розвинутих галузей сучасної промисловості слід віднести галузі харчових та переробних виробництв, які пов'язані з виготовленням пива, соків, сухих та кріплених вин, виноматеріалів зі свіжим, концентрованим чи спиртованим суслон, слабоалкогольних напоїв при цьому значних темпів в Україні досягає саме продукція пивоваріння [1]. При створенні очисних споруд на підприємствах пивоварної промисловості необхідно враховувати специфічні особливості стоку, обумовлені: технологіями виробництва продукції, споживанням води, методами очищення стічних вод, а також технічними можливостями інформативних методів контролю фізико-хімічних характеристик зразків стічних вод. Міні-пивоварні на теперішній час існують практично в кожному, навіть невеличкому місті, при цьому показники стічних вод міні-пивоварень перед скидом їх у міську каналізацію, практично не підлягають контролю відповідними інформативними методами стосовно кислотності та лужності та у більшості випадків не відповідають вимогам щодо запобігання забрудненню навколишнього природного середовища, які застосовують у міжнародній практиці. Вибір ефективного методу очищення повинен залежати від фізико-хімічних властивостей зразків пива, а також необхідного ступеня очищення та споживання стічних вод [1]. У загальному, випадку відходи пивоварної галузі сучасної промисловості являють собою залишки сировини рослинного походження, в основному органічного характеру. Забруднені домішками стічні води та емульсії, які виникають в результаті потрапляння пивних стоків у міську каналізацію, а також штучні та відкриті водоймища, несприятливо можуть вплинути на мікроорганізми та навіть привести до загибелі всієї екосистеми. Таким чином, в результаті антропогенного втручання відбуваються відхилення від норми важливих характеристик водних середовищ, які відповідають нормам реакції мікроорганізмів на ці характеристики. Стічні води міні-пивоварень у тих чи інших частках мають кислотний або лужний склад зі суспендованими речовинами. Основними показниками нормативних документів і санітарних інструкцій на стічні води є питома електрична

провідність  $\lambda$ , відносна діелектрична проникність  $\epsilon_r$ , водневий показник  $pH$ , температура  $t$  і пов'язані з ними характеристики мінералізації  $TDC$  і загальної жорсткості  $dGH$  [1-3]. Таким чином, подальших досліджень потребує проблема моделювання екологічних ситуацій, пов'язаних з процесами урбанізації та руйнуванням природного середовища районів великих міст в яких розміщуються виробництва пивоварної галузі. Саме тому, для вибору методів очищення, необхідно сумісне визначення питомої електричної провідності  $\lambda$ , відносної діелектричної проникності  $\epsilon_r$ , температури  $t$  та інших корелюючих із електричними та температурними параметрами фізико-хімічними параметрами: водневим показником  $pH$ , характеристиками мінералізації  $TDC$  і загальної жорсткості  $dGH$  - новими інформативними вихорострумівими багатопараметровими методами. Все це свідчить про актуальність теми дослідження, спрямованого на удосконалення методів очищення зразків стічних вод міні-пивоварні шляхом підвищення точності вимірювань фізико-хімічних параметрів зразків стічних вод кислого та лужного походження при реалізації нових багатопараметрових вихорострумівих методів вимірювань фізико-хімічних характеристик зразків стічних вод. Нижче досліджено інформативний вихорострумівий трипараметровий метод сумісних вимірювань питомого електричного опору  $\lambda$ , відносної діелектричної проникності  $\epsilon_r$  та температури  $t$  зразків стічних вод.

Із урахуванням схемних реалізацій методів вихорострумівого неруйнівного контролю [2-4] на рис.1, надано схему теплового трансформаторного перетворювача (ТТП) для сумісного визначення питомої електричної провідності  $\lambda$ , відносної діелектричної проникності  $\epsilon_r$  та температури  $t$  зразка рідини, яка передбачає терморегулятор ТРМ10 для управління гріючим пристроєм, який дозволяє регулювати температуру зразка зі заданою точністю. Гріючий пристрій ГП, надає змогу імітувати умови змінення температури зразка під час виробничого процесу пивоваріння та при реалізації методу очищення стічних вод. Схема містить ТТП зі зразком рідини, що контролюється, джерело живлення – Д на змінному струмі, вимірювач частоти – ВЧ, осцилограф – ОС, вимірювач ЕРС ТТП – В<sub>2</sub>, баретер (стабілізатор струму) – Б, зразковий опір – R<sub>з</sub>, вимірювач падіння напруги – В<sub>1</sub>, самопис – С, вимірювач фазового кута зсуву – Ф, компенсаційний вихорострумівий перетворювач – КВ. Схема також містить опорний вихорострумівий перетворювач ОВ, при цьому ТТП, КВ і ОВ мають однакові числа витків, радіуси вимірювальних обмоток та довжину (тобто це ідентичні перетворювачі). Первинні обмотки ТТП, КВ і ОВ увімкнено послідовно-узгоджено, при цьому вторинні котушки ТТП і КВ увімкнено послідовно-зустрічно. КВ призначено для повної компенсації ЕРС Е<sub>0</sub> ТТП при відсутності зразка (перед початком роботи схеми). Досліджуваний зразок розміщується у ГП, який, у свою чергу, розташований в ТТП. В якості контрольного методу вимірювання

температури зразка рідини застосовують термопару хромель-копель ТХК, контрольним методом вимірювання електропровідності  $\lambda$  при початковій температурі  $t_1$  є високочастотний вимірювальний міст, для визначення питомої діелектричної проникності  $\epsilon_r$  – ємнісний метод вимірювань, для визначення загального солемісту TDS застосовували лабораторний TDS-метр для визначення рівню рН, відповідно, лабораторний рН-метр.



**Рис. 1. Схема включення ТТП зі зразком рідини, що контролюється**

Під час реалізації спочатку встановлюють робочу точку на градувальній залежності  $\varphi=f(A)$ , тобто  $A=A_1$  ( $A_1$  – значення узагальненого параметра, яке відповідає початковій температурі зразка стічних вод  $t_0$ ) [2-4]. Встановлено, що найбільша чутливість ТТП спостережується у діапазоні  $0,9227 \leq A \leq 1,0814$ . Далі при температурі зразка стічних вод  $t=t_0$  в схемі на рис.1 встановлюють за допомогою генератора спочатку довільну частоту струму  $I$  та вимірюють при цьому компоненти сигналів  $E_\Sigma$ ,  $E_0$  і  $\varphi_0$  ТТП. Після цього знаходять значення паразитної ЕРС  $E_1$ .

$$E_1 = E_0(1 - \eta), \quad (1)$$

Далі з урахуванням вимірних компонентів багатопараметрового сигналу  $E_\Sigma$ ,  $E_0$  і  $\varphi_0$ , знаходять  $\text{tg}\varphi$ .

$$\text{tg}\varphi = -\frac{E_\Sigma \sin \varphi_0}{E_\Sigma \cos \varphi_0 - E_1} \quad (2)$$

Після цього за допомогою залежності  $\varphi$  от  $A$  знаходять значення  $A$ . Якщо це значення потрапляє у діапазон  $0,9227 \leq A \leq 1,0814$ , у цьому випадку залишають встановлену раніш частоту електромагнітного поля  $f$ , якщо отримане значення  $A$  не відповідає вказаному діапазону, у цьому випадку, змінюють частоту електромагнітного поля та виконують наведену вище процедуру доки знайдене значення  $A$  потрапить у досліджуваний

діапазон. Після цього піддають нагріванню зразок стічних вод до температури  $t$  з досліджуваного діапазону  $t = [20 \dots 35 \text{ }^\circ\text{C}]$  [2-4], вимірюють значення  $E_\Sigma$ ,  $E_0$  і  $\varphi_0$ , а після цього знаходять характеристики  $\varphi$  і  $A$  у відповідності з розглянутої вище процедурою.

Питомий електричний опір  $\lambda$ , знаючи узагальнений параметр  $A$ , знаходять за формулою

$$\lambda_t = \frac{\alpha^2 \mu_0 2\pi f_1}{A_1^2} \quad (3)$$

Далі застосувавши формулу для визначення глибини проникнення магнітного поля  $\delta$  у досліджуваній зразок знаходять відносну діелектричну проникність  $\epsilon_r$  зразка стічних вод

$$\delta = \omega \sqrt{\epsilon_1}, \quad (4)$$

Звідси для амплітудного значення діелектричної проникності  $\epsilon_1$ , маємо

$$\epsilon_1 = \frac{f \cdot \lambda}{10^{-8}}, \quad (5)$$

Формула для визначення відносної діелектричної проникності  $\epsilon_r$ , має наступний вигляд

$$\epsilon_r = \frac{\omega \cdot \lambda_t}{4\pi \cdot 10^{-8} \cdot \epsilon_0}. \quad (6)$$

Далі застосовують залежність питомого електричного опору  $\lambda$  від температури  $t$ :

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{1 + \alpha \cdot (t - t_0)}. \quad (7)$$

Після цього визначають температуру  $t$  зразка рідини

$$t = \left( \frac{A_t^2}{A_0^2} - 1 \right) \cdot \left( \frac{1}{\alpha} \right) + t_0 \quad (8)$$

Таким чином, досліджено трипараметровий вихорострумний метод сумісних вимірювань питомого електричного опору  $\lambda$ , відносної діелектричної проникності  $\epsilon_r$  та температури  $t$  зразків пивних стоків.

### **Використані інформаційні джерела:**

1. *International Organization for Standardization (ISO). ISO 22000: 2005: Food Safety Management Systems – Requirements for any organization in the food chain, ISO, Geneva, 2005.*

2. *Себко В. П., Себко В. В. Вихретоковые методы и преобразователя для определения температуры изделий и сред. Вісник Харківського державного політехнічного університету. Харків, 1999. Вип.24. С.10–16.*

3. *Себко В. В., Здоренко В. Г., Петухова Е. О., Минкова А. К. Автоматизація вимірювального контролю температури проби харчового барвенника. Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Київ, 2015. №4 (88). С. 49–57.*

4. *Себко В. В., Здоренко В. Г. Метод неруйнівного контролю зразка водного розчину адипінової кислоти. Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Київ, 2016. №1. (94). С. 121–127.*

*Пінчук О. Л., к. т. н., доцент, Куницький С. О., к. т. н., старший дослідник, Іванчук Н. В., к. т. н., доцент, Шатний С. В., к. т. н.  
Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, Україна*

## **РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНОЇ ПРОГРАМИ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ВТРАТ НАПОРУ В БЛОК-СЕКЦІЯХ СПЕЦІАЛЬНИХ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ В СЕРЕДОВИЩІ VISUAL STUDIO**

Гідротехнічні системи поверхневого обігріву ґрунту з оболонками – рукавами (ГС ПОГ) належить до систем спеціального призначення, які одночасно з покращенням температурного режиму локальних ділянок ґрунту і можуть частково виконувати функції охолодження теплообмінних, циркуляційних вод промислових підприємств для повторного їх використання [1, 2].

Для гідравлічних розрахунків ГС ПОГ, підбору обладнання важливо знати втрати напору не тільки в окремих рукавах, але також в цілому в блок-секції з декількох рукавів разом із розподільчим і збірним колекторами, підвідним і відвідним патрубками, арматурою тощо.

Для проведення високоточних розрахунків та зменшення часу на аналіз дослідних даних, була розроблена комп'ютерна програма для розрахунку втрат напору в блок-секціях ГС ПОГ.

Програма була створена в середовищі Visual Studio – інтегроване середовище розробки програмного забезпечення від фірми Microsoft. Середовище розробки Visual Studio .NET надає потужні і зручні засоби написання, коректування, компіляції, відладки і запуску додатків, що використовують .NET-сумісні мови.

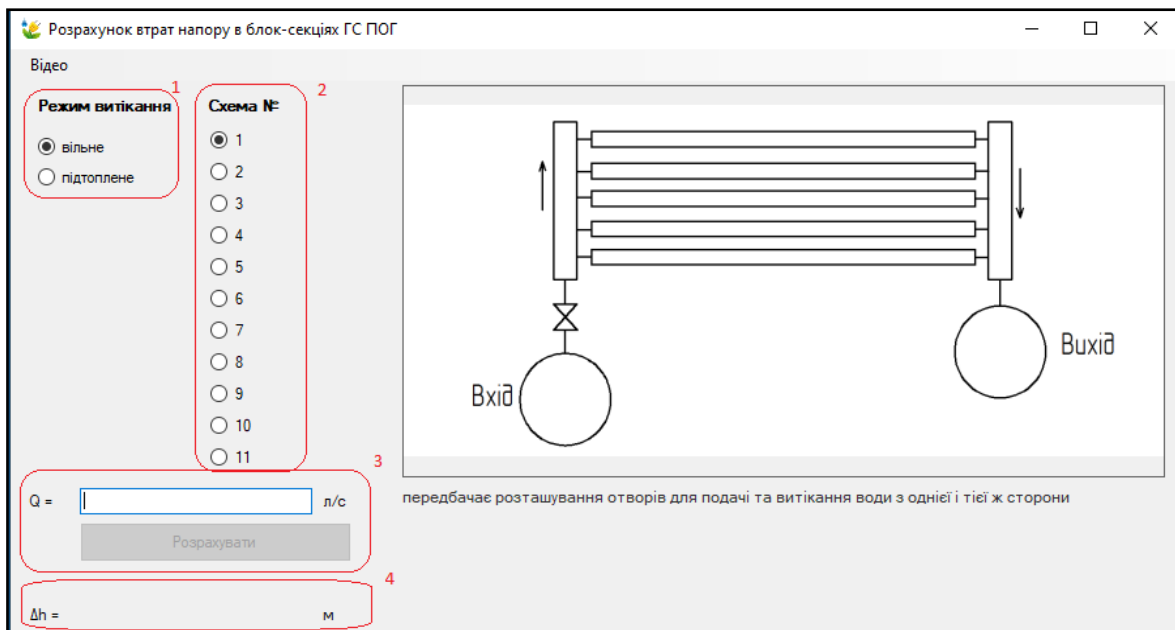
NET-сумісні мови повинні відповідати вимогам загальномовної специфікації (Common Language Specification, CLS), в якій описується набір загальних для всіх мов характеристик. Це дозволяє використовувати для розробки додатку декілька мов програмування і вести повноцінну міжмовну відладку. Всі програми незалежно від мови використовують одні і ті ж базові класи бібліотеки .NET. Додаток в процесі розробки являється проектом. Проект об'єднує все необхідне для створення додатку: файли, папки, посилання і інші ресурси.

Для підвищення показників ефективності роботи програми, було застосовано рішення для організації людино-машинного інтерфейсу на основі технології WindowsFormsApplication. Windows Forms - інтерфейс програмування додатків (API), відповідальний за графічний інтерфейс користувача і є частиною Microsoft .NET Framework. Даний інтерфейс спрощує доступ до елементів інтерфейсу Microsoft Windows за допомогою

створення обгортки для Win32 API в керованому кодї.

Всередині .NET Framework, Windows Forms реалізується в межах простору імен System.Windows.Forms. Як і Abstract Window Toolkit (AWT) (схожий API для мови Java), бібліотека Windows Forms була розроблена як частина .NET Framework для спрощення розробки компонентів графічного інтерфейсу користувача. Windows Forms побудована на основі застарілого Windows API. Windows Forms надає можливість розробки кросплатформного графічного користувацького інтерфейсу. Але Windows Forms є лише обгорткою Windows API-компонентів. Разом із .NET Framework 3.0 Microsoft випустила новий API для користувацьких інтерфейсів: Windows Presentation Foundation, який базується на мові XAML.

Загальний вигляд розробленого інтерфейсу користувача та детально ознайомитись із структурою інтерфейсної взаємодії можна на рис. 1. Як видно інтерфейс складається з декілької абстрактних полів, що відповідають за налаштування, конфігурацію та безпосередньо проведення обчислень. У блоках 1 та 2 інтерфейсу дозволяється обрати режим та номер секції, в результаті підтвердження вибору, користувача буде супроводжувати надекранна підказка та відповідна схема із поясненнями.



**Рис. 1. Загальний вигляд та структурні модулі інтерфейсу користувача**

Після первинної конфігурації та вибору необхідних параметрів, можна перейти безпосередньо до проведення обчислень. Дані вхідного параметра  $Q$  вводимо в блоці 3, при коректному введенні активується керуючий елемент Button.

Результуючі дані виводяться у поле виводу інформації Text, у



властивостях якого реалізована функція обмеження кількості знаків після кому в 4 елементи. Результати роботи та достовірність отриманих результатів можна переглянути в блоці 4.

Основний код програми написаний мовою C# в середовищі розробки та програмування Visual Studio Community 2022. Синтаксис C# близький до C++ і Java. Мова має строгу статичну типізацію, підтримує поліморфізм, переваження операторів, вказівники на функції-члени класів, атрибути, події, властивості, винятки, коментарі у форматі XML. Переїнявши багато від своїх попередників – мов C++, Object Pascal, Модула і Smalltalk – C#, спираючись на практику їхнього використання, виключає деякі моделі, що зарекомендували себе як проблематичні при розробці програмних систем, наприклад, мова C#, на відміну від C++, не передбачає множинне успадкування класів. C# має «препроцесорні директиви» на основі препроцесора C, це дає програмісту можливість визначити символи, але не макроси. Умовні директиви, такі як #if, #endif, чи #else також можливі. Директиви типу #region дають натяк редактору для згортання фрагментів коду. Специфікація C# визначає мінімальний набір бібліотек типів і класів, на який має розраховувати компілятор. На практиці, C# найчастіше використовується з якоюсь реалізацією Common Language Infrastructure[en] (CLI), яка стандартизована як ECMA-335 Common Language Infrastructure (CLI).

Реліз основного коду програми представлено на рис. 2. Як видно із представленого лістингу, програма має лінійну структуру із можливістю перевірки коректності введення початкових значень. Застосування адаптивних елементів інтерфейсу та інтеграції з кодом програми дозволяє мінімізувати помилки вводу початкової інформації користувачем.

У програмі передбачена інтеграція мультимедійних ресурсів для підвищення обізнаності та наочності серед малодосвідчених користувачів.

Мультимедійна інтеграція призначена для спрощення розуміння процесів, які обраховуються та забезпечує можливість використання у навчальному процесі, зокрема для підготовки студентів по відповідним спеціальностям.

Розроблено комп'ютерну програму для гідравлічного розрахунку втрат напору в блок-секціях, яка виконана на високому алгоритмічному та програмному рівнях та показує високу точність обрахунків і обчислювальну швидкодію. Перспективність даної розробки полягає у можливості розширення функціоналу програми, збільшенні обчислювальних можливостей та реалізованих методів.

```

using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Windows.Forms;
namespace WindowsFormsApplication1 {
    public partial class Form1 : Form {
        public Form1() {
            InitializeComponent();
        }
        string[] titles = new String[] {

        };
        RadioButton[] schemes = new RadioButton[11];
        double[,] a = new double[,] {

        };

        double[,] b = new double[,] {

        };
        private void Form1_Load(object sender, EventArgs e) {
            for (int i = 0; i < 11; i++) {
                schemes[i] = new RadioButton();
                schemes[i].Text = "" + (i + 1);
                schemes[i].Name = "" + i;
                schemes[i].CheckedChanged += new
                EventHandler(schemeButtonCheckedchanged);
                schemes[i].Location = new Point(10, 30 + i * schemes[i].Height);
                panel1.Controls.Add(schemes[i]);
            }
            schemes[0].Checked = true;
        }
        void schemeButtonCheckedchanged(object sender, EventArgs e) {
            if (sender is RadioButton) {
                int ind = Int16.Parse((sender as RadioButton).Name);
                textBox3.Text = titles[ind];
                panel2.BackgroundImage =
                (Image)Properties.Resources.ResourceManager.GetObject("S" + (ind + 1));
            }
        }
    }
}

```

Рис. 2. Лістинг програми

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

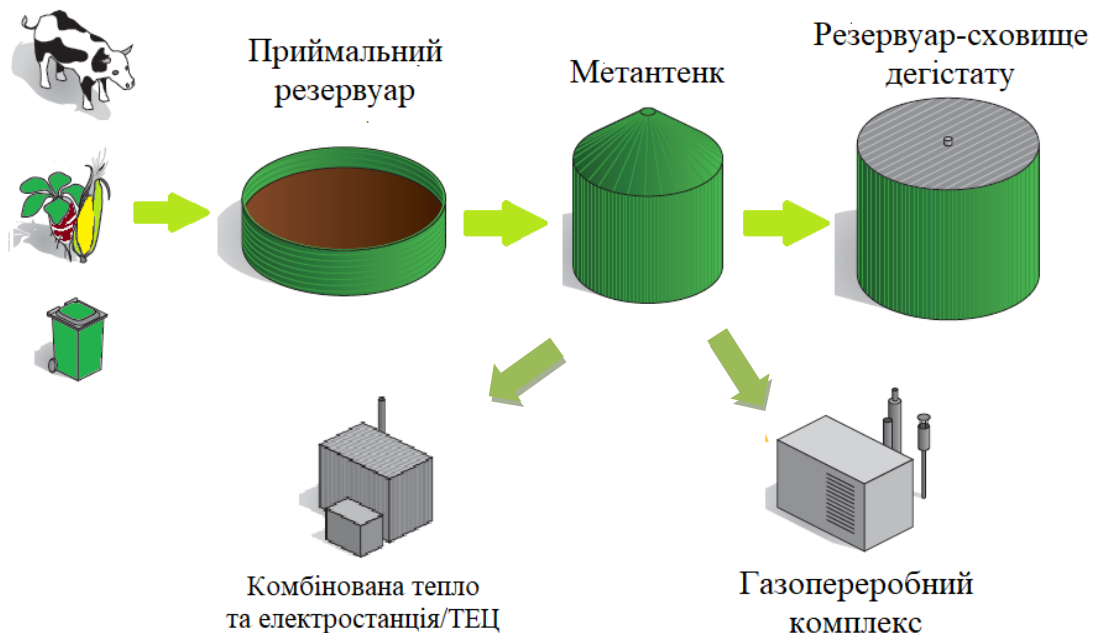
1. Пінчук О. Л. Обґрунтування конструкції та параметрів гідротехнічної системи поверхневого обігріву ґрунту оболонками-рукавами при використанні скидних теплих вод: канд. ...техн. наук : 06.01.02 / Пінчук Олег Леонідович. Рівне, 2012. 255 с.
2. Пінчук О. Л. Аналіз конструкцій тепломеліоративних // Вісник НУВГП : збірник наукових праць. Випуск 1(53). Технічні науки. Рівне, 2011. С. 85–94.

*Пічугін С. Ф., д. т. н., професор, Оксененко К. О., аспірант  
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія  
Кондратюка», м. Полтава, Україна*

## **МЕТАНТЕНК – МЕТАЛЕВИЙ СПРАЛЬНО-ФАЛЬЦЕВИЙ РЕЗЕРВУАР – У СКЛАДІ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ’ЄКТІВ**

Біоенергетика займає 70% серед всіх відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) в Україні і по праву є невід’ємною складовою «зеленої» енерготрансформації країни. Станом на 1 липня 2020 року в Україні налічується 51 біогазова станція.

Біогазова станція (рис.1) складається з наступних основних компонентів: приймальний резервуар, метантенк, газосховище, резервуар-сховище дегістату.



**Рис.1. Схема біогазової станції**

Метантенк, або ферментер (резервуар зброджування), займає центральне місце у будівництві біогазової установки і є другим етапом виробничого ланцюгу.

Метантенки – герметичні резервуари, що забезпечують зброджування осадів без доступу кисню повітря при підтримці оптимальної температури зброджуваного осаду. На відміну від двоярусних відстійників і освітлювачів-перегнівачів, у метантенках здійснюють підігрівання осадів

до 33 чи 53 °С, їх інтенсивне перемішування та утилізацію утвореного біогазу [1].

Метантенки являють собою залізобетонні або металеві резервуари з теплоізоляційним покриттям. Резервуари можуть бути циліндричними з конусним днищем і конічним або сферичним перекриттям, а також можуть бути кулястої, яйцевидної форми. Часто, для кращої теплоізоляції, метантенки влаштовують заглибленими в землю або обволікають землею.

Метантенк – відповідальна споруда, до її конструкції висуваються жорсткі вимоги щодо надійності та міцності. Залізобетонні резервуари збродження були досить розповсюдженими, однак вони мають свої недоліки: складність у виготовленні, велика вага та вартість. У зв'язку з процесами, які відбуваються всередині конструкції, утворення тріщин, протікання та корозія бетону були не рідкістю, і в крайніх випадках метантенки, які постраждали від цих проблем, доводилося зносити. Для попередження таких випадків у Німеччині були розроблені інструкції для сільськогосподарського будівельного сектора під назвою «Бетон для резервуарів на біогазових установках» [2].

Більш раціональними є металеві резервуари, для виготовлення яких використовуються рулонні смуги та сталеві листи, з'єднані зварюванням або болтами. Болтові з'єднання мають бути належним чином герметизовані. Герметизація болтових з'єднання – це довготривалий процес, що значно збільшує час на монтаж всієї конструкції.

Інноваційним рішенням легкої та герметичної ємності метатенка є *металеві резервуари спірально-фальцевого типу*. Спірально-фальцевий резервуар має циліндричний корпус, який являє собою систему спірального з'єднання сталевої стрічки шляхом подвійного вальцювання [3]. Технологія була винайдена німецьким вченим Ксавером Ліппом у 1968р.

Наприкінці 1980-х років, коли біогазові установки почали набирати популярності, був створений метантенк з горизонтальним процесом ферментації, з лопатевою мішалкою та гвинтовим конвеєром. Подальший розвиток та оптимізація метантенка призвели до створення чотирьох різних типів метантенків, кожен з яких підходить для різних сфер застосування [4].

1. Модульний реактор KomBio із вбудованим газовим акумулятором. Технічні характеристики: об'єм від 100 м<sup>3</sup> до 3000 м<sup>3</sup>; робочий тиск до 200 Ра. Реактор поєднує сучасний промисловий газовий акумулятор і високопродуктивний метантенк. Стаціонарна конструкція даху, що може бути утеплена, забезпечує захист мембрани газового акумулятора від атмосферних впливів і, отже, значно продовжує термін служби. Крім того, обігрів реактора KomBio знаходиться зовні ємності з нержавіючої сталі (Verinox), що забезпечує хорошу тепловіддачу по всій висоті ємності. Ізоляція до 200 мм дозволяє використовувати установку як у холодних, так і в гарячих регіонах по всьому світу.

2. Універсальний метатенк із мембранним дахом. Технічні характеристики: об'єм від 200 м<sup>3</sup> до 5000 м<sup>3</sup>; робочий тиск до 700 Ра. Універсальний метатенк призначений для використання на великих промислових та муніципальних підприємствах. Корпус виконаний із нержавіючої сталі (Verinox), що у поєднанні зі звареним мембранним дахом із нержавіючої сталі забезпечує найвищу якість внутрішньої частини ємності.

3. UniCentralmix – метатенк із зовнішнім нагрівом та центральним перемішувачем. Технічні характеристики: об'єм від 100 м<sup>3</sup> до 7000 м<sup>3</sup>; робочий тиск до 3000 Ра. Центральне перемішування знижує потребу в енергії та забезпечує рівномірне перемішування субстрату. Гладкі внутрішні стінки також зменшують утворення відкладень у метатенку.

4. Метатенк Eco Digester. Технічні характеристики: об'єм від 100 м<sup>3</sup> до 10 000 м<sup>3</sup>; робочий тиск до 700 Ра. Використовується для сільськогосподарського застосування, а гнучка конструкція дозволяє працювати з різними субстратами та додатками. Метатенк може бути виконаний з газовим акумулятором або без нього в залежності від потреб виробництва. Тип конструкції покрівлі залежить від вимог виробничого процесу.

**Висновки.** Біоенергетика – перспективна галузь промисловості відновлювальної енергетики. Всі компоненти біогазових станцій відносяться до конструкції з підвищеною відповідальністю, тому їх аварії призводять до значних наслідків, як економічних так і екологічних. Метатенки (ферментери) займають центральне місце у будівництві біогазової установки і виконуються у вигляді залізобетонних або сталевих резервуарів. Металеві резервуари спіраль-фальцевого типу – це інноваційні та надійні конструкції, важлива складова сучасних біоенергетичних комплексів.

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

1. Поліщук В., Тарасенко С., Сергеева О. Конструктивні особливості метатенків // *Motol.* 2011. №13. С. 56–61.
2. *Guide to biogas – from production to use – Gülzow: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), 2010. 232 с. (5th).*
3. Pichugin S., Oksenenko K., Hajiyev V., Sulewska M., *Features of structures and calculation of steel spiral-fold silos. January 2021, E3S Web of Conferences 280(4):03006. DOI: 10.1051/e3sconf/202128003006.*
4. Xaver Lipp [ Інтернет ресурс ]. – Режим доступу – <https://xaverlipp.com/>

*Подорожко К. Д., студентка, Красовська І. Г., к. т. н., с. н. с.  
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ»,  
м. Харків, Україна*

## **МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ ЗАБРУДНЕННЯ АЗОТОМ ПОВІТРЯ ВНАСЛІДОК ТЕХНОГЕННОЇ СИТУАЦІЇ НА ТОВ НВП «ЗОРЯ» В м. РУБІЖНЕ (ЛУГАНСЬКА ОБЛАСТЬ) У ПРОГРАМНОМУ СЕРЕДОВИЩІ ARCGIS**

Техногенні ситуації набули надзвичайно широкого розповсюдження в нашій державі за 2022 рік. Аналіз даного явища та його оцінка є важливими для контролю екологічного стану. Ще важливіше є прогнозування техногенних ситуацій та моделювання їх наслідків для життя та здоров'я людини. Вибух азотної цистерни в м. Рубіжне Луганської області, спричинив потужний викид великої кількості азоту в атмосферу. Це сталося 5 квітня 2022 року внаслідок потрапляння туди снаряду російською авіацією. Відомо, що пари азоту спричиняють шкоду для здоров'я та життя жителів України. Саме тому моделювання наслідків даної техногенної ситуації є важливим для прийняття рішень щодо евакуації та захисту мирного населення сусідніх населених пунктів та аналізу екологічного стану прилеглих територій.

Газ азот дуже токсичний і небезпечний у чистому або концентрованому вигляді, що спричинює ураження центральної нервової системи людини. При цьому порушується розумова активність, серцево-судинна і дихальна системи більше не можуть нормально функціонувати. Розчиняючись в жировій тканині, організм отримує сильну інтоксикацію, яка відбувається до тих пір, поки органи, що виводять речовини, не виконають свою роботу.

На рисунку 1 представлена забруднююча хмара одразу після вибуху.



**Рис.1. Хмара від вибуху азотної цистерни**



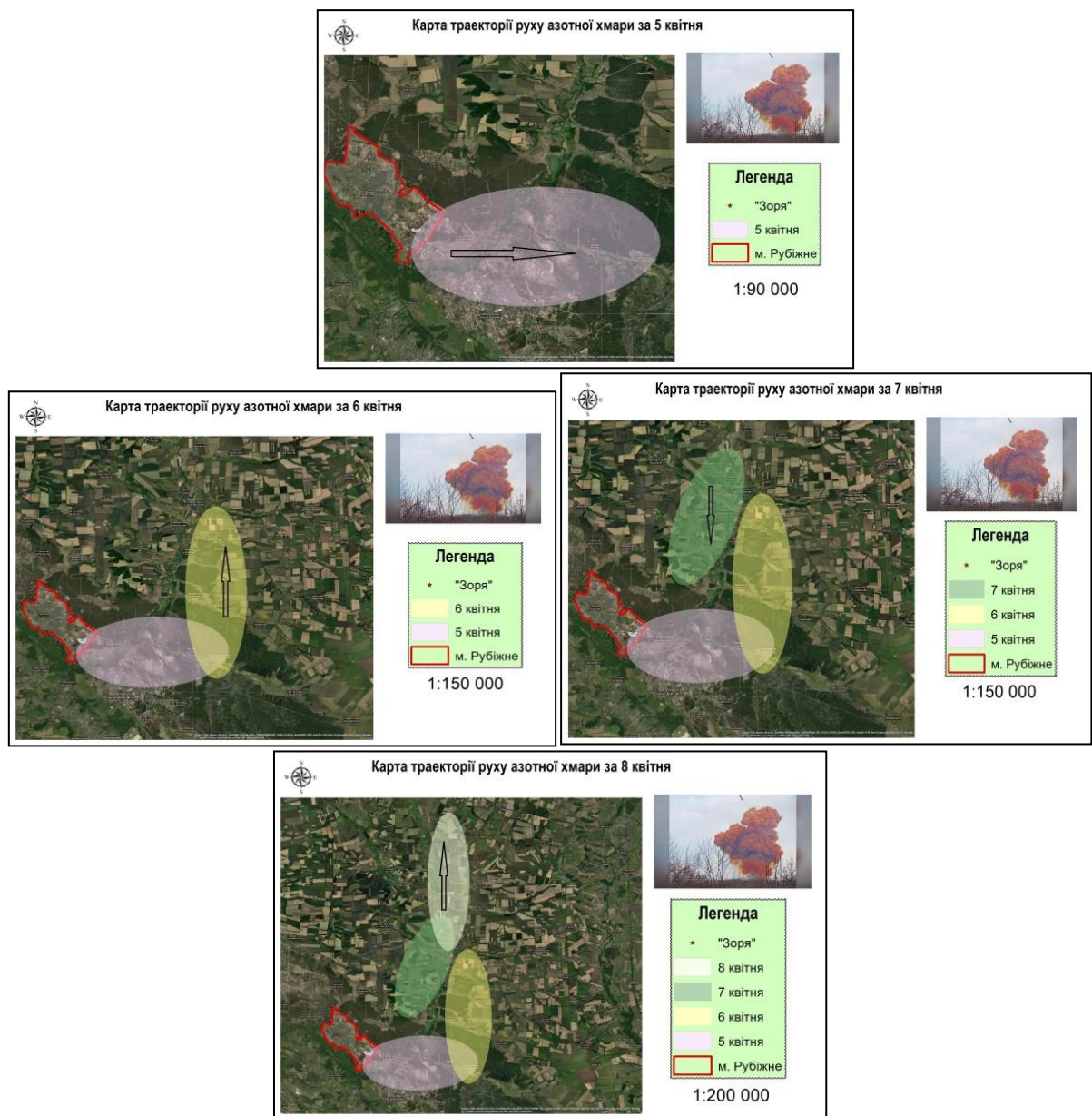
Аналіз стану атмосфери показав, що в день катастрофи переважав південно-західний помірний вітер із поривами до 10 м/с. Оскільки дана хмара азоту може розпадатися лише після дощу, то критичним є день 8 квітня, оскільки саме в цей день перший раз після катастрофи пішов дощ. Кількість азоту, що вибухнуло – невідомо.

Є важливим змодельовати подальшу траєкторію руху даної токсичної хмари. Моделювання руху хмари дозволить спрогнозувати, які сусідні міста будуть піддані небезпеці отруєння азотом. Саме тому було використано програмне забезпечення ArcGIS 10.5, в якому було виконано побудову картографічної моделі стану атмосфери на 5-10 квітня 2022 року. Дана модель містить інформацію про, силу на напрям вітру (рисунок 2).



Рис.2. Карта напрямку вітру в м. Рубіжне

Проаналізувавши напрям та силу вітру, було проведено розрахунки щодо відстані, на яку може бути розповсюджено небезпечну речовину. Для розрахунку відстаней було використано стандартну формулу швидкості та часу. Взято час, за який хмара пододала відстань зі швидкістю вітру в цей день. За час було прийнято – 1 день. За швидкість – швидкість вітру за період 5-8 квітня відповідно. Результат добутку часу та швидкості і є відстань, яку було змодельовано. З використанням інструментів просторового аналізу ArcGis було змодельовано траєкторію руху даної хмари та складено їхні картографічні моделі (рисунок 3).



**Рис.3. Картографічні моделі траєкторій руху азотної хмари за 5-8 квітня**

Потім було побудовано три буферні зони трьох ступенів ураження (сильний, середній, слабкий) навколо центрів еліпсів траєкторії руху хмари за 5-8 квітня (рисунок 3), які є приблизною моделлю ступенів ураження хімічною речовиною. Радіус зони для трьох рівнів було обрано 10 км, 20 км та 30 км відповідно.

У перший день (5 квітня) сильному забрудненню підпадає Северодонецьк, Привілля, Воеводівка. Середньому забрудненню – Олександрівка, Лисичанськ, Метьолкіно. Слабкому забрудненню – Чабанівка, Нова Астрахань, Лозуватка (рисунок 4).



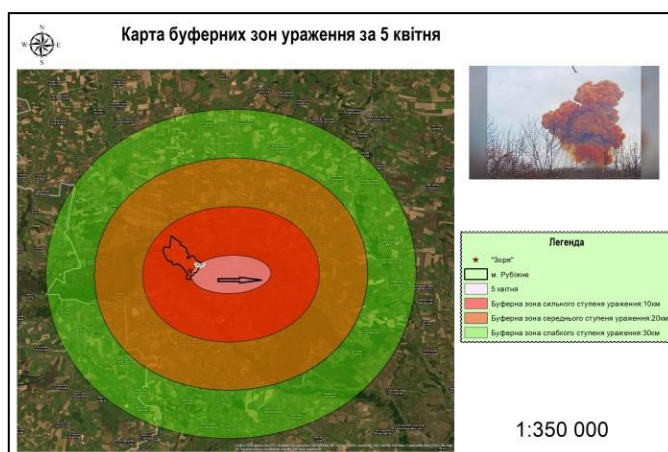


Рис. 4. Буферні зони забруднення повітря 5 квітня

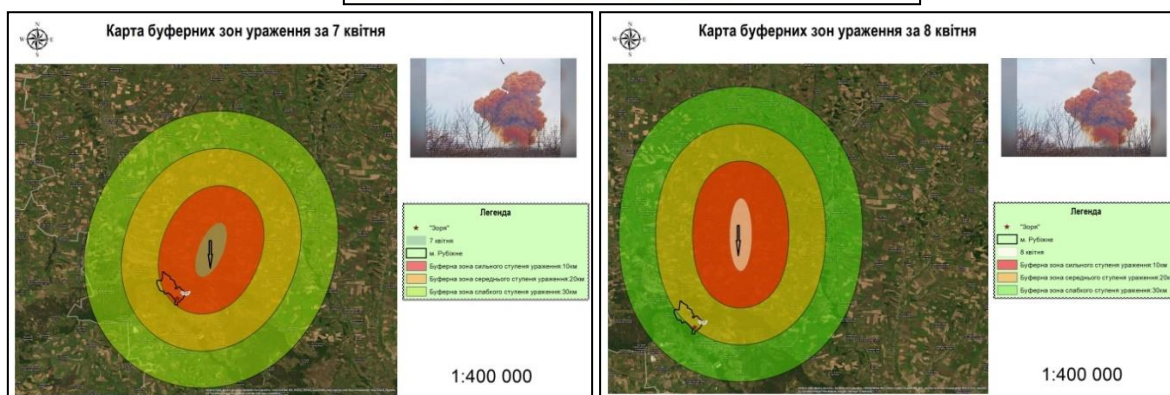
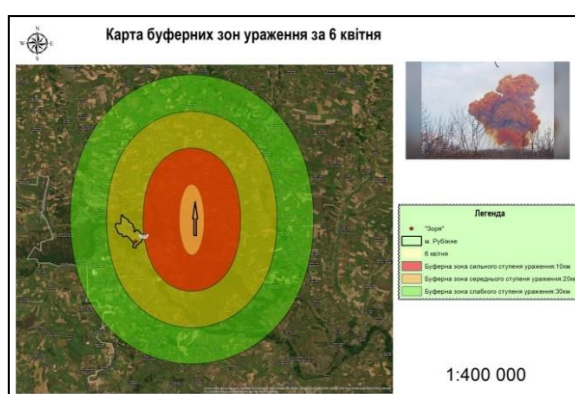


Рис. 5. Буферні зони забруднень повітря 6-8 квітня

Містам, що розташовані в даних буферних зонах рекомендується ретельне дотримання правил безпеки при хімічному отруєнні азотом, оцінка стану повітря для даних населених пунктів.

#### Використані інформаційні джерела:

1. Електронний ресурс <http://www.zaryachem.com/ru/about-company>
2. *Conventional Atomic Weights 2013. Commission on Isotopic Abundances and Atomic Weights*
3. Електронний ресурс <https://newmark.com.ua/?p=13850>

4. Глосарій термінів з хімії / уклад. Й. Опейда, О. Швайка ; Ін-т фізико-органічної хімії та вуглехімії ім. Л. М. Литвиненка НАН України, Донецький національний університет. Дон. : Вебер, 2008. 738 с.

5. *Standard Atomic Weights 2013. Commission on Isotopic Abundances and Atomic Weights.*

[

*Політучий О. І., к. т. н.  
Національний університет  
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»,  
Полтава, Україна*

## МЕТОД УТИЛІЗАЦІЇ ШЛАМУ ПРИ БУРІННІ НАФТОВИХ І ГАЗОВИХ СВЕРДЛОВИН

При бурінні нафтових і газових свердловин, глибини яких сягають декількох тисяч метрів, об'єм вибуреної породи (шламу) також має до 2000 кубічних метрів. Мінералогічний склад шламу є досить різноманітний і механічні властивості такі як наприклад коефіцієнт Протодьяконова коливається від 0,3 до 20. Під час механічного буріння породоруйнівний інструмент розбурює: глину, крейду, аргіліти, пісковики, алевроліти, мергелі, вапняки, сіль та інші породи. В залежності від оснащення породоруйнівного інструменту та стану породи розмір шламу також коливається від декількох міліметрів до декількох сантиметрів. Враховуючи те, що шлам виноситься на поверхню буровим розчином, який в свою чергу має складний хімічний склад і частково залишається на поверхні шламу, відходи процесу буріння практично неможливо піддати якійсь класифікації.

Оскільки буровий розчин використовується в циркуляційному режимі, технічні засоби, якими оснащені бурові верстати, створюють багатоступеневу систему його очистки. На першій стадії очистка проводиться за допомогою вібраційного сита, яке представляє собою вібруючу раму, встановлену під кутом, на якій монтується металева сітка з певним розміром отворів. Розчин проходить через сітку, а шлам по поверхні сітки сповзає і випадає за межі циркуляційної системи. Наступним кроком являється очистка від більш мілких фракцій за допомогою гідроциклону.



Рис.1 Захоронення шламу при бурінні

Найбільш поширеним методом ліквідації відходів буріння являється захоронення в земляних ангарах, які облаштовуються перед початком буріння (рис.1). Великим недоліком такого способу є забруднення території оскільки відновлення плодоносного шару товщиною біля 0,7 метра не дає попередніх результатів. Крім того в земляному ангарі накопичуються стічні технічні води які дрениують у ґрунт та суттєво заважають захороненню шламу. По

закінченню будівництва свердловини ділянка, на якій проведена рекультивация, все рівно відрізняється від навколишньої площі.

Однією з компаній, які займаються утилізацією відходів буріння в Україні є компанія «Утільвторпром» [1], де розглядають і пропонують різні методи:

1. Фізичний спосіб.
2. Термічний спосіб.
3. Хімічний спосіб.
4. Біологічний спосіб.
5. Фізико-хімічний спосіб.

У навчально-виробничому центрі Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» проводяться дослідження по використанню принципово нового хімічного способу утилізації бурового шламу. Однією з великих переваг запропонованого способу є те, що він не потребує попереднього використання розчинників, які в свою чергу приводять не тільки до удорожчання процесу а й до суттєвих технологічних труднощів. В основі запропонованого методу лежить використання магnezіальних в'язучих [2]. Другою перевагою є те, що застосовується безклінкерна технологія, що здешевлює вхідні компоненти. На рисунку 2 зображена схема утилізації шламу при бурінні свердловин де шлам відбирається з бурового розчину стандартними технічними засобами віброситами і гідроциклонами. По похило спрямованому лотку шлам надходить в перемішувач, в який подається також попередньо змішані магнезит та бішофіт. У залежності від співвідношення компонентів твердіння починається через декілька хвилин або декілька годин. Кінцева продукція формується залежно від попиту.

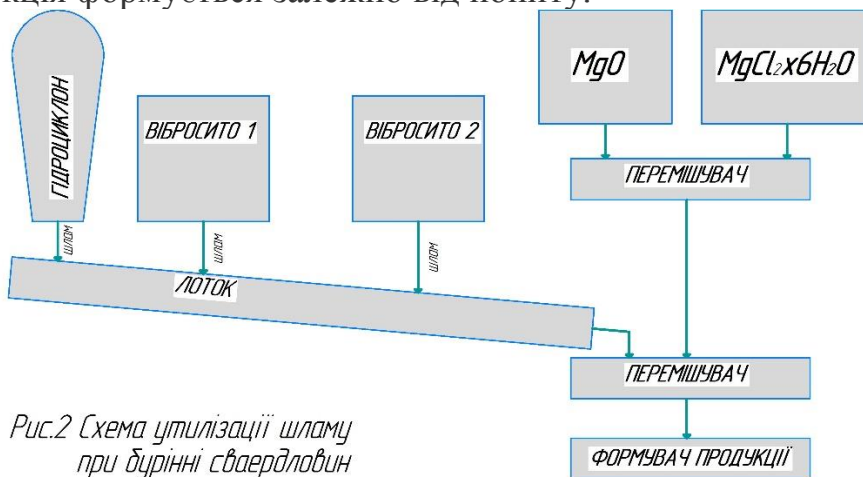


Рис.2 Схема утилізації шламу при бурінні свердловин

### Використані інформаційні джерела:

1. <https://xn--80ancaso1ch7azg.xn--j1amh/uk/>
2. Растворы и бетоны на нецементных вяжущих. Шульце В., Тишер В., Эттель В. П. Стройиздат. Москва. 1990.

## **ЕКОЛОГІЧНІ ЗБИТКИ АГРОСЕКТОРА УКРАЇНИ ВІД ВІЙНИ**

Руйнування природи через воєнні дії призводить до великої кількості людських жертв через споживання отруєної питної води, забруднення ґрунтів і повітря, порушення екосистем. Подеколи руйнування є незворотними, великі ділянки землі стають неродючими на тривалий час внаслідок «стратегії випаленої землі». Застосовувані сучасні методи здатні руйнувати екзистенціальні основи у регіоні воєнного конфлікту, тобто основи природи людського існування, буття людини, як у випадку застосування хімічної і ядерної зброї. Тому завдання екологічної безпеки за воєнних конфліктів все більше актуалізується.

Методологія оцінки екологічних наслідків воєнних конфліктів удосконалюється: якщо спочатку оцінювалося те, яким чином воєнний конфлікт спричинив екологічні ризики лише для здоров'я людей, то згодом поряд з цим ураховується вплив на природні засоби для існування та функції екосистеми. До багатьох прямих і непрямих негативних наслідків руйнування природи через воєнні дії (табл. 1), хоча вони класифікуються військовими як «побічні наслідки, додають й упушеному через війну вигоду. Негативи воєнних дій для природи проявляються ще й у тому, що природні ресурси стають капіталом для оплати військових витрат (вирубання лісів, вичерпання надр тощо, щоб отримати кошти для купівлі зброї). Конвенція ООН щодо захисту природи під час воєн і збройних конфліктів від 1976 р. має за мету здійснювати регулювання у цій сфері, а Всесвітній день захисту природи від наслідків воєнних дій (6 листопада щорічно) привертає увагу до важливості відповідних заходів.

Через бойові дії і мінування територій сільгоспвиробники не зможуть використати до 30% полів для посіву в Україні у 2022 р., як стверджують фахівці ООН [1], а це сягає 5 млн. га. Попадання шкідливих речовин, металевих токсичних уламків та пороху від вибухів у ґрунт, масштабні розливи та згоряння паливно-мастильних матеріалів роблять його непридатним для використання у сільськогосподарських цілях. Витрати для здійснення заходів щодо зниження чи ліквідації забруднення ґрунтів збільшуються залежно від глибини просочування забруднюючої речовини. Утворені вирви від попадання великої кількості боєприпасів повністю знищили родючий ґрунтовий шар на значній площі сільгоспугідь.

Уряд затвердив Порядок визначення шкоди та збитків, завданих Україні внаслідок збройної агресії російської федерації, постанова від 20.03.

2022 р. № 326. У переліку напрямів виокремлені й ті, що стосуються агровиробничих ресурсів і довкілля України: передбачено визначати шкоду та збитки щодо земельного, лісового, природно-заповідного фондів, атмосферного повітря, водних ресурсів. Щодо землі виокремлено два напрями оцінки: втрати земельного фонду (прямі втрати фонду, а також пов'язану з ними упущену вигоду) і шкода, завдана земельним ресурсам (зумовлена їх забрудненням і засміченням).

Таблиця 1

**Екологічні наслідки військових дій для ґрунтово-рослинного покриву, що позначаються на веденні сільського господарства**

Військові дії	Негативні наслідки
Пересування, розгортання збройних сил для знищення військової техніки, складів, руйнування об'єктів, інфраструктури	Деформація та ущільнення ґрунтів, руйнування покриву (трави, лісонасаджень тощо), втрата біорізноманіття. Забруднення ґрунтів, поверхневих і підземних вод, повітря, засмічення земельних ділянок сторонніми предметами, матеріалами, відходами. Розширення площ оголених ділянок, дефляції і виснаження ґрунтів, пожежі сухої рослинності, порушення екосистем, зміна умов розвитку ґрунтів і рослинного покриву.
Військово-інженерні (земляні) роботи, розміщення військової техніки	Зміни рельєфу, поверхневий і глибинний вплив на ґрунт, знищення рослинного покриву. Вітрова та водна ерозія, порушення режиму ґрунтів і природного процесу їх відновлення.
Створення мінних полів	Руйнівні порушення ґрунту і рослинного покриву. Нагромадження важких металів у ґрунтах, довгострокове отруєння вод. Вилучення площ із сільськогосподарського обробітку.
Масові поховання загиблих	Зростання кількості патогенних мікроорганізмів, забруднення повітря, ґрунтів, вод. Створення умов для розвитку патогенної мікрофлори

*Джерело:* узагальнено автором.

Оцінка втрат земельного фонду включає фактичні витрати на рекультивацію земель, які були порушені внаслідок бойових дій, облаштування та утримання інженерно-технічних і фортифікаційних споруд тощо; завдані збитки власникам (землекористувачам) земель сільськогосподарського призначення; витрати на відновлення меліоративних площ; витрати на розмінування. Оцінка шкоди земельним ресурсам здійснюється за показниками завданої ґрунтам та земельним ділянкам шкоди внаслідок забруднення речовинами, які негативно впливають на їх родючість та інші корисні властивості; засмічення сторонніми предметами, матеріалами, відходами та/або іншими речовинами.

Методика визначення шкоди та збитків земельному фонду поки що не прийнята, Методика визначення розміру шкоди, завданої землі, ґрунтам

внаслідок надзвичайних ситуацій та/або збройної агресії та бойових дій під час дії воєнного стану затверджена (наказ Міндовкілля від 04.04.2022 р. №167). Основою розрахунків розміру шкоди від забруднення ґрунтів є нормативна грошова оцінка земельної ділянки, ґрунти якої зазнали забруднення.

Міністерство аграрної політики та продовольства України оцінювало 5-7 млрд. дол. недоотриманої виручки через війну (від втрати до 30% посівів; оцінка станом на 08.04.2022 р.), а загалом збитки у аграріїв – на рівні 15 млрд. дол. (зупинення експорту агропродукції через порти, знищення тваринництва на 15%, пошкодження критичної інфраструктури тощо) [2].

Потенційну пряму шкоду сільськогосподарським активам України з початку війни оцінено експертами ФАО на рівні 6,4 млрд. дол. США. При цьому враховано руйнування іригаційної інфраструктури, сховищ, техніки та іншого сільськогосподарського обладнання, портової інфраструктури, теплиць, переробних підприємств, втрату польових культур і тваринництва. Додаткові ж очікувані економічні втрати від війни у 2022 р. оцінені приблизно у 22 млрд. дол. [3]. Ці втрати включають і обсяг недоотриманого доходу.

Вражаючі цифри економічних втрат і збитків для аграрного сектора України внаслідок збройної агресії рф, очевидно, лише частково враховують повний масштаб завданої шкоди природним ресурсам агровиробництва й довкілля. Випадки екоциду, як спрямованих на знищення довкілля дій (обстріли, захоплення територій, у тому числі особливо природно цінних земель) російських військ, фіксуються відповідним штабом на базі Державної екологічної інспекції і проводиться розрахунок завданих збитків [4]. Повномасштабна оцінка усього обсягу збитків можлива у повоєнний період. Не можна допустити, щоб ці екологічні проблеми позначились на якості агропродовольства і агроландшафтах як середовищі проживання сільського населення, і зрештою українці зробили, а точніше сказати – змушені зробити вибір на користь міграції.

Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України напрацьовує механізми стягнення репарацій за завдані довкіллю збитки у рамках загального кейсу, що розробляє уряд, щоб отримати відшкодування. Однак це тривалий процес, адже застосувати інструмент репарації (має на меті відшкодувати матеріальні збитки державі – Україні, яка постраждала від агресивних дій іншої держави – рф) можна після того, як бойові дії завершаться (підписання мирної угоди або акту про капітуляцію), і міжнародні судові установи встановлять, що рф вчинила міжнародні протиправні діяння.

Щодо потенційної зовнішньої допомоги, то Євросоюз веде перемовини про приєднання України до міжнародної Програми життя для клімату та довкілля (LIFE), що дасть змогу отримати підтримку для



відновлення екосистеми України у повоєнний період. Програма має чималий бюджет на 2021-2027 рр. – понад 5 млрд. євро [5]. Доцільно також співпрацювати з Програмою ООН з довкілля (ЮНЕП; у її структурі є сектор постконфліктного врегулювання), яка має досвід, досконалу методологію та практику оцінки екологічних наслідків воєнних конфліктів і формування рекомендацій щодо пріоритетних заходів із їх усунення. Результати оцінки сприяли б обліку першочергових природоохоронних потреб у національних програмах повоєнного відновлення та прискоренню реалізації заходів із відновлення навколишнього середовища.

Усунення екологічних збитків і розв'язання екологічних проблем у повоєнний період не можна здійснювати суто за залишковим принципом – «спочатку відбудуємо сильну економіку, а тоді вирішуватимемо екологічні проблеми». Агроекологічні завдання доцільно вирішувати на належному рівні поряд з назрілими соціально-економічними завданнями, оскільки усе таки зубожіле через війну населення створюватиме сильніше навантаження на уже і без того деградовані природні ресурси агровиробництва і довкілля. Не варто підпорядковуватись детермінанті економічного відродження та важливо, щоб у повоєнний період разом з відновленням економіки України реалізувалися заходи з відновлення екосистеми.

Виконання екологічних цілей у рамках аграрної політики і практики передбачено Цілями сталого розвитку, Угодою про асоціацію між Україною і ЄС, Європейським зеленим курсом, Паризькою угодою та іншими актами, і це є важливий національний, а також цивілізаційний екологічний «фронт».

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

1. *Більше 30% полів в Україні не будуть в 2022 використовуватися для посіву – ООН. 21.04.2022. URL: <http://www.agroperspectiva.com/ru/news/186154>*
2. *Збитки аграріїв від війни становили \$15 млрд. Яка ситуація в АПК? 08.04.2022. URL: [https://biz.censor.net/resonance/3332157/zbytky\\_agrariyiv\\_vid\\_viyiny\\_stanovyl\\_y\\_15\\_mlrld\\_yaka\\_sytuatsiya\\_v\\_apk](https://biz.censor.net/resonance/3332157/zbytky_agrariyiv_vid_viyiny_stanovyl_y_15_mlrld_yaka_sytuatsiya_v_apk)*
3. *Понад \$6 мільярдів: ФАО оцінила потенційну пряму шкоду сільськогосподарським активам України спочатку війни. 27.04.2022. URL: <https://www.growhow.in.ua/ponad-6-miliardiv-fao-otsynyla-potentsiynnu-priamushkodu-silskohospodarskym-aktyvam-ukrainy-spochatku-viyiny/><sup>1</sup>*
4. *Україна зафіксувала понад 100 випадків екоциду з моменту російського вторгнення – глава Мінприроди. 06.04.2022. URL: [reform.energy/news/ukraina-zafiksuvala-ponad-100-vipadkiv-ekotsidu-z-momentu-rosiyskogo-vtorgnennya-glava-minprirodi-20119](http://reform.energy/news/ukraina-zafiksuvala-ponad-100-vipadkiv-ekotsidu-z-momentu-rosiyskogo-vtorgnennya-glava-minprirodi-20119)*
5. *Там само.*



*Рагімлі З. Б., курсант ННППФПНП,  
факультету підготовки фахівців для органів досудового  
розслідування, Ярошенко А. С., к. юрид. н., доцент кафедри цивільного  
права та процесу факультету підготовки фахівців  
для підрозділів кримінальної поліції  
Дніпропетровський державний університет внутрішніх справ*

## **ЛІС ЯК ОБ'ЄКТ ПРАВА ЛІСОКОРИСТУВАННЯ**

Статтею 7 Лісового кодексу України визначено, що ліси які локалізовані на території України, є об'єктами право власності та користування українського народу [1]. Ліс – це відкрита екосистема, що являє собою сукупність деревної та чагарникової рослинності з характерними ґрунтами, трав'янистими формами рослин, мікроорганізмами які пов'язані між собою і в процесі росту і розвитку впливають одне на одного [2, с. 27].

Об'єкти лісових відносин – це лісовий фонд, його ділянки, ліси, що не входять до лісового фонду, та їх ділянки, деревно-чагарникова рослинність. Лісовий фонд України включає всі ліси, за винятком лісів, розташованих на землях оборони та землях міських та сільських поселень, землі лісового фонду, не вкриті лісовою рослинністю (лісові землі та нелісові землі). Усі ліси на території України є національним багатством нашої держави і потребують охорони від суспільства [3, с. 201].

У громадян України є право використовувати лісові ресурси для оздоровчих, рекреаційних, естетичних матеріальних благ на безоплатній основі, за винятком певних ситуацій які описанні в чинному законодавстві України. У Лісовому кодексі зазначено право кожного громадянина на збирання для власних потреб грибів, лікарські форми рослин, горіхів, квітів без спеціального дозволу. Для використання ресурсів лісу приватної власності, необхідний дозвіл від власника. Звичайно, є обмеження що стосуються об'єктів природно-охоронних об'єктів та таких які мають історико-культурну, екологічну, наукову, естетичну цінність. Таким чином використання лісу можна здійснювати в порядку спеціального і загального використання.

Що стосується спеціального лісокористування, то законодавство визначає в залежності від мети такі види користування: заготівля деревини та інших другорядних лісових матеріалів, використання лісів для корисних цілей (наприклад в наукових, мисливських, рекреаційних, естетичних, туристичних цілях тощо) та побічні лісові користування.

Заготівля деревини під час рубки, в першу чергу призначаються ті дерева, які усихають та ті, що за своїм станом потребують рубки. Визначаючи яка категорія лісів, можна застосувати такі види рубок:

комбіновані, вибіркові, суцільні. Варто зазначити, під час здійснення заготівлі та рубки деревини, не дозволяється вирубування дерев та чагарників які занесені до Червоної книги України та світу [3, с. 201].

Без заповідання шкоди в лісах можна здійснювати заготівлю деревних соків, кори, лубу, пнів тощо. Тобто, того що стосується побічного лісокористування.

Більшість людей, які проживають у сільській місцевості мають змогу використовувати ліс для заготівлі сіна, розміщення пасік, випасання худоби, збирання лісової підстилки, горіхів, грибів, плодів. Ліміт на спеціальне використання ресурсів лісу при побічних лісових користуваннях визначається за поданням центрального органу виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері лісового господарства.

Ліс можна використовувати для туристичних, оздоровчих, рекреаційних, наукових робіт, але з урахуванням вимог щодо збереження природних ландшафтів та лісової екосистеми, санітарних вимог.

У Лісовому кодексі України (ст.105) зазначена відповідальність, щодо порушення використання лісових ресурсів. За порушення цих норм існує дисциплінарна, адміністративна, кримінальна, цивільна та правова відповідальність [1].

До відповідальності притягуються особи, які брали участь у незаконній вирубці дерев та чагарників; знищенні саджанців та сіянців; самовільній заготовці сіна та випасання худоби, особливо кіз на лісових ділянках; несвоєчасній платі за використання ресурсів лісу; порушенні правил щодо заготівлі лікарських рослин, плодів дерев тощо.

Якщо звернутися до Кримінального кодексу України, то статтею 246 визначена відповідальність за незаконну рубку дерев та чагарників. Частиною 1-4 цієї статті визначено покарання, це може бути штраф в розмірі від тисячі до тисячі п'ятисот неоподатковуваних мінімумів доходів громадян [4]. В більш складних умовах, особи які спричинили тяжкі наслідки караються позбавленням волі від п'яти до семи років.

Охорона та захист лісів включає комплекс організаційних, правових, економічних і інших заходів, спрямованих на раціональне використання лісового фонду, збереження лісів від знищення, пошкодження, забруднення, засмічення та інших негативних впливів. Охорона і захист лісів здійснюється з урахуванням їх біологічних та інших особливостей. Відповідно до Лісового кодексу України усі ліси підлягають охороні від пожеж, незаконних порубок, порушень встановленого порядку лісокористування та інших дій, що завдають шкоди лісу [5].

У підсумку хотілося зазначити, що звичайно, в наш час неможливо уявити людство та розвиток суспільства без використання лісових ресурсів та продуктів його переробки. Ліс – це один із найлегших, найдешевших об'єктів використання природних багатств. За всю нашу багатовікову історію було вирубано 2/3 лісів, і зараз за хвилину знищуються понад 20

гектарів лісів в світі. Тому треба задуматися про поповнення масивів лісу, а також захист його від незаконного використання. На мій погляд, хоч і визначена відповідальність за використання лісових ресурсів, однак в результаті діяльності місцевих органів, часто особам які незаконно використовують ресурси лісу вдається уникнути покарання.

### **Використані інформаційні джерела:**

1. Лісовий кодекс України: Закон України від № 3852XII: станом на 01 січ. 2022 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3852-12#Text> (дата звернення: 08.05.2022).

2. Екологічне право: підручник / за ред. А. П. Гетьмана. Харків: Право. 2013. 432 с.

3. Правила рубок головного користування: затв. Наказом Держ. комітету лісового гос-ва України від 23 грудня 2009 № 364. Офіційний вісник України. 2010. № 6. Ст. 276.

4. Кримінальний кодекс України: Закон України від 18.02.2016 № 1019-VIII: станом на 23 квіт. 2022 р.

URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2341-14#Text> (дата звернення: 08.05.2022).

5. Право власності на ліси.

URL: [https://wiki.legalaid.gov.ua/index.php/%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BE\\_%D0%B2%D0%BB%D0%B0%D1%81%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%96\\_%D0%BD%D0%B0\\_%D0%BB%D1%96%D1%81%D0%B8](https://wiki.legalaid.gov.ua/index.php/%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BE_%D0%B2%D0%BB%D0%B0%D1%81%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%96_%D0%BD%D0%B0_%D0%BB%D1%96%D1%81%D0%B8) (дата звернення: 09.05.2022).

*Рашкевич Н. В., PhD,*

*Лобойченко В. М., д. т. н., проф., Шевченко Р. І., д. т. н., проф.*

*Національний університет цивільного захисту України, м. Харків, Україна*

## **МІНІМІЗАЦІЯ НАСЛІДКІВ ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ТЕРИТОРІЇ, ВНАСЛІДОК ЇХ ВОГНЕВОГО УРАЖЕННЯ БОЄПРИПАСАМИ**

Військові конфлікти призводять до цілого ряду небезпечних впливів на навколишнє середовище. Руйнування середовища може викликати більші жертви ніж безпосередньо військові дії та стати одним із ключових факторів знищення населення.

Під час здійснення заходів з національної безпеки та оборони, відсічі і стримуванні збройної агресії РФ на території України накопичується значна кількість нерозірваних боєприпасів – потенційних джерел небезпеки у тому числі і екологічної. Ворог атакує як військову інфраструктуру, так й цивільні об'єкти. Переважна більшість обстрілів припадає на населені пункти та об'єкти критичної структури [1]. Воєнні дії закінчуються, а зруйновані території продовжують зазнавати техногенно-екологічних ризиків та загроз від застосованих боєприпасів.

Для усунення загроз від вибухонебезпечних залишків війни необхідна затрата великих ресурсів та часу. Відповідно до звітних даних за 2021 рік Міжрегіонального центру гуманітарного розмінування та швидкого реагування Державної служби України з надзвичайних ситуацій – зона відповідальності Харківська область – піротехнічні підрозділи досі залучаються до розмінування та проведення планових робіт з гуманітарного розмінування вибухонебезпечних предметів з часів Другої світової війни[2].

У навколишнє середовище внаслідок детонації боєприпасів потрапляють забруднюючі речовини, які становлять безпосередню загрозу для населення через свою токсичність, канцерогенність і мутагенність. Нерідко людина вимушена жити та працювати на забрудненій території боєприпасами – підвергатись небезпеці підриву, від отруєння питної води та забруднених ґрунтів. Із настанням весни починається пожежонебезпечний період і зростає ризик виникнення пожеж в екосистемах, які можуть бути забруднені нерозірваними боєприпасами. Після сходження снігу торішня трава підсихає, внаслідок чого може швидко спалахнути. В сухих умовах пожежі поширюються моментально та на великі площі. Утворюються сприятливі умови для поширення пожеж та детонації боєприпасів. Ліси, торфовища, сільськогосподарські угіддя – території підвищеного ризику.

Відповідно до нормативної бази [3-5] побічні наслідки озброєного конфлікту є джерелом небезпеки виникнення та поширення надзвичайних

ситуацій техногенного характеру у наслідок пожежі, вибуху (можливості вибуху) виявлених вибухонебезпечних предметів (застарілих боєприпасів), наявності у навколишньому середовищі шкідливих (забруднюючих) і радіоактивних речовин понад гранично допустимої концентрації, медико-біологічні.

До заходів зі зниження техногенно-екологічної небезпеки відноситься підтримання достатніх сил і засобів реагування на надзвичайні ситуації на небезпечних ділянках. Із огляду на сучасні реалії в Україні перед фахівцями з розмінування величезний обсяг робіт із розблокування території «ленд-реліз» – здійснення необхідних заходів щодо ідентифікації, вилучення виявлених вибухонебезпечних предметів та ліквідації наслідків їх застосування (використання), шляхом проведення нетехнічного або технічного обстеження території, а також під час її розмінування. Однак, потрібно враховувати, що шкода для довкілля під час знешкодження нерозірваних боєприпасів ніяк не менша ніж під час реальних бойових дій.

Основним елементом процесу мінімізація наслідків зазначених вище надзвичайної ситуації є збір та аналіз даних про характер (ступень) забруднення території боєприпасами. Важливою частиною процесу визначення характеру забруднення територій є відбір проби компонентів довкілля для контролю кількісного та якісного складу забруднюючих речовин.

До головних особливостей пробовідбору належать:

– одержання представницької проби, яка б відображала реальний склад об'єкту, що аналізується;

– вміст в пробі такої кількості речовини, яка б була достатньою для аналітичного дослідження.

Найбільш точний та ретельно виконаний аналіз буде недостовірним у випадку неправильної підготовки та виконання відбору проб.

Отримані результати аналізу даних про характер (ступень) забруднення території використовуються для прогнозування, попередження, локалізації та ліквідації небезпеки для навколишнього середовища та населення, що можуть знаходитись в зоні небезпечного впливу. Важливо подбати про розширення й автоматизацію системи моніторингу, контролю вторинних наслідків озброєного конфлікту з метою забезпечення захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного характеру: адаптації та модернізації мереж спостережень за станом атмосферного повітря, підземних та поверхневих вод, ґрунтів і сільськогосподарських земель, лісів, флори і фауни, радіаційного фону. Використання дистанційних методів та засобів для важкодоступних територій (ГІС-технологій, безпілотних літальних апаратів, лідарів).

Дистанційні методи спостереження дають змогу виявити наявність екологічно-небезпечних речовин та ідентифікувати їх навіть в умовах

надзвичайної ситуації, оскільки не потребують наявності людини у небезпечній зоні [6].

Попередити поширення небезпеки можливо шляхом управління водокористуванням та місцем проживання, які враховують забруднення території боєприпасами: створення безпечних районів; надання нових питних джерел. Заходи з мінімізації повинні бути направлені на забезпечення функціонування системи раннього оповіщення населення і місцевої влади у разі загрози виникнення небезпеки, підвищення готовності до евакуації. Інформаційно-просвітницька діяльність серед населення – підвищення поінформованості з питань охорони навколишнього середовища та цивільного захисту, про стан довкілля, джерела техногенно-екологічної небезпеки, правила поведінки в критичних ситуаціях – є також елементом мінімізації наслідків техногенно-екологічної небезпеки.

Таким чином, мінімізація наслідків надзвичайної ситуації техногенного характеру на територіях, які були уражені боєприпасами, потребує вирішення низки проблем, пов'язаних з моніторингом, прогнозуванням, попередженням, локалізацією та ліквідацією небезпеки. Основні напрями досліджень повинні бути направлені на: вивчення складу, властивостей, процеси трансформації та переміщення забруднювачів в об'єктах довкілля; розробку методів моніторингу з метою комплексної оцінки та прогнозування техногенно-екологічного стану природних систем; теоретичне обґрунтування, дослідження та розроблення заходів захисту довкілля та населення від небезпеки з боку вторинних наслідків воєнних конфліктів.

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

1. Екодія. Природа та війна: як військове вторгнення Росії впливає на довкілля України. URL: <https://ecoaction.org.ua/pryroda-ta-vijna.html>.

2. Міжрегіонального центру гуманітарного розмінування та швидкого реагування ДСНС України. URL: <https://mcgr.dsns.gov.ua/>.

3. Наказ МВС України від 06.08.2018 № 658 «Про затвердження Класифікаційних ознак надзвичайних ситуацій». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0969-18>.

4. Національний класифікатор України «Класифікатор надзвичайних ситуацій» ДК 019:2010. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va457609>.

5. Постанова КМУ від 24.03.2004 № 368 «Про затвердження Порядку класифікації надзвичайних ситуацій за їх рівнями». URL <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/368-2004-%D0%BF>.

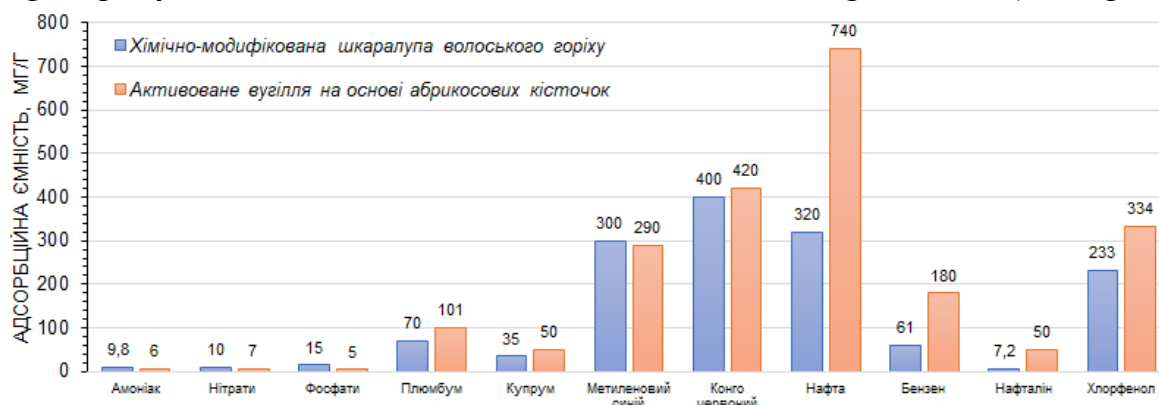
6. Vambol V., Rashkevich N. Analysis of methods of identification of ecologically danger substances in atmospheric air. Техногенно-екологічна безпека: наук.-техн. журнал. 2017. Вип. 2. С. 74–78. DOI: 10.5281/zenodo.1182894.

*Рогожина М. В., Пяревська К. В., Тимохін Є. С., к. т. н.,  
Єлатонцев Д. О.*

*Дніпровський державний технічний університет, Кам'янське, Україна*

## ЗАСТОСУВАННЯ БІОСОРБЕНТІВ У ТЕХНОЛОГІЯХ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ ВІД АНТРОПОГЕННИХ ТОКСИКАНТІВ

Сьогодні інтенсивно розвивається інноваційний напрямок в галузі охорони природного середовища – використання відходів сільсько-господарського виробництва як реагента для видалення поллютантів із водних середовищ [1]. Особливий інтерес представляють компоненти і відходи від переробки деревної біомаси дерев. При переробці плодів сільськогосподарських культур у промисловому масштабі утворюються відходи у вигляді кісточок, шкаралупи горіхів та шкірки. Останні досліджені як сорбційні матеріали для вилучення іонів металів, барвників, нафтопродуктів та інших поллютантів із водних середовищ (див. рис.).



**Рис. Порівняння поглинальної здатності адсорбційних матеріалів на основі природної сировини по відношенню до антропогенних поллютантів [2-4]**

Враховуючи те, що світове виробництво волоських горіхів становить понад 2,5 млн. т [5], кількість шкаралупи, що щорічно утворюється, перевищує 1 млн. т. Наявність різних функціональних груп у складі шкаралупи горіхів робить її перспективним сорбційним матеріалом для вилучення іонів металів із водних середовищ.

Побічні продукти переробки плодів волоського горіха становлять приблизно 40-60% ваги плода і легко доступні в центрах виробництва горіхів, та високо цінуються як джерело цінних сполук, таких як феноли тощо. Ці побічні продукти утворюються у великих кількостях при переробці плодів горіха для отримання ядер, і зазвичай їх викидають або використовують як паливо.



Сучасні дослідження різних частин плодів волоського горіха показали, що його відходи можна ефективно використовувати завдяки їх численним корисним властивостям та цінним сполукам, що відкриває нові можливості для підвищення вартості побічних продуктів із плодів волоського горіха [6].

Недорогі, доступні та ефективні рослинні відходи, такі як шкаралупа волоського горіха та фруктові кісточки (абрикосу, сливи та ін.), можуть використовуватись як альтернативні матеріали для отримання недорогих сорбентів для видалення різних токсикантів. Із великої кількості досліджень можна зробити висновок, що механізм та кінетика адсорбції різних речовин за допомогою біосорбентів залежать від хімічної природи матеріалів та фізико-хімічних умов експерименту, таких як рН розчину, концентрація, доза адсорбенту та температура.

Основним напрямом утилізації кісточок абрикосу є отримання активного вугілля. Залежно від параметрів карбонізації та активації, активне вугілля має різні значення питомої поверхні – від 25 м<sup>2</sup>/г до 1200 м<sup>2</sup>/г та більше. Встановлено, що ізотерми сорбції поллютантів з водних розчинів у більшості випадків найбільш адекватно описуються моделлю Ленгмюра, а кінетика процесу зазвичай підпорядковується моделі псевдвторого порядку [2, 3].

Біосорбція різних небезпечних сполук, включаючи іони важких металів, барвники, масла та інші хімічні речовини на звичайних або хімічно активованих рослинних матеріалах адекватно описується моделями ізотерм Ленгмюра і Фрейндліха, демонструючи хемосорбцію як домінуючий механізм біосорбції. Відповідно до отриманих термодинамічних параметрів, процеси адсорбції більшості шкідливих речовин є ендотермічними і мимовільними.

Отже, рослинні відходи є перспективним біосорбентом для очищення промислових стічних вод різних шкідливих речовин. Цей недорогий матеріал є економічно ефективним і може використовуватися для біоремедіації для детоксикації різних водних середовищ. Всебічний огляд літератури також показує прогалину в сучасних знаннях і вказує на необхідність проведення додаткових досліджень, зокрема:

1. Прогнозування продуктивності процесу адсорбції для видалення різних поллютантів із стічних вод при широкому діапазоні робочих умов.
2. Дослідження видалення токсикантів із змішаних стічних вод.
3. Перевірка можливість використання різних хімічно-модифікованих типів біосорбентів у промисловому масштабі.
4. Підвищення кінетику адсорбції, скорочення часу реакції та дослідження адсорбентів із композитних наноматеріалів.

Виконання цих досліджень дозволить провести ефективнішу модифікацію для поліпшення властивостей біосорбентів при очищенні промислових стічних вод.



Дослідження природи адсорбції іонів металів целюлозними матеріалами дозволяє зробити висновок, що активними групами полімерів виступають  $-\text{COOH}$ ,  $-\text{OH}$ ,  $-\text{CO}$ ,  $-\text{OPO}_3\text{H}_2$ ,  $-\text{P}_2\text{O}_7\text{H}_3$ , а також атоми Оксигену елементарної ланки целюлози [5]. Серед можливих механізмів зв'язування іонів металів целюлозними біосорбентами найчастіше вказуються іонний обмін за участю карбоксильних та гідроксильних груп, комплексоутворення за участю груп  $-\text{OH}$ ,  $-\text{CO}$ , іонний обмін за участю груп  $-\text{COOH}$  та  $-\text{OPO}_3\text{H}_2$ , а також фізична адсорбція [6]. При цьому взаємодія целюлози з металами може здійснюватися за участю негідратованих та гідратованих катіонів, а також гідросокомплексів з утворенням водневих зв'язків.

Накопичення інформації з сорбції іонів металів целюлозними біосорбентами наближає нас до встановлення найбільш ймовірного механізму процесу, тобто до з'ясування природи сорбційних центрів та особливостей їх взаємодії з іонами металів, що у поєднанні зі знанням стану іонів металів у розчинах дозволяє обґрунтовано підходити до вирішення конкретних практичних завдань (наприклад, очищення промислових стічних вод, підготовки води чи очищення харчових систем), вибору оптимальних умов сорбції та матеріалів, що відповідають таким вимогам, як дешевизна та доступність сировинної бази, висока швидкість та селективність поглинання іонів металів, можливість регенерації та повторного використання сорбентів, їх утилізації, цілеспрямованого хімічного чи фізичного модифікування тощо.

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

1. Orooji Y. et al. Valorisation of nuts biowaste: Prospects in sustainable bio(nano)catalysts and environmental applications. *Journal of Cleaner Production*. 2022. V. 347, article no. 131220.
2. Yelatontsev D. O., Mukhachev A. P., Ivanyuk O. V. An effective biosorbent derived from production waste for water treatment: Studying the adsorption of synthetic dyes. *Science and innovation*. 2021. V. 17, no. 6. P. 83–96.
3. Yelatontsev D. A., Mukhachev A. P. Synthesis and properties of ion exchangers derived from non-wood cellulose. *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol. [Russ. J. Chem. & Chem. Tech.]*. 2020. V. 63. №11. P. 88–95.
4. Єлатонцев Д. О., Мухачев А. П., Супрунчук В. І. Сорбент лігноцелюлозний зі шкаралупи волоського горіха. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2019. Т. 29, №1. С. 100–115.
5. Albatrni H., Qiblawey H., Al-Marri M.J. Walnut shell based adsorbents: A review study on preparation, mechanism, and application. *Journal of Water Process Engineering*. 2022. V. 45, article no. 102527.
6. Sivaranjane R., Kumar P.S., Mahalaxmi S. A review on agro-based materials on the separation of environmental pollutants from water system. *Chemical Engineering Research and Design*. 2022. [Article in press]

*Романенко В.Р., студентка, Грек Л. К., викладач-методист  
Черкаський державний бізнес-коледж  
м. Черкаси, Україна*

## **ЗАХИСТ І ЗБЕРЕЖЕННЯ ЕКОСИСТЕМ СУХОДОЛУ, СПРИЯННЯ ЇХНЬОМУ РАЦІОНАЛЬНОМУ ВИКОРИСТАННЮ**

Однією з цілей сталого розвитку, проголошених ООН до 2030 року, визначено доступ до водних ресурсів, раціональне використання води і належні санітарні умови для всіх. Тому досить актуальним є необхідність з'ясувати екологічні проблеми екосистем суші, шляхи припинення деградації екосистем в мирний час та умовах надзвичайної ситуації.

Тривалий час природокористування в країнах колишнього радянського союзу було безкоштовним через значні запаси та обсяги природних ресурсів. Запаси мінеральних, енергетичних ресурсів здавались невичерпними, лісові масиви-безкрайніми, ґрунтові ресурси – безмежними. Таке відношення до природних багатств привело до їх безсистемного, безгосподарного використання, накопичення відходів, що отримало назву нераціонального використання природних ресурсів. Така діяльність людини призвела до вичерпання багатьох видів природних ресурсів, порушення стану екологічних систем суходолу, деградації земель, значному зниженню лісистості в державі, проблемам, пов'язаним із водними ресурсами, зменшенню біорізноманіття. Ці та інші проблеми, викликані діяльністю людства, поставили на порядок денний питання оцінки природних ресурсів. У нашій незалежній державі всі природні ресурси оцінюються і мають певну ціну. Але як наслідок давніх способів природокористування, низький рівень екологічної культури під час господарювання зустрічаються випадки нераціонального природокористування.

Стратегія збалансованого природокористування передбачає модель розвитку суспільства, спрямованого на задоволення людських потреб із одночасним забезпеченням сталості довкілля. У вересні 2017 р. уряд України представив національну доповідь «Цілі сталого розвитку України» [1]. У доповіді представлено 17 глобальних цілей із урахуванням особливостей національного розвитку. До однієї з таких цілей належить захист і відновлення екосистем суходолу.

Одними з перших кроків, які потрібно здійснити для збалансованого природокористування мають бути такі:

- збільшення площі природних екосистем – лісів, лук, степів, боліт, пам'ятаючи про те, що існування недоторканих природних територій сприяє збалансованому природокористуванню, збереженню та накопиченню вологи;

- відновлення ґрунтів, яке забезпечує людство продуктами харчування;
- припинення скидів хімічних речовин, мікропластику, які накопичуються в харчових ланцюгах, викликають порушення життєдіяльності організмів;

- зберігати воду в масштабах планети [2].

До невідкладних екологічних проблем України належать такі:

- втрата природних екосистем, завдяки яким забезпечується водний баланс території, родючість ґрунтів;

- дефіцит та падіння якості прісної води;

- проблеми, пов'язані з лісовими ресурсами.

Падіння рівня ґрунтових вод та рівня води в річках здебільшого зумовлене трьома чинниками: зменшенням площі природних ландшафтів, втручанням у вільну течію річок та зміною клімату. Через це навіть на Українському Поліссі частішали посухи, що призводять до пожеж на торфовищах. Довгостроковий прогноз щодо зменшення об'ємів прісної води в Україні є настільки загрозливим, що радше замислитися над тим, як скоротити площі орних земель із 50% до 30% території.

В Україні лісами вкрито близько 15% території, передусім на Поліссі та в Карпатах, приблизно половина з них є «штучними», тобто посадженими людьми. Такі лесові екосистеми є нестійкими, характеризуються низьким рівнем біорізноманіття та вразливістю до збудників різних хвороб порівняно з природними лісами. Такі ліси масово всихають через кліматичні зміни та порушення водного балансу. Приблизно 15% лісів належать до старих або пралісів, особливо цінних для збереження флори та фауни, формування клімату, регуляції водного стоку.

Зменшення біорізноманітності представників флори та фауни викликані зникненням чи порушенням середовища існування багатьох видів та неконтрольованим браконьєрством. Види, включені до Червоної книги, за таких умов не мають можливості відновити популяції [3].

До основних невідкладних заходів покращення екологічного стану екосистем суходолу України в мирний час належать такі:

- впровадженню в Україні міжнародного досвіду з відновлення територій та ландшафтів природними методами;

- заборона осушення будь-яких нових природних територій та проєктів, які порушують водноболотні угіддя і передбачають втручання у вільну течію річок;

- зберегти понад 50 тисяч гектарів пралісів, рідкісні види тварин та рослин;

- залучити великий та середній бізнес до підтримки пріоритетних для країни природоохоронних ініціатив.

Сьогодні вирішення цих проблем гальмується агресією з боку Росії. Військові дії призводять не лише до загибелі людей, знищення інфраструктури населених пунктів в усіх регіонах України, вони

цілеспрямовано руйнують природне середовище, провокують техногенні катастрофи, створюють небезпечні ситуації на екологічно небезпечних підприємствах (обстріли ракетами, вибухи та пожежі нафтопроводів, створення аварійних ситуацій під час захоплення об'єктів атомної енергетики, мінування і руйнація дамб).

Наша Держава має головне завдання – захистити своїх громадян. Із цією метою органи державної влади мають перелік потенційно небезпечних екологічних підприємств та інструкції щодо дії у разі техногенних аварій. Представники політичних партій, громадських, наукових організацій, волонтери, студенти мають поширювати інформацію серед населення і, таким чином, вносити свій внесок у боротьбу з окупантами.

Отже, для того, щоб зупинити деградацію природних систем планети, побудувати майбутнє, у якому людина житиме в гармонії з природою, потрібно зупинити війну, а потім відмовитись від марнотратного споживання, зменшити забруднення, навчитись раціонально використовувати і берегти природні ресурси.

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

1. Цілі Сталого розвитку: Україна. Національна доповідь. URL: <https://www.kmu.gov.ua/diyalnist/cili-stalogo-rozvitku-ta-ukrayina> (дата звернення 10.05.2022).

2. Загрози у сфері екологічної безпеки та їх вплив на стан національної безпеки. (Моніторинг реалізації стратегії національної безпеки). URL: <https://niss.gov.ua/sites/default/files/2018-04/Monitoring-Eco-Ivaniuta-01d1c.pdf> (дата звернення 10.05.2022).

3. Україна 2020. Огляд стану довкілля та ризиків для людей і бізнесу URL: <https://wwf.ua/our-work/overview/ukraine-2020/> (дата звернення 10.05.2022).

*Рошка О. В.*

*Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара, м.Дніпро*

## **АНАЛІЗ ПРИЧИН ТА ФАКТОРІВ ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА В РАЙОНІ КРИВОРІЗЬКОГО ЗАЛІЗОРУДНОГО БАСЕЙНУ**

Науково-технічна революція викликала посилену експлуатацію природних ресурсів, прискорила і різко підвищила інтенсивність перетворюючої дії промисловості на природні ландшафти. При цьому відбуваються значні зміни в структурі літогенної основи, змінюється гідрологічний режим місцевості. Внаслідок експлуатації родовищ Кривбасу набула надзвичайної актуальності проблема забруднення поверхневих та підземних вод. Відбулися певні зміни гідрогеологічних умов водоносного комплексу. Особливо важка ситуація склалась в басейні р. Інгулець, де в долину річки скидаються шахтні води, відбуваються процеси просочування вод з шламосховищ і хвостосховищ. Атмосферні опади інфільтруючись через відвали, збагачуються шкідливими домішками та потрапляють в навколишнє природне середовище. Все це призводить до інтенсивного забруднення р. Інгулець від витoku і далі за течією.

Мета роботи – оцінка якості поверхневих та підземних вод в зоні дії Південного гірничо-збагачувального комбінату. Об'єкт дослідження – поверхневі й підземні води в зоні дії Південного гірничо-збагачувального комбінату. Предмет дослідження – якісні характеристики поверхневі і підземні води в зоні дії Південного гірничо-збагачувального комбінату. Проби води на ділянках відбиралися в динаміці: травень та вересень 2021 року у трикратній повторності. Автором зроблено оцінку поливної придатності води для зрошення за шістьма іригаційними показниками. Попередньо, отримані результати були поділені на три групи. До першої групи увійшли середні значення всіх максимальних результатів по всіх розглянутим параметрам. До другої – проміжні і до третьої – мінімальні показники.

Результати хімічного аналізу проб води для першої групи:

$\text{HCO}_3^-$ – 416,8 мг/л;	$\text{Ca}^{2+}$ – 350,5 мг/л;
$\text{SO}_4^{2-}$ – 3078,0 мг/л;	$\text{Mg}^{2+}$ – 650,8 мг/л;
$\text{Cl}^-$ – 780,2 мг/л;	$\text{Na}^+$ – 13528,5 мг/л;

Мінералізація – 18804,8 мг/л

Загальні екологічні показники:  $\text{O}_2$  – 11,8 мг/л;  $\text{PO}_4$  – 4,8 мг/л;  $\text{Cu}$  – 3,4 мг/л;  $\text{Fe}$  – 0,7 мг/л; нітрати – 67 мг/л; нітрити – 3,2 мг/л.

1. За класифікацією О.М.Костякова, вода вміщує 18804,8 мг/л розчинних солей і непридатна для зрошення, бо може викликати засолення ґрунтів.

Для оцінки придатності води за іншими методиками проводимо розрахунок вмісту іонів у ммоль/л.

$$SO_4^{2-} = \frac{3078,0}{48,08} = 64,018 \quad Cl^- = \frac{780,2}{35,457} = 22,004 \quad Ca^{2+} = \frac{350,5}{20,04} = 17,490 ;$$

$$Mg^{2+} = \frac{650,8}{12,16} = 53,519 \quad Na^+ = \frac{13528,5}{22,997} = 588,272$$

2. Знаходимо співвідношення концентрацій  $[Na^+] - [Cl^-] = 566,268$ . Отже, третій тип води.

Розраховуємо іригаційний коефіцієнт

$$K = \frac{288}{10 \cdot [Na^+] - 5 \cdot [Cl^-] - 9 \cdot [SO_4^{2-}]} = \frac{288}{10 \cdot 588,272 - 5 \cdot 22,004 - 9 \cdot 64,018} = 0,055$$

Вода непридатна для зрошення.

3. Розраховуємо коефіцієнт іонного обміну між водою та ґрунтом за формулою І. М. Антипова-Каратаєва і Г. М. Кодора:

$$K = \frac{[Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]}{[Na^+] \cdot 0,23 \cdot C} = \frac{17,490 + 53,519}{588,272 \cdot 0,23 \cdot 18,8} = 0,0279$$

$K < 1$ , тому вода непридатна для зрошення.

4. Розраховуємо коефіцієнт осолонцювання ґрунтів

$$SAR = \frac{[Na^+]}{\sqrt{\frac{[Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]}{2}}} = \frac{588,272}{\sqrt{\frac{17,490 + 53,519}{2}}} = 98,73$$

Вода дуже сильно-лужна з найбільшою небезпекою осолонцювання.

5. Оцінюємо якість води для зрошення за відношенням

$$\frac{[Na^+] + [K^+]}{\sum Kat} = \frac{588,272}{17,490 + 53,519 + 588,272} = 0,892$$

Вода дуже небезпечна для осолонцювання ґрунтів.

6. Знаходимо співвідношення концентрацій

$$\frac{[Na^+]}{[Ca^{2+}]} > 1 \quad \frac{588,272}{17,490} = 33,63$$

Вода непридатна для зрошення;

$$\text{або } \frac{[Na^+]}{[Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]} > 0,7 \quad \frac{588,272}{71,009} = 8,284$$

Вода непридатна для зрошення.

Обраховувавши значення для першої групи ми бачимо, що для всіх варіантів вода є непридатною для зрошення. Перевищення показників є дуже велике, що свідчить про серйозне забруднення води.

Результати хімічного аналізу проб води для другої групи:

$\text{HCO}_3^-$  – 235,8 мг/л;  $\text{Ca}^{2+}$  – 170,0 мг/л;  
 $\text{SO}_4^{2-}$  – 793,3 мг/л;  $\text{Mg}^{2+}$  – 130,3 мг/л;  
 $\text{Cl}^-$  – 590,4 мг/л;  $\text{Na}^+$  – 10042,1 мг/л;

Мінералізація – 11961,9 мг/л.

Загальні екологічні показники:  $\text{O}_2$  – 10,3 мг/л;  $\text{PO}_4$  – 5,1 мг/л;  $\text{Cu}$  – 3,6 мг/л;  $\text{Fe}$  – 0,9 мг/л; нітрати – 73 мг/л; нітроти – 2,4 мг/л.

1. За класифікацією О.М. Костякова, вода вміщує 11961,9 мг/л розчинних солей і непридатна для зрошення, бо може викликати засолення ґрунтів.

Для оцінки придатності води за іншими методиками проводимо розрахунок вмісту іонів у ммоль/л

$$\begin{aligned} \text{HCO}^- &= \frac{235,8}{61,02} = 3,864 & \text{SO}_4^{2-} &= \frac{793,3}{48,08} = 16,499 & \text{Cl}^- &= \frac{590,4}{35,457} = 16,651 ; \\ \text{Ca}^{2+} &= \frac{170,0}{20,04} = 8,483 & \text{Mg}^{2+} &= \frac{130,3}{12,16} = 10,715 & \text{Na}^+ &= \frac{10042,1}{22,997} = 436,670 \end{aligned}$$

2. Знаходимо співвідношення концентрацій  $[\text{Na}^+] - [\text{Cl}^-] = 420,019$ . Отже, третій тип води.

Розраховуємо іригаційний коефіцієнт

$$K = \frac{288}{10 \cdot [\text{Na}^+] - 5 \cdot [\text{Cl}^-] - 9 \cdot [\text{SO}_4^{2-}]} = \frac{288}{10 \cdot 436,670 - 5 \cdot 16,651 - 9 \cdot 16,499} = 0,069$$

Вода непридатна для зрошення.

3. Розраховуємо коефіцієнт іонного обміну між водою та ґрунтом за формулою І. М. Антипова-Каратаєва і Г. М. Кодора:

$$K = \frac{[\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}]}{[\text{Na}^+] \cdot 0,23 \cdot C} = \frac{8,483 + 10,715}{436,670 \cdot 0,23 \cdot 11,961} = 0,0159.$$

$K < 1$ , тому вода непридатна для зрошення.

4. Розраховуємо коефіцієнт осолонцювання ґрунтів

$$\text{SAR} = \frac{[\text{Na}^+]}{\sqrt{\frac{[\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}]}{2}}} = \frac{436,670}{\sqrt{\frac{8,483 + 10,715}{2}}} = 140,952.$$

Вода дуже сильно-лужна з найбільшою небезпекою осолонцювання.

5. Оцінюємо якість води для зрошення за відношенням

$$\frac{[\text{Na}^+] + [\text{K}^+]}{\sum \text{Kam}} = \frac{436,670}{8,483 + 10,715 + 436,670} = 0,957$$

Вода дуже небезпечна для осолонцювання ґрунтів.

6. Знаходимо співвідношення концентрацій

$$\frac{[\text{Na}^+]}{[\text{Ca}^{2+}]} > 1 \quad \frac{436,670}{8,483} = 51,475$$

Вода непридатна для зрошення;

$$\text{або } \frac{[Na^+]}{[Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]} > 0,7 \quad \frac{436,670}{8,483 + 10,715} = 22,745$$

Вода непридатна для зрошення.

Обрахувавши значення для другої групи ми бачимо, що так як і в першому випадку для всіх варіантів вода є непридатною для зрошення.

Результати хімічного аналізу проб води для третьої групи:

$$HCO_3^- - 225,7 \text{ мг/л}; \quad Ca^{2+} - 152,3 \text{ мг/л};$$

$$SO_4^{2-} - 732,5 \text{ мг/л}; \quad Mg^{2+} - 115,5 \text{ мг/л};$$

$$Cl^- - 281,2 \text{ мг/л}; \quad Na^+ - 9589,2 \text{ мг/л};$$

$$\text{Мінералізація} - 11096,4 \text{ мг/л}.$$

Загальні екологічні показники:  $O_2$  – 7,9 мг/л;  $PO_4$  – 5 мг/л;  $Cu$  – 4 мг/л;  $Fe$  – 0,9 мг/л; нітрати – 64 мг/л; нітрити – 2,5 мг/л.

1. За класифікацією О.М.Костякова, вода вміщує 11096,4 мг/л розчинних солей і непридатна для зрошення, бо може викликати засолення ґрунтів.

Для оцінки придатності води за іншими методиками проводимо розрахунок вмісту іонів у ммоль/л

$$HCO_3^- = \frac{225,7}{61,02} = 3,698 \quad SO_4^{2-} = \frac{732,5}{48,08} = 15,235 \quad Cl^- = \frac{281,2}{35,457} = 7,930 ;$$

$$Ca^{2+} = \frac{350,5}{20,04} = 17,490 \quad Mg^{2+} = \frac{115,5}{12,16} = 9,498 \quad Na^+ = \frac{9589,2}{22,997} = 416,976$$

2. Знаходимо співвідношення концентрацій

$$[Na^+] - [Cl^-] = 409,046. \text{ Отже, третій тип води.}$$

7. Розраховуємо іригаційний коефіцієнт

$$K = \frac{288}{10 \cdot [Na^+] - 5 \cdot [Cl^-] - 9 \cdot [SO_4^{2-}]} = \frac{288}{10 \cdot 416,976 - 5 \cdot 7,930 - 9 \cdot 15,235} = 0,071$$

Вода непридатна для зрошення.

3. Розраховуємо коефіцієнт іонного обміну між водою та ґрунтом за формулою І. М. Антипова-Каратаєва і Г. М. Кодора:

$$K = \frac{[Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]}{[Na^+] \cdot 0,23 \cdot C} = \frac{17,490 + 9,498}{416,976 \cdot 0,23 \cdot 11,096} = 0,025$$

$K < 1$ , тому вода непридатна для зрошення.

4. Розраховуємо коефіцієнт осолонцювання ґрунтів

$$SAR = \frac{[Na^+]}{\sqrt{\frac{[Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]}{2}}} = \frac{416,976}{\sqrt{\frac{17,490 + 9,498}{2}}} = 113,524$$

Вода дуже сильно-лужна з найбільшою небезпекою осолонцювання.

5. Оцінюємо якість води для зрошення за відношенням

$$\frac{[Na^+] + [K^+]}{\sum Kam} = \frac{416,976}{17,490 + 9,498 + 416,976} = 0,939$$



Вода дуже небезпечна для осолонцювання ґрунтів.

6. Знаходимо співвідношення концентрацій

$$\frac{[Na^+]}{[Ca^{2+}]} > 1 \quad \frac{416,976}{17,490} = 23,840$$

Вода непридатна для зрошення;

$$\text{або } \frac{[Na^+]}{[Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]} > 0,7 \quad \frac{416,976}{17,490 + 9,498} = 15,450$$

Вода непридатна для зрошення.

Таким чином, уся вода є непридатною для зрошення. У випадку, якщо все ж таки така вода буде використовуватись, це призведе до осолонцювання ґрунтів. Внаслідок фільтраційних витрат із хвостосховищ і ставків-накопичувачів, що особливо інтенсивно проходять на ділянках відсутності або незначної потужності водотривких червоно-бурих глин, спостерігається збільшення мінералізації ґрунтових вод четвертинного водоносного горизонту і, у результаті перетікання, в підземних водах неогенового водоносного горизонту. В місцях вклинювання підземних вод на денну поверхню вздовж берегів р. Інгулець мінералізація складає 14,0-15,6 г/дм<sup>3</sup>. На досліджуваній території, в районі впливу хвостосховищ і ставків-накопичувачів від мкр. ПідГЗК м. Кривий Ріг до с. Новоселівка і нижче існує потужне хімічне забруднення р. Інгулець мінералізованим поверхневим (у вигляді струмків, джерел) і підземним притоком.

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

1. Лысый А. Е., Артюх В. М., Рыженко С. А. Экология Кривбасса: социально-гигиенические проблемы и перспективы оздоровления. Кривой Рог, 2002. 226 с.
2. Гончарук Е. И. Гигиеническое значение почвы в формировании здоровья населения // Гигиена и санитария. 1990. №4. С. 4–7.
3. Гапон В. О. Гігієнічна діагностика впливу хімічних факторів на робітників та населення металургійного регіону у: Автореф.ди. д-ра мед. наук. К., 2003. 35 с
4. Огір Я. Б. Важкі метали в об'єктах навколишнього середовища та їх вплив на здоров'я населення //Медичні перспективи. 1998. Т. 111, №3. С. 70–72.

**Русин І. Б., к. б. н., доцент, докторант**

**Дячок В. В., д. т. н., проф.**

Інститут сталого розвитку імені В'ячеслава Чорновола,

Національний університет «Львівська Політехніка»

## **ЕЛЕКТРО-БІОСИСТЕМИ НА ОСНОВІ *LEMNA MINOR***

Інноваційним способом отримання відновлюваної енергії є збір біоелектрики живих рослин та асоційованих з ними електрико-генеруючих ґрунтових мікроорганізмів за допомогою систем електродів (Strik et al., 2008; 08; Nitorisavut & Regmi, 2017; Apollon et al., 2022). В останні роки даний напрям досліджень набуває все більшої популярності і є предметом досліджень в лабораторіях по всьому світу. Ряска *Lemna minor* є маловивченим об'єктом електро-біотехнологій, лише її один вид ряски, *L. minuta*, був використаний в якості біологічного компонента електро-біосистем (Hubenova & Mitov, 2012).

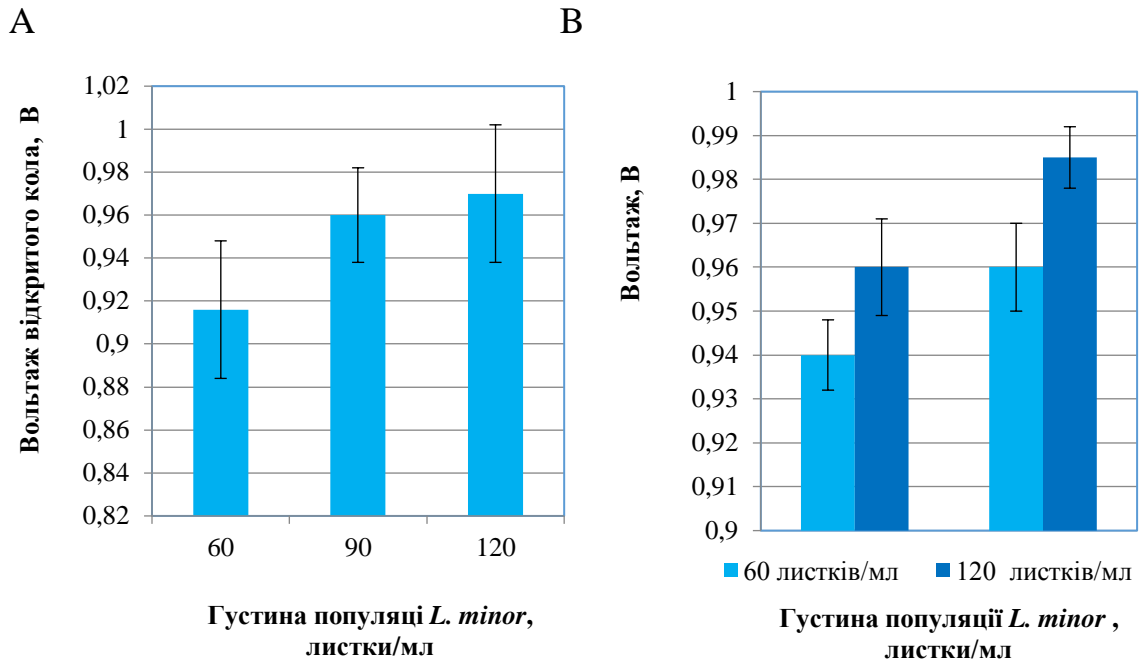
*Lemna minor* – це невелика плавуча рослина-гіматофіт (Landolt, 1986, Gubanov et al, 2002). Завдяки своїй будові рослина легко тримається на поверхні води і за сприятливих умов швидко розмножується, часто вкриває всю поверхню забруднених стоячих вод, очищуючи їх від забрудників (Ziegler et al., 2014; Ceschin et al., 2018; Iqbal et al.; Ceschin et al., 2020). А, отже, вид рослин *Lemna minor* представляє собою перспективний об'єкт для вивчення у електро-біотехнологіях, що може одночасно використовуватися і як джерело біоелектрики, так і для очищення вод від забруднення.

Було сконструйовано модельні електро-біосистеми з *L. minor*, які характеризувалися середніми значеннями вольтажу відкритого кола близько 970 мВ (рис. 1А) на рівні зафіксованому в електро-біосистемах з рослиною *Chlorophytum comosum* (Tou et al., 2019), де значення середнього вольтажу відкритого кола було в діапазоні від 900 мВ. В той же час, електро-біосистема з ряскою *L. minor* демонструвала вищі показники вольтажу відкритого кола, ніж електро-біосистема з іншим видом ряски *L. minuta*, де зафіксований вольтаж відкритого кола був на рівні 700-850 мВ (Hubenova & Mitov, 2012).

Було проведено дослідження впливу густини популяцій *Lemna minor* на вольтаж модельних електро-біосистем в лабораторних умовах при використанні резисторів 500 і 1000 Ом та в умовах відкритого кола. Виявлено позитивний вплив збільшення густини популяцій ряски малої з 60 до 120 листків/мл на зростання біоелектричних параметрів модельних електро-біосистем в умовах навантаження та без резисторів. Електро-біосистеми з *Lemna minor* із густиною біомаси 120 листків/мл середовища при експлуатації з резисторами 500 та 1000 Ом виявилися більш

ефективними, біоелектричний потенціал становив 986 мВ при 1000 Ом (рис. 1В).

Електро-біосистеми, базовані на *L. minor* є перспективними джерелами відновлюваної енергії, а збільшення біомаси ряски є фактором регуляції їх ефективності.



**Рис. 1. Вплив густини популяцій ряски малої *L. minor* на (А) вольтаж відкритого кола та (В) на вольтаж при короткотривалому застосуванні навантаження 1000 Ом**

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

1. Strik, D. P. B. T. B., Hamelers, H. V. M., Snel, J. F. H., & Buisman, C. J. (2008). Green electricity production with living plants and bacteria in a fuel cell. *International Journal of Energy Research*, 32(9), 870–876. <https://doi.org/10.1002/er.1397>

2. Nitorisavut, R., & Regmi, R. (2017). Plant microbial fuel cells: A promising biosystems engineering. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76, 81–89. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.064>

3. Apollon, W., Rusyn, I., González-Gamboa, N., Kuleshova, T., Luna-Maldonado, A. I., Vidales-Contreras, J. A., Kamaraj, S.-K. (2022). Improvement of zero waste sustainable recovery using microbial energy generation systems: A comprehensive review. *Science of The Total Environment*, 817, 153055. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153055>

4. Hubenova, Y., & Mitov, M. (2012). Conversion of solar energy into electricity by using duckweed in direct photosynthetic plant fuel cell. *Bioelectrochemistry*, 87, 185–191. <https://doi.org/10.1016/j.bioelechem.2012.02.008>

5. Landolt, E. (1986). *Biosystematic investigation on the family of duckweeds: The family of Lemnaceae. A monograph study.* Zurich, Switzerland, Geobotanischen Institute.

6. Gubanov, I. A., Kiseleva, K. V., Novikov, V. S., & Tikhomirov, V. N. (2002). *Lemna minor L. – Ryaska malenkaya [Lemna minor L. – Duckweed small].* In Gubanov, I. A. et al. *Illyustrirovannyi opredelitel rasteniy Sredney Rossii [Illustrated determinant to plants of Middle Russia], Vol 1, Paprotniki, khvoshchi, plauny, golosemennyye, pokrytosemennyye (odnodolnyye) [Ferns, horsetails, moss, gymnosperms, angiosperms (monocotyledons)],* 409, Moskva, Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK, Institut tekhnologicheskikh issledovaniy [in Russian].

7. Ceschin, S., Abati, S., Ellwood, N. T. W., Zuccarello, V. (2018). *Riding invasion waves: spatial and temporal patterns of the invasive Lemna minuta from its arrival to its spread across Europe.* *Aquatic Botany*, 150, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2018.06.002>

8. Ziegler, P., Adelman, K., Zimmer, S., Schmidt, C., Appenroth, K. J. (2014). *Relative in vitro growth rates of duckweeds (Lemnaceae) – the most rapidly growing higher plants.* *Plant Biol*, 17, 33–41. <https://doi.org/10.1111/plb.12184>

9. Iqbal, J., Javed, A., & Baig, M. A. (2019). *Growth and nutrient removal efficiency of duckweed (Lemna minor) from synthetic and dumpsite leachate under artificial and natural conditions.* *PLoS One*, 14(8), e0221755. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0221755>

10. Ceschin, S., Crescenzi, M. & Iannelli, M.A. (2020). *Phytoremediation potential of the duckweeds Lemna minuta and Lemna minor to remove nutrients from treated waters.* *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 15806–15814. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08045-3>

11. Tou, I., Azri, Y. M., Sadi, M. H., Lounici, H., & Kebbouche-Gana, S. (2019). *Chlorophytum microbial fuel cell characterization.* *International Journal of Green Energy*, 16 (12), 1–13. <https://doi.org/10.1080/15435075.2019.1650049>

*Сабадаш В. В., д. т. н., проф., Гумницький Я. М., д. т. н., проф.*  
*<sup>1</sup>Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна*

## **ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД ВІД СУМІШІ ІОНІВ Cu (II) ТА Cr (VI)**

Важкі метали (ртуть, свинець, кадмій, цинк, мідь, хром, арсен) належать до складу розповсюджених і досить токсичних забруднюючих речовин. Вони широко застосовуються на різноманітних промислових підприємствах, тому, незважаючи на очисні заходи, вміст сполук важких металів у промислових стічних водах досить високий [1,2]. Великі маси цих сполук потрапляють до океану. У районах, забруднених промисловими водами, концентрація їх у розчині та суспензіях сильно підвищується [1,2]. Це викиди з промисловими та побутовими стоками, з димом і пилом промислових підприємств, особливо гальванічних, із вихлопними газами двигунів внутрішнього згоряння. Оскільки всі важкі метали високотоксичні і ГДК в середньому становить близько 0,1 мг/л, то для очищення таких стоків доцільно застосовувати сорбційні методи, які дозволяють вилучати слідові кількості забруднень [3,4]. У попередніх дослідженнях було вивчено адсорбційні властивості цеоліту Закарпатського родовища, основу якого складає клиноптилоліт, стосовно іонів Cu(II) та Cr (VI) [5,6]. З'ясовано, що ізотерма адсорбції має s-подібний вигляд і належить до ізотерми II типу. Встановлено, що після утворення мономолекулярного адсорбційного шару, адсорбція продовжується і далі. Це приводить до появи димолекулярного шару. Досліджено сумісне поглинання іонів купруму (II) та хрому (VI) в аніонній формі на природному цеоліті та визначено його адсорбційну здатність під час їхнього сумісного поглинання. Встановлено значну різницю у їхній сорбційній здатності, яка є значно вищою для катіонів купруму, ніж для аніонної форми хрому [7]. У стічних водах гальванічних виробництв часто знаходяться після процесу хромування катіон хрому  $\text{Cr}^{3+}$ , тому доцільно дослідити сумісне поглинання катіонів купруму та хрому [6,7]. Для проведення даного дослідження наважка мідного купоросу  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  масою 3,93 г і хрому нітрату  $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$  4,58 г вносились у колбу об'ємом 1 л. Солі розчинялись у дистильованій воді. Вміст ретельно перемішувався до повного розчинення. розчин доводили до об'єму 1 л. В готовому розчині співвідношення масових кількостей іонів купруму та хрому складало 1:1. З приготованого розчину відбиралось 6 проб об'ємом: 2мл, 10 мл, 20 мл, 40 мл, 80 мл і 120 мл, 160 мл, 200 мл, і вносилося у мірні колби об'ємом 200мл. Вміст кожної з проб доводився дистильованою водою до мітки та вносилося у ємність наважку 2 г природного цеоліту.

Вміст кожної з проб перемішувався і закривався кришкою для настоювання його впродовж трьох діб у термостаті за температури  $20 \pm 0,5^\circ\text{C}$ . Через три доби розчин відфільтровувався, а цеоліт висушувався до постійної маси.

За допомогою рентгенофлуорисцентного аналізатора визначаємо кількість поглинутих іонів купруму і хрому [8,9].

Енергодисперсний рентгенофлуорисцентний аналізатор «EXPERT 3L» призначений для визначення масової частки елементів з атомним номером від 12 (магній) до 92 (уран) в однорідних монолітних зразках. Для області призначення аналізатор є універсальним прямопоказуючим приладом, який оперативно без зміни калібрування і перенастроювання визначає масові частки (%) хімічних елементів у зразках невідомого складу і довільної форми. Також за результатами визначення кількісного складу зразка аналізатор автоматично визначає концентрацію за існуючими ГОСТами. В аналізаторі реалізовано метод енергодисперсного рентгенофлуорисцентного аналізу (РФА) речовин. Перевага цього методу перед іншими – повне збереження об'єкта аналізу від пошкоджень. Метод дозволяє визначити склад шару речовин об'єкта, який аналізується товщиною від 10 мкм до 1 мм в залежності від щільності і складу шару. Принцип дії РФА полягає в збудженні атомів об'єкта контролю зовнішнім джерелом іонізуючого випромінювання та подальшої реєстрації характеристичного рентгенівського випромінювання (ХРВ) атомів. Енергія ХРВ однозначно пов'язана зі структурою рівня атома конкретного хімічного елемента.

Для якісного аналізу достатньо за допомогою рентгенівського спектрометра визначити енергію ліній ХРВ від об'єкта і за їх значенням ідентифікувати наявні елементи. Кількісний аналіз базується на твердженні пропорційності між інтенсивністю ХРВ елемента і його вмістом в об'єкті контролю. У результаті аналізу заадсорбованого цеоліту на рентгенофлуорисцентному аналізаторі були отримані дані, щодо кількості поглинутих іонів важких металів (табл.1). Елементний склад поверхні цеоліту приведено на рис. 1.

Таблиця 1

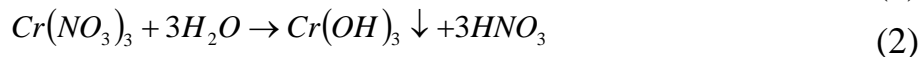
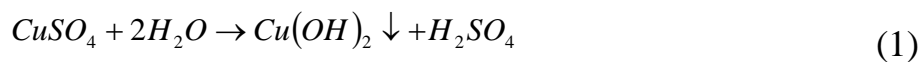
**Залежність кількості поглинутих катіонів важких металів цеолітом від їх концентрації у вихідному розчині**

Концентрація іонів у вихідному розчині, кг/дм <sup>3</sup>	Кількість поглинутих іонів важких металів, %	
	Купрум (Cu)	Хром (Cr)
0,01	0,628±0,019	0,459±0,016
0,05	29,026±0,159	2,966±0,061
0,1	28,631±0,158	2,740±0,046
0,2	35,591±0,383	2,047±0,051
0,4	43,728±0,360	2,123±0,048
0,6	37,096±0,286	2,377±0,052
0,8	41,604±0,181	1,840±0,040
1	47,380±0,255	1,679±0,036

У залежності від концентрації іонів важких металів у розчині змінюється їх концентрація на поверхні сорбенту [8,9]. Аналізуючи результати експериментальних досліджень, бачимо, що іони купруму значно краще поглинаються сорбентом порівняно з іонами хрому. Незважаючи на однаку концентрацію іонів хрому та купруму у розчині відбувається селективне вилучення  $\text{Cu}^{2+}$ . Як видно з результатів експериментальних досліджень, концентрація купруму на поверхні сорбенту зростає від 0,628% масових за концентрації 0,01 г/дм<sup>3</sup> до 47,380% масових за концентрації 1 г/дм<sup>3</sup>. Концентрація іонів хрому на поверхні сорбента після адсорбції мало залежить від збільшення концентрації  $\text{Cr}^{3+}$  у вихідному розчині. Адсорбція іонів на поверхні сорбента, що знаходиться в контакті з розчином, обумовлена силами електростатичної взаємодії, але вона не обов'язково є селективною. Існує кілька факторів, що впливають на здатність сорбента поглинати цей чи інший тип іонів [10]. В умовах експерименту радіуси металів є близькими за розміром і знаходяться в одному періоді. Атомний радіус купруму є дещо більшим, ніж хрому  $R_{\text{Cr}} = 1,27 \text{ \AA}$ ,  $R_{\text{Cu}} = 1,28 \text{ \AA}$ . За Гольдшмітом та Полінгом  $R_{\text{Cr}} = 0,35 \dots 0,52 \text{ \AA}$ ,  $R_{\text{Cu}} = 0,98 \text{ \AA}$ . За Беловим і Бокієм  $R_{\text{Cr}(3+)} = 0,64 \text{ \AA}$ ,  $R_{\text{Cu}(2+)} = 0,8 \text{ \AA}$  [11]. Отже, не зважаючи на те, що заряд іону хрому є вищим, очевидно, радіус атома має вирішальне значення в процесі сорбції. Це підтверджує кращу сорбцію купруму порівняно з хромом.

Згідно закону Панета – Фаянса – Хана, якщо в розчині містяться два чи більше іонів а інші фактори однакові, то в першу чергу буде сорбуватися той іон, що з одним із іонів кристалічної решітки сорбента утворює сполуку з найменшою розчинністю.

У нашому випадку в розчині містяться однакові концентрації іонів купруму та хрому. Оскільки дані сполуки утворені сильними кислотами та слабкими основами, то в розчині проходить гідроліз. Утворюється кислота та нерозчинні гідроксиди відповідних металів відповідно до рівняння реакцій



Згідно довідкових даних гідроксид купруму має значно меншу розчинність, ніж гідроксид хрому. Добутки розчинності утворених сполук представлені в таблиці 2.

Таблиця 2

**Добутки розчинності  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  та  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  в залежності від кислотності середовища [8]**

Сполука	Добуток розчинності ДР	-lg(ДР)
$\text{Cr}(\text{OH})_3$	$4.0 \cdot 10^{-15}$	14.4
$\text{Cu}(\text{OH})_2$	$1 \cdot 10^{-19}$	19.0

У розчині в інтервалі рН 0-3 містяться суто розчинні комплекси. За рН 3,7 утворюється нерозчинний  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ . В інтервалі рН 4-6 утворюються купрум гідроксосульфати, що є нерозчинними сполуками.

Якщо добуток розчинності  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ , який утворюється в результаті гідролізу (1), рівний  $1 \cdot 10^{-19}$  [9], концентрація  $\text{Cu}^{2+}$  в розчині на початку експерименту рівна  $0,016$  моль/дм<sup>3</sup>, то, виходячи з цього значення рН початку осадження купрум буде рівним

Згідно розрахункових даних видно, що при фіксованих значеннях рН купрум буде швидше осаджуватись ніж хром та згідно закону Панета – Фаянса – Хана буде краще сорбуватися, що було встановлено експериментальним шляхом.

Очевидно це і є причиною селективного вилучення купрум з двокомпонентної системи. Крім цього це підтверджується попередніми дослідженнями [6,7].

У ході експериментальних досліджень було виявлено зменшення вмісту кальцію, магнію, заліза та рідкоземельних металів на поверхні сорбенту. Це пояснюється іонообмінною взаємодією іонів водню та важких металів із досліджуваних розчинів із цеолітом. У результаті цього вказані обмінні катіони переходять із поверхні сорбенту у розчин.

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

1. Архіпова Г. І., Мудрак О., Звертана Д. В. Вплив надлишкового вмісту важких металів у питній воді на організм людини // Вісник НАУ. 2010. №1. С. 232–235.

2. Gomonay V., Golub N., Gomonay P., Szekeresh K. Preventing from ingress of radionuclides, heavy metals and other dangerous mutagenic factors into human and animal organisms // Book of Proceedings of the International Regional Seminar «Environment Protection: Modern Studies in Ecology and Microbiology». 1997. Vol.2. P.90–96.

3. Galarneau A., Renzo F.Di, Fajula F., Vedrine J. Zeolites and mesoporous materials at the dawn of the 21st. Elsevier Science, Surface Science and Catalysis. 2001. 443 p.

4. Kuliyeva T., Lebedeva Z. N., Orbuh V. I., Sultanov Ch. A. Natural zeolite – clinoptilolite identification. Fizika. 2009. №3. P. 43–45.

5. Сидорчук О. В., Гумницький Я. М. Сорбція іонів купрум із водних розчинів природним клиноптилолітом // Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності. 2013. №7. С. 235–241.

6. Милянник О. В., Шквірко О. М., Гумницький Я. М. Очищення стічних вод від іонів важких металів // Захист навколишнього середовища. енергоощадність. Збалансоване природокористування : Праці 4-го Міжнародного конгресу (м. Львів, 21-23 вересня 2016р.). 2016. С.127–128.

7. Милянник О. В., Шквірко О. М., Гумницький Я. М. Статика поглинання двох іонів важких металів природним цеолітом // Вісник



*Національного університету «Львівська політехніка». Серія «Хімія, технологія речовин та їх застосування». 2016. №841. С. 330–334.*

*8. Лурье Ю. Ю. Справочник по аналитической химии. М., 1989. 448 с.*

*9. Практикум по физико-химическим методам анализа / Под ред. О. М. Петрухина. М. : Химия. 1987. 246 с.*

*10. Справочник химика. Том 2. Основные свойства неорганических и органических соединений / Под ред. Б. П. Никольского. Л. : Химия, 1971. 1168 с.*

*Семкович Д. Я., студент,  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
Івано-Франківськ, Україна*

## **ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ СМІТТЄЗВАЛИЩАМИ ЯК РЕГІОНАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ НА ПРИКЛАДІ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

Вже багато десятирічь гостро стоїть питання сміттєзвалищ в Україні та Івано-Франківській області, що з року в рік постає все болючіше. Швидкі темпи розвитку промисловості, зростання кількості населення призводить до того що кількість відходів стає все дедалі більшою, а методів боротьби із ними в Україні досить не багато, таким чином залишається єдиний спосіб позбуватися сміття та промислових відходів, що буде доволі дешевим і ефективним на даний час – і це створення спеціальних полігонів для утилізації сміття чи різноманітних відходів. Накопичення великої кількості забрудників може призвести до катастрофічних наслідків, призводячи до низки дуже важливих питань боротьби із відходами. Ця проблема призводить до непоправної шкоди довкіллю та негативно впливає не тільки на нього але й на здоров'я людей та їх життя. Контаміанти надходять у навколишнє середовище найбільше з хімічних, радіоактивних, біогенних і твердих побутових відходів, причому в перших трьох випадках кількість та склад відходів контролюється та врегульовується державними органами, то в останньому, на практиці, регулювання не проводиться. Невміла управлінська діяльність керівників, що займаються цим питанням, та індеферентність влади, призвело до того що зараз сміттєзвалища в області займають понад 85,8112 га, і це тільки офіційні полігони, а ще велика кількість стихійних звалищ, де органи держконтролю не проводять жодних перевірок, тому ні кількісний, ні якісний склад їх невідомий. Стихійні звалища несуть дуже велику загрозу природі через відсутність контролю, переважно при їх утворенні не дотримуються жодні санітарні норми, відтак це призводить до забруднення вод, самозагорання та забруднення атмосфери, виникнення патогенних мікроорганізмів, довготривалих змін у флорі та фауні. Цікавим є те, що щорічний прихід ТПВ (твердих побутових відходів) становить – 2230,43 тис. тонн, тобто, щороку сміттєзвалища області можуть розростатися на 0,2 га [1].

Акумуляція великої кількості відходів спричиняє багато змін у біогеоценозах територій котрі потенційно можуть бути придатними для ведення сільськогосподарської діяльності, спричиняє деградацію земель, й за допомогою біогенного та еолового вивітрювання

поширюється на багато кілометрів довкола сміттєзвалища. Еолове вивітрювання спричинене діяльністю вітру, зазвичай розкидає довкола звалищ сміття, але при штормових вітрах коли швидкість вітру понад 20 м/с територія звалища може сильно «розширитися». Часто ті компоненти звалища котрі може здійняти вітер опиняються на кронах дерев, зменшуючи цим фотосинтетичну діяльність рослин. Біогенне вивітрювання виявляється в рознесені тваринами, зазвичай, незначної частини відходів.

До змін у довкіллі через звалища твердих побутових відходів належать: біологічне, хімічне, геоморфологічне, фізичне, радіоактивне, ґрунтове. Хімічне виявляється в зміні кількісного і якісного складу хімічних компонентів довкілля, привнесення сполук не притаманних території, такі як: кислоти, луги, органічні речовини, речовини що застосовувалися в медичних цілях. Щодо фізичних змін то вони мають переважно не значний вплив в області, але якщо на одній території будуть накопичуватися предмети (переважно у вигляді зламаной техніки) що можуть створювати власні електромагнітні поля, вібрації і шуми то воно може стати серйозною проблемою. Геоморфологія має прояв у змінах рельєфу, утворені нових не притаманних території форм землі, а якщо це захоронення то зміни геохімічної складової території на глибині, яка може порушувати гідрологічний режим, впливати на підземні води погіршуючи їх якість, та роблячи не придатними до вживання людьми.

Зміни в атмосфері зазвичай показані газами що виділяються при горінні (оскільки несанкціоновані звалища можуть самозагоратися), такими як: двоокис вуглецю, чадний газ, метан. При горінні вуглеводнів, наприклад пофарбованих пластмас, можуть бути викиди небезпечних формальдегідів, також часто при випаровуванні різноманітних речовин, при з'єднанні із атмосферою вологою можуть утворюватися кислоти, які у подальшому випадатимуть у вигляді кислотних дощів.

На звалищах Івано-Франківської області радіоактивне забруднення відсутнє, але в Україні воно зазвичай знаходиться на спеціально відведених полігонах.

Біогенні зміни проявляються найяскравіше. Переважно більшість чутливих рослин в таких місцях відмирає, а на рівні популяцій вони можуть переходити в депресивний стан при якому не відбувається розмноження, але рослина продовжує рости. На смітниках поширення й домінацію завжди отримують рослини рудерали, їх механізми захисту пристосовані до таких умов тому вони стрімко починають зростати змінюючи склад рослинності на території [3].

Для багатьох диких тварин часто привабливими є сміттєзвалища із комунальними відходами які поширені майже на всіх полігонах області, оскільки в таких місцях може бути легкодоступна їжа, це в свою чергу,

призводить до популяційних змін у природі окремих видів тварин. Також, окремо хочу відмітити поширення патогенних мікроорганізмів в таких місцях, що можуть спричиняти важкі інфекційні захворювання. Звалища також мають не значний вплив на генофонд біотичної складової території, ті тварини й рослини що не можуть пристосуватися до нових умов – помирають.

Значних змін зазнають також ґрунти і їх найважливіша якість – родючість. При будівництві полігонів для сміттєзвалищ родючий шар ґрунту потрібно знімати, і якщо в області для побудови офіційних полігонів така процедура й справді проводилася, то на стихійних сміттєзвалищах засмічення ґрунту призводить до його повної деградації, і в таких випадках потрібно проводити повну рекультивацію земель. Таким чином всі ці фактори в купі призводять до комплексних змін ландшафтів й екосистем у природі, й ці зміни в багатьох випадках можна вважати не зворотніми. Тільки на декотрих невеликих стихійних сміттєзвалищах ще можуть відбуватися процеси суксеції.

В області впродовж останніх 14 років кількість відходів щорічно варіюється в межах 150-500 тис. тонн, таким чином зараз на сміттєзвалищах за приблизними підрахунками налічується понад 4083840,5 тон відходів, це приблизно 3,14 т/душу населення, щоправда, значна частина цих відходів це зола й шлаки які залишаються після виробництва електроенергії «Бурштинською» ТЕС. Та головною проблемою при розрахунках залишається невідповідність цифр, так, керівництво часто применшує кількість відходів що надходять на звалища для того щоб зекономити бюджетні гроші. Через це достеменно не відомо яка ж все таки кількість відходів насправді є на сміттєзвалищах, й відповідно не можливо передбачити їх реальний вплив на стан середовища [2].

Вважається що одним із кращих способів утилізації відходів є їх спалювання, оскільки це відносно дешево та не так сильно шкодить довкіллю як постійне знаходження звалищ на території, бо вони мають безперервний вплив.

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

1. *Регіональна доповідь про стан навколишнього середовища у Івано-Франківській області за 2020 рік. Івано-Франківськ : ІФОДА, 2021. 161 с.*
2. *Екологічний паспорт Івано-Франківської області за 2020 рік. Івано-Франківськ : ІФОДА, 2021. 168 с.*
3. *Геник Я. В. Еколого-біологічні основи відновлення ландшафтів, порушених звалищами та полігонами твердих побутових відходів // Науковий вісник НЛТУ України. 2009. Вип. 19.2. С. 77–82.*

*Сергеев А. С., студент, Андреев С. М., к. т. н.  
Національний аерокосмічний університет  
ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», м. Харків, Україна*

## **ВИКОРИСТАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЗІ СТВОРЕННЯ АВТОНОМНОГО ДОДАТКУ ДЛЯ ПОБУДОВИ КАРТОГРАФІЧНИХ МОДЕЛЕЙ ТУРИСТИЧНОГО СПРЯМУВАННЯ**

На сьогоднішній день існує чималий попит у сфері екологічного туризму, а саме проходження певних маршрутів у заповідних зонах, які зазвичай мають значну площу та велику кількість непроходимих місцевостей. Переважно в таких місцях використовують друковані карти, за якими певний відсоток людей можуть втратити орієнтир. Але з часом технології дозволили використовувати спеціальні пристрої, а також смартфони в якості такої самої карти, проте зі значної перевагою, оскільки місцезнаходження користувача оновлюється в реальному часі, що надає змогу кращі орієнтуватися в просторі та знайти необхідний шлях для подолання труднощів маршрутизації. Слід зазначити, що у смартфонах, це подано у вигляді додатків, а навігатори мають свої вбудовані картографічні моделі, або прив'язані до власного сервісу. Але гарний навігатор зазвичай має великий кошторис та не є дуже зручним, тому кращим варіантом є використання смартфона. Саме для використання картографічних моделей треба встановлювати спеціальні додатки, деякі з них мають також функції побудови оптимального маршруту, але таких додатків не переважна більшість і вони мають свої недоліки, які обумовленні їх прив'язкою до інтернету або великим обсягом займаного простору пристрою.

Метою проекту є покращення рівня візуалізації та інформування за рахунок створення автономного додатку для побудови картографічних моделей туристичного спрямування.

На ринку програмного забезпечення для смартфонів є декілька додатків даного напрямку, але самим значним із них, є RocketMaps, який являє собою безкоштовні оффлайн карти з функцією маршрутизації, а також багато інших. Його основна перевага, це його повна безкоштовність при якому зберігається великий функціонал, в якості картографічних моделей використовує власний формат зберігання, але в якості недоліку виступає розмір картографічних моделей, оскільки вони охоплюють цілу країну або конкретне місто [1]. Функція маршрутизації базується на використанні досить потужної java бібліотеки graphhopper. Graphhopper використовує алгоритм Дейкстри для прокладання найкоротшого шляху, в якості вхідних даних бере дані з архіву картографічної моделі, котру використовує даний додаток та перетворює у власний формат, після чого миттєво створює

маршрут, перше використання буде найдовшим, оскільки треба з картографічної моделі вилучити атрибутивну таблицю та побудувати вузлові зв'язки між вершинами [2].

Проведений аналіз показує, що основним мінусом усіх цих додатків є їх значний розмір та постійного переформатування. Для створення власного додатку були використані дві бази даних mbtile та spatialite, вони дозволяють зменшити час обробки запиту маршрутизації та завдяки ним легко провести оптимізацію самого додатку. MBTiles та spatialite являють собою бази даних, котрі базуються на більш поширеній SQLite, котра може зберігатися в локальному сховищі пристрою. MBTiles зберігає в собі растрові дані у вигляді плитки(тайлів) [3], spatialite зберігає в собі геодані, а також будує між ними різноманітні зв'язки для подальшої обробки [4].

В якості результату на рисунку 1 представлена візуалізація безпечного і найкоротшого маршруту на базі картографічної моделі лісопарку.



**Рис.1. Функціональні можливості додатку**

На даний момент додаток дозволяє швидко та без потреби у сильних затрат ресурсів будувати маршрути та показувати перепади висот протягом подорожі ними, відмічати об'єкти або ділянки, котрі можуть бути небезпечними для інших користувачів, шляхом використання камери телефону, зображення зберігається у базі даних додатку, після чого відправляється на перевірку для подальшого інформування користувачів та служб ДСНС.

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

- 1. Сторінка з вебсайту - GitHub, PocketMaps, вебсайт, URL: <https://github.com/junjunguo/PocketMaps> (дата звернення 17.05.2022)*
- 2. Сторінка з вебсайту - graphhopper. Developers, вебсайт, URL: <https://www.graphhopper.com/> (дата звернення 17.05.2022)*
- 3. Сторінка з вебсайту - MapBox. MBTiles, вебсайт, URL: <https://docs.mapbox.com/help/glossary/mbtiles> (дата звернення 17.05.2022)*
- 4. Сторінка з вебсайту - gaia-gis. SpatiaLite, вебсайт, URL: <https://www.gaia-gis.it> (дата звернення 17.05.2022)*

*Синящик В. Ф., аспірант, Харламова О. В., д. т. н., доц.  
Кременчуцький національний університет  
імені Михайла Остроградського, м.Кременчук, Україна*

## **ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ТРАНСПОРТУВАННЯ ВІДХОДІВ ПНЕВМОТРАНСПОРТОМ**

Відходи становлять суттєву проблему для всіх європейських країн, так як кількість відходів загалом зростає. На жаль, недовідомості та зіставних даних не завжди дозволяє провести повну та достовірну оцінку проблем, пов'язаних із відходами.

Вплив відходів на довкілля, ресурси та здоров'я людини залежить від їх кількості та характеру. Екологічне навантаження від утворення відходів та обігу з ними включає викиди у повітря (зокрема парникові гази), у воду та ґрунт, які завдають потенційний вплив на здоров'я людини та природі. Велика частина міських відходів захоронюється, що призводить до значного навантаження на навколишнє середовище [1].

Важливим елементом збору відходів є його транспортування на місце сортування та використання.

Система збору та видалення ТПВ включає: підготовку відходів до завантаження в транспорт (сміттєвоз); організацію тимчасового збереження відходів у домоволодіннях, організаціях та підприємствах; збирання та вивезення побутових відходів з територій домоволодінь, організацій та підприємств; знешкодження, переробка та утилізація відходів.

Несвоєчасний збір ТПВ призводить до переповнення накопичувальних ємностей для відходів та впливу на них природно-кліматичних факторів (опади, сонячні промені), внаслідок чого у місцях їх зберігання погіршується санітарно-гігієнічний стан місць збирання відходів, а також прилеглої території. Всі ці фактори надають шкідливий вплив в цілому на місце існування людини та екологічний стан території населених пунктів та підприємств [2].

Однією з особливостей процесу збору відходів є той факт, що в балансі часу роботи транспортних засобів значне місце займає час на вантажно-розвантажувальні операції та маневрування. У стиснених умовах міських дворів ці маневрові операції займають від 25 до 40% і більше часу роботи автомобіля. У зв'язку з цим, досить гостро постає проблема безпеки руху та погіршення екологічної обстановки в житлових мікрорайонах, а також неекономної витрати паливно-енергетичних ресурсів при виконанні маневрів, пов'язаних із навантаженням твердих та комунально-побутових відходів.

Одним із способів вирішення зазначених проблем є застосування вакуумних систем із використанням трубопровідного пневмотранспорту. Пневматичний збір та видалення комунальних відходів практикується у багатьох зарубіжних країнах. Це досить ефективний метод транспортування та оброблення комунально-побутових відходів. Трубопроводи можна використовувати для транспортування відходів як у малі, так і на великі відстані. Повністю автоматизована система збирання та видалення відходів надає собою широкий потенціал технічних можливостей для збирання та переміщення відходів будь-якого типу [3].

Серед існуючих проблем систем збирання відходів можна назвати наступні:

- антисанітарний стан (особливо у теплу пору року);
- виділення шкідливих речовин у навколишнє середовище під час руху сміттєвозів від місця збору відходів до пункту прийому (сортування).

На сьогоднішній день сміття з побутових та промислових відходів, з майданчиків вивозять спецмашини, обладнані двигунами внутрішнього згорання.

Транспортні засоби, що використовують значні обсяги вуглеводневої сировини, є одним із суттєвих джерел забруднення атмосфери. Основну частку у викидах від пересувних джерел становлять викиди від автомобільного транспорту (90%).

У складі викидів в атмосферу автомобільного транспорту міститься понад 280 з'єднань, що є екологічно небезпечним. Це переважно газоподібні речовини, багато з яких за хімічними властивостями, характером впливу на організм людини є токсичними: оксид вуглецю, оксиди азоту, діоксид сірки, вуглеводні та інші, а також тверді речовини – сажа, свинець, бензапирен.

Упродовж останнього десятиліття зі збільшенням парку автомобілів інтенсивно наростає небезпечне забруднення атмосфери вуглекислим газом (CO<sub>2</sub>), у великих кількостях що містяться у відпрацьованих газах автомобілів. Цей газ грає основну роль у формуванні парникового ефекту планети - явища, усунення якого у час стало глобальною проблемою.

Тому основною екологічною перевагою пневматичного транспорту є відсутність димових газів та, як наслідок, відсутність вуглецевого сліду в процесі руху. З огляду на те, що внесок автотранспорту в забруднення атмосферного повітря міст становить до 90%, широке використання пневматичного транспорту дозволить покращити екологічне середовище міст.

Технологія вакуумного транспортування відходів з'явилася ще в середині минулого століття.

Основні принципи її роботи являють собою таку технологічну схему роботи: на поверхні в місцях збору відходів встановлені приймальні контейнери, у пункті збору є чотири люки, кожен з яких відведений під певний вид відходів: біовідходів, паперу, картону та змішаних відходів. У



них розсортовані мешканцями комунальні відходи опускаються у мішках, об'ємом не більше 30 літрів. Під контейнерами розташована мережа підземних трубопроводів, обладнана автоматичними клапанами з автоматизованою системою відкриття. Відходи доставляються за допомогою сильного повітряного потоку, що створюється вакуумною установкою, до місця їх збору та подальшого сортування.

Таким чином, розвиваючи напрямок пневматичного транспортування сміття, що працює з певним алгоритмом роботи, що враховує час, ступінь наповнення та необхідність транспортування тих чи інших видів відходів на майданчик збору, знижується екологічне навантаження на транспортну інфраструктуру міста та зменшення забруднення навколишнього середовища.

Введення під час будівництва та модернізації підприємств сучасної технологічної системи збору та транспортування відходів дозволить у два і більше разів скоротити відстань їхнього транспортування порівняно з вивезенням автотранспортом. Додатково знижується транспортне навантаження доріг загального користування та забезпечується безпека дорожнього руху.

Робота вакуумної установки забезпечується електроенергією, використання якої сьогодні – пріоритетне завдання. Поступова відмова від сміттєвозів зі збільшенням рівня використання трубопровідного способу збору відпрацьованих комунально-побутових компонентів скоротить витрати на паливо для підприємств, а це у свою чергу покращить стан навколишнього середовища міст та промислових зон, підвищить рівень екологічної безпеки.

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

1. V. Shmandiy, L. Bezdeneznych, O. Kharlamova, T. Rigas. *Improving the Method for Producing Adsorbents from Agro-Industrial Wastes. Journal of Ecological Engineering*. 2020, Vol. 21, №6, 2020. P. 147–154.

2. Шмандій В. М., Солошич І. О., Колеснік Д. В. *Управління екологічною небезпекою твердих побутових відходів регіону. Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. 2021. Вип. 2/2021. С. 60–65.

3. Трофименко Ю. В., Просов С. Н., Комков В. І. *Модель управління транспортування ТПВ // ЕкоReal*. 2007. №2. С. 25–32.

<sup>1</sup>*Сідашова С. О., к. с.-г. н.,* <sup>1</sup>*Клебанова Л. Г.,* <sup>2</sup>*Попова І. М., к. вет. н.,*  
*доцент каф. епізоотології, паразитології та мікробіології*  
*ім. В. Я. Атамася*

<sup>1</sup>*ГО «Всеукраїнська Рада Жінок Фермерів», Одеса, Україна*

<sup>2</sup>*Одеський державний аграрний університет, Одеса, Україна*

## **МОНІТОРИНГ ЗАГАЛЬНОЇ ТОКСИЧНОСТІ ОБ'ЄКТІВ АГРОЛАНДШАФТІВ ЯК КОРМОВІ БАЗИ БДЖІЛЬНИЦТВА**

Останніми роками у країнах із розвиненим агросектором спостерігались кардинальні зміни у технологіях інтенсивного виробництва продукції. Інтенсифікація торкнулась і галузі бджільництва, незважаючи на те, що пасічники донині відрізняються значним консерватизмом.

Біологічною особливістю медопродуктивності пасік є широкий спектр рослин, які впродовж сезону медозбору стають джерелом нектару і пилку, як основних субстратів, з яких бджоли виробляють мед та інші апіпродукти. Таким чином, кожен об'єкт природного середовища або агроландшафту, який знаходиться у радіусі двох кілометрів (найбільш типова відстань льоту робочої бджоли від вулику) стає дотичним до виробничого процесу виготовлення меду: ґрунти, відкриті водойми, поля з посівами культурних рослин, дикороси, сміттєзвалища, виробничі майданчики або автотраси тощо. Багато з перелічених об'єктів може становити загрозу екологічного забруднення території та переносу значної частини шкодо чинних речовин до складу нектару і пилку рослин під час квітування.

За останні роки дані світових публікацій насичені згадками щодо масового ураження бджіл різноманітними екзоінтоксикаціями, що приносить дуже великий збиток галузі бджільництва внаслідок загибелі бджолосімей, втрати продукції та погіршення її якості [4]. Крім прямих збитків на пасіках від загибелі і хвороб бджіл спостерігаються негативні явища погіршення біологічної повноцінності меду і воску внаслідок накопичення в них впродовж року низьких сублетальних концентрацій кормових токсикантів, які попадають до організму бджіл та в склад їх продукції через нектар рослин та воду, що знаходяться на екологічно забруднених територіях поблизу пасік [4, 5].

Шкодочинні речовини і сполуки можуть потрапляти в організм бджіл внаслідок забруднення агроландшафтів препаратами, які широко використовуються в технологіях інтенсивного рослинництва. Особливо це стосується різноманітних гербіцидів, як отруйних речовин для комах-шкідників культурних рослин, потенційно негативний вплив яких на суттєве зниження кількості комах – запилювачів, зокрема, медоносних бджіл, екологи відмічають в усьому світі [4, 5].

Крім глобального екологічного погіршення сільських територій, де розташована більшість пасік, багатьма дослідниками відмічено швидке зниження природного імунітету бджолосімей внаслідок значного ушкодження пасік інфекційними хворобами і паразитами, що спонукає пасічників використовувати протимікробні ветеринарні препарати, зокрема, антибіотики, негативний вплив яких на якість меду загальновідомий [1, 4].

У цьому році до відомих екологічних ризиків в Україні додана нова надзвичайна загроза – забруднення значної території токсикантами внаслідок воєнних дій російських окупантів. Крім прямої шкоди від бойових дій, постраждали території, і не тільки, будуть ще тривалий час отримувати негативні наслідки від пошкоджених промислових об'єктів та інфраструктури, тобто надзвичайна ситуація несе безліч додаткових маловивчених ризиків і загроз для агровиробництва і бджільництва, зокрема. Актуальність знайдення способів їх оцінки та шляхів нейтралізації наразі для наукової спільноти суттєво підвищилась.

Метою нашого дослідження була розробка модифікованої методики еколого-токсикологічного скринінгу загальної токсичності об'єктів, пов'язаних з кормовою базою бджільництва з допомогою мікробіологічного способу експрес-біотестування на інфузоріях колподах в умовах демонстраційної навчальної пасіки («Квітучі галявини», Одеська область).

Матеріали і методи дослідження. Наше аналітичне дослідження було проведено на матеріалах власних експериментів, проведених у попередні роки в чотирьох областях України (Донецька, Дніпропетровська, Полтавська, Одеська), дані яких були опубліковані в тематичних виданнях [3-6].

Експрес-біотестування зразків, що стосувались різних об'єктів довкілля та тваринницького виробництва, проводили за модифікованим методом оцінки загальної токсичності в середній пробі з використанням експрес-біотесту українського виробництва, в якості тест-організму були застосовані інцистовані інфузорії *Colpoda steinii* [2, 3]. Суха культура інфузорій колпод у порівнянні з іншими біологічними методами оцінки токсичності різних об'єктів вирізняється низкою переваг, а саме: оперативністю (кінцевий результат наявності або відсутності токсичності у зразку можна отримати за термін від 3 хвилин до 3 годин); доступністю і простотою виконання процедур оцінки (не потребує дорогого лабораторного обладнання і тривалого строку навчання лаборанту); дешевизною; можливістю тестування одночасно достатньої кількості різних проб; синхронізованістю тест-організмів та передбачуваністю результатів у співставленні з іншими методами; тривалим строком зберігання сухої культури (до 4 місяців) [1, 2, 7]. Окремо потрібно наголосити на етичному аспекті переваг використання мікроорганізмів у якості тест-індикаторів у порівнянні з іншими тваринами (кролі, миші, акваріумні риби, курчата ін.). Обмеження використання експрес-

біотестування заключаються у неможливості визначити виокремлено види токсикантів, які формують інтегровану загальну токсичність і потребують більш дорогих хіміко-аналітичних методик.

На рисунках 1 і 2 показані етапи експрес-біотестування – підготовані проби об'єктів для оцінки наявності загальної токсичності, на рисунку 3 – мікроскопічна картина поведінки інфузорій колпод після періоду культивування та виходу із цист (всі фото – автора).

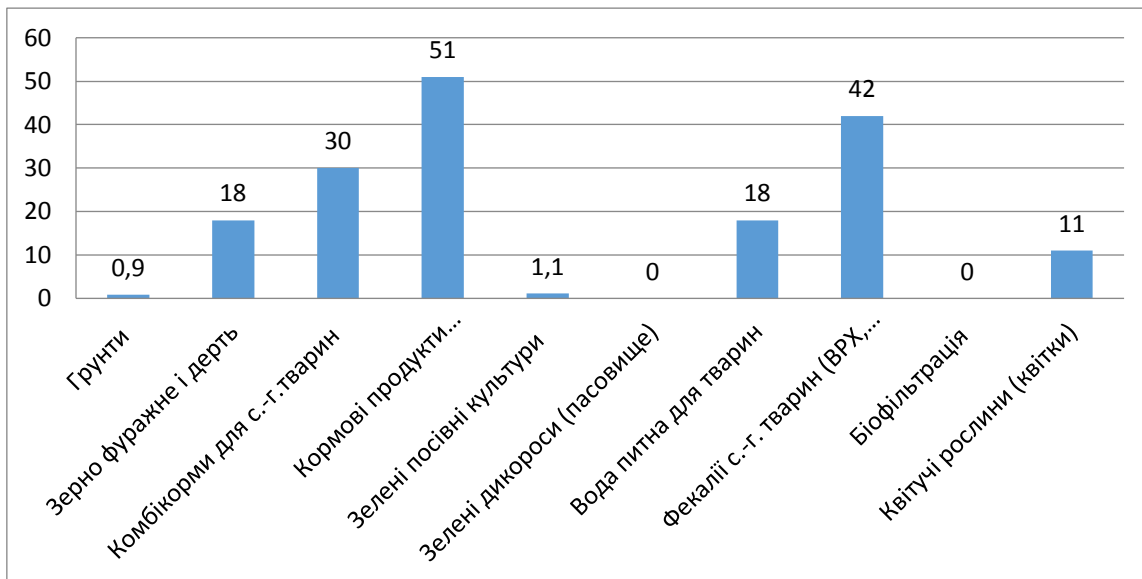


**Рис.1 і 2.** Зразки: квіти бузку(дикорос), проби ґрунту і будматеріалу (пісок); комплект для біотестування: суха культура інфузорій колпод (дослід і контроль) та поживне середовище у скляних флаконах

**Рис. 3.** Інфузорії колподи у полі зору мікроскопа за збільшення в 100 разів: видно інцистовані активні форми інфузорій, декілька цист та поживний субстрат, який активно споживали інфузорії (колонія бактерій *Bacillus subtilis*)

**Результати досліджень.** На прикладі аналізу оцінки вмісту загальної токсичності у 251 пробі різних об'єктів агровиробництва (рис. 4), детальні результати яких були наведені у наших попередніх дослідженнях, очевидно, що найбільш високий вміст шкідливих речовин зустрічався в зразках тваринницького виробництва [3, 6].

Результати експрес-біотестування показали, що у питній воді зустрічалось до 18% зразків з токсичністю, зелена маса дикорослих і посівних рослин була практично безпечною, рослини – біофільтри (ейхорнія) та вироблені з їх допомогою біодобрива не мали токсичності, а ось фекалії сільгосптварин (свині, кури), які використовувались у якості живильного наповнення водойм для біофільтрації – мали значний ступінь шкодо чинності для тест-організмів – вище 42%. Слід зауважити, що серед квіток рослин, які відвідували бджоли, мали виражену загальну токсичність тільки квітки вишні (внаслідок вмісту синильної кислоти), але отруєння бджіл у вишневому саду не відмічено. Це свідчить за необхідність більш детального вивчення особливостей застосування методики експрес-біотестування з врахуванням біологічних властивостей комах-опилювачів.



**Рис. 4. Еколого-токсикологічний профіль кормових продуктів і об'єктів довкілля на вміст загальної токсичності методом експрес-біотестування, % проб із визначеною загальною токсичністю (2015-2021 рр.)**

(Примітка: об'єкти біофільтрації: рослини-гідробіонти, штучні водойми-відстійники, біодобрива).

Отже, аналіз результатів еколого-токсикологічного моніторингу агроландшафтів у різних регіонах показав принципову можливість використання переваг експрес-біотестування різних об'єктів, які потенційно беруть участь у виробництві продукції бджільництва, для оцінки ризиків накопичення загальної токсичності у продукції та наукового пошуку напрямів нейтралізації екологічних загроз довкілля для розвитку пасік з врахуванням надзвичайної ситуації.

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

1. Інформаційний лист про нововведення в систему охорони здоров'я. Використання інфузорії *Colpoda steinii* для оцінювання токсичності в умовах лабораторій санітарно-епідемічної служби. Укладачі: І. М. Григорашева, В. П. Лозицький, А. С. Федчук та ін. Укрмедпатентінформ. К. : 2005. 3 с.

2. Настанова по застосуванню препарату культури *Colpoda steinii* сухої для еколого-токсикологічних досліджень об'єктів зовнішнього середовища, продуктів тваринництва та птахівництва. Одеса. 2005. 2 с.

3. Сидашова С. А., Халак В. И. Экспресс-биотестирование как инструмент управления качеством кормов в промышленном свиноводстве. Сб. статей Центра прогнозирования. Науч.-методич. конф. ССХА. Т. 2. Апрель 2015. С. 95–97.

4. Сидашова С., Бакун Ю. Перспективи розвитку біоекономіки України за використання потенціалу органічних сімейних пасік // Розвиток

біоенергетичного потенціалу в сільському господарстві : *Мат. доповідей 5-го Міжнарод. науково-практ. семінару, м. Київ, 7-8 лютого 2020 р. К. : Видавництво «Наукова столиця», 2020. С.132–134.*

5. Сідашова С. О., Ясько В. М., Кірович Н. О. Навчальна пасіка як модель впровадження концепції дуальної освіти в українському аграрному секторі // *Науково-інформаційний вісник біолого-технологічного факультету. Вип. 13. Херсон : ХДАУ, ВЦ «Колос». 2020. С. 341–347.*

6. Сідашова С. О., Перетяцько Л. Г., Онищенко А. О., Сагло О. Ф., Горобей О. Ф., Стрижак Т. А. Еколого-токсикологічний скринінг нетрадиційних кормових культур: зелена маса ейхорнії. *Свинарство. 2019. №72. С. 114–124.*

7. Persoone G. *Toxif.* <http://www.microbiotests.be/publications.html>. 2014. Бельгія, Університет Гент. 19 с.

<sup>1</sup>Скібчик В. І., к. т. н., <sup>2</sup>Кудринецький Р. Б., к. т. н., с. н. с.,

<sup>2</sup>Днесь В. І., к. т. н., <sup>2</sup>Крупич С. О.

<sup>1</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України,  
Київ, Україна

<sup>2</sup>Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації  
сільського господарства», Глеваха, Україна

## **АЛЬТЕРНАТИВНЕ ПАЛИВО ЗІ ШТУЧНИХ ДЖЕРЕЛ: ДОСВІД ЄВРОПЕЙСЬКОГО СОЮЗУ**

За останні десятиліття відбулося значне зростання виробництва пластику в світі й на сьогодні воно складає понад 370 млн тон/ рік. Зростаючий масштаб виробництва збільшує об'єм утворених відходів і створює проблему ефективного поводження з ними. Завдяки своїй доступності, стійкості та меншому впливу на навколишнє середовище, у порівнянні з викопними енергетичними ресурсами, RDF-паливо («Refuse Derived Fuel» – «тверде відновлене паливо») все частіше використовується у хімічній та енергетичній промисловості [1].

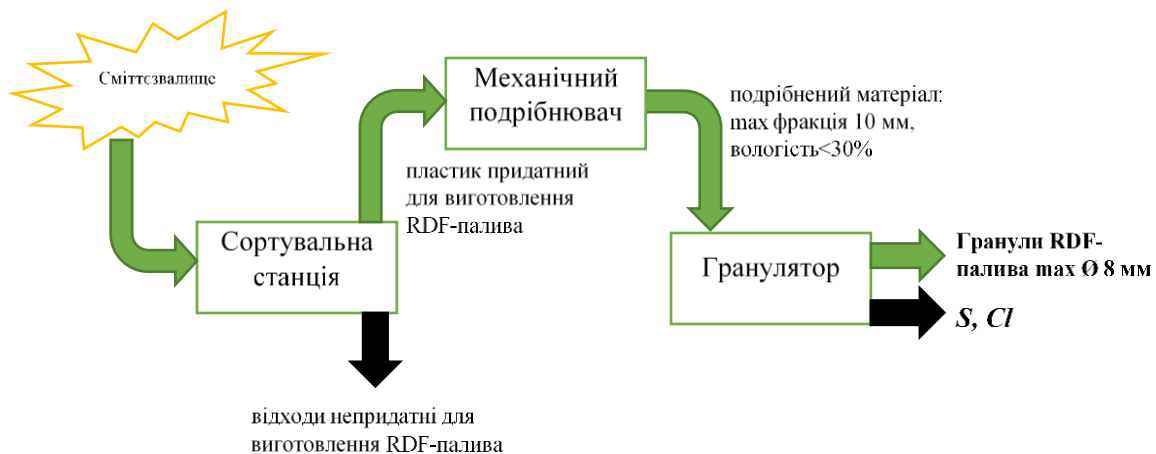
Що стосується європейської законодавчої бази виробництва та використання альтернативного палива зі штучних джерел, то на сьогодні ЄС прийнято Пакет циркулярної економіки від 2 грудня 2015 р. Він висуває нові жорсткі вимоги – вибір економічної моделі, орієнтованої на ефективне поводження з відходами [2-4].

Запропоновані в Пакеті дії сприятимуть закриттю продуктового циклу за рахунок значного підвищення коефіцієнтів переробки сировини та впровадження інноваційних технологій повторного використання побічних продуктів, зокрема в хімічній та енергетичній промисловості. Економічними наслідками впроваджених рішень виступають протидія деградації навколишнього середовища та економія первинної сировини [5].

Хімічні та фізико-механічні характеристики пластику є визначальними для обґрунтування технології його механічної обробки та впливають на ефективність його згоряння. Морфологічний склад пластикових відходів залежить від характеристик регіону країни та типу місцевості (сільська чи міська) [6]. У побутових умовах пластикові відходи можуть використовуватися для виробництва електроенергії шляхом чистого спалювання, спалювання зі застосуванням хімічних речовин та в багатопаливних агрегатах. На даний час використання відходів для палива в енергетичній промисловості ЄС становить близько 1 млн. тонн/рік. За прогнозами, цей обсяг може збільшитися до 1,2 млн. тонн/рік щорічно, що залежить від ринкового попиту та інвестицій.

Що стосується європейської технології виготовлення і використання альтернативного палива зі штучних джерел для енергетичних потреб, необхідно відзначити, що джерелом можуть бути лише відходи, які характеризуються достатнім енергетичним потенціалом (теплотворна здатність 16-18 МДж/кг) та мають однорідний розмір частинок.

Виробництво RDF-палива полягає в розділенні горючої фракції побутових відходів (папір, пластмаси, текстиль, дерево, гума) шляхом їх сортування, багатоступінчастого подрібнення та гранулювання (рис.).



**Рис. Технологічний процес виготовлення гранул RDF-палива**

Дослідженнями [7] встановлено, що сировина для гранулювання повинна бути належним чином підготовлена – максимальний вміст вологи в суміші, призначеній для гранулювання не повинен перевищувати 30%, а максимальна довжина фракції суміші повинна бути 10 мм (рис.). Це дає змогу уникнути закупорки конвеєрів гранулятора, а також всієї виробничої лінії. Чим менша фракція сировини, що піддається грануляції – тим краща якість отриманих гранул. Вміст вологи у суміші, що йде на гранулювання, обернено пропорційно впливає на енергетичну цінність грануляту. Окрім того, необхідно врахувати, що процес подрібнення виділяє вологу із сировини [7].

У процесі гранулювання сировини з пластику, виділяється сірка (S) і хлор (Cl). Дані хімічні речовини чинять негативний вплив на навколишнє середовище та на пристрої спалювання палива. Це виступає обмежуючим чинником використання RDF-палива з підвищеним вмістом хлору та сірки [8].

Отже, відходи пластику є цінним альтернативним джерелом енергії, розроблення та використання якого в Україні потребує змін законодавства та удосконалення технології переробки сміття. Перспективними напрямками досліджень щодо виготовлення гранул RDF-палива є оцінювання виділення сірки (S) і хлору (Cl) різних пластиків як у процесі



гранулювання, так і в процесі їх спалювання. Також не досліджено вплив поєднання пластмасової сировини з іншими горючими матеріалами (наприклад вугілля, папір, деревина) на енергетичну цінність вихідного палива.

### **Використані інформаційні джерела:**

1. *Розрахунок обладнання для отримання біопаливних гранул і брикетів : монографія / О. І. Єременко [та ін.] ; Національний університет біоресурсів і природокористування України. К. : НУБіП України, 2021. 244 с.*

2. *Pasak, J., Pikoń, K. Ewaluacja wpływu na środowisko systemu gospodarki odpadami po procesie legislacyjnym wprowadzającym zmiany w ustawodawstwie polskim. Archiwum Gospodarki Odpadami i Ochrony Środowiska. 2015. №17, 87–100.*

3. *Journal of Laws of 2015. Regulation of the Minister of Economy of 16 July 2015 on the Admission of waste to landfills (Journal of Laws of 2015, item 1277).*

4. *Journal of Laws 2016.2167. Regulation of the Minister of the Environment of December 14, 2016 on the levels of recycling, preparation for reuse and otherwise recover certain fractions of municipal waste (Journal of Laws 2016.2167).*

5. *Kraszkievicz, A., Stryjecka, M., Nowosad, N., Kocira, S. (2018). Obciążenie środowiska produktami spalania peletów z biomasy roślinnej w kotle górnego spalania. Rocznik Ochrona Środowiska, 20, 1269–1285.*

6. *Jaworski, T., Grochowska, S. Circular Economy – the criteria for achieving and the prospect of implementation in Poland. Archiwum Gospodarki Odpadami i Ochrony Środowiska. 2017, №19., 13–22.*

7. *Paszowska J., Domański M., Caban J. The Use Of Refuse Derived Fuel (RDF) In The Power Industry. Agricultural Engineering. 2020.Vol. 24, №3. P. 83–90.*

8. *Malinowski, A., Chwiłkowski, W. Energy recycling of RDF fraction of municipal solid waste by continuous pyrolysis. Chemistry. Environment. Biotechnology. 2017, №20, 27–33.*

*Скіцько В. І., к. е. н., доцент,  
Герасименко І. О., Шовкун Т. А.*

*ДВНЗ «Київський національний економічний університет  
імені Вадима Гетьмана», Київ, Україна*

## **ДІДЖИТАЛІЗАЦІЯ АГРОВИРОБНИЦТВА ЯК ЗАСІБ ЗНИЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ ТА ПОДОЛАННЯ ЗАГРОЗ ДЛЯ ДОВКІЛЛЯ**

Зниження негативного впливу на навколишнє середовище та збереження природних ресурсів для майбутніх поколінь є однією із задач сучасного сільського господарства. Адже попит на сільськогосподарську продукцію збільшується із збільшенням населення в світі, а взаємозв'язки агропромисловості зі світовою економікою, суспільством та біорізноманіттям нашої планети лише посилюють необхідність оновлення методів ведення сільського господарства задля зменшення потенційних екологічних ризиків.

Дослідження діджиталізації агровиробництва допомагає упорядкувати наявні результати та пропонує потенційні підходи до зменшення екологічних витрат інтенсифікації сільського господарства. Цій темі присвячені публікації різних фахівців та науковців, в яких вони насамперед досліджують різні аспекти агровиробництва щодо досягнення його цілей за мінімізації загроз довкіллю.

Деякі види сільськогосподарської діяльності, пов'язані з інтенсифікацією, включаючи збільшення використання добрив та інших хімічних речовин, мають прямий негативний вплив на якість повітря та води, родючість ґрунту, зміну клімату, втрату біорізноманіття та інші складові частини екосистеми [1].

У цілому агровиробництво використовує 70% загального споживання прісної води [2]. Велика частина цієї води перенаправляється на сільськогосподарські угіддя через різні схеми зрошення та одним із найбільш очевидних наслідків цього є виснаження річкових систем і підземних вод. Звичною складовою сучасного агровиробництва є використання різних синтетичних добрив. І хоча їх використання є виправдане, зокрема, тим, що допомогло подвоїти швидкість виробництва їжі, але разом із тим, це призвело до значного зростання рівня реактивного азоту в довкіллі (приблизно на 600 відсотків) [2]. Значна частина добрив змивається з ґрунту у водойми та підземні води, забруднюючи їх, а шкідники дуже швидко адаптуються до використання пестицидів, тому з часом може знадобитися ще більше нових як добрив, так і засобів боротьби із шкідниками.

Проте агровиробництво окрім негативного впливу на довкілля, може також чинити й позитивний вплив, наприклад, затримуючи парникові гази в посівах та ґрунтах, або пом'якшуючи ризики повеней шляхом прийняття певних методів ведення сільського господарства тощо [3]. Діджиталізація та інвестування в екологічно чисті виробничі процеси, використання відновлюваної енергії, збереження національних ресурсів та мінімізація відходів – це поширена практика в більшості розвинених країн.

Війна в Україні тільки підкреслює важливість цифровізації агровиробництва, адже вона (війна) створила такі нові ризики, які пов'язані із скороченням посівних площ внаслідок бойових дій, замінуванням земель сільськогосподарського призначення, наслідками обстрілів хімічних підприємств та ураження об'єктів, що зберігають високотоксичні пестициди тощо.

Розглянемо вітчизняний та світовий досвід цифрових трансформацій в агровиробництві, що призводить до зниження екологічних ризиків та негативного впливу на довкілля.

Одним із поширених програмних засобів в Україні є онлайн-сервіс PreAgri, який надає рішення у сфері точного землеробства, зокрема: земельний банк, карти робіт, агрохіманаліз, дистанційне зондування, GPS-моніторинг переміщенні техніки, диференціальне внесення посівного матеріалу та добрив [4].

Можливість використання технології Інтернету речей (Internet of Things, IoT) в агропривиробництві запропоновано, зокрема, компанією Nokia. Nokia WING (Worldwide IoT Network Grid) – є мережевим рішенням, яке керує підключенням та забезпечується звичайним оператором мобільної мережі. Усі дані збираються, аналізуються та надаються фермерам (агровиробникам) за допомогою веб-сервісу та мобільного додатку. Розташовуючи датчики на великих ділянках землі, оператори можуть збирати великий обсяг даних, які можна об'єднати з історичною інформацією, щоб забезпечити ширше представлення фермерів щодо його подальших дій. Досвід використання Nokia WING показав, що дані про погоду та посіви з усього регіону, а не лише з однієї ділянки фермерського господарства, дозволяють досягти підвищення врожаю в середньому на 7%, скорочення використання насіння та добрив на 8%, зниження витрат палива на 6% [5].

Іншим рішенням для ведення продуктивного сільського господарства є використання дронів. Інформація, зібрана безпілотниками на фермах, часто використовується для кращого інформування щодо агрономічних рішень і є частиною системи, яку зазвичай називають «точним землеробством». Дрони, оснащені спеціальним обладнанням для обробки зображень, використовують детальну інформацію про колір, щоб вимірювати здоров'я рослин. Це дає змогу розрахувати вегетаційний індекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), який дозволяє фермерам стежити за посівами в

процесі їх зростання, щоб можна було вирішити будь-які проблеми досить швидко, та зберегти врожай. Багато фермерів вже використовують супутникові знімки для моніторингу росту врожаю, але доступ до супутникових даних є дорогим і в багатьох випадках не настільки ефективним, як знімки, зроблені дроном із ближчої відстані.

Потрапляння у води шкідливих речовин, що змиваються з землі у річки під час дощу, можна знизити або взагалі уникнути, зокрема, адаптувавши наступний досвід. Компанія The Yield допомагає фермерам, які вирощують устриці на Тасманії, впоратися з проблемами забруднення води за допомогою датчиків, прогновної аналітики та зрозумілого інтерфейсу користувача, які разом утворюють систему, що дає змогу точніше прогнозувати показники забруднення води або ймовірний спалах хвороб устриць [6].

Microsoft та Альянс за зелену революцію в Африці (AGRA) офіційно оформили партнерство, щоб розширити платформу Azure FarmBeats, яка надає дрібним фермерам поради за допомогою WhatsApp та SMS щодо того, які ресурси використовувати та в яких компаніях вигідно купувати тощо. FarmBeats від Microsoft інтегрує американський стартап Climate Edge у свою платформу, позиціонуючи себе як «брокера великих даних для сільського господарства, що розвивається» [7]. Сервіс об'єднує дані про дрібних фермерів, надані сільськогосподарськими консультантами, компаніями та дослідниками, які далі передаються страховим компаніям, органам із сертифікації, продавцям пестицидів, великим харчовим компаніям, таким як Unilever. Додатковими функціями є: оцінка стану ферми за допомогою індексу рослинності та індексу води на основі супутникових знімків, рекомендації щодо кількості датчиків вологості ґрунту та місця їх розміщення, створення моделей штучного інтелекту та машинного навчання на основі агрегованих наборів даних тощо.

Наведені приклади та багато інших застосувань цифрових технологій в агровиробництві мають сприяти зниженню екологічних ризиків та негативного впливу агровиробництва на довкілля, особливо в умовах війни. Вже зараз українськими саперами для розмінування земель активно використовуються дрони, роботи, сучасні георадари тощо [8].

Однак наскільки довершеними технології не були б, уникнути ризиків неможливо. Існує велика невизначеність у прогнозуванні майбутніх змін клімату зважаючи на обмежену точність прогнозів погоди. Через сильні буревії чи повені цифрові датчики, розгорнуті на земельних ділянках, можуть вийти з ладу і надати хибні дані щодо поточного стану урожаю.

Цифрова трансформація агровиробництва може принести значні економічні, соціальні та екологічні переваги. Навіть якщо сільськогосподарськими операціями управляти дистанційно, то вони можуть зберегти та відновити критичні природні середовища існування, допомогти захистити вододіли та покращити стан ґрунту та якість води.

Важко переоцінити значення цифровізації, проте через брак коштів та інвестицій не кожне господарство може дозволити собі такі проекти реконструкції. Саме тому, щоб повністю реалізувати потенціал діджиталізації агровиробництва, усі гравці – уряд, підприємства та організації, що займаються розробкою цифрових технологій, – повинні працювати в симбіозі, щоб підтримувати подальший цифровий розвиток агрогалузі.

### **Використані інформаційні джерела:**

1. A.Garcia (2020) *The Environmental Impacts of Agricultural Intensification. Technical Note N.9. Rome. SPIA. URL:*

[https://cas.cgiar.org/sites/default/files/pdf/Environmental%20Impacts%20of%20Ag%20Intensification%20TN9\\_July2020.pdf](https://cas.cgiar.org/sites/default/files/pdf/Environmental%20Impacts%20of%20Ag%20Intensification%20TN9_July2020.pdf) (дата звернення: 16.05.2022)

2. Sarah Appleton, Margot Willis. *National Geographic Society. Environmental Impacts of Agricultural Modifications. Monday, May 11, 2020.*

*URL:* <https://www.nationalgeographic.org/article/environmental-impacts-agricultural-modifications/>

3. Офіційний сайт *Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD).* *URL:*

<https://www.oecd.org/agriculture/topics/agriculture-and-the-environment/>

4. *Preagri: Precision Agriculture.* *URL:* <https://preagri.com/index.htm>

5. *Nokia WING (Worldwide IoT Network Grid).* *URL:*  
[https://onestore.nokia.com/asset/207689?\\_ga=2.50833003.370874613.1652820457-276323902.1652375371&\\_gac=1.190173401.1652375536.Cj0KCQjw4PKTBhD8ARIsAHChzRKVKnhe8jaY75cg9S6YvxLX06XvnmwMQ5\\_0h\\_pewQgLSj21MuLp0necaAnSQEALw\\_wcB](https://onestore.nokia.com/asset/207689?_ga=2.50833003.370874613.1652820457-276323902.1652375371&_gac=1.190173401.1652375536.Cj0KCQjw4PKTBhD8ARIsAHChzRKVKnhe8jaY75cg9S6YvxLX06XvnmwMQ5_0h_pewQgLSj21MuLp0necaAnSQEALw_wcB)

6. *Internet of Oysters. The Yield delivers sunnier results for Australian oyster farmers.* *URL:*

<https://news.microsoft.com/en-au/features/internet-of-oysters-the-yield-delivers-sunnier-results-for-australian-oyster-farmers/>

7. *Microsoft reaffirms its commitment to the Alliance for a Green Revolution in Africa to support digital transformation in agriculture.* *URL:*

<https://news.microsoft.com/en-xm/2020/09/22/microsoft-reaffirms-its-commitment-to-the-alliance-for-a-green-revolution-in-africa-to-support-digital-transformation-in-agriculture/>

8. *Допис Регіонального управління Сил ТрО «Північ» Збройних Сил України.* *URL:*

[https://www.facebook.com/plugins/post.php?href=https%3A%2F%2Fwww.facebook.com%2FRDTerritorialDefenseForcesNorth%2Fposts%2F130783962863783&show\\_text](https://www.facebook.com/plugins/post.php?href=https%3A%2F%2Fwww.facebook.com%2FRDTerritorialDefenseForcesNorth%2Fposts%2F130783962863783&show_text)

<sup>1</sup>Скляр В. Г., д. б. н., професор, <sup>1</sup>Ємець О. М., к. б. н.,

<sup>1</sup>Баишовий М. Г., к. б. н., <sup>2</sup>Козак М. І., к. б. н.

<sup>1</sup>Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

<sup>2</sup>Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, м.

Кам'янець-Подільський, Україна

## БІОРІЗНОМАНІТТЯ ПРОЄКТОВАНОГО ГІДРОЛОГІЧНОГО ЗАКАЗНИКА МІСЦЕВОГО ЗНАЧЕННЯ «МИКОЛАЇВСЬКИЙ»

Збереження біорізноманіття – це одна із найактуальніших проблем людства, розв'язання якої потребує впровадження комплексу різнопланових заходів, у тому числі створення нових територій та об'єктів природно-заповідного фонду [1]. Низка територій, перспективних для надання їм природоохоронного статусу, знаходяться у Сумському районі Сумської області. Зокрема, це став біля села Миколаївка.

У складі прибережної смуги ставу зростають верба ламка (*Salix fragilis* L.), вільха клейка (*Alnus glutinosa* (L.) Gaerth.), осика (*Populus tremula* L.), клен ясенелистий (*Acer negundo* L.), верба тритичинкова (*Salix triandra* L.), верба кошикова (*Salix viminalis* L.), верба п'ятитичинкова (*Salix pentandra* L.), бузина чорна (*Sambucus nigra* L.). Трав'яний покрив суходільних ділянок біля ставу сформований із таких рослин як кропива дводомна (*Urtica dioica* L.), полин звичайний (*Artemisia vulgaris* L.), гадючник в'язолистий (*Filipendula ulmaria* (L.) Maxim.), пастернак дикий (*Pastinaca sylvestris* Mill.), герань лучна (*Geranium pratense* L.), перстач гусячий (*Potentilla anserina* L.), лопух справжній (*Arctium lappa* L.), подорожник великий (*Plantago major* L.). На більш зволжених територіях зростають комиш лісовий (*Scirpus sylvaticus* L.), череда трироздільна (*Bidens tripartita* L.), вовконіг європейський (*Lycopus europaeus* L.), вербозілля звичайне (*Lysimachia vulgaris* L.), зніт шорсткий (*Epilobium hirsutum* L.), зніт болотний (*Epilobium palustre* L.), гірчак перцевий (*Persicaria hydropiper* (L.) Delarbre (*Polygonum hydropiper* L.)), сідач конопляний (*Eupatorium cannabinum* L.), вербозілля лучне (*Lysimachia nummularia* L.), слабник водяний (*Myosoton aquaticum* (L.) Moench), паслін солодко-гіркий (*Solanum dulcamara* L.), частуха подорожникова (*Alisma plantago-aquatica* L.), череда поникла (*Bidens cernua* L.), щавель прибережний (*Rumex hydrolypium* Huds.), плетуха звичайна (*Calystegia sepium* (L.) R. Br.). Види, включені до «Червоного списку МСОП» підкреслено.

Став по периметру щільно заріс монодомінантними угрупованнями очерету звичайного (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.) та рогозу

широколистого (*Typha latifolia* L.). Трапляються куртини рогозу вузьколистого (*Typha angustifolia* L.). Вища водна рослинність в основному репрезентована рясками (ряскою малою (*Lemna minor* L.), ряскою три борозенчастою (*Lemna trisulca* L.), спіроделою багатокореневої (*Spirodella polyrrhiza* (L.) Schleid.)), які формують вузьку смугу вздовж берега водойми.

Ставок розміщений у межах населеного пункту, що має відображення на його фауністичному комплексі. До навколводних тварин: очеретянка чагарникова (*Acrocephalus palustris*), очеретянка велика (*Acrocephalus arundinaceus*), вівсянка очеретяна (*Emberiza schoeniclus*), курочка водяна (*Gallinula chloropus*), лиска (*Fulica atra*), крижень (*Anas platyrhynchos*), чапля сіра (*Ardea cinerea*) та ряд інших, приєднуються певною мірою синантропизовані види: сорока (*Pica pica*), синиця велика (*Parus major*), припутень (*Columba palumbus*), горлиця кільчата (*Streptopelia decaocto*), голуб сизий (*Columba livia*), горобець хатній (*Passer domesticus*), галка (*Corvus monedula*), ластівка сільська (*Hirundo rustica*), ластівка міська (*Delichon urbicum*), дрізд співочий (*Turdus philomelos*). Всі виявлені під час досліджень птахи мають охоронний статус МСОП рівня LC. Водночас, синиця велика, обидва види очеретянок, вівсянка очеретяна, чапля сіра та ластівки занесені до Додатку II Бернської конвенції. Чапля сіра є регіонально рідкісним птахом Сумської області.

Ядро іхтіофауни ставка формують коропоподібні: карась сріблястий (*Carassius gibelio*), лин озерний (*Tinca tinca*), короп (*Cyprinus carpio*). З числа окунеподібних трапляється окунь звичайний (*Perca fluviatilis*). Усі згадані види риб (крім карася) мають охоронний статус МСОП рівня LC.

Для відкладання ікри ставок використовують: ропуха звичайна (*Bufo bufo*), ропуха зелена (*Pseudepidalea viridis*), жаба ставкова (*Pelophylax lessonae*). Усі види за оцінками МСОП мають охоронний статус рівня LC. Ропуха звичайна та жаба ставкова занесені до Додатку III Бернської конвенції (види, які підлягають охороні). Ропуха зелена занесена до Додатку II Бернської конвенції (види, які потребують суворої охорони).

Зважаючи на наявність у межах описаної території типових для даного регіону природних комплексів, видів, що репрезентують раритетну складову біорізноманіття (тих, що охороняються на міжнародному рівнях), а також з врахуванням наукової, пізнавальної, рекреаційної, еколого-освітньої та виховної цінності, вважаємо за необхідне надати ставу у с. Миколаївка, статус гідрологічного заказника місцевого значення «Миколаївський».

### **Використані інформаційні джерела:**

1. Шеляг-Сосонко Ю.Р. Біорізноманіття: концепція, культура та роль науки. Укр. ботан. журн. 2008. 1. С. 3-26.

*Скрипник О. С., к. т. н., Ворожбіян М. І., д. т. н.,  
Іващенко М. Ю., к. т. н.*

*Харківський національний університет міського господарства  
імені О.М. Бекетова, м. Харків, Україна*

## **АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ЗНИЖЕННЯ РИЗИКУ АВАРІЙ БУДІВЕЛЬ В УМОВАХ УЩІЛЬНЕНОЇ ЗАБУДОВИ**

При зведенні будинків і підземних споруд в межах сучасного міста в умовах ущільнення забудови найчастіше не вдається проводити роботи таким чином, щоб зовсім не впливати на будинки, що знаходяться в безпосередній близькості від нового будівництва. В результаті робіт по екскавації котлованів і подальшого влаштування несучих конструкцій підземних споруд існуючі будинки можуть зазнавати нерівномірні осідання. У їх стінах з'являються тріщини або відбуваються порушення експлуатаційної придатності окремих конструктивних елементів тим самим являючись чинником техногенної небезпеки для людей. У статті подано розгляд та аналіз способів посилення основ і фундаментів експлуатованих будівель що піддаються впливу навантажень від будівельних робіт під час екскавації.

Виявлено, що вирішення проблеми виникнення аварійних ситуацій та безпеки експлуатації існуючих будівель в умовах ущільнення у багатьох випадках можна запобігти, якщо професійно і в повному обсязі проводити моніторинг майданчика будівництва заглиблених споруд. Виникнення додаткових просідань існуючих будівель і споруд в умовах ведення поруч із ними нового будівництва може бути пов'язано з великою кількістю причин. У статті виділено типи додаткових просідань існуючих будівель.

Для забезпечення безпечної експлуатації будівель запропоновано аналіз способів закріплення ґрунтів. Враховуючи інженерно-геологічні умови майданчика будівництва, що завжди першими визначають можливий спосіб закріплення ґрунтів за різними технологіями, проаналізовано способи укріплення ґрунтів, виявлено їх переваги і недоліки. Застосування буроін'єкційних паль є універсальним способом виробництва робіт

Виникнення додаткових просідань існуючих будівель і споруд в умовах ведення поруч із ними нового будівництва може бути пов'язано з великою кількістю причин [1]. Можна виділити кілька типів додаткових просідань існуючих будівель:

Просідання, пов'язані зі зміною напружено-деформованого стану ґрунтового масиву, викликаного новим будівництвом. Просідання зазначеного типу в більшості випадків можуть бути достовірно визначені на підставі чисельного моделювання по спеціалізованим геотехнічних



програмами.

Просідання, пов'язані з температурними впливами в процесі влаштування нових підземних споруд. Вони зазвичай проявляються в температурних деформаціях розпірок і огорожувальних конструкцій котловану, що викликає додаткові переміщення прилеглої ґрунтового масиву. При проведенні розрахунків зазвичай враховуються сили морозного здимання від промерзання ґрунту, що взаємодіє з підземною спорудою. Просідання зазначеного типу можуть визначатися на підставі чисельного моделювання при проведенні спеціальних теплотехнічних і деформаційних розрахунків.

Просідання, пов'язані з пристроєм огорожувальних конструкцій котлованів або ґрунтових анкерів, посиленням існуючих будівель в потенційній зоні впливу будівництва. Просідання зазначеного типу не можуть бути в більшості випадків визначені чисельними методами. Прогноз можливий на підставі узагальнення даних моніторингу з використанням будь-якої технології на об'єктах-аналогах, що знаходяться в схожих інженерно-геологічних умовах.

Просідання, пов'язані з частковим розбиранням будівлі або сусідніх будівель і споруд. Зазначений тип просадок багато в чому залежить від випадкових факторів, наприклад, наявності загальних стін і перекриттів, що зносився і залишені будівлі. Дані моніторингу для прогнозу просадок зазначеного типу мало інформативні.

Просідання, пов'язані зі зміною гідрогеологічної ситуації в процесі будівництва. У більшості випадків їх виникнення пов'язане з будівельним водозниженням або з проявом баражного ефекту в період після закінчення будівництва. Прогноз зазначених просідань здійснюється на підставі прогнозу зміни гідрогеологічної ситуації в ході будівництва, а також на підставі розрахунків по спеціалізованим геотехнічних програмами. Просідання зазначеного типу можуть прогнозуватися з достатньою часткою вірогідності.

Просідання, пов'язані з порушеннями в послідовності виробництва або в технології виконуваних робіт. Помилки зазначеного типу не можуть бути спрогнозовані, але можуть бути передбачені. У більшості випадків запобігання просаджень зазначеного типу покладається на авторський нагляд, технічний нагляд замовника, а також на фірми, які здійснюють моніторинг і науково-технічний супровід будівництва.

Просідання, пов'язані з ударними або динамічними впливами. Можуть прогнозуватися на підставі даних чисельного моделювання та дослідних робіт, які виконуються безпосередньо на будівельному майданчику.

Просідання, пов'язані з тривалими процесами в прилеглому ґрунтовому масиві, природа яких часто не може бути достовірно визначена. До просідань даної категорії можна віднести просадочні процеси, пов'язані з витоками води з підземних комунікацій, суфозійними і карстові процеси,

«вікові» просідання тощо. Просідання зазначеного типу можуть прогнозуватися на підставі тривалих спостережень за станом ґрунтового масиву, зміною рівня ґрунтових вод і геодезичними спостереженнями за існуючими будівлями.

Таким чином, існує значна кількість можливих причин появи додаткових деформацій існуючих будівель при веденні в безпосередній близькості від них нового будівництва. Знаючи причини негативного впливу нового будівництва на існуючі будівлі, можна спробувати мінімізувати їх можливі деформації.

Рішення зазначеної задачі здійснюється шляхом чисельного моделювання впливу нового будівництва на навколишню забудову, узагальнення досвіду будівництва об'єктів-аналогів [2]. Інженерний досвід, велика і кропітка робота і трохи везіння – ось запорука успіху при веденні будівництва підземних споруд в умовах тісної міської забудови. Запобігання додаткових деформацій не може бути досягнуто без ретельного контролю над усіма процесами на будівельному майданчику, веденням технічного і наукового супроводу будівництва. Мінімізація впливу нового будівництва також може бути здійснена шляхом виконання підсилення фундаментів будівель навколишньої забудови або їх несучих конструкцій.

Достовірне прогнозування впливу нового будівництва на навколишню забудову є запорукою подальшого безпечного будівництва [3, 4]. На даний момент ствердилася світова практика, коли новому будівництву передують чисельне моделювання впливу нового будівництва на навколишню забудову, яке виконує спеціалізованими геотехнічними фірмами.

Для виконання достовірного прогнозу впливу зведення підземної споруди на навколишню забудову в першу чергу виникає питання вибору програмного забезпечення.

Чисельне моделювання є досить тонким процесом, та повною мірою залежить від досвіду. Необхідно побудувати чітку розрахункову схему, здатну описати найбільш важливі особливості механічної роботи конструкцій, на які оцінюється вплив. Важливо правильно описати роботу огорожувальних конструкцій котловану, основні особливості їх взаємодії з навколишнім ґрунтом. У розрахунковій моделі має бути Відображено порядок зведення всіх конструкцій, із достатньою часткою точності задані величини навантажень, що передаються на основу. Для правильного опису роботи по контакту «огорожа – котлован – ґрунт» у розрахункову модель зазвичай вводяться спеціальні інтерфейсні елементи.

Після проведення чисельного моделювання може бути вирішене питання про необхідність посилення фундаментів або несучих конструкцій існуючої будівлі. На підставі чисельного моделювання можуть бути визначені габарити «зони впливу будівництва», а також розміри ділянки, на якому необхідно проведення робіт з підсилення основ і фундаментів.

У даний час є значна кількість способів посилення основ і фундаментів

будівель, наведемо деякі з них:

1. Різні способи хімічного закріплення ґрунтів основи: силікатизація (однорозчинна і дворозчинна), смолізація і цементация ґрунтів, закріплення матеріалами типу «Мікродур».

2. Підсилення фундаментів шляхом влаштування бурових паль (мікропаль).

3. Підсилення фундаментів методом задавливання паль.

4. Підсилення фундаментів і основ із використанням струменевої технології за класичною технологією і технології типу Mini-jet або Mono-jet.

5. Способи улаштування відсічних екранів або геобар'єрів.

6. Армування основ.

7. Різні способи компенсаційного нагнітання.

8. Збільшення опорної площі фундаментів, підведення залізобетонних плит.

9. Зміна конструктивної схеми будівлі, влаштування металевих поясів і тяжів.

Очевидно, що всі зазначені вище способи мають свої переваги й недоліки. Перше, що завжди визначає можливий спосіб закріплення ґрунтів за різними технологіями, є інженерно-геологічні умови майданчика будівництва.

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

1. Кураш С. Ю., Калюх Ю. І., Хавкін О. К., Калюх Т. Ю. Застосування теорії збалансованого ризику для визначення вірогідності характеристик слабких ґрунтів в умовах щільної міської забудови // Науково-технічний збірник «Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві». 2011. №1. С. 71-75.

2. Калюх Ю.І., Іщенко Ю.І. Теоретична концепція та практична реалізація нової інтегрованої методології систем раннього попередження про зсувну небезпеку // Наука та будівництво, 2020. №1. С. 3-17.

3. Основи та фундаменти будівель і споруд: Основні положення. ДБН В.2.1-10:2018. - [Чинні від 2019-01-01]. К. : Мінрегіон України, 2018. (Будівельні норми України).

4. Система надійності та безпеки в будівництві. Будівництво в умовах ущільненої забудови. Вимоги безпеки. ДБН В. 1.21-12-2008. - [Чинні від 2019-01-01]. К. : Мінрегіонбуд, 2008. 34 с. (Будівельні норми України).

5. Будівництво в умовах ущільненої забудови. Вимоги безпеки. ДБН В.1.2-12-2008. - [Чинні від 2009-01-01]. К. : Укрбудархінформ. 2007. 34 с. (Будівельні норми України).

*Случак О. І., аспірантка, Случак О. І., м. н. с.  
ЧНУ ім. Петра Могили*

## **ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ВІД СОНЯЧНОЇ ДО ЕНЕРГІЇ ТІЛА ЛЮДИНИ**

Відновлювані джерела енергії є одним з ключових елементів енергетичної безпеки в стратегії сталого розвитку Європи. Часто в оцінці їх потенціалу спостерігаються значні розбіжності, обумовлені різністю оцінки та складністю їх порівняння.

У рамках даного дослідження було здійснено математичне моделювання потенціалу відновлюваних джерел енергії для умов півдня України, що особливо важливо ще й в тому аспекті, що при постійній загрозі пошкодження енергетичної інфраструктури, диференціація джерел надходження енергії може стати ключем до виживання.

Для моделювання обрано такі види енергії як: сонячна, вітрова, енергія біомаси, зворотні тепловтрати ТЕЦ, а також такі нестандартні джерела, як атмосферний заряд та енергія тіла людини. При цьому своєрідне бажання «похуліганити» в рамках моделювання вилилось у досить цікавий науковий результат. У таблиці 1 наведено узагальнені дані розрахунків, де питомий енергетичний потенціал кожного з джерел енергії виражено в Вт на м<sup>2</sup> та в Вт на людину та Вт на м<sup>3</sup> у випадку з тепловою акумуляцією.

Цікавий результат виявляється вже на стадії порівняння між собою різних типів сонячних електростанцій. Стає очевидним вигідність застосування найменш поширених баштових та тарілчастих енергетичних установок у порівнянні з фотоелектричними елементами. Це підтверджується і розрахунками інших досліджень [1], [2].

Другим цікавим фактом є значний потенціал отримання продуктів піролізу в порівнянні з біогазом та біодизелем від анаеробного бродіння та вирощування мікроводоростей. Значний розбіг між мінімальними та максимальними показниками в випадку піролізу обумовлено різницею в теплоті згоряння продуктів реакції. Проте, необхідність вакуумування, нагрівання до значних температур та переробки продуктів в прийнятні типи палива роблять таку технологію значно менш вигідною, ніж вона виглядає.

У той же час обсяги біогазу або біопалива, що можна отримувати за рахунок переробки каналізаційних стоків є досить непоганими і за твердженням фахівців, вимагають обов'язкового освоєння в рамках енергоефективності нашої економіки [3]. І в той же час, такий підхід дозволить частково перекрити дефіцит палива, а в перспективі, разом з вирощуванням паливних водоростей вийти на самозабезпечення без

забруднення навколишнього середовища, адже водорості поглинатимуть продукти згоряння палива, що отримано з їх попередників.

Таблиця 1

**Питомий енергетичний потенціал відновлюваних джерел енергії**

Тип енергетичної установки	Енергетичний потенціал
Сонячний колектор	488441,2-576691,5 Вт/м <sup>2</sup> на рік
Баштові СЕС	97688,24 Вт/м <sup>2</sup> – 115323,9 Вт/м <sup>2</sup> на рік
Тарілчасті СЕС	166070 - 196050,6 Вт/м <sup>2</sup> на рік
Фотоелектричні елементи	83035,01 – 98025,3 Вт/м <sup>2</sup> на рік
Вітрова енергія	~25970 Вт/м <sup>2</sup> з 1 м <sup>2</sup> на рік
Біогаз від каналізації	47334,41-301625,31 Вт/рік на особу
Біогаз від ТПВ	30483,95-84193,77 Вт/рік на особу
Вирощування хлорели на біопаливо на каналізаційних стоках	~91524 Вт/рік на особу
Вирощування ганцкії на біопаливо на каналізаційних стоках	~208296 Вт/рік на особу
Вирощування мікроводоростей на біопаливо в ставку	64654,2-150129,2 Вт/м <sup>2</sup> на рік
Піроліз сухої органіки каналізаційних стоків	121666,7-811111,1 Вт/рік на особу
Зберігання теплових втрат ТЕЦ в теплоакумуляторах	9838,65 Вт/м <sup>3</sup> на рік
Знімання атмосферного заряду	2000-36000 Вт/м <sup>2</sup>
Мускульна сила людини (8 год робочий день)	~116000 Вт/рік на особу
Тепло тіла людини за МЕТ у стані спокою	~917697,6 Вт/рік на особу або ~530461,04 Вт/м <sup>2</sup> площі тіла (1,73 м <sup>2</sup> ) на рік
Електрика від ефекту Зіббеля, отримана через елемент Пельтьє від теплоти тіла	~275309,28 Вт/рік на особу або ~159138,3 Вт/м <sup>2</sup> площі тіла (1,73 м <sup>2</sup> ) на рік

Загальний обсяг зберігання теплової енергії в 25% виробленої електростанцією за рік є достатньо цінним призом, щоб удосконалити розроблені раніше технології акумулювання тепла [4], [5].

Але найбільш цікавими є розрахунки з енергетичного потенціалу теплоти тіла людини – те саме «хуліганство», що призвело до неочікуваного результату.

Так, дивлячись на отримані числа, можна констатувати, що величини енергетичного потенціалу теплоти тіла людини з 1 м<sup>2</sup> є співставимими з такою ж величиною для поступання теплоти сонця на м<sup>2</sup> поверхні між широтами 40 та 50. При цьому ККД елементу Пельтьє, що може використовуватись для знімання такої енергії є близьким до ККД найбільш ефективних сонячних електростанцій, а тому і електрична енергія отримана від теплоти тіла за питомою величиною є близькою до такої у СЕС. Сама собою згадується серія фільмів матриця, спосіб отримання енергії в якій

здавався абсурдним, проте результат розрахунків вказує на те, що все не так і просто.

Звичайно, є певні нюанси, як наприклад те, що площа тіла, з якої може постійно зніматись енергія є обмеженою, але її потенціал для задоволення власних потреб людини є досить значним. Суміщення отримання енергії з охолодженням є особливо важливим фактором для військових, для яких тепловий удар є основним лімітуючим фактором для часу носіння важкого спорядження.

Відповідно, розробка системи охолодження, що підтримується за рахунок відведеного тепла виглядає цілком реальним завданням.

Отже, отримано ряд величин питомого енергетичного потенціалу для різних джерел енергії в умовах півдня України. Отримані результати дозволять нормально прогнозувати заплановані до отримання обсяги енергії та після незначних поправок можуть бути застосовані і в інших умовах. Окремо виділено цікавий науковий казус, за яким питомий енергетичний потенціал теплоти тіла людини є співставимим з енергією сонця. Оцінено перспективність кожного з зазначених джерел та потенційну корисність в умовах диференційованої системи отримання енергії, яка є більш стійкою в умовах війни та руйнування інфраструктури.

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

1. Буркова Е. В. Экологическая рекультивация отработанных карьеров путем создания тепловых гелиостанций / Е. В. Буркова, В. В. Макаров, Д. В. Бурков // *Відновлюв. енергетика*. 2012. № 4. С. 55–58.

2. Пасичный В. В., Цыганенко В. С., Пасичная М. С., Еlicheva Г.С. Создание солнечных высокотемпературных энергоустановок из отработанных радиоантенн // *Экотехнологии и ресурсосбережение*. - 2007. № 6. С. 9–15.

3. Гелетуха Г. Г., Желєзна Т. А., Жовмір М. М., Матвєєв Ю. Б., Дроздов О. І. Оцінка енергетичного потенціалу біомаси в Україні. Ч. 2. Енергетичні культури, рідкі біопалива, біогаз // *Пром. теплотехника*. 2011. 33, №1. С. 57-64.

4. Накорчевский А. И. Грунтовые аккумуляторы теплоты и модернизация коммунальной теплоэнергетики : монография / А. И. Накорчевский; НАН Украины, Ин-т техн. теплофизики. - К. : Наукова думка, 2010. 256 с.

Примак А. І., Маслюкова З. В. Визначення енергетичних параметрів систем теплопостачання з сезонними підземними акумуляторами теплоти // *Відновлюв. енергетика*. 2009. 2. С. 8–16.

<sup>1,2</sup>**Смоляр Н. О.**, к. б. н., доцент, <sup>2</sup>**Запорожець А. О.**, учениця  
<sup>1</sup>Національний університет «Полтавська політехніка  
імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна,  
<sup>2</sup>Полтавський обласний еколого-натуралістичний центр  
учнівської молоді, м. Полтава, Україна

## **ЗБЕРЕЖЕННЯ ОСТАНЦІВ СУПРУНІВСЬКИХ ДІБРОВ У ПОЛТАВСЬКІЙ ОБЛАСТІ В УМОВАХ СУЧАСНИХ ЕКОЛОГІЧНИХ ВИКЛИКІВ ТА ЗАГРОЗ**

Збереження лісів є однією з важливих сучасних проблем людства, оскільки ці біоми є одними із найважливіших джерел відновних ресурсів біосфери, здатні стабілізувати та відновлювати її природну рівновагу. Тому питання охорони лісів планети, у тому числі й України, набувають пріоритетного значення. Надзвичайно актуальні вони й для Полтавщини – лісостепового регіону, де широколистяні ліси хоча і є зональним типом рослинності, однак збереглися лише на незначних площах і фрагментарно. На околицях міста Полтави – обласного центру України – й до нашого часу збереглися незначні за площею масиви широколистяних лісів – залишки вікових дібров, зональних для Лівобережного Лісостепу [1, 5].

Незначні за площею масиви таких дібров природного походження, що мають вигляд окремих лісових масивів, збереглися й в околицях с. Супрунівка неподалік Полтави в західному напрямі вздовж автодороги М-3 «Київ – Довжанський, названі нами Супрунівськими перелісками. Вони перебувають в оточенні сільськогосподарських угідь та відвідуються місцевим населенням, а у весняний період ботанічними браконьєрами, що обумовлює синантропізацію та ксерофітизацію флори й негативно позначається на екологічному стані окремих ділянок цих лісових масивів.

Нами за результатами проведених комплексних оригінальних досліджень встановлено видовий склад флори Супрунівських перелісків, який нараховує 116 видів вищих рослин. Вони представляють відділ Magnoliophyta і належать до 88 родів, 38 родин та 28 порядків. Нами ці види проаналізовано також у біоморфологічному, екологічному та еколого-ценотичному відношенні. За рядом біоморфологічних показників флора Супрунівських перелісків має лісостеповий помірноширотний характер [4].

Основне флористичне ядро у лісових масивах Супрунівських перелісків, окрім домінантів, формують такі види: *Asarum europaeum* L., *Polygonatum multiflorum* (L.) All., *Stachys sylvatica* L., *Millium effusum* L., *Melica nutans* L., *Pulmonria obscura* Dumort., *Galium odoratum* (L.) Scop., *Brachypodium sylvatica* (Huds.) Beauv.), *Scrophularia nodosa* L., *Campanula trachelium* L., *Viola mirabilis* L. та деякі інші. Значна участь в угрупованнях

лісових «бур'янів» – нітрофілів, (*Urtica dioica* L., *Alliaria petiolata* (M. Bieb.) Cavara & Crande, *Geum urbanum* L., *Galium aparine* L., *Ballota ruderalis* Sw.) вказує на присутність помітного антропогенного фактора на деяких ділянках.

Специфіку широколистянолісових біотопів визначає й наявність у складі флори ефемероїдів (*Scilla siberica* Haw., *Corydalis solida* (L.) Clairv., *Gagea lutea* (L.) Ker Gawl., *G. minina* (L.) Ker Gawl, *Ficaria verna* Huds. aggr.) та ін., які утворюють навесні в лісових масивах Супрунівських перелісків синузії із домінуванням *Scilla siberica* – виду з регіональним созологічним статусом [3]. Навесні 2022 року в одному із лісових масивів ближче до с. Івашки нами виявлено місцезнаходження ще одного созофіта – *Tulipa quercetorum* Klokov, & Zoz, який включений до Червоної книги України [7]. В цьому місцезнаходженні популяція виду є життєвою, формується в оптимальних екологічних умовах, характеризується добрими якісними показниками щодо чисельності та вікової структури. Однак, на ці характеристики значно впливає ботанічне браконьєрство, яке фіксувалося навіть навесні 2022 року, коли відвідування лісових масивів в умовах воєнного часу, запровадженого в Україні, було заборонено.

За еколого-ценотичною характеристикою всі виявлені види Супрунівських перелісків розподілилися між шістьма групами й один вид визначений нами як такий, що не належить до екологічних груп лісових масивів. Найбільш чисельною є власне неморальнолісова (52 видів; 44,8%), види якої приурочені до угруповань класу *Quercus-Fagetum* Br.-Bl et Vlieger. in Vlieger 1937 (за флористичною класифікацією Брун-Бланке) [6]. Інші групи включають все ж більшість виявлених на території лісових масивів Супрунівських перелісків 64 види (71; 55,2%), а саме – лучно-стєпова (18 видів; 15,5%), лучна (13; 11,2%), узлісна (11; 9,5), група видів із широкою екологічною валентністю (10; 8,6%), рудеральна (11; 9,5%). Такий розподіл вказує на наявність різнорідних екологічних умов у межах лісового масиву, що пов'язане як із природними, так і з антропогенними факторами. Адже лісові масиви незначні за площею, знаходяться в зоні впливу антропогенного фактора у вигляді рекреаційного навантаження (відвідування місцевими жителями) та ведення сільськогосподарської діяльності на суміжних місцевостях.

Встановлено, що на основних площах обстежені лісові угруповання мають типову чотириярусну будову. Перший ярус формують *Quercus robur* L. та його супутники – *Tilia cordata* Mill., *Acer platanoides* L., на деяких ділянках *Fraxinus excelsior* L. та *Populus tremule* L. Другий ярус угруповань теж формують деревні види (*Acer campestre* L., *Pyrus commune* L., види *Ulmus* та деякі інші). Третій ярус – підлісок – утворюють кущі зімкненістю 0,2-0,1 (*Corylus avellana* L. з участю *Euonymus verrucosa* Scop., *E. europaeae* L.). На висвітлених ділянках лісу, лісових галявинах, ближче до узлісь та на узліссях зростає роль таких кущів як *Crataegus pseudokyrstostyla* Klokov,



*Acer tataricum* L., *Sambucus nigra* L. *Acer tataricum* L. та *Prunus spinosa* L., що утворюють своєрідні пояси, які оперезують ліс ззовні. Четвертий ярус – травостій – у лісових масивах утворюють трав'янисті рослини, які своєю висотою його диференціюють. Домінантами травостою на обстежених ділянках виступають *Stellaria holosteoides* та *Aegopodium podagraria* L. Відсутність більш вологолюбних домінантів трав'яного покриву дібров – *Carex pillosa* Scop. та *Convallaria majalis* L. – очевидно обумовлена незначною площею лісових масивів, які межують із відкритими просторами сільськогосподарських полів, що не дозволяє формувати більш вологий мікроклімат в лісі.

Фітоценозологічну значущість визначають фітоценози, включені до Зеленої книги України [2] – кленово-липово-дубові ліщинові (*Acereto (platanoides)-Tilieto (cordatii)-Coryloso (avellanii)*) з *Aegopodium podagraria* та *Stellaria holosteoides*.

Таким чином, за флористичним складом, збереженим неморальним флористичним ядром та структурою обстежених лісових масивів Супрунівських перелісків є типовими для Лівобережного Лісостепу України, природні за походженням та потребують охорони шляхом створення ботанічного заказника місцевого значення, що особливо актуально в сучасних умовах посилення екологічних ризиків і загроз.

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

1. Донченко Д., Смоляр Н. Созологічна цінність останців природних дібров на території м. Полтава та питання їх охорони // Молодь і поступ біології : Зб-к тез XII Міжн. наук. конф.. студентів і аспірантів (м. Львів, 19-21 квітня 2016 р.). Львів, 2016. С. 152–153.

2. Зелена книга України ; під ред. чл.-кор. НАН України Я. П. Дідуха. К. : Альтерпрес, 2009. 448 с.

3. Офіційні переліки регіонально рідкісних рослин адміністративних територій України (довідкове видання) / Укладачі: докт. біол. наук, проф. Т. Л. Андрієнко, канд. біол. наук М. М. Перегрим. Київ : Альтерпрес, 2012. С. 93-99.

4. Смоляр Н. О., Запорожець А. О. Фіторізноманіття Супрунівських перелісків та їх збереження // Actual Problems of Practice and Science and Methods of their Solution : Abstracts of IV International Scientific and Practical Conference Milan, Italy (January 31 – February 02, 2022. P. 116–120.

5. Смоляр Н. О., Халимон О. В. Яківчанський ліс як осередок збереження лісової фіторізноманітності в Полтаві // Біологія та екологія. 2017. Том 3, № 1-2. С. 38-45.

6. Соломаха В. А. Синтаксономія рослинності України. Третє наближення / В. А. Соломаха. Київ : Фітосоціоцентр, 2008. 296 с.

7. Червона книга України. Рослинний світ / за ред. Я. П. Дідуха. К. : Глобалконсалтинг, 2009.

<sup>1</sup>Соловійов В. В., д. х. н., професор, <sup>1</sup>Давиденко Л. П., к. х. н., доцент,  
<sup>1</sup>Ілляш І. О., к. т. н., доцент, <sup>1</sup>Іванченко А. В., <sup>2</sup>Клименко В. В., д. т. н.,  
професор, <sup>1</sup>Зоценко М. Л., д. т. н., професор, <sup>1</sup>Винников Ю. Л., д. т. н.,  
професор, <sup>1</sup>Калюжний А. П., к. т. н., доцент

<sup>1</sup>Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія  
Кондратюка», м. Полтава, Україна

<sup>2</sup>Центральноукраїнський національний технічний університет,  
м. Кропивницький, Україна

## **ВПЛИВ КИСЛОТНО-ОСНОВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СИРОВИНИ НА ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ПРОЦЕСИ У БІОГАЗОВИХ РЕАКТОРАХ В АСПЕКТІ РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДІВ ЇХ ПРОЕКТУВАННЯ**

Одним із видів нетрадиційних джерел енергії передбачає використання біомаси. Джерелами походження біомаси є як промислові відходи так і відходи сільськогосподарського виробництва. Такі відходи є цінною сировиною та можуть використовуватись як пальне. В біореакторах завдяки анаеробному бродінню біомаси отримується біогаз.

Основні режими бродіння відбуваються при таких температурах: кріофільний – при 20 °С; мезофільний – 37,5 °С, термофільний – 50 °С. Градієнтні коливання температури не повинні перевищувати 1-3 °С для забезпечення сприйнятливих умов для ферментації бактерій. Це забезпечується перемішуванням і рівномірним прогріванням речовини в біореакторі.

Анаеробне бродіння в біореакторі процес складний і нестійкий, на його проходження впливають як зовнішні, так і внутрішні чинники. Відомі основні фактори, що впливають на процес бродіння: зовнішня температура, внутрішня температура біомаси, лужність середовища рН, наявність речовин інгібіторів, вплив хімічного складу та типу вихідного матеріалу, тиск в системі, інтенсивність перемішування тощо.

Абсорбція біогазу проводиться при низькій температурі що обумовлено зменшенням розчинності газів у рідинах із підвищенням температури. Бікарбонати, що утворюються при поглинанні CO<sub>2</sub> розчинами карбонатів менш розчинні у воді, ніж карбонати.

Відповідно, підвищення температури має забезпечувати збільшення розчинності у воді солей – карбонатів і бікарбонатів. Завдяки тому, що розчинність солей калію вища ніж розчинність солей натрію для очищення застосовують саме розчин карбонату калію при підвищеній температурі. Негативний вплив температури на розчинність газу компенсується зростанням концентрації солі в розчині зі збільшенням температури. В

результаті підвищення температури забезпечує зростання швидкості гідратації і швидкості усього процесу абсорбції CO<sub>2</sub>.

Зазначимо, що розчинність CO<sub>2</sub> залежить від парціального тиску діоксиду вуглецю над розчином. Оптимальним є парціальний тиск, що 1,4 рази перевищує атмосферний. У результаті абсорбція і регенерація при дотриманні зазначених фізико-хімічних характеристик може бути проведена при однаковій температурі.

При недостатній температурі для прискорення процесу абсорбції можуть бути застосовані активуючі домішки, наприклад з'єднання тривалентного миш'яку.

Реакція може відбуватися за такою схемою:



Процес утворення метану відбувається в три основних стадії: на першій стадії ферментні бактерії гідролізують органічну речовину з утворенням кінцевих продуктів у вигляді оцтової кислоти та інших ненасичених жирних кислот, CO<sub>2</sub> і водню.

На другій стадії ацетогенні бактерії виробляють водень і оцтову кислоту з кінцевих продуктів першої стадії. На третій стадії відбувається розклад метаногенними бактеріями оцтової кислоти, CO<sub>2</sub> і водню в метан.

Очищення отриманого біогазу від діоксиду вуглецю відбувається шляхом поглинання діоксиду вуглецю розчинами карбонатів натрію й калію з утворенням бікарбонатів. У водному розчині процес поглинання відбувається через стадію дисоціації карбонат-іонів таким чином [1]:



Так як дисоціація молекул Me<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> залежить від катіонного складу біомаси актуальним є вивчення впливу катіонного оточення на механізм взаємодії Me<sub>n</sub><sup>(mn-2)+</sup> із CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>. У якості тестових катіонів були вибрані із однозарядних Li<sup>+</sup>, а із двозарядних Be<sup>2+</sup>, як катіони найбільшої ефективної дії.

Квантово-хімічне дослідження реакційної здатності ЕАЧ проводилось шляхом порівняння, отриманих за допомогою програми GAMESS методом *ab initio* [2, 3] мінімізованих енергетичних характеристик, величин атомних зарядів і порядків зв'язків в ізольованому іоні та в присутності катіонів Li<sup>+</sup> та Be<sup>2+</sup>. Величини енергій активації ΔE визначались як різниця повних енергій взаємодії Me<sub>n</sub><sup>(mn-2)+</sup> із CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> та суми Me<sub>n</sub><sup>(mn-2)+</sup> та CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>.

Результати проведених квантово-хімічних розрахунків наведені на рис. 1.

Проведені розрахунки вказують на максимум взаємодії при  $n=3$  для катіонів  $\text{Li}^+$  і  $n=2$  для катіонів  $\text{Be}^{2+}$ , що дозволяє підібрати оптимальну концентрацію катіонного складу сировини для отримання біогазу.

Остаточний результат можна отримати тільки при урахуванні кислотно-основних властивостей середовища та проведення відповідних розрахунків щодо можливості підбору оптимальної концентрації катіонного складу сировини для отримання біогазу.

Урахування залежності протікання фізико-хімічних процесів у реакторах від кислотно-основних властивостей сировини дало змогу розробити схемно-конструктивне рішення біогазового ферментатора (біореактора) [4] із застосуванням ґрунтоцементної технології бурозмішувальним методом. Обґрунтовано можливість надійного ізолювання простору біореактора від навколишнього масиву ґрунтоцементним екраном до відкопування котловану. За наявності близького за глибиною водотривкого шару ґрунту екран занурюють у нього, а за його відсутності дно котловану ізолюють пошаровим укладанням литого ґрунтоцементу чи січними ґрунтоцементними елементами.

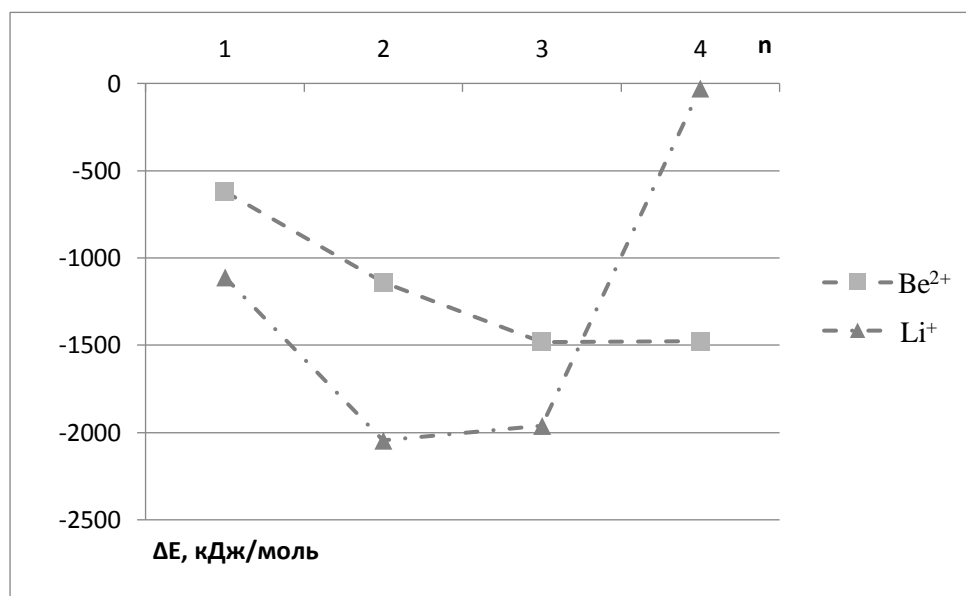


Рис. 1. Залежність енергії зв'язку  $\Delta E$  в катіонізованих аніонах  $[\text{Me}_n\text{CO}_3]^{(m-2)+}$  від кількості  $n$  катіонів, що оточують  $\text{CO}_3^{2-}$

Наведено результати експериментальних досліджень корозійної стійкості та міцності ґрунтоцементного водонепроникного екрану для умов використання лужних та кислотних модельних розчинів із концентрацією речовин, що можуть бути наявними в технологічному обладнанні біогазової установки [5 – 7].

Установлено, що коефіцієнт хімічної стійкості ґрунтоцементних зразків поступово знижується при збільшенні періоду їх витримки в

модельних розчинах, але він залишається в межах, що характеризують ґрунтоцемент як хімічно високостійкий.

Таким чином, можна стверджувати що на підставі результатів проведених досліджень відкривається практична можливість розроблення методів проектування та зведення основних елементів біогазової установки утилізації відходів агропромислового та лісогосподарського комплексів із застосуванням ґрунтоцементної технології.

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

1. Шаповал В. И., Соловьев В. В., Малышев В. В. Электрохимически активные частицы и многоэлектронные процессы в ионных расплавах // Успехи химии. Т.№70.№2. М., 2001. С.182–199.
2. Granovsky A. A. URL [http classic. Chem..msu.su/gran/games/sndex.html](http://classic.chem.msu.su/gran/games/sndex.html)
3. Shmidt M. W., Balridge K. K., Boatz J.A. et.al. GAMESS // J. Comput. Chem. Vol.14. №7, 1993. P.1347–1352.
4. Substantiation of schematic and structural solutions of the main elements of biogas plant for the disposal of fallen leaves / V. Klymenko, V. Kravchenko, M. Zotsenko, Yu. Vynnykov, V. Martynenko // Academic Journal. Series: Industrial Machine Building, Civil Engineering. – Poltava: Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University. 2019. Is. 2(53)'. P. 115- 121.
5. Голуб Г. А., Кухарець С. М., Марус О. А., Павленко М. Ю., Сєра К. М. & Чуба В. В. (2016). Біоенергетичні системи в аграрному виробництві. К. : НУБіП України.
6. Ратушняк Г. С., Лялюк О. Г., Коцєєв І. А. (2017). Біогазові установки з відновлюваними джерелами енергії термостабілізації процесу ферментації біомаси. Вінниця : ВНТУ.
7. Zotsenko N., Vynnykov Yu., Zotsenko V. Soil-cement piles by drilling-mixing method. Vestnik Perm. nac. issled. politehn. un-ta. Stroitel'stvo i arhitektura, 2015, no. 4, P. 122–133. doi: <http://dx.doi.org/10.15593/2224-9826/2015.4.10>.

*Сорокіна В. Ю., к. т. н., Ісакеїва О. Г., к. т. н., Гайдучок О. Г., к. т. н.,  
Алейнікова А. І., д. т. н.*

*Харківський національний університет будівництва та архітектури,  
м. Харків, Україна*

## **НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ МОНІТОРИНГУ ЗА СТАНОМ КАНАЛІЗАЦІЙНИХ МЕРЕЖ**

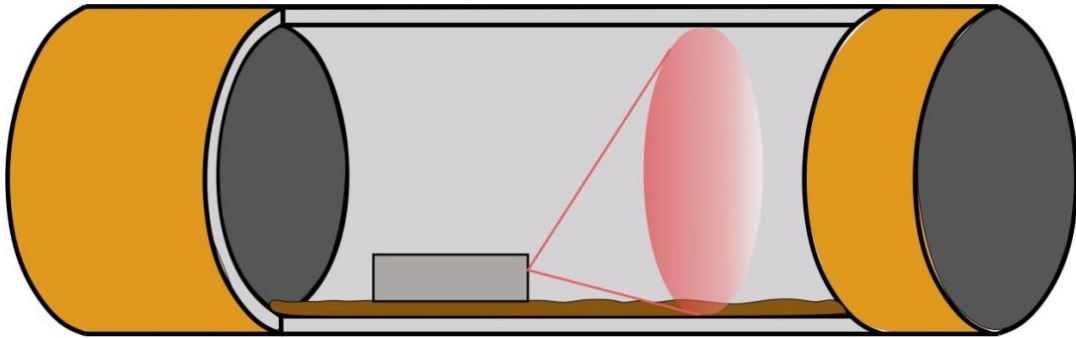
Підземні інфраструктурні об'єкти такі як каналізаційні та водопровідні мережі, які в основному складаються з труб або колекторів, піддаються сильній корозії бетону та металу, що значно знижує термін їх експлуатації [1].

При руйнуванні труб або колекторів на каналізаційних мережах великий об'єм неочищених стічних вод може потрапляти на поверхню землі, в ґрунт або в ґрунтові води. Це призводить до екологічного забруднення місцевості і, як наслідок, впливає на здоров'я населення.

Для об'єктивної оцінки стану каналізаційних мереж, своєчасного та правильного проведення ремонту, оцінки якості ремонту експлуатуючими службами найчастіше використовується метод теледіагностики. Також за допомогою телевізійної діагностики виявляють обвалення склепінь залізобетонних колекторів, врізок, сторонніх предметів, засорів, інфільтрації ґрунтових вод або ексфільтрації стічних вод у прилеглі ґрунти, дефекти, порушення цілісності труб та стиків, деформації, зсуви стиків і зон корозії, ґрат на зварних швах, нориць та тріщин.

Перевагою теледіагностики є те, що вона усуває можливі ризики для працівників, які обстежують каналізаційні мережі. А саме: люди практично не присутні під час проведення підземного циклу робіт. Тому не потрібні додаткові організаційні заходи з охорони праці, які зазвичай застосовуються під час пересування людей у підземних комунікаціях [2]. Спеціальне телевізійне обладнання, переміщуючись у трубопроводі, передає на поверхню зображення внутрішнього стану комунікацій. Зображення фіксується або реєструється на будь-якому електронному носії інформації. Недоліком цього методу можна вважати громіздкість обладнання та неможливість відслідковувати стан мереж в режимі реального часу.

На сьогодні одним із перспективних методів контролю за каналізаційними мережами вважається лазерне 3D сканування, яке дозволяє створити 3D-карту внутрішньої поверхні труби [3]. Основна перевага полягає в тому, що 3D-карти можуть легко виявляти та кількісно визначити структурні дефекти на внутрішній поверхні труби [1], наприклад зміни овальності, втрати матеріалу через погіршення або будь-які утворення шламу (рис.1).



**Рис. 1. Схема лазерного сканування в каналізаційних мережах**

В якості пристроїв для лазерного сканування застосовують роботів на колісній або на повітряній платформі зі стереокамерами та лазерами (рис 2). Платформа оснащена камерою відеоспостереження з ліхтариком, який можна розгорнути за допомогою прив'язного кабелю довжиною 120 м для з'єднання зі станцією керування. Система стереокамер та інфрачервоного лазерного проектору побудований за допомогою спеціального комп'ютерного модуля. Використання стереокамер дозволяє відокремити вимірювання глибини лазерного променя від бічного переміщення робота, що підвищує точність тривимірної карти. Крім того, використання системи стереобачення не вимагає калібрування на місцях і може бути розгорнута в більш широкому діапазоні діаметрів труб, що забезпечує швидке та зручне розгортання. Система може генерувати кольорову теплову карту, яка вказує відхилення овальності від вихідних розмірів труби, що забезпечує карту дефектів у реальному часі [1].



*a)*



*б)*

**Рис. 2. Пристрої для лазерного сканування:  
а) на колісній базі; б) на повітряній платформі**

Дальність дії лазерних сканерів не потребує надходження знімальної системи безпосередньо у місця виїмки, що підвищує безпеку бригади робітників та прискорює процес. Ця технологія підходить для колекторів будь якого діаметру, перерізу та дозволяє побудувати 3D моделі з точним розташуванням елементів мережі. Вся мережа водовідведення за допомогою лазерного сканування може бути ретельно обстежена та

задокументована в 3D з високою точністю та швидкістю. Це все дозволить вирішувати проблеми для ефективного функціонування мережі водовідведення як критично важливого стратегічного об'єкту інфраструктури без впливу на навколишнє середовище і екологію в цілому.

Лазерне сканування мереж водовідведення рахується спеціалістами як самий екологічний, оперативний та сучасний метод діагностики і моніторингу трубопроводів з подальшим створенням 3D моделей.

За допомогою лазерного сканування трубопроводів водовідведення в режимі реального часу в тривимірному зображенні, з наступним створенням 3D моделей зі усіма подробицями в найкоротші терміни можливо проводити обстеження мережі водовідведення; знаходити засмічення, сколи, тріщини, порушення герметизації, характер протікання; встановити наявність та товщину мулових, вапняних та інших відкладень; оцінити ступінь зношення і корозії труб, стан ізоляції, цілісність та якість мережі після будівництва або ремонту; скласти графік поточних і планово-ремонтних робіт, відновити при необхідності втрачену схему трубопроводів; визначити наявність протизаконних врізок в трубопровід, наявність сторонніх предметів, реально оцінити перспективи ремонту; правильно підібрати обладнання та скласти кошторис робіт, а також проводити моніторинг мереж, заздалегідь запобігаючи аварійних ситуацій.

Цей комплекс досліджень дозволить запобігти провалів земної поверхні, витоку каналізаційних стоків, забруднення ґрунтових та поверхневих вод, виключити розкривання асфальтобетонного покриття, природного шару, що у комплексі дозволяє запобігти негативного впливу на навколишнє середовище, зберегти екологію, не завдавати шкоди життю та здоров'ю робітників.

Таким чином, метод лазерного сканування по праву можна вважати екологічним та сучасним, а також його можна використовувати в складних кліматичних, гідрологічних, технічних умовах без порушення навколишнього середовища.

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

1. *Gunatilake A. Real-time 3D profiling with RGB-D mapping in pipelines using stereo camera vision and structured IR laser ring / A. Gunatilake, L. Piyathilaka, S. Kodagoda, S. Barclay, D. Vitanage // 2019 14th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA) Conference paper. 2019. P. 916-921.*

2. *Valls Miro J. Robotic pipeline wall thickness evaluation for dense nondestructive testing inspection. / J. Valls Miro, N. Ulapane, L. Shi, D. Hunt, and M. Behrens // Journal of Field Robotics. 2018. Vol. 35. P. 1293–1310.*

3. *Oyama A. Three-dimensional mapping of pipeline from inside images using earthworm robot equipped with camera / A. Oyama, H. Lida, U. Ji, K. Umeda, Y. Mano, T. Yasui, T. Nakamura // IFAC-PapersOnLine. Elsevier, 2019. Vol. 52. P. 87– 90.*



<sup>1</sup>*Степова О. В., д. т. н., проф.,<sup>1</sup>Бондар О. В., магістрантка,*

<sup>1</sup>*Куц О. Ю., магістрантка,<sup>2</sup>Степовий Д. Є., учень*

<sup>1</sup>*Національний університет «Полтавська політехніка*

*імені Юрія Кондратюка», м. Полтава*

<sup>2</sup>*Ліцей №17 «Інтелект» Полтавської міської ради, м. Полтава*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ БІОКОРОЗІЙНИХ ПРОЦЕСІВ У ГРУНТОВОМУ СЕРЕДОВИЩІ**

Нафтотранспортна система України – одна з найбільших у світі. Достатньо розгалуженою є мережа нафтопроводів і в Полтавській області, адже нафтогазовий комплекс області є одним із найбільш потужних у державі та поєднує в собі не лише видобуток і переробку нафти, а і її транспортування.

Однією з серйозних проблем екологічної безпеки магістральних нафтопроводів є їх технічний стан та аварійність. Основна частина нафтотранспортної системи України є застарілою: тривалість експлуатації 70% нафтопроводів України більше 20 років. На Полтавщині усі магістральні нафтопроводи експлуатуються більше цього терміну. Внаслідок тривалої експлуатації значної частини нафтопроводів зростає ризик аварій нафтопроводів, що негативно впливає на всі компоненти довкілля. Аварійні розливи нафтопродуктів завдають мільярдних збитків державі та шкодять здоров'ю населення. Серед основних причин аварій нафтопроводів вчені виділяють корозію. Особливо агресивною є біологічна корозія.

Для надійної та безпечної експлуатації підземних трубопроводів, крім якісного захисного ізоляційного покриття, необхідно враховувати біокорозійну активність ґрунтів, в яких вони прокладені. На процеси біокорозії впливає ряд екологічних факторів, а саме: хімічна природа ґрунтів, їх вологість, питомий опір, наявність мікроорганізмів, особливо сіркобактерій, які відіграють значну роль серед ґрунтових мікроорганізмів.

Розуміння закономірностей та умов протікання біокорозійних процесів є основою проведення своєчасних планувальних та ремонтних заходів щодо запобігання розгерметизації ділянок труби під час їх експлуатації.

Тому, визначення потенційно небезпечних ґрунтів Полтавської області з найбільшим ризиком формування біокорозійних процесів, є актуальною проблемою, що вимагає пошуку нових наукових рішень.

У зв'язку з викладеним вище, метою даного дослідження було проведення екологічного моніторингу індикаторів корозійної активності ґрунтів Полтавської області.

Метою досліджень – є моніторинг індикаторів біокорозійної активності ґрунтів Полтавської області задля своєчасного контролю біокорозійних процесів на зовнішній поверхні нафтопроводів. Об'єкт дослідження – біокорозійна активність ґрунтів. Предмет дослідження – вплив чинників на процеси зовнішньої біокорозії діючих сталевих нафтопроводів

Згідно [1] біокорозійна активність ґрунтів залежить від вмісту сірки та заліза, електроопору ґрунту, прилеглого до підземних споруд та співвідношення цих показників. Окрім зазначених показників, суттєвий вплив на життєдіяльність сіркобактерій вносить рН ґрунту, неоднорідність вологості та повітряпроникненість, сольвий склад.

На основі карт ґрунтів Полтавської області проаналізовано ґрунти за індикаторами біокорозійної активності, а саме: наявність сульфатів, електроопір, вологість ґрунту та показником рН. Це дало можливість встановити потенційно небезпечні райони Полтавської області з найбільшим ризиком формування біокорозійних процесів. Наприклад, із врахуванням рН ґрунтів як показника біокорозійної активності ґрунтами з найбільшим ризиком формування біокорозійних процесів є чорноземи, а це основна частина ґрунтів Полтавської області. Крім того, проведено експериментальні дослідження відібраних проб ґрунтів на такі індикатори біокорозійної активності ґрунтів як рН, наявність сульфатів, вологість ґрунтів. Результати показали, що у відібраних пробах ґрунтів є умови для розвитку та протікання біологічної корозії. Отримані результати дозволяють більш достовірно оцінити умови експлуатації нафтопроводів в ґрунтах Полтавської області, що дозволяє прогнозувати реальні строки роботи конструкції, переглянути режим експлуатації зменшити екологічні ризики через недопущення аварійних розливів нафти.

Таким чином, за результатами аналізу науково-технічної літератури встановлено основні індикатори активної життєдіяльності ґрунтових мікроорганізмів, які сприяють біокорозійним процесам. Встановлено, що за своїми властивостями в ґрунтах Полтавської області існують всі умови для виникнення та розвитку біокорозійних процесів на зовнішніх поверхнях нафтопроводів, що значно підвищує ризики розгерметизації сталевих нафтопроводів та забруднення довкілля. Проаналізовано ґрунти та побудовано карти ґрунтів з врахуванням індикаторів їх біокорозійної активності. На основі досліджень проб ґрунту, експериментально встановлено наявність умов для розвитку біокорозійних процесів за індикаторами рН, наявність сульфатів та вологість у досліджених ґрунтах Полтавської області.

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

1. ДСТУ 3291-95 Єдина система захисту від корозії та старіння. Методи оцінки біокорозійної активності ґрунтів і виявлення наявності мікробної корозії на поверхні підземних металевих споруд. Інститут мікробіології та вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України.

*Степова О. В., д. т. н., професор, Гах Т. О., аспірантка  
Національний університет  
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

## **АНАЛІЗ СТАНУ ВОДОГОСПОДАРСЬКОГО КОМПЛЕКСУ ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

Проблема водних ресурсів для України, зокрема Полтавської області надзвичайно актуальна. Водогосподарський комплекс Полтавщини створений в 60-70 роках минулого століття та призначений для гарантованого забезпечення галузей економіки та населення водними ресурсами необхідної якості та кількості. На сьогодні водогосподарська обстановка змінюється, змінилися економічні можливості щодо використання водних ресурсів, змінилися природні умови річкового стоку, пов'язаного як з кліматичними умовами, так і з антропогенним фактором.

Рівень техногенного впливу водогосподарського комплексу можна оцінити за показниками стану поверхневих водних джерел, показниками забруднення та показниками виснаження водних ресурсів.

Основними джерелами водних ресурсів області є річки Сула, Псел, Ворскла, Оріль та їх притоки, а також Кременчуцьке та Дніпродзержинське водосховища на річці Дніпро.

Природні ресурси підземних вод є одним із основних джерел господарсько-питного водопостачання населених пунктів області.

Аналіз сучасного екологічного стану водних джерел Полтавської області свідчить, що негативні процеси на річках, водосховищах і ставках тривають. Проблема якісного виснаження водних ресурсів з кожним роком стає більш гострою. Основні труднощі при використанні поверхневих водних джерел пов'язані із забрудненням та евтрофікацією водойм; 800 водних об'єктів потребують очистки від замулення, реконструкції та впорядкування гідротехнічних споруд. Об'єм замулення становить понад 56 млн. м<sup>3</sup> [1-3].

Незадовільний екологічний стан водних об'єктів Полтавської області є наслідком антропогенного забруднення річок скидами стічних вод промислових, комунальних підприємств і сільськогосподарських об'єктів.

У поверхневій водоймі Полтавської області постійно здійснюється скид стічних вод.

За даними Регіонального офісу водних ресурсів у Полтавській області у 2020 році із природних водних об'єктів Полтавщини забрано 106,609млн.м<sup>3</sup>, що менше ніж у 2019 році на 3,191млн.м<sup>3</sup> (або 3,0%), в тому числі 65,361млн. м<sup>3</sup> (що на 4,469 млн. м<sup>3</sup>, або на 6,4% менше ніж у 2019 році) з підземних водних об'єктів.

Використання свіжої води у порівнянні з попереднім роком зменшилося на 11,826 млн. м<sup>3</sup> (або на 14,1%): у 2020 році 428 водокористувачами використано 72,184 млн. м<sup>3</sup> води; у 2019 році 544 водокористувачами – 84,01 млн. м<sup>3</sup>; у 2018 р. 549 водокористувачів використали 86,49 млн. м<sup>3</sup> води.

Найбільше свіжої води використовується у житло-комунальному і побутовому господарстві (водопостачання; каналізація; поводження з відходами) – 35,881 млн. м<sup>3</sup> (або 49,7% загального використання води) та у добувній промисловості і розробленні кар'єрів 12,298 млн. м<sup>3</sup> (або 17% загального використання води по області). Також великі обсяги води надходять на потреби сільського господарства, а саме вирощування однорічних і дворічних культур – 10,179 млн. м<sup>3</sup> (або 14,1% обласного використання). Високі показники споживання води у підприємств переробної промисловості – 5,923 млн. м<sup>3</sup> (або 8,2% загального обласного використання).

Використання свіжої води у розрахунку на одну особу становило 52,63 м<sup>3</sup>, що менше на 12,7% (60,27 м<sup>3</sup> – у 2019 році), в тому числі використання води на господарсько-питні потреби одним мешканцем зменшилося майже на 4,7 м<sup>3</sup>, або на 16,4% до 23,9 м<sup>3</sup> на рік (у 2019 р. – 28,6 м<sup>3</sup>) [4].

Однією з основних характеристик рівня екологічної безпеки регіону є обсяги загального водовідведення стічних вод у поверхневі водні об'єкти, зокрема обсяги скидання забруднених стоків (рис.2). У поверхневі водні об'єкти скинуто очисними спорудами 49 підприємств області 68,72 млн. м<sup>3</sup> стічних вод, що на 2,48 млн. м<sup>3</sup>, або на 3,5% менше ніж у 2018 році (49 підприємствами – 71,2 млн. м<sup>3</sup>). Зменшення відбулося за рахунок зниження скидів ТОВ «Малокоханівський кар'єр», КП «Кременчукводоканал» та відсутності скиду ПрАТ «Полтавський ГЗК».

Маса забруднюючих речовин, скинутих за рік у поверхневі водні об'єкти, становила 66,83 тис. т (у розрахунку щодо сухого залишку), що більше ніж у двічі показника попереднього року (2019 р. – 28,23 тис. т, 2018 р. – 32,18 тис. т, 2017 р. – 33,87 тис. т, 2016 р. – 33,46 тис.т).

Нагальною на сьогоднішній день залишається проблема очистки стічних вод особливо підприємствами комунальної сфери у зв'язку зі зношеністю та фізичною застарілістю комплексів очисних споруд [2, 3, 5]

Через незавершення робіт із реконструкції та капітального ремонту очисних споруд продовжується скидання недостатньо очищених стічних вод у поверхневі водні об'єкти області. Існуюча система водовідведення не забезпечує стабільну роботу очисних біологічних споруд населених пунктів у відповідності до проектних показників. Ці споруди є беззахисними перед надходженням на них виробничих стічних вод, забруднених понад вимоги біологічного способу очищення. В аварійних ситуаціях на промислових підприємствах залпові скиди дуже забруднених виробничих стічних вод можуть суттєво погіршити роботу аеротенків та біофільтрів.

Крім того, частина поверхневих стічних вод скидається у поверхневі водні об'єкти недостатньо очищеними, або зовсім без очищення. Це призводить до суттєвого хімічного та бактеріального забруднення водних об'єктів.

Таким чином, для усунення недоліків водовідведення доцільно розробити та впровадити технологічні схеми упорядкування існуючого водовідведення, які забезпечать керовану екологічно безпечну та ефективну систему відведення всіх видів стічних вод населених пунктів.

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

1. Степова О.В., Голік Ю.С. Оцінка водогосподарського комплексу Полтавської області // Вісник інженерної академії України: теорет. і наук.- практ. часоп. К. : Інж. Акад. України, 2016. №2. С. 36–38.
2. Степова О.В., Рома В.В. Оцінка біогенного забруднення поверхневих водойм Полтавської області // Вісник Полтавської державної аграрної академії. Полтава, 2016. № 1-2. С. 93–97.
3. Регіональна цільова програма розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення басейну річки Дніпро в Полтавській області на період до 2021 року. Полтава, 2013. 162 с.
4. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Полтавській області за 2020 рік.  
[https://drive.google.com/file/d/13W19Ohtv52fX1\\_b1FFdlQS3vHюyaQCz/view](https://drive.google.com/file/d/13W19Ohtv52fX1_b1FFdlQS3vHюyaQCz/view)
5. Голік Ю. С., Ілляш О. Е., Степова О. В. На шляху до інтегрованого управління водними ресурсами Полтавщини // Збірник наукових статей IV Всеукраїнського з'їзду екологів з міжнародною участю (Екологія/Ecology-2013) м. Вінниця, 25-27 вересня 2013р. С.219–221.

*<sup>1</sup>Степова О. В., д. т. н., професор, <sup>2</sup>Пиріков О. В., докторант,  
<sup>1</sup>Корнішина А. В., аспірантка, <sup>1</sup>Тристан А. В., студент  
<sup>1</sup>Національний університет  
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»,  
<sup>2</sup>Державна екологічна академія післядипломної освіти та  
управління, м. Київ, Україна*

## **АНАЛІЗ СТАНУ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ МІСТА ПОЛТАВА**

На сьогодні проблема забруднення атмосферного повітря постала особливо гостро. В результаті діяльності промислових підприємств постійно зростає кількість викидів з різноманітними домішками в атмосферне повітря.

Однією з гострих проблем сьогодення є екологічний стан атмосферного повітря українських міст, зокрема м. Полтава. За оцінками експертів Міжнародного форуму «Довкілля для Європи» місто Полтава визнана як самий екологічно чистий обласний центр України, зокрема за станом атмосферного повітря.

Минуло 18 років, які змінили ситуацію: на сьогодні в атмосферне повітря Полтави потрапляє 216 забруднюючих речовин – це 20-23 кг на людину за рік. І це лише 15% загального обсягу викидів, а 85% викидів забруднюючих речовин надходить в атмосферу міста від автомобільного транспорту, серед якого – суттєвий внесок дає муніципальний транспорт.

За останніми даними соціологічного опитування полтавчане підтримують ініціативу створення екологічно чистого міста.

Тому питання розроблення та впровадження технологій екологізації муніципального транспорту міста це перший крок до створення Полтави як екологічного еталону України!

Із подальшим загостренням глобальної екологічної кризи у ХХ столітті актуальним питанням є пошук нових шляхів для її вирішення, що призвело до переходу людства до впровадження концепцій сталого розвитку. Одним із напрямів реалізації стратегії є й перехід до сучасної безвуглецевої європейської економіки.

Враховуючи курс на реалізацію принципів стратегії сталого розвитку, підтримаючи шлях до Європейської водневої екосистеми та Енергетичну стратегію України, розглянута перспектива використання водню як важливого альтернативного джерела енергії для зменшення забруднення повітря в містах, зменшення залежності від викопного палива та усунення викидів вуглекислого газу від автівок. Використання відновлюваного водневого палива - це вигідне рішення для громадського транспорту, що дає

можливість проїжджати великі відстані (у порівнянні із електричними автобусами), при цьому в атмосферу не надходять вихлопні гази та створюється лише незначний шум. Водень у транспорті перебуває на початковій фазі комерціалізації у всьому світі та демонструє значний потенціал для декарбонізації транспортного сектору.

Тож в роботі пропонується оновлення муніципального транспорту та переведення його на водневе паливо. В результаті це стане однією із складових концепції розвитку міста Полтави як «зеленого еталону», підвищить рекреаційну цінність та туристичну привабливість міста. Ринок водневої енергетики, його перспективи та зацікавлених сторін визначає ланцюг постачання водню, який включає виробництво, постачання, використання та підтримку водневої економіки та використання у громадському транспорті.

Значна кількість громадського транспорту сьогодні працює на дизпаливі або бензині, витрачаючи при цьому значні кількості вуглецевого палива та електроенергії. Наприклад, в Полтаві майже 300 одиниць муніципальних автобусів, які витрачають майже 2 млн. л палива на рік при сумарному пробігу 12000000 км, здійснюючи суттєвий негативний вплив на довкілля.

Розвиток ринку водневої енергетики стимулюється зацікавленістю влади, наявністю зацікавленого бізнесу на місцевому ринку водню, розвитком технологічних можливостей виробництва зеленого водню та впливовістю Енергетичної стратегії України, згідно з якою частка енергії з відновлюваних джерел, що використовується транспортом, повинна зрости до 20% до 2025 року.

A bank of America оцінив, що до 2050 р. річний обсяг глобальних інвестицій в водневу інфраструктуру – 11 трлн. дол. Експертами зазначено, що водень задовільнить до 24% потреб в енергоресурсах вже до 2050 р.

Наразі «чиста» революція повільно відбувається в європейському громадському транспорті. Але ця тенденція, безсумнівно, посилиться найближчим часом, так як починаються нові проекти, які намагаються впровадити водневі транспортні засоби, щоб досягти в Європі нульових викидів в атмосферу від транспорту.

В Європейському Союзі вже розпочато кілька великих проектів, що сприяють прийняттю водню як транспортного палива шляхом створення та застосування національної мережі. Флагманські проекти по всій Європі: Німечина, Франція Данія, Великобританія, Норвегія, Швеція.

У березні 2021 року було представлено проєкт Дорожньої карти для виробництва та використання водню і в Україні. Наразі у Міністерстві енергетики за підтримки міжнародних партнерів розробляють Водневу стратегію України. В Українських містах запущені електромобілі, проте використання водневих двигунів мають свої переваги.

Отже, ідея роботи полягає у розробленні моделі екологізації муніципального транспорту міста, що включає комплекс заходів, спрямованих на зменшення хімічного забруднення атмосфери міського середовища. Запропонована модель може бути реалізована у будь-якому місті.

Метою роботи є розроблення моделі екологізації муніципального транспорту міста Полтава, що включає комплекс заходів, спрямованих на зменшення хімічного забруднення атмосфери міського середовища. Для досягнення поставленої мети потрібно виконати такі завдання:

1. Аналіз сучасного екологічного стану атмосферного повітря міста Полтава.

2. Встановлення джерел забруднення атмосферного повітря міста Полтава.

3. Аналіз шляхів зменшення автомобільних викидів шляхом застосування альтернативних видів палив.

4. Проаналізувати та дослідити технології отримання водню та водневого палива.

5. Проаналізувати і оцінити потенційні небезпеки компонентам довкілля при використанні водневого палива.

6. Розробити технологічну схему одержання водневого палива.

Об'єкт дослідження – екологічний стан атмосферного повітря міста Полтава. Предмет дослідження – зменшення антропогенного навантаження на атмосферу міста Полтава шляхом екологізації муніципального транспорту. Отримана технологічна модель екологізації муніципального транспорту міста Полтава дозволить значно скоротити викиди токсичних речовин в атмосферне повітря міста.



*Степова О. В., д. т. н, професор, Тягній Л. М., аспірантка  
Національний університет «Полтавська політехніка  
імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна*

## **ЗАБРУДНЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД ВОДОЙМ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ**

Із часу першої світової війни, під час ведення бойових дій вперше застосовувались в великих кількостях різноманітна хімічна зброя, що сприяло до загрози забруднення та знищення всього навколишнього середовища.

Під час воєнного стану Російські загарбники використали на території північно-західної України заборонені міжнародними угодами фосфорні бомби та снаряди. Фото цього зафіксовано та оприлюднено в новинах Приірпіння ІТV [1 з посиланням на кореспондента Олега Гриба].

Під терміном хімічна зброя під час бойових дій мається на увазі хімічні речовини, як у газоподібному, так і в рідкому або твердому стані, які можуть бути застосовані через їх прямий токсичний вплив на людину, тварин і рослини. Тому не можливо захистити водні об'єкти, ґрунти, рослини, тварин та основні сільськогосподарські культури від короткострокового та довгострокового впливу дії шкідливих речовин. Для водойм небезпечною сполукою є іпірит, якій є в багатьох складах сучасної хімічної зброї.

Із часів Другої світової війни внаслідок затоплення хімічної зброї іпіритом забруднено багато водних екосистем, у тому числі Балтійське та Адріатичне море, прибережні води Японії, США, Великобританії, Австралії. Потрапляючи в довкілля, іпірит і продукти його гідролізу негативно впливають на гідробіонтів, у тому числі на мікробіоту.

Метою даної роботи є аналіз впливу продуктів гідролізу іпіриту на ріст, фотосинтетичну активність та синтез вторинних метаболітів ціанобактеріями – основними збудниками цвітіння води.

Показано, що продукти гідролізу іпіриту мають інгібуючу дію на ріст та утворення хлорофілу, а ціанобактеріями, індукують виділення в середу екзополісахаридів. У присутності низьких концентрацій продуктів гідролізу іпіриту, що стимулюють зростання токсигенної ціанобактерії *Microcystis aeruginosa*, спостерігається збільшення вмісту мікроцистину-LR.

Іпірит – отруйна речовина шкірно-наривної дії, має багатосторонню вражаючу дію на всі живі організми, і насамперед на макроорганізми. Під дією іпіриту спостерігаються значні патологічні зміни в дихальних шляхах, шлунково-кишковому тракті, ураження органів зору та ін. При попаданні іпіриту в організм розвиваються симптоми загальної інтоксикації, що свідчать про універсальний характер дії, що ушкоджує, іпіриту.

Провідними є зміни з боку системи крові, нервової системи, серцево-судинної системи та обміну речовин. Крім того, виявлено мутагенну, канцерогенну та тератогенну дію іпіриту [1, 2, 5].

Хлорорганічні сполуки належать до широко поширених забруднювачів екосистем. Багато хто з них хімічно стабільні, токсичні, внаслідок чого накопичуються і тривалий час зберігаються в навколишньому середовищі, чинячи на нього негативний вплив. До таких стійких хлорорганічних сполук з підвищеною токсичністю і широким спектром дії відносяться отруйна речовина іприт – 2,2'-дихлоретилсульфід та продукти його гідролізу (ПГІ), основним з яких є тіодигліколь – 2,2'-тіодіетанол.

У водному середовищі іприт піддається гідролізу (рис. 1). Процес гідролізу відбувається повільно, тому що лімітується низькою розчинністю іпіриту.

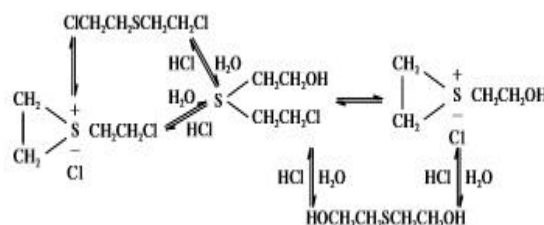


Рис. 1. Схема гідролізу іпіриту

Швидкість реакції гідролізу іпіриту сповільнюється у присутності іонів хлору, тому в морській воді швидкість гідролізу знижується в 2,5-4 рази порівняно з прісною водою [3, 7]. У середовищі, що містить галогени, гідроліз іпіриту йде з утворенням продуктів, не тільки перешкоджають його подальшому розчиненню, але й вступають у взаємодію з іпіритом і між собою, утворюючи ряд токсичних сульфонієвих сполук, що в кілька разів перевищують за токсичністю сам іприт [5].

Потрапляючи в навколишнє середовище, іприт і ПГІ негативно впливає на гідробіонтів. Введення у воду спиртово-водного розчину іпіриту в концентраціях від 1.73 до 26.2 мг/л призводить до загибелі 50% ікри тритонів, жаби зеленої та жаби озерної [6]. Китайські вчені встановили, що контамінація морської води іпіритом у концентрації 50-750 мг/л за 1 годину призводить до загибелі досліджених риб, а колір представників зелених та бурих водоростей змінюється через кілька хвилин після контакту з іпіритом [5, 6]. За дослідженнями багатьох відомих дослідників щодо впливу ПГІ на гідробіоніку показали, що 50% загибелі молюсків настає при вмісті ксенобіотиків 4,42-40,47 г/л за 96-102 години. Аналогічний ефект досягається за 80-92 години при впливі ПГІ у концентраціях 1,81 та 4,4 г/л на земноводних – жабу озерну та жабу зелену відповідно. Найбільша чутливість відмічена у раку річкового – 50%, загибель особин спостерігалася менш як за 2 години при концентрації 0,2 г ПГІ/л [5].

Іспирит і продукти його гідролізу викликають морфологічні та ультраструктурні зміни в клітинах мікроорганізмів, збільшують проникність їх клітинних оболонок, а також, володіючи шкідливою дією на дезоксирибонуклеїнові кислоти (ДНК), негативно впливають на генетичний апарат [1, 3]. Забруднення річкової води іспиритом та його похідними викликає суттєві зміни бактеріоценозів, що виявляється у збільшенні показників домінування видів, зниженні показників подібності, видової різноманітності та вирівняності бактеріального співтовариства. Зниження рівня видової різноманітності річкового бактеріопланктону свідчить про зниження стійкості біосистеми загалом [6, 7]. Продукти гідролізу іспириту надають інгібуючу дію на утворення водних мікроорганізмів. При цьому представники фітопланктону – ціанобактерії – більш чутливі до продуктів гідролізу іспириту порівняно з бактеріальними культурами. Однак інформація про вплив ППГ на фізіолого-біохімічні властивості ціанобактерій, що є первинними продуцентами водних екосистем і мають унікальні здібності протистояти різного роду стресовим впливам як природного, так і антропогенного походження, у доступній літературі відсутня.

Методом дослідження вибрана ціанобактерія в рідкому середовищі BG-11, що містить ППГ у кількості (за хлорорганічними сполуками (ХОС)) від 0,3 до 20 мг/л [8].

За результатом аналізу у разі стресу, викликаного дією ППГ, у ціанобактерій поруч із інгібуванням зросту знижується вміст хлорофілу а. Слід зазначити, що процес утворення хлорофілу а ціанобактеріями *Aphanizomenon flos-aquae*, *Nodularia sputigena*, *Microcystis aeruginosa* відрізняється більшою чутливістю до дії суміші ППГ, ніж зростання культур. Концентрації, відповідні NOEC і EC50 для хлорофілу а, були нижчими за такі для зростання в 1,8-3 та 1,8-2,4 рази. У випадку ж ціанобактерії *Trichormus variabilis* не виявлено суттєвих відмінностей у токсичності суміші ППГ для зростання та утворення хлорофілу. Продуктивність біомаси ціанобактерій за екзополісахаридами та концентрація екзополісахаридів у середовищі (мг глю/л) в умовах інгібування зростання на 50% зростають на 148-180% та 27-36% відповідно в порівнянні з контрольними значеннями залежно від виду ціанобактерій.

За ступенем чутливості утворення хлорофілу до ППГ ціанобактерії можна розташувати в порядку: *Microcystis aeruginosa* > *Nodularia sputigena* > *Aphanizomenon flos-aquae* > *Trichormus variabilis*. Різна чутливість синтезу хлорофілу а залежно від виду ціанобактерій раніше спостерігалася і щодо інших полютантів як неорганічної, так і органічної природи [8].

Підвищений синтез мікробних полісахаридів істотно впливає на формування якості води у водоймах, тому що вони впливають на вуглецевий цикл і мікробну різноманітність, служать субстратом для живлення інших

мікроорганізмів, розвиток яких, з одного боку, важливий для процесів самоочищення, з іншого – посилює біологічне та хімічне забруднення води за рахунок клітин мікроорганізмів та їх метаболітів [9].

Зазначимо, що в низькій концентрації 0,3 мг/л (по ХОС) продукти гідролізу іпіриту надавали стимулюючу дію на ріст токсигенного штаму *Microcystis aeruginosa* 973. У присутності низьких доз ППГ приріст біомаси ціанобактерії перевищував контрольні значення на 25%. В умовах стимулювання зростання ціанобактерії *Microcystis aeruginosa* 973 продуктивність біомаси мікроцистином-LR залишалася на рівні контрольних значень, однак загальна кількість токсину в одиниці об'єму культуральної рідини зростала на 39%. Зі збільшенням концентрації ППГ в середовищі (до 5,5 мг ХОС/л) відбувалося інгібування зростання культури на 50%, зниження продуктивності біомаси мікроцистином-LR на 68% і зменшення його концентрації в середовищі на 84%.

Висновок. Іпірит і продукти його гідролізу істотно впливають на масові види ціанобактерій. У ході проведених досліджень виявлено, що продукти гідролізу іпіриту надають токсичну дію на ріст і синтез хлорофілу а всіма дослідженими культурами ціанобактерій. Токсигенний штам ціанобактерій *Microcystis aeruginosa* 973 у разі стимулювання зростання низькими концентраціями ППГ накопичує в середовищі підвищену кількість мікроцистину-LR. Інгібування росту *Microcystis aeruginosa* супроводжувалося зниженням синтезу та екскреції токсину в середу. В умовах стресу, викликаного впливом на ціанобактерії продуктів гідролізу іпіриту, відбувається підвищений синтез та виділення в середу таких протекторних сполук, як полісахариди. Підвищене виділення таких метаболітів, як полісахариди та ціанотоксини є серйозним негативним наслідком забруднення водних об'єктів продуктами гідролізу іпіриту.

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

1. Білявський Г. О., Падун М. М., Фурдуй Р.С.. *Основи загальної екології*. К. : Либідь, 1993. 303 с.
2. Гончар О. М. *Основи екологічної токсикології*. Чернівці. К. : Рута, 2005. 51 с.
3. *Медичні аспекти хімічної зброї : навчальний посібник для слухачів УВМА та студентів вищих медичних навчальних закладів*. К. : УВМА, 2003. С. 30–36, 78–86.
4. Завьялов Е. В. *Эколого-токсикологическое воздействие кожно-резорбтивных отравляющих веществ на фауну: Автореф. дис. ... канд. биол. наук*. Волгоград, 1995. 18 с.
5. Кузикова И. Л., Медведева Н. Г., Сухаревич В. И., Орлова О. Г., Рыбальченко О. В. *Влияние продуктов гидролиза иприта на микромицеты // Микология и фитопатология*. 2007. Т. 41. Вып. 3. С. 252–260.

6. *Медведева Н. Г., Поляк Ю. М., Зайцева Т. Б., Жариков Г. А. Деструкция продуктов гидролиза иприта морскими и почвенными бактериями // Известия РАН. Серия биологическая. 2012. № 1. С. 91–99.*
7. *Медведева Н. Г., Зайцева Т. Б., Кузикова И. Л., Зиновьева С. В. Оценка токсичности продуктов гидролиза иприта для водных микроорганизмов // Вода: химия и экология. 2016. № 1. С. 76–81.*
8. *Rippka R., Deruelles J., Waterbury J. B., Herdman M., Stanier R. Y. Genetic assignments, strain histories and properties of pure cultures of cyanobacteria // J. Gen. Microbiol. 1979. Vol. 111. P. 1–61.*
9. *El-Sheekh M. M., Khairy H. M., El Shenody R. A. Algal production of extra and intra-cellular polysaccharides as an adaptive response to the toxin crude extract of Microcystis aeruginosa // Iran. J. Environ. Health. Sci. Health. 2012. Vol. 9. № 1. Article number B 10.*

*Сторощук У. С., аспірант, Мальований М. С., д. т. н.  
Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ СУБСТРАТІВ НА ОСНОВІ КОМПОСТОВАНИХ ОСВ ДЛЯ ЗАСТОСУВАННЯ ЇХ У ТЕХНОЛОГІЯХ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ**

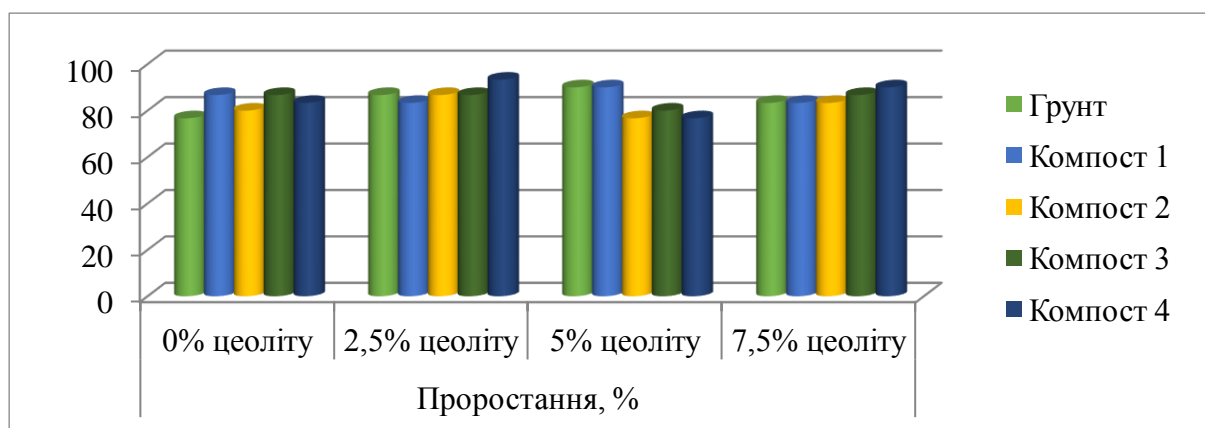
Проблема техногенно деградованих земель, особливо, коли вони забруднені внаслідок неефективної господарської діяльності людини, в Україні залишається актуальною та несе негативний вплив на довкілля і здоров'я людей. Ефективна рекультивация земельних ресурсів із закритих полігонів ТПВ та несанкціонованих сміттєзвалищ, має високий потенціал та вимагає вибору адекватної стратегії.

До числа доступних і ефективних способів технології рекультивациі відноситься використання осадів стічних вод. Застосування осадів як заміна добрив сприяє формуванню та стабілізації ґрунту шляхом розкладання органічної речовини, яка є сильно порушена в забруднених важкими металами місцях. Осади можна розглядати, як субстрат для удобрення та рекультивациі ґрунту, оскільки вони є джерелом значних концентрацій поживних макро- і мікроелементів зокрема, азоту, фосфору, калію, що дає підстави розглядати цей матеріал як складник органо-мінеральних добрив різного складу та призначення для поліпшення якості ґрунту [1]. Проте осад стічних вод має тенденцію накопичувати й концентрувати важкі метали, органічні забруднення. Крім того в осадах наявні патогенні мікроорганізми, такі як бактерії, віруси та життєздатні яйця гельмінтів [2].

Дослідження проводили за загальноприйнятими методиками (ДСТУ ISO 11269-1, ISO 11269-2) [3, 4]. У ході досліду фіксували проростання, енергію проростання, масу і довжину надземної і кореневої системи. Як рослину біоіндикатор використовували райграс багатуокісний (*Lolium perenne* L.), який належить до категорії 1 – однодольні рослини.

Загальна схема біоіндикаційних випробувань складалася з чотирьох видів компосту, до кожного з них добавляли природний сорбент – цеоліт у відсотковій кількості: 0; 2,5; 5; 7,5. Як контрольний субстрат використовували темно-сірий опідзолений ґрунт.

На рис. 1 наведено середні показники проростання райграсу погруповані за вмістом сорбенту у досліджуваних варіантах субстратів на останній 60-ий день проведення досліду.



**Рис. 1. Середнє проростання райграсу в досліджуваних зразках на 60-й день**

Після завершення досліду проводили вимірювання маси рослин, а також довжини та маси наземної частини та коренів рослин для фіксації впливу складу субстратів на ріст і розвиток рослин. Результати вимірювань наведені в таблиці 1.

*Таблиця 1*

**Зміни в рості і розвитку райграсу в залежності від використання різних видів субстратів**

Варіант	ВНЧР	Довжина коренів	Маса рослин	МНЧР	Маса коренів
<i>0% цеоліту</i>					
Контрольний	23,51	1,86	0,114	0,090	<b>0,024</b>
К1	14,39	1,82	0,067	0,046	<b>0,021</b>
К2	17,22	2,7	0,096	0,054	0,042
К3	19,06	5,06	0,181	0,114	0,067
К4	23,88	7,42	0,173	0,127	0,046
<i>2,5% цеоліту</i>					
Контрольний	23,45	1,85	0,127	0,100	0,028
К1	15,29	1,54	0,103	0,047	0,056
К2	18,22	2,25	0,088	0,056	0,031
К3	17,57	4,57	0,164	0,090	0,074
К4	19,82	6,13	0,161	0,094	0,067
<i>5% цеоліту</i>					
Контрольний	20,96	1,07	0,110	0,090	0,020
К1	14,28	1,81	0,080	0,039	0,041
К2	18,16	2,48	0,085	0,062	0,023
К3	17,12	5,77	0,176	0,104	0,072
К4	18,9	4,55	0,169	0,100	0,069
<i>7,5% цеоліту</i>					
Контрольний	23,45	2,05	0,178	0,136	0,042
К1	19,04	2,72	0,078	0,052	0,026
К2	17,37	2,77	0,091	0,051	0,041
К3	18,1	5,56	0,156	0,093	0,063
К4	18,81	3,44	0,088	0,067	0,021

Отже, згідно проведеного дослідження, можемо рекомендувати варіант субстрату КЗ, до складу якого входять «свіжовідібрані» і «старі» осади стічних вод. В цьому субстраті не дуже розвинута наземна частина, проте дуже розгалужена коринева система, яка дозволяє адаптуватися до різних факторів навколишнього середовища та в поєднанні з незначною часткою цеолітів, може бути ефективним для проведення рекультивації полігонів ТПВ.

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

1. *Paya, J., Monzo, J., Borrachero, M. V., & Soriano, L. (2018). Sewage sludge ash. New trends in Eco-Efficient and Recycled Concrete, 121–152.*
2. *Fijalkowski, K. L., Kacprzak, M. J., & Rorat, A. (2014). Occurrence changes of Escherichia coli(including O157:H7 serotype) in wastewater and sewage sludge by quantitation method of (EMA) real time – PCR. Desalination and Water Treatment, 52(19-21), 3965–3972. doi:10.1080/19443994.2014.887499*
3. *ДСТУ ISO 11269-1, 2004. Якість ґрунту. Визначення впливу забруднюючих речовин на ґрунтову флору. Частина 1: Метод визначення інгібіторної дії на ріст коренів. Київ : Держстандарт України, 2005, 15 с.*
4. *ДСТУ ISO 11269-2:2002 Якість ґрунту. Визначення дії забрудників на флору ґрунту. Частина 2: Вплив хімічних речовин на проростання та ріст вищих рослин. Київ : Держстандарт України, 2004, 14 с.*



*Суха Н. І., аспірантка, Григор'єва Л. І., д. б. н., професор  
Державна установа «Чорноморський національний університет  
ім. Петра Могили МОН України, м. Миколаїв Україна*

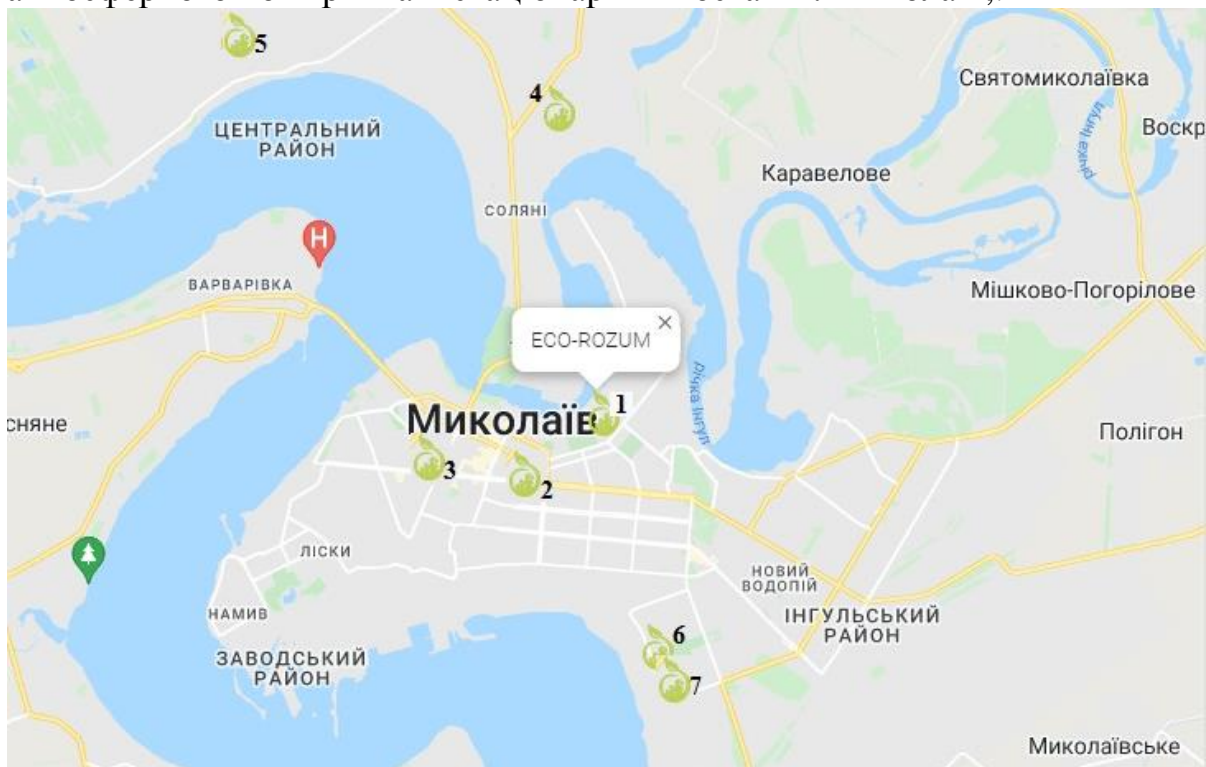
## **ІНДИКАТИВНІ ВИМІРЮВАННЯ ПОЛЮТАНТІВ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ АТМОСФЕРНИХ НЕБЕЗПЕК ПОБЛИЗУ МАСЛОЕКСТРАКЦІЙНОГО ЗАВОДУ**

Чисте та безпечне атмосферне повітря є суспільною цінністю та останнім безкоштовним природним ресурсом, що для більшості населення не має альтернативи споживання. Згідно з Угодою про асоціацію Україна зобов'язалася наблизити своє законодавство до низки директив, які встановлюють стандарти щодо обмеження вмісту певних видів забруднюючих речовин у повітрі. 14 серпня 2019 року прийнято Постанову КМУ «Деякі питання здійснення державного моніторингу у галузі охорони атмосферного повітря» № 827. Цей документ є підтвердженням зобов'язань імплементації законодавства у галузі навколишнього середовища відповідно до Угоди про асоціацію України з ЄС, а саме – імплементації Директиви 2008/50/ЄС [3]. У рамках імплементації положень цієї Директиви 2008/50/ЄС у національне законодавство України пропонується запровадження екологічного моніторингу якості атмосферного повітря на підставі розширення фіксованих вимірювань за допомогою індикативних вимірювань показників якості повітря з врахуванням регіональних проблем територій. Тому дослідження показників якості атмосферного повітря при організації індикативних вимірювань та застосування наявних станцій індикативних вимірювань показників якості атмосферного повітря у м. Миколаїв є надзвичайно актуальними.

Метою є дослідження можливості застосування індикативних вимірювань показників якості атмосферного повітря у м. Миколаїв для вирішення регіональних проблем забруднення атмосферного повітря. Однією з регіональних проблем забруднення атмосферного повітря у м. Миколаїв є ТОВ «ЕКОТРАНС» – це олійноекстракційний завод із переробки насіння соняшника та виробництва олії, входить до складу групи «Олсідз-Україна». Цей завод розташований у спальному районі міста Миколаєва – «Намив», поблизу новобудов «Апельсин», «Рів'єра», міського пляжу «Намив» та міського парку «Ліски» – місць відпочинку городян. Водночас забруднення атмосферного повітря при функціонуванні цього заводу давно непокоїть городян та, особливо, мешканців мікрорайону «Намив». Численні мітинги мешканців, звернення до керівництва заводу, міської влади не можуть вирішити питання якості повітря в районі цього заводу. Лише у жовтні 2021 р. жителі виходили на акцію із закликами, що

діяльність ТОВ «ЕКОТРАНС» – це екологічна катастрофа, що порушує статтю 50 Конституції України про право громадян на безпечне для життя та здоров'я громадян навколишнє середовище. Питання забруднення повітря при діяльності ТОВ «ЕКОТРАНС» перебуває на розгляді Державної екологічної інспекції Південно-Західного округу України. Діяльність підприємства перебуває під контролем обласної прокуратури. Дуже потрібний постійний моніторинг якості повітря в районі розташування ТОВ «ЕКОТРАНС».

Матеріалами дослідження виступали результати вимірювання вмісту полутантів в атмосферному повітрі міста за 7 станціями індикативних вимірювань в м. Миколаєві: «ЕсоRozum» – вул. 68 Десантників, 10, ЧНУ імені Петра Могили; «Департамент ЖКГ» – вул. Адмірала Макарова, 7; «MriyDiy 2» – пр. Центральний, 28; «Північний» – вул. Архітектора Старова, 14а, Спортивний Дім Sport House; «Solar Service Mykolaiv» – Матвіївка; «Космонавтів» – вул. Космонавтів, 5; «Залізнична» – вул. Залізнична, 52 (рис. 1) і результати визначення показників якості атмосферного повітря на 4 стаціонарних постах м. Миколаїв,.



**Рис. 1. Карта-схема моніторингу повітря за допомогою станцій індикативних вимірювань**

На більшості з цих постів використовувалися станції моніторингу якості повітря Air Fresh Max та станції Oxugen з  $\text{CH}_2\text{O}$ . Станція моніторингу якості повітря Air Fresh Max мультигаз – це пристрій, який дозволяє здійснювати контроль і реєстрацію стану повітря, а саме показники температури, вологості, концентрації пилу  $\text{PM}_{2.5}$  і  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ , а

також рівень формальдегіду в режимі реального часу. За визначенням виробників модуль є економічно ефективним інструментом, задовольняє потреби всіх зацікавлених у підтримці належного рівня навколишнього середовища. Показник  $PM_{2.5}$  відображає концентрацію твердих частинок діаметром до 2.5 мікрметра. Показник  $PM_{10}$  відображає концентрацію твердих частинок діаметром до 10 мікрметрів [1]. Станція Oxygen з  $CH_2O$  дозволяє здійснювати усі ці вимірювання на відкритій місцевості. Функціональні можливості станцій дозволяють не тільки отримувати оперативні дані про якість атмосферного повітря, але й накопичувати великі дані для оцінки і прогнозування індексів забруднення і ризиків для здоров'я населення, використовуючи для цього персональний кабінет на сайті [www.eco-city.org.ua](http://www.eco-city.org.ua).

Визначено, що за результатами спостережень за показниками якості атмосферного повітря у м. Миколаєві на 4 стаціонарних референтних постах та за результатами індикативних вимірювань на 7 станціях («EcoRozum», «Департамент ЖКГ», «MriyDiy 2», «Північний», «Спортивний Дім Sport House», «Solar Service Mykolaiv», «Космонавтів», «Залізнична») наявне хронічне перевищення гранично-допустимих концентрацій полутантів: формальдегід, фтористий водень, двоокис азоту, пил. Особлива велика кратність перевищення ГДКс.д. (до 10 разів і вище) характерна для формальдегіду.

Визначено, що результати індикативних вимірювань вмісту формальдегіду в атмосферному повітрі перевищують у 1,5-1,6 рази відповідні величини при фіксованих вимірюваннях, а максимальні значення при фіксованих вимірюваннях перевищують в 1,6-1,8 разів максимальні значення при індикативних вимірюваннях. Цей підтверджує, що при референтному рівні забруднення (наприклад, формальдегідом) екологічний моніторинг атмосферного повітря має бути організований не тільки за допомогою організації фіксованих вимірювань, а має бути доповнений індикативними вимірюваннями за допомогою комплексних компактних станцій, які призначені для здійснення індикативних вимірювань якості повітря.

Систематизовано представлені на ринку України станції індикативних вимірювань показників якості атмосферного повітря та представлено:

1) станції для індикативних вимірювань показників якості атмосферного повітря тільки відповідно до вимог Директиви 2008/50/ЕС: CO, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> та PM<sub>2.5</sub>, температура, відносна вологість;

2) станції для індикативних вимірювань показників якості атмосферного повітря відповідно до вимог Директиви 2008/50/ЕС та регіональної проблеми, пов'язаної з атмосферними викидами автотранспортом: CO, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> та PM<sub>2.5</sub>, температура, відносна вологість,  $CH_2O$ ;

3) станції для індикативних вимірювань показників якості атмосферного повітря відповідно до вимог Директиви 2008/50/ЄС та регіональної проблеми, пов'язаної з атмосферними викидами від маслоекскракційних заводів (наприклад, ТОВ «ЕКОТРАНС»): запах, летючі органічні речовини.

Нами розроблено проект на розгортання смарт-системи моніторингу якості повітря в районі розташування ТОВ «ЕКОТРАНС» за показниками: пил, запах, приземний озон, леткі органічні сполуки. Планується придбати станції Air Fresh Max Environment OS (комплектація: базова, на кронштейні, MICS 6814, ZE03-DG-електронний ніс, ZE08-CH<sub>2</sub>O, ZE27-O<sub>3</sub>) та станції Air Fresh Max Environment OS (комплектація: базова, на кронштейні 6814, ZE08-CH<sub>2</sub>O, ZE27-O<sub>3</sub>) та, на їх базі, розгорнути систему моніторингу якості повітря в районі розташування ТОВ «Екотранс». Для аналізу отриманих результатів моніторингу буде також встановлена нами раніше від підприємства станція Air Fresh Max Environment OS, результати моніторингу якості повітря по якій постійно відображаються на карті (<https://eco-city.org.ua/?zoom=11&lat=46.972334&lng=32.015790&station=741&random=7430195>).

Вважаємо, що встановлені станції будуть представляти постійно діючу смарт-систему спостереження за якістю повітря в районі ТОВ «ЕКОТРАНС» за показниками: пил, запах, приземний озон, леткі органічні сполуки, а проведена оцінка стану повітря під впливом роботи ТОВ «ЕКОТРАНС» результатам розробленої системи моніторингу якості повітря дозволить мати обґрунтовану інформацію про вплив цього підприємства на якість повітря. Це дозволить місцевій спільноті мати інформацію про вплив ексеракційного заводу на стан повітря поблизу підприємства та приймати відповідні рішення.

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

1. Варламов Е. Н., Колосков В. Ю. Автоматический контроль и приборы измерения параметров окружающей среды : учеб. пособ. X. : Нац. аэрокосм. ун-т, 2010. 164 с.
2. Григор'єва Л. І. та ін. Комплексна оцінка забруднення атмосферного повітря у місті Миколаєві // Екологічні науки, №4 (23), 2018. С. 19–23.
3. Директива Європейського Парламенту та Ради 2008/50/ЄС від 21 травня 2008 року Про якість атмосферного повітря та чистіше повітря для Європи [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994\\_950#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_950#Text)

*Твердохліб М. М., к. т. н., Трус І. М., к. т. н., Гомеля М. Д., д. т. н.,  
Існюк С. Ю., студентка  
Національний технічний університет України «Київський політехнічний  
інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ*

## **ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ НАНОМАТЕРІАЛІВ У ТЕХНОЛОГІЯХ ВОДООЧИЩЕННЯ**

Якісне та кількісне виснаження водних ресурсів, як в Україні так і у всьому світі, призводить до проблем з водозабезпеченням якісною водою населення. Вдосконалення технологій водоочищення від більшості забруднювачів має ключове значення, враховуючи їх токсичність у високих концентраціях і здатність акумулюватися в живих організмах. Проблема вилучення Феруму із природних вод, як одного з найрозповсюдженіших забруднювачів залишається не вирішеною. До методів, які найчастіше використовують для очищення води від іонів феруму відносяться: методи іонного обміну [1], аерування та фільтрування [2], каталітичне окислення та електрокоагулювання [3,4]. Однак більшість із перелічених методів мають певні недоліки. При іонному обміні процеси вилучення іонів феруму із води ускладнюються значними концентраціями іонів жорсткості у природних та стічних водах. При цьому, внаслідок гідролізу іонів феруму, десорбція даних іонів із іоніту проходить частково. Це призводить до поступового отруєння катіоніту та до зниження його обмінної здатності. Електрокоагулювання вимагає складного апаратного оформлення та значних енергозатрат. Реагентне видалення сполук феруму із води [5] супроводжується залуженням води та забруднення її реагентами.

В останні роки застосування сорбційних матеріалів показало перспективні та ефективні результати у технологіях очищення питної води та стічних вод промисловості. Перевагами використання адсорбентів у технологіях очищення води є високий ступінь очищення, досить висока ємність, прості способи їх регенерації, що дозволяють їх повторне використання. Проте, більшість із них є дороговартісними, тому актуальним залишається пошук відповідних дешевших аналогів.

Останнім часом увагу дослідників привертають нанотехнології, що володіють безперечними перевагами перед давно існуючими та традиційно застосовуваними матеріалами. Активно досліджуються високодисперсні сорбенти та каталізатори, що містять в своїй будові частки з магнітними властивостями. Такі матеріали мають широкий спектр застосування в різних областях науки та техніки. Підвищений інтерес викликаний присутністю незвичайних фізичних і хімічних властивостей, що пов'язаний із їх розміром та площею активної поверхні. Частинки магнітних матеріалів відкривають

великі перспективи для створення систем, що проявляють підвищену активність в умовах каталітичних реакцій. Одним із оптимальних матеріалів являються наночастинки на основі феритів. Встановлено, що наночастинки магнетиту ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) виявляють сорбційну активність стосовно солей важких металів, нітратів та нафтопродуктів [6].

Досить перспективними є матеріали на основі наноцелюлози, які все ширше використовуються в якості біосорбентів для очищення води завдяки своїй великій питомій поверхні, здатності до модифікації, екологічності та простоті отримання. Застосування наноцелюлози як адсорбенту для очищення води та стоків, область, яка має багатообіцяючий прогрес з точки зору високої адсорбційної здатності [7].

Наноцелюлоза може адсорбувати великий спектр забруднювачів, включаючи важкі метали, розчинені органічні забруднювачі, барвники та нафту [8].

Дослідження сорбційних властивостей наноцелюлози при вилученні іонів феруму з водних розчинів було досить ефективним. Для визначення оптимального часу контакту розчину з сорбентом та об'єму сорбенту необхідного для видалення сполук феруму було розраховано ефективність та ємність наноцелюлози по іонам феруму. Як показано на рис. 1 ступінь вилучення феруму при початкових концентраціях 15-30  $\text{мг/дм}^3$  протягом першої години відстоювання сягав не вище 53%, після 4-х годин він становив 85%. При початкових концентраціях 2-10  $\text{мг/дм}^3$  протягом першої години відстоювання ступінь вилучення іонів феруму сягав в середньому 80%, а після 4-х годин у всіх випадках склав 100%.

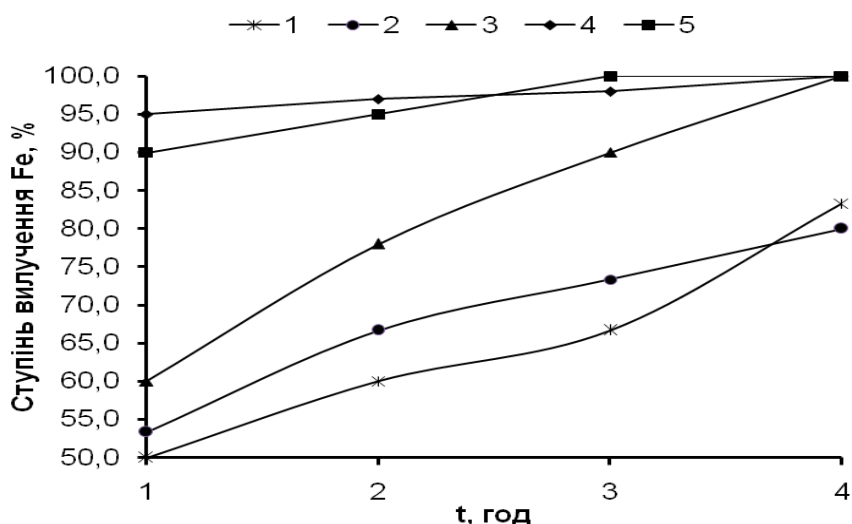


Рис.1. Залежність ступеню вилучення іонів феруму за допомогою наноцелюлози від часу контакту: 1 – при початкових концентраціях іонів заліза 30,0 $\text{мг/дм}^3$ ; 2 – 15,0  $\text{мг/дм}^3$ ; 3 – 10,0  $\text{мг/дм}^3$ ; 4 – 5,0  $\text{мг/дм}^3$ ; 5 – 2,0  $\text{мг/дм}^3$

Загалом очевидно, що для вилучення сполук феруму з розчину при більших початкових концентраціях необхідно більший час контакту. Те ж саме спостерігали при зростанні адсорбційної ємності із підвищенням

концентрації іонів феруму та часу контакту. Тобто, ступінь очищення зростає із збільшенням початкової кількості феруму в розчині. При цьому залишкова концентрація йонів феруму може залишатися досить низькою. За концентрації феруму на рівні 30 мг/дм<sup>3</sup> досягнуто сорбційної ємності сорбенту 7,5 мг/г, тоді як за концентрації феруму на рівні 2 мг/дм<sup>3</sup> сорбційна ємність була 0,5 мг/г.

Таким чином, застосування nanoцелюлози в якості сорбенту для вилучення іонів феруму з водних розчинів є досить ефективним при низьких початкових концентраціях металу від 1-10 мг/дм<sup>3</sup>. Для вилучення концентрацій заліза  $\leq 15$  мг/ дм<sup>3</sup> необхідний більший час контакту розчину з сорбентом та додаткові способи інтенсифікації процесу.

Для інтенсифікації процесу окислення сполук феруму у водному середовищі були проведені дослідження з використанням комбінації nanoцелюлози та наночастинок магнетиту. В якості основи використовували nanoцелюлозу отриману шляхом обробки органосольвентної целюлози з НДРС, в якості каталізатора процесу окислення використовували наночастинок магнетиту, отриманого методом осадження магнітних часток з суміші розчинів солей ферум сульфату(II) та ферум хлориду(III) в лужному середовищі та в послідовному наміванні шару магнетиту на плівки nanoцелюлози.

Першочерговою задачею було встановлення часу контакту розчину, що містить іони феруму з сорбентом на основі nanoцелюлоза/магнетит від початкових концентрацій металу.

Виходячи, з отриманих даних (табл.1), бачемо, що значно скоротився час контакту nanoцелюлози обробленої магнетитом із розчином у порівнянні з попереднім випадком застосування nanoцелюлози без обробки.

Таблиця.1

**Вплив вихідної концентрації іонів феруму на ступінь очищення води за статичних умов**

Початкова C <sub>Fe2+</sub> мг/дм <sup>3</sup>	Рівноважна C <sub>Fe2+</sub> мг/дм <sup>3</sup>					Ступінь очищення, %				
	Час контакту, год									
	1	2	3	4	24	1	2	3	4	24
30,0	5,0	2,0	0,5	0,1	0,0	83,33	93,33	98,33	99,67	100,00
15,0	3,0	1,0	0,5	0,1	0,0	80,00	93,33	96,67	99,33	100,00
10,0	1,0	0,7	0,5	0,0	0,0	90,00	93,00	95,00	100,00	100,00
5,0	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	80,00	90,00	100,00	100,00	100,00
1,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	90,00	100,00	100,00	100,00	100,00

При низьких концентраціях заліза досягнення його концентрацій рівня ГДК для питої води необхідно 1-2 години відстоювання. Впродовж 4-х годин відстоювання за даних концентрацій можна досягти і для більш високих початкових концентрацій.

Очевидно, процес знезалізнення води відбувався за рахунок двох факторів, а саме – сорбції та каталізу реакції окислення сполук феруму, що дозволяє значно пришвидшити процес знезалізнення води та використання екологічно-безпечного сорбційного матеріалу на основі наноцелюлози та наночасток магнетиту.

Таким чином, дослідження сорбційних властивостей наноматеріалів при вилученні сполук феруму з водого середовища показали перспективні результати застосування наноцелюлози та магнетиту в якості сорбентів у технологіях водопідготовки.

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

1. Гомеля М. Д., Трохименко Г. Г., Твердохліб М. М. Знезалізнення природних вод в присутності іонів жорсткості // *Екологічна безпека та природокористування: Зб. наук. праць*. 2015. № 4(20). С.57– 62.
2. Podgórní E., Rząsa M. *Investigation of the Effects of Salinity and Temperature on the Removal of Iron from Water by Aeration, Filtration and Coagulation* // *Polish Journal of Environmental Studies*. 2014. №23(6). P. 2157–2161.
3. Vries D., Bertelkamp C., Kegel F. Schoonenberg, Hof's B., Dusseldorp J., Bruins J. H., de Vet W., van den Akker B. *Iron and manganese removal: Recent advances in modelling treatment efficiency by rapid sand filtration* // *Water Research*. 2017. Vol. 109. P. 35–45.
4. Doggaz A., Attour A., Le Page Mostefa M., Tlili M., Lapique F. *Iron Removal from Waters by Electrocoagulation: Investigations of the Various Physicochemical Phenomena Involved* // *Separation and Purification Technology*. 2018. Vol.203. P. 217–225.
5. Чарний Д. В. Дослідження ефективності застосування різних окислювачів у процесі знезалізнення підземних вод з підвищеним вмістом кремнієвих сполук // *Вісник НУВГП: Технічні науки*. 2012. №2 (58). С. 42–48.
6. Feng Lu, Astruc Didier. *Nanomaterials for removal of toxic elements from water* // *Coordination Chemistry Reviews*. 2018. Vol.356. P. 147–164.
7. Voisin, H., Bergström, L., Liu, P., Mathew, A. P. *Nanocellulose-based materials for water purification* // *Nanomaterials*. 2017. 7(3). P. 57–65.
8. Mahfoudhi, N., Boufi, S. *Nanocellulose as a novel nanostructured adsorbent for environmental remediation: a review* // *Cellulose*. 2017. № 24(3). P. 1171–1197.



*Титар О. В., д. філософ. н.  
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна,  
Харків, Україна*

## **ЕКОЛОГІЯ ДОВКІЛЛЯ ТА ЕТИЧНО-ПСИХОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ СУЧАСНОСТІ**

Війна стала способом руйнування усього навколишнього середовища, максимально загострила проблеми виживання людини в українських реаліях. Територія України вже визнана найбільш замінованою з відомих місць ведення бойових дій в усьому світі, також це проблеми небезпечної зброї та її утилізації, відбудови міст та селищ, захист середовища від небезпечних речовин.

Актуалізувалися проблеми чистого повітря та забезпечення водою, в тому числі очищення та знесолення морської води на основі гідрохвильового процесу, методом іонізації. Існує ряд методів, що дозволять провести очищення та опріснення будь-якого ступеня забруднення у великих обсягах без застосування органічного палива, відсутність у неї важкої води та заповідання шкоди навколишньому середовищу у вигляді скидання концентратів сольових розчинів назад у море.

Залишається важливою проблема очищення суші та океану від пластику та переробка його в промислову продукцію, тут важливо екологічне споживання, сортування сміття і відповідальне ставлення до очищення забруднених стоків.

Але також залишається важливою екологія душі, оскільки останні події стали травматичними для усього суспільства, особливо дітей та підлітків, посилили нервові розлади та психологічні напругу. Травма війни на два-три покоління стане основою нашої історичної пам'яті, перебудує існуючі аксіологічні пріоритети.

У 1990-2000-х роках стає зрозумілим, що індивідуальна травма також має і колективний вимір, всі ми як людство та народи пов'язані спільним пережитим досвідом. Так, Артур Ніл (Arthur Neal) в 1998 році у праці «Національна травма і колективна пам'ять» [3] вводить поняття національної культурної травми, що передбачає розуміння культурної травми як події, що постійно програється у колективній свідомості, на національному рівні не вдається позбутись цього колективного переживання.

Оскільки для розуміння культурної травми важливе поєднання компонентів усвідомленості та несвідомих механізмів, проговорення травми, то до цієї проблеми також звертається психоаналіз та герменевтика (Жілбер Дяткін, Поль Рікер). У Ж. Дяткіна (Gilbert Diatkine) у праці «По той

бік принципу задоволення» [1] культурна травма характеризується як повторюване переживання, яке поєднує біль, страждання і певне задоволення від повторюваності цього переживання, що є певним психологічним механізмом як виживання, так і компенсації. У П. Рікера (Paul Ricoeur) у праці «Пам'ять, історія, забуття» (2004) [2] фіксується не тільки механізми повторення на культурній травмі, а й обов'язкова зацикленість на травматичних спогадах, цю зацикленість людина не в змозі подолати сама, лише за допомогою певної спільної колективної герменевтики.

У 2000-2020-х роках поняття культурної травми пов'язується з колективною ідентичністю, що розуміється не тільки як механізм побудови свого колективного культурного обличчя, але й механізм культурного опосередкування, через цей механізм культурна травма виявляється, проголошується і виліковується, вірніше, притамовується, оскільки остаточно, на думку дослідників, вона не може бути подолана, принаймні на рівні одного-двох поколінь.

У «Почути травму» [4] Кейт Карут вступає до діалогу з багатьма спеціалістами з культурної травми і долання її наслідків. Зокрема її співбесідником виступає відомий антрополог Річард Ліфтон. Насамперед обговорюється питання наскільки травма є досвідом виживання, чи це досвід, більший за життя та смерть, тобто досвід певного антропологічного пограниччя. Кейт Карут звертає увагу, що, з одного боку, це розкривається у працях Річарда Ліфтона як досвід смерті та вмирання, а отже дуже філософський досвід, оскільки ще Сократ говорив, що філософія – мистецтво вмирання, з іншого боку, це досвід виживання, а отже перемоги над смертю. Річард Ліфтон зазначає, що дійсно ця проблематика подвійна, і виникає вона ще в ранніх працях Е. Еріксона з ідентичності, оскільки травма, ідентичність та виживання нерозривно пов'язані: «Дійсно, в таких роботах, які започатковуються як напрямок дослідженнями Е.Еріксон, наявна боротьба за повернення уваги до образу (і загалом фантазування), до означування, до структури, та в цілому питання форми. Ось чому так важливий процес формоутворення...» [4, р. 8].

Р. Ліфтон говорить про досвід здійснення означення невимовного, про надання йому форми: «І саме така якість форми і означення, (що включає подвійне розуміння), на мою думку, є визначальною для людського досвіду» [4, р.7], тобто Р. Ліфтон підкреслює креативний потенціал травми, через несвідоме вона структурує та означає досвід, навіть при помилковості свого вираження, це все одно досвід формотворення, а значить введення невимовного у поля значення і врешті-решт словесного вираження, коли невідконтрольні переживання набувають форму через образ.

Отже культурна травма – це певна точка розриву колишнього досвіду, дійсно трагічна, але в той же час ця точка може стати і точкою росту, порушена екологія душі може відновитись, коли є міцний моральний стрижень.

**Використані інформаційні джерела:**

1. Дяткин Ж. По ту сторону принципа удовольствия <<http://psychoanalysisikharkov.com>>

2. Рикер П. Память, история, забвение, Москва, Изд-во гуманитарной литературы, 2004, 728 с.

3. Alexander J. *Cultural Trauma and Collective Identity*, Oxford : Oxford University Press, 2003, 296 p.

4. Caruth C. *Listening to Trauma: Conversations with Leaders in the Theory & Treatment of Catastrophic Experience*, Baltimore: John Hopkins University Press, 2014, 392 p.

*Тихомирова Т. С., доц., к. т. н.  
Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна*

## **ПЕРСПЕКТИВИ РЕАЛІЗАЦІЇ РЕГІОНАЛЬНИХ ПЛАНІВ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМ ПІСЛЯ ЗАКІНЧЕННЯ ВОЄННИХ ДІЙ В УКРАЇНІ**

До початку активної фази війни на території України у лютому 2022 спостерігалися позитивні зміни у питанні поводження з відходами, особливо твердими побутовими як з боку держави, так й з боку приватного сектора й пересічних громадян.

Позитивні зміни намітилися, перш за все, у відношенні громадян та громад до сортування твердих побутових відходів. Цьому сприяла запроваджена адміністративна реформа (децентралізація), що розпочалась у 2015 році. Громади вимушені були провести глибокий аналіз своїх видатків та доходів. Було визначено, що дотації на транспортування та сплату за захоронення на полігонах твердих побутових відходів може бути зменшена, якщо зменшаться обсяги відходів. Дотації з бюджетів комунальним підприємствам були необхідними з-за низьких тарифів для населення за поводження з відходами та неповноту сплати за цю послугу. Тож багато новоутворених громад замислились над реорганізацією сфери поводження з твердими побутовими відходами та почали не тільки підтримувати сортування відходів серед населення, встановлюючи накопичувачі для роздільного збору сміття, а й сприяючи створенню малих підприємств з переробки деяких видів відходів. Роздільний збір сміття дозволяє перекласти витрати на транспортування відходів на ті компанії, які займаються його переробкою. Яскравим підтвердженням руху громад в цьому напрямку є суттєве збільшення кількості міст, які перейшли на роздільний збір сміття – за різними оцінками від 10 міст у 2005 році до 650 міст на початку 2021 року.

Безумовною запорукою зменшення кількості побутових відходів є обізнаність населення про переваги сортування сміття. Завдяки волонтерським та громадським організаціям в Україні за фінансової підтримки іноземних партнерів було проведено низку освітніх та просвітницьких заходів, серед яких можна відзначити «Роз'яснювальна кампанія у сфері поводження з відходами», яку було реалізовано громадською організацією «Еколтава» за підтримки Глобального проекту «Підтримка ініціативи з експорту технологій захисту довкілля» (впроваджується GIZ\_Ukraine за дорученням Федерального міністерства

довкілля, захисту природи та безпеки ядерних реакторів Німеччини (ВМУ) з листопада 2020 року).

Регіональні плани управління відходами (РПУВ) почали розроблятися в Україні з 2019 року згідно вимог Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року та Рамкової директиви ЄС про відходи на виконання Національного плану управління відходами

У вересні 2020 року першою областю, яка затвердила РУПВ стала Вінницька. 2019-2020 роки стали активним періодом, коли обговорення та розробка РУПВ йшла прискореними темпами, навіть не дивлячись на локдаун, що спіткав країну та світ навесні 2020 року. На кінець 2020 року всі області України мали проекти РПУВ, багато з них проходили завершальні процедури затвердження. Передбачалося, що на повну силу закладені у РПУВ процедури поводження з відходами запрацюють на початку 2022 року.

При розробці РУПВ у кожній області було детально проаналізовано морфологічний склад твердих побутових відходів, зроблено аналіз інших типів відходів – їх кількості, утворювачів, розроблено сценарії поводження з різними типами відходів. Все це спиралося на аналіз працюючих підприємств різних галузей, їх потужностей, кількості населення, розвитку аграрного сектору, а також прогнозів щодо змін за кожним напрямком.

Очевидно, що військові дії на території України вплинуть на реалізацію РПУВ. І якщо регіони можна умовно розділити за ступенем руйнування об'єктів інфраструктури, промислового та аграрного сектору, то кількість населення змінилась асиметрично відносно проведення бойових дій.

РПУВ багато уваги надавало прогнозу збільшення чи зменшення кількості та морфологічного складу твердих побутових відходів, яке базувалося на кількості населення та прогнозів щодо його зміни. Сценарії поводження з твердими побутовими відходами, логістична складова, будівництво сміттєпереважувальних, сміттєсортувальних станції чи запровадження системи мобільних сортувальних станцій базуються саме на очікуваній кількості твердих відходів, яка прямо залежить від кількості населення. Війна принесла суттєві зміни саме у кількості населення в окремих регіонах:

1) масова міграція з східної частини України у центральні та західні регіони. Як наслідок – тимчасове збільшення кількості твердих побутових відходів у місцях скупчення біженців та внутрішньо переміщених осіб. Внутрішня міграція складає понад 10 млн. осіб.

2) міграція з центральних та західних регіонів країни за кордон. Більше 5 млн країнців перетнули кордон після 24.02.2022, але наразі важко оцінити скільки з них мешкали у якій частині країни. За різними оцінками, переважна більшість все ж таки була саме зі східних, південних та центральних регіонів України.

Спрогнозувати хвилі повернення та регіони повернення, так само як й терміни повернення населення після закінчення війни наразі не можливо. Це буде залежати від багатьох факторів – збереження помешкань, наявність роботи, темпи відновлення інфраструктури та здобутків, які біженці встигнуть отримати за час перебування за кордоном. Очевидним є кардинальна зміна в економічних розрахунках доцільності побудови об'єктів поводження з твердими побутовими відходами, принаймні у східних регіонах України.

Другим критичним питанням для реалізації РПУВ є збереження та відновлення промислових та аграрних підприємств після закінчення війни. Знов ж таки, східні та південні регіони є найбільш постраждалими під час бойових дій, відновлення певної кількості підприємств, що були утворювачами різних типів відходів, зокрема сільськогосподарських, не є економічно доцільним та швидким.

У різних сценаріях поводження з сільськогосподарськими відходами передбачалося й виробництво біопалив, й зелена енергетика, й виробництво добрив. Всі ці сценарії також залежать від кількості утворених відходів даного типу та їх локалізації для зменшення витрат на транспортування при впровадженні нових систем поводження з ними.

Оцінити та спрогнозувати темпи відновлення підприємств наразі складніше, ніж визначитися з кількістю населення. Потенційно при грамотній податковій та економічній політиці держави та залучення інвестицій певні групи підприємств будуть відновлюватися прискореними темпами, тоді як інші взагалі можуть не відновитися. Аграрний сектор, за попередніми прогнозами, буде відновлюватися швидко, але це стосується вирощування продукції та першого етапу її переробки, наприклад борошномельні заводи. Підприємства складного технологічного циклу, такі як молокозаводи, цукрові заводи, консервні заводи потребують більшого терміну на відновлення. Саме вони є утворювачами значної кількості сільськогосподарських відходів.

Можливим сценарієм поводження з промисловими та аграрними відходами є створення тимчасових схем, як будуть діяти на період запуску економіки країни. Такі схеми повинні бути гнучкими для того, щоб реагувати на змін потоків відходів та не включати в себе дуже дорого вартісних та тривалих будівництв. Із часом можливе повернення до напрацьованих у РПУВ сценаріїв. Рішення та методологія створення та розробки тимчасових схем повинна бути ініційована відомчими органами, які наразі повинні усвідомити неможливість реалізації розроблених РПУВ у значній частині України миттєво після закінчення активної фази війни.

*Тітова А. О., аспірант, Шмандій В. М., д.т.н., проф.  
Кременчуцький національний університет імені Михайла  
Остроградського, м. Кременчук*

## **ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ РУЙНАЦІЇ У ВОЄННИЙ ТА ПОВОЄННИЙ ЧАС**

У ході ведення бойових дій на території України, пошкоджено чи повністю зруйновано значну кількість об'єктів цивільної, транспортної, воєнної інфраструктури. Багато будівель підлягають демонтажу. В результаті проведення робіт з розчищення завалів утворюється значна кількість відходів руйнації, які потребують належних умов поводження з ними.

Наразі в Україні розробляються механізми утилізації та повторного використання так званих будівельних відходів, що утворились внаслідок руйнувань під час війни. Розглядається можливість повторного використання відходів при відновленні пошкоджених об'єктів, а також при виробництві будівельних матеріалів. Непридатні для переробки та повторного використання матеріали підлягатимуть складуванню на спеціально відведених полігонах. Для цього профільними міністерствами розробляються методологічні рекомендації, які дозволять унормувати діяльність поводження з такими відходами.

Нажаль, обсяги відходів руйнації набувають все більшого масштабу. Вже сьогодні проводяться роботи з їх ліквідації. Зібрані відходи залишаються на територіях тих міст та територіальних громад, на яких вони утворились.

Із огляду на те, що на сьогоднішній день в Україні існує незначна кількість полігонів будівельних відходів, можна стверджувати що спеціальних місць для складування відходів майже не має. Найбільший полігон будівельного сміття знаходиться у м. Київ, який переповнений та використання якого не рекомендується. Полігон промислових відходів м. Харкова було знищено в ході проведення бойових дій.

Відведення нових земельних ділянок під полігони тимчасового зберігання або видалення відходів руйнації потребує значного часу та капіталовкладень у будівництво. Адже за чинним законодавством, полігони повинні відповідати вимогам Державних будівельних норм. Це означає, що оперативно вирішити питання будівництва спеціалізованих полігонів не є можливим. І в найближчій перспективі відходи будуть вивозити на полігони побутових відходів, або залишати на тимчасово відведених ділянках.

Тобто, на сьогодні, в умовах відсутності спеціально відведених місць для тимчасового зберігання відходів, фактично відбувається засмічення

земельних ресурсів, що має негативні наслідки для довкілля. Видалення відходів на необладнаних сміттєзвалищах призводить до забруднення навколишнього природного середовища. Утворений фільтрат, який, протікаючи через товщу відходів, здатний забруднювати ґрунти та підземні води небезпечними рідинами багатоконпонентного хімічного складу. Однією з головних проблем ґрунтового покриву є його забрудненість важкими металами, вміст яких часто перевищує гранично допустиму концентрацію. Токсичність ґрунтів спричиняють сполуки таких важких металів як свинець, кадмій, цинк та мідь. Надлишкова кількість важких металів у ґрунтах – це дуже небезпечний екологічний фактор, дія якого посилюється через проникнення сполук важких металів у ґрунтові води [1].

Щодо використання відходів в якості вторинних ресурсів для відновлення об'єктів інфраструктури, будівництва доріг, виготовлення будівельних матеріалів, такі заходи теж потребують урегулюванню на законодавчому рівні. Адже, Україна не має в достатньому обсязі чинних нормативів, стандартів, інструкцій, правил та ін. нормативних документів, які б визначали шляхи реалізації та використання таких матеріалів у майбутньому.

За для запровадження механізму, який вже сьогодні дозволить використовувати відходи руйнації в якості вторинної сировини з мінімальними негативними наслідками для довкілля, пропонуємо наступні етапи проведення робіт.

1. Перед проведенням робіт, пов'язаних із розбором завалів будівель, в першу чергу необхідно знешкодити об'єкт від вибухонебезпечних речовин та отримати висновок спеціалістів про розмінування.

2. Врегулювати правові відносини із власниками зруйнованих об'єктів, отримати дозвіл про доступ до майна, а також про перехід права власності на відходи, отримані в процесі проведення робіт.

3. В процесі збирання відходів, проводити відокремлення небезпечних відходів (шифер, рубероїд, відходи електричного та електронного обладнання, тощо). Небезпечні відходи вивозити на полігони промислових відходів.

4. Безпечні будівельні відходи, за можливістю, на місці проведення демонтажу подрібнювати пересувними дробарками. Подрібнений матеріал перевозити на полігони побутових відходів.

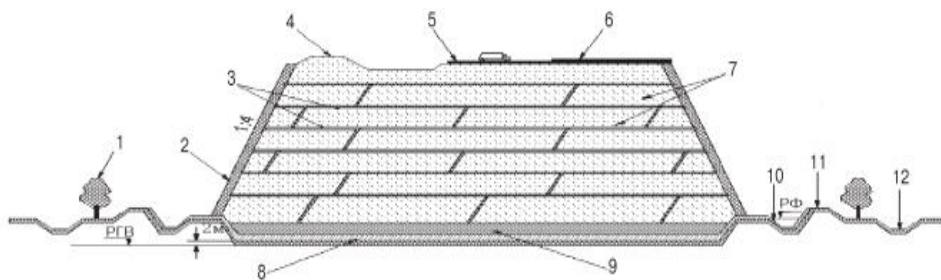
5. За відсутності пересувних або стаціонарних подрібнювачів будівельних відходів пропонуємо вивозити сміття на спеціально відведенні для цих цілей майданчики на полігонах твердих побутових відходів.

Подрібнене будівельне сміття доцільно використовувати в якості ізолюючого шару при ущільненні побутового сміття, або для улаштування тимчасових доріг, укріплення укосів [2].



Із огляду на те, що в Україні значна кількість сміттєзвалищ потребує рекультивації, а в сучасних умовах господарювання при недостатньому фінансуванні такі роботи майже не виконуються, відходи будівництва доцільно використовувати в процесі рекультивації. А саме при технічному етапі рекультивації, коли проводяться роботи з вирівнювання куполу полігону та його ущільнення [3].

Отже, використання відходів можливе в якості бічного зовнішнього ізоляційного шару, проміжного ізолювального шару, що не суперечить вимогам державних будівельних норм (рис. 1).



**Рис.1. Схема полігону ТПВ з ізолюючим шаром:** 1- лісова смуга; 2 – бічний зовнішній ізолювальний шар; 3 – проміжний ізолювальний шар; 4 – ТПВ, які укладаються на робочій карті; 5 – тимчасова тупикова дорога; 6 – тимчасовий проїзд з твердим покриттям; 7 – ТПВ; 8 – природна або штучна водонепроникна основа; 9 – насичені фільтратом відходи; 10 – лоток для збирання та відведення фільтрату; 11 – обвалування; 12 – нагірна канава для збирання дощових і талих вод

Реалізація запропонованого методу утилізації відходів руйнування споруд, дозволить зменшити потребу у виділенні нових земельних ділянок для тимчасового складування відходів, що спричинить зниженню негативного впливу сміття на земельні ресурси.

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

1. Шмандій В. М. Управління екологічною безпекою на регіональному рівні (теоретичні та практичні аспекти): дис. докт. техн. наук: 21.06.01 «Екологічна безпека». Харків, 2003. 356 с.

2. Державні будівельні норми України. Проектування. Полігони твердих побутових відходів. Основні положення проектування. ДБН В.2.4-2-2005.

3. Titova A., Shmandiy V., Kharlamova O., Rygas T., Malovanyu M. *Technological aspects of landfill reclamation using industrial waste. Monografie – Politechnika Lubelska. Water Supply and Wastewater Disposal Designing, Construction, Operation and Monitoring IV, Lublin 2022. P. 293–311.*

*Ткаченко Т. М., д. т. н., професор,  
Лопатюк Я. Б., студент  
Київський національний університет будівництва і архітектури,  
м. Київ, Україна*

## **ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ УТИЛІЗАЦІЇ СМІТТЯ ЧЕРЕЗ НАДМІРНЕ ВИРОБНИЦТВО ОДЯГУ «ШВИДКОЇ МОДИ»**

Сучасний розвиток модної індустрії [1] пов'язаний із трьома аспектами, які суперечать принципам сталого розвитку:

- необмеженим здешевленням одягу за рахунок максимального зниження вартості сировини, зменшення оплати праці робітників, погіршення умов праці, нехтування елементарними правилами безпеки тощо;

- нарощуванням темпів виробництва одягу, зокрема за рахунок надвиробництва сировини шляхом нехтування екологічною безпекою в сільському господарстві;

- необмеженої експлуатації людської праці;

- стимулюванням хижацького попиту на одяг завдяки психологічному впливу на молодь через рекламу;

- навіювання споживацьких «стандартів» життя на кшталт «кожна подія – інший образ»;

- пропаганді шопоголізму тощо.

Такий напрям розвитку приносить надприбутки власникам модних брендів [1], але призводить до знецінення робочої сили та нехтування технікою безпеки й екологічними наслідками. Результатом стають масштабні аварії на виробництві з численними жертвами та неконтрольоване забруднення навколишнього середовища [2]. Внесок цієї індустрії у виділення парникових газів досягає 4% [2]. Зокрема, атмосферне повітря забруднюється [1]:

- при вирощуванні натуральної рослинної сировини, наприклад бавовни, через розбризкування отрутохімікатів та добрив;

- при виробництві синтетичних волокон, фарбників та інших хімікатів;

- при фарбуванні тканин, обробленні шкіри тощо;

- при утилізації продукції, яка викидається на сміття не з причини зношення, а через надлишок речей у гардеробі.

Перші три джерела вимагають складних методик розрахунку, що ускладнюються численними та неконтрольованими порушеннями технології, дозування тощо. Тому в даній роботі розглянемо лише останнє джерело, що на сьогодні достатньо детерміноване і може бути оцінено за відомими методиками.

Після обвалення у 2013 р. підприємства Рама-Плаза в Бангладеші з багатотисячними жертвами та покаліченими співробітниками проблема умов та охорони праці на таких підприємствах набула широкого розголосу. У 2015 р. було розпочато кампанію «Fashion Revolution» [3] за глобальну індустрію моди, яка зберігає й відновлює навколишнє середовище та цінує людей понад зростання та прибуток. Україна 88-ою долучилася до цієї кампанії [4], у рамках якої більшість проблем було добре висвітлено. Однак, проблема утилізації надлишково виробленої продукції на сьогодні не достатньо проаналізована.

У роботі [5] автори досліджують проблему утилізації сільськогосподарських відходів. І хоча ці відходи вироблено з секвестрованим рослинами вуглекислим газом, спалювання їх призводить до глобального потепління. Особливо це стосується «швидкої моди», оскільки секвестрація відбувається на сході, а спалювання – на заході. При певних обсягах виробництва виникатиме перерозподіл концентрації вуглекислого газу. Значно більш перспективним є виробництво матеріалів, наприклад активованого вугілля. Але це вимагатиме достатньої якості відходів. Вони не повинні містити шкідливі та небезпечні речовини, які можуть вноситися при безконтрольному виробництві «швидкої моди».

Летюча зола від електростанцій 100% утилізується у В'єтнамі у багатофункціональні аерогелеві композити для тепло- та звукоізоляції [6]. Ці композити мають густину 45...60 кг/м<sup>3</sup> та коефіцієнт теплопровідності 0,035...0,040 W/(m·K). Летюча зола від спалювання вугілля та жому виявилася цінною сировиною для виробництва фільтрувальних матеріалів задля очищення стічних вод [7].

При спалюванні біомаси та твердих міських відходів виявлено суттєву кількість ціановодню та ацетилену [8], що в подальшому перетворюються на оксиди азоту та частки сажі.

Якщо оксиди азоту та сірки можна очищувати в спеціальних фільтрах, то діоксид вуглецю, що є парниковим газом, очистити значно важче [9]. Цей газ обіймає понад 75% усіх парникових газів у атмосфері [9]. У більшості випадків він викидається без зниження концентрації. Останнім часом у зв'язку з глобальним потеплінням почали розроблятися методи очищення [9]. Найбільш перспективним виглядає адсорбція. Автори роботи [9] пропонують використовувати зольний залишок пальмової олії з котлів заводів. Проблемою адсорбентів є необхідність їхньої утилізації.

Спалювання сміття в окремих містах, що відповідають концепції сталого розвитку, є основним джерелом теплопостачання. Зокрема, у Швеції такий підхід призвів до нестачі сміття та потреби його закупівель в інших країнах [10]. Однак, це призводить до потреби транспортування сміття на великі відстані. При цьому відбувається потрійне забруднення довкілля:

- через додаткове спалювання палива транспортними засобами;
- через біохімічні процеси та випаровування рідин у самому смітті;

- через можливі дорожньо-транспортні пригоди за участю транспортних засобів, що перевозять сміття.

Може виникнути думка, що надвиробництво одягу може мати й позитивний ефект, зокрема для теплопостачання. З іншого боку, існують і негативні технічні аспекти, зокрема надмірна продуктивність вуглекислого газу та наявність хімічних домішок. Через таку неоднозначність 12-а мета сталого розвитку [10] – «Відповідальне споживання та виробництво» – передбачає постійне зменшення продукування сміття. Подібні суперечності вимагають детального аналізу задля підтвердження правильності сучасного напрямку сталого розвитку.

Використання викинутого надмірно спожитого одягу для теплопостачання можливе, але має більші негативні екологічні наслідки, аніж викопне паливо, навіть вугілля.

Проведеними нами розрахунками встановлено, що усереднений викид вуглекислого газу на одиницю енергії становить:

- при спалюванні природного газу 58,74813 кг/ГДж;
- при спалюванні мазуту 76,66263 кг/ГДж;
- при спалюванні вугілля 93,74 кг/ГДж;
- при спалюванні целюлози і бавовни 102,84 кг/ГДж.

Таким чином, через подібні екологічні наслідки 12-а мета сталого розвитку «Відповідальне споживання та виробництво» передбачає як пріоритет зменшення обсягу продукування сміття, і лише у другу чергу – екологічно чисту його утилізацію.

Зменшення продукування сміття неможливо досягти лише технічними засобами. Необхідна зміна життєвих цінностей і пріоритетів від споживацтва до сталого розвитку. Якщо розглядати гроші не як кінцеву мету, а як платіжний інструмент, то виправдання хижацькому накопиченню капіталів знайти неможливо. Адже досягти добробуту та впевненості в завтра в очікуванні екологічної катастрофи неможливо.

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

1. *The True Cost [Electronic resource]. URL: <https://truecostmovie.com>. – Access date: 10 December 2021*

2. *Fashion Transparency Index: Executive Summary 2021 [Electronic resource].*

*URL: [https://issuu.com/fashionrevolution/docs/fashiontransparencyindex\\_2021\\_execsummary](https://issuu.com/fashionrevolution/docs/fashiontransparencyindex_2021_execsummary). – Publishing date: 6 July 2021*

3. *We are Fashion Revolution [Electronic Resource]. – URL: <https://www.fashionrevolution.org/europe/ukraine/>. – Access Date: 10 December 2021*

4. *Fashion Revolution Ukraine [Electronic Resource]. – URL: <https://www.fashionrevolution.org>. – Access Date: 10 December 2021*

5. Manoj Kumar Jha. *Surface Modified Activated Carbons: Sustainable Bio-Based Materials for Environmental Remediation* / Manoj Kumar Jha, Sahira Joshi, Ram Kumar Sharma, Allison A Kim, Bishweshwar Pant, Mira Park, Hem Raj Pant // *Nanomaterials*. 2021. Vol. 11. Iss. 11. 3141. <https://doi.org/10.3390/nano11113140>
6. Nga Hoang Nguyen Do. *Green Fabrication of Multi-functional Aerogel Composite from Fly Ash and Recycled Plastic Fibers for Heat and Sound Insulation* / Nga Hoang Nguyen Do, Oanh Hong Thi Cao, Man Thi Kim Tran, Kien Anh Le, Phung Thi Kim Le // *Chemical Engineering Transactions*. 2021. Vol. 89. P. 25–30. <https://doi.org/10.3303/CET2189005>
7. April Anne S. Tigue. *Synthesis of Pervious Geopolymer from Coal Fly Ash and Bagasse Fly Ash for Copper Removal* / April Anne S. Tigue, Jacen Mariel S. Catapang, Charles Steven N. Chang, Kenneth A. Collo, Winarto Kurniawan, Hirofumi Hinode, Aileen H. Orbecido, Michael Angelo B. Promentilla // *Chemical Engineering Transactions*. 2021. Vol. 88. P. 817–822. <https://doi.org/10.3303/CET2188136>
8. Wubin Weng. *Simultaneous Quantitative Detection of HCN and C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> in Combustion Environment Using TDLAS* / Wubin Weng, Marcus Aldén, Zhongshan Li // *Indonesian Journal of Chemistry*. 2021. Vol. 9. Iss. 11. 2033. <https://doi.org/10.3390/pr9112033>
9. Novi Sylvia. *Characterization of Bottom Ash Waste Adsorbent from Palm Oil Plant Boiler Burning Process to Adsorb Carbon Dioxide in a Fixed Bed Column* / Novi Sylvia, Fitriani Fitriani, Rozanna Dewi, Rizka Mulyawan, Abrar Muslim, Husni Husin, Yunardi Yunardi, Mutia Reza // *Indonesian Journal of Chemistry*. 2021. Vol. 21. №6. P. 1454–1462. <https://doi.org/10.22146/ijc.66509>
10. *What are the Sustainable Development Goals?* [Electronic Resource]. – URL: <https://www.undp.org/sustainable-development-goals>. – Access Date: 10 December 2021.

## **ВИКОРИСТАННЯ 5G ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОВЕДЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ РОБІТ**

Сільське господарство є основою людського виживання у кожній країні світу і питання підвищення ефективності землеробства завжди було і залишається актуальним. Нову еру в історії сучасного сільського господарства розпочинає 5G, підтримуючи автоматизацію повторюваних і трудомістких завдань у режимі реального часу.

Мета статті полягає у теоретичному обґрунтуванні ефективності використання 5G технологій у галузі сільського господарства.

За даними Державного комітету статистики України рівень розораності території становить майже 72%, і це один із найбільших показників у світі. У нашій країні в сільськогосподарській галузі задіяно понад 16% населення (у середньому по розвинутих країнах, згідно з дослідженнями FAO, цей показник не перевищує 9%). Проте екстенсивність використання посівних площ і надмірне використання трудового капіталу не скоротили істотний розрив із провідними країнами світу. Вочевидь, недоліком є застарілий метод проведення сільськогосподарських робіт [1].

Сталість отримання врожаю ніколи не була такою важливою в Україні, як у 2022 році, і розумне сільське господарство разом зі впровадженням 5G може відігравати ключову роль у виробництві харчових культур. П'яте покоління мереж мобільного зв'язку забезпечує високошвидкісний зв'язок між датчиками та пристроями в режимі реального часу, надаючи наступні переваги точному землеробству:

- доступ до більшого підключення та більше можливостей;
- швидший двосторонній зв'язок і більш точні польові операції;
- здатність приймати швидші та кращі рішення [2].

Розумне землеробство та точне землеробство дуже залежать від пристроїв Інтернету речей для підтримки зв'язку між даними з поля та розумними пристроями, які використовуються для управління господарством.

На сьогодні у багатьох віддалених сільських населених пунктах і полях недоступно надійне підключення до Інтернету і це, в свою чергу, перешкоджає спробам якісно застосовувати системи точного землеробства. Більш того, в сільськогосподарських угіддях, що мають високі, щільні дерева або хвилястий рельєф місцевості з істотними перепадами висот, прийом сигналів GPS стає великою проблемою. Тож, перш ніж

запроваджувати технології розумного та точного землеробства з підтримкою AI та IoT, потрібно подбати про стабільний та надійний мобільний зв'язок, що гарантує п'яте покоління мереж мобільного зв'язку.

На сільське господарство впливають зміна клімату, рівень технологій зрошування, додавання добрив, пестицидів, зміни попиту та пропозиції, робоча сила в умовах карантину, порушення ланцюга поставок, велика кількість втрат продовольства та харчових відходів тощо. Нижче наведено приклади рішень перерахованих проблем за допомогою використання технології розумного та точного землеробства з підтримкою AI, IoT та 5G.

Згідно з доповіддю Національної академії наук, підвищення середньої глобальної температури на кожен градус Цельсія може знизити світові врожаї сої на 3%, пшениці на 6% і кукурудзи на 7%. Однією з причин є вплив зміни клімату на шкідників і хвороби тварин, оскільки ці зміни можуть змусити їх поширюватися на нові регіони, створюючи інвазивні види, які можуть бути шкідливими для сільськогосподарських культур. Точне землеробство з підтримкою 5G значно допоможе агрохолдингам у вирішенні проблем, викликаних зміною клімату. Існуючі технології дозволяють фермерам збирати дані з дистанційних датчиків з підтримкою IoT про кліматичні умови та стан посівів. Ці інструменти також використовують штучний інтелект або алгоритми машинного навчання, щоб передбачити сприйнятливості культур до хвороб і інформувати фермерів про те, де саме шкідники та хвороби вражають посіви. Виконуючи детальні прогнози погоди на рівні поля, штучний інтелект також рекомендує найефективніший час для обробки або найкращий час для посіву.

Використання технологій точного землеробства сприяє значному зменшенню втрат продовольства та харчових відходів. За даними агрохолдингу «Контінентал Фармерз Груп» сингуляція за сівби соняшнику складає більше 96,5%, за сівби кукурудзи – 99,4 %. Відповідно до дослідів, проведених на кукурудзі, 1% втрати сингуляції – це 160 кг недобраного врожаю. У результаті впровадження технологій точного землеробства вдалося досягти вдвічі меншого витоптування відносно попередніх результатів із системами автоматичного управління у міжрядді на оприскувачах, також було здійснено сівбу без перекриття з системами автоматичного відключення секцій [5].

Позитивним моментом є те, що в останніх роках в Україні спостерігається концептуальний розвиток нових технологій в агропромисловому комплексі. На даний момент налічується близько 70 агротехнічних стартапів, які працюють у різних галузях, наприклад, в управлінні фермою та точності сільськогосподарські рішення, дрони та дистанційне зондування, а також початок роботи у міському сільському господарстві. Крім того, великі українські агрохолдинги беруть участь у власних та спільних сільськогосподарських проектах, працюють з електронним сільським господарством таких компаній, як Vitrek та

Craftscanner (автоматичне регулювання глибини обробітку ґрунту). Також існує асоціація AgTech Ukraine, яка просуває роль ІТ у сільському господарстві. На жаль, зараз у країні немає державних венчурних фондів, які б допомагали розвивати технології в розумного землеробства. Інвестують у розвиток агростартапів потреб окремих агрохолдингів тільки приватні інвестори [3].

Перехід на 5G – це великий повштовх для економіки порівняно з стрибком, який був досягнутий, при впровадженні 4G замість 3G. Ключовою перевагою п'ятого покоління мереж мобільного зв'язку є багаторазово вища швидкість передачі в порівнянні з мережами 4G та в рази менша затримка передачі даних, що є характеристикою дротових каналів зв'язку. Саме ці характеристики є причиною того, що дрони все частіше підключаються до мереж 5G. А саме, дрони в першу чергу збирають дані. Можливість миттєво передавати дані відкриває нові можливості, такі як застосування штучного інтелекту, передача відео в режимі реального часу та керування дроном. Приклад роботи системи розумного землеробства зображено на рис. 1.



Рис.1. Принцип роботи системи розумного землеробства



Мережі 5G можуть створити абсолютно нові можливості, якщо розглядати використання дронів або тракторів із автоматизованими системами управління для виконання всієї роботи на деяких сільськогосподарських угіддях без значного втручання людини. Посів, повний моніторинг та захист посівів, моніторинг погодних умов, збирання врожаю чи збирання врожаю – це роботи, які сьогодні сільськогосподарська техніка може виконувати абсолютно самостійно [4].

Отже, застосування технології 5G, що дозволяє використовувати вищу щільність пристроїв (датчиків) – мільйон на квадратний кілометр, менше енергії підключення, вищі швидкості та кращу пропускну здатність, ніж 4G. Крім того, рішення 5G не вимагають складної локальної IT-інфраструктури. Управлінські рішення будуть засновані на інформації, отриманій від мережі датчиків Інтернету речей, що точніше і набагато зручніше методу попереднього ручного введення даних.

Кінцевим ефектом є більш економне виробництво та значна економія сировини, праці людей і машин, а також економія споживання енергії. Завдяки своєчасній інформації, зібраній за допомогою системи, вплив людського фактору зведено до мінімуму і виконано усі умови для прийняття найкращого управлінського рішення. Як наслідок, можна зробити висновок, що застосування технології мережі 5G підвищує ефективність виробництва продуктів харчування в сільському господарстві, одночасно піднімаючи екологію, економіку та якість життя на вищий рівень.

#### *Використані інформаційні джерела:*

1. Федірець О.В. *Управління інноваціями при впровадженні технологій точного землеробства в Україні. Полтавська державна аграрна академія. 303 с.*
2. *5G in agriculture: how smart farming is transforming the oldest industry [електронний ресурс] режим доступу: <https://www.verizon.com/about/news/5g-in-agriculture-smart-farming-transforming-industry> – 10.05.2022 р.*
3. *Ukraine in the global innovation dimension report 2007-2017 [електронний ресурс] режим доступу: [http://www.singularityukyiv.com/wp-content/uploads/2018/05/ureport\\_final-version\\_1.pdf](http://www.singularityukyiv.com/wp-content/uploads/2018/05/ureport_final-version_1.pdf) – 15.05.2022 р.*
4. *The future of agriculture: 5G-powered smart farming [електронний ресурс] режим доступу: <https://www.cropin.com/blogs/the-future-of-agriculture-5g-powered-smart-farming> – 14.05.2022 р.*
5. Дмитро Зайцев: *7 аргументів на користь точного землеробства [електронний ресурс] режим доступу: <https://traktorist.ua/articles/dmitro-zaycev-7-argumentiv-na-korist-tochnogo-zemlerobstva> – 17.05.2022 р.*

*Трегубов Д. Г., к. т. н., НУЦЗУ, Харків, Україна*

## **ЕЛЕКТРОХІМІЧНІ РЕЖИМИ ЗНЕШКОДЖЕННЯ СТІЧНИХ ВОД У СИСТЕМІ З ОБ'ЄМНИМ ЕЛЕКТРОДОМ**

Розвиток промислового виробництва супроводжується утворенням нових водних забруднених багатоскладових систем, які підлягають очищенню для захисту природних водойм або на стадіях оборотного водопостачання. До таких належать стічні води коксохімічного (КХВ), металургійного та гальванічного (ГВ) виробництв, які містять органічні та неорганічні забруднення, у тому числі іони важких металів та бенз(а)пірен. Але стандартні технології дозволяють видаляти важкі метали з одночасним підвищенням солемісту води. Сучасне кінцеве водоочищення шляхом біохімічної обробки потребує глибокого попереднього видалення багатьох сполук, які негативно впливають на життєдіяльність специфічних мікроорганізмів: фенолів, роданідів, смол, масел, бенз(а)пірену та ін.

Широкий спектр впливів на водну систему та просту технологію має електрохімічна обробка. Електрична енергія вводиться в оброблювану воду та перетворюється в енергію хімічних реакцій або руху частинок. Реакції протікають на межі електрод-електроліт із формуванням сукупності активних продуктів. Перевагою таких методів є повна чи часткова відмова від споживання хімічних реагентів та безперервність обробки. Водночас, за умови поєднання з іншими методами впливу є можливість очищати промислові стічні води від домішок різного складу та дисперсності й знизити їх ХПК з 20000 до 100 мгО<sub>2</sub>·дм<sup>-3</sup> [1] без збільшення солемісту.

Стічні води ГВ забруднені з'єднаннями важких металів (наприклад, хрому) з вмістом до 100 мг·дм<sup>-3</sup>. Їх очищення проводять реагентними або електрохімічними методами [2]. Ефективність електрохімічної технології визначає матеріал аноду. Поширені аноди (оксидно-рутенієві та оксидно-іридієві, покриті титаном) передбачають обробку концентрованих розчинів NaCl [3]. Існують більш ефективні покриття потрійним сплавом Co–Mo–W [4]. Також стійкими до розбавлених розчинів NaCl є графітові матеріали. Активізацію анодних процесів досягають розвитком реакційної поверхні в умовах насипного аноду у сітчастому корпусі; заповненням електролізеру насипним електродом (кожна частинка має функції аноду та катоду) [3, 6].

Коагулянти (гідроксиди) отримують електрохімічним розчиненням аноду з заліза або алюмінію з коагуляцією забруднень води в іншій камері [5], що збільшує вихід сорбенту за током порівняно з електролізом, усуває пасивацію й зашламлення анодів забрудненнями води, дозволяє розчинювати металеві виробничі відходи. Перша стадія триває до 12 год., а роздільність технології вилучає з очищення інші електрохімічні ефекти.

Гальванокоагуляція з короткозамкненим гальванічним елементом «Fe-кокс» відновлює Cr(VI) до Cr(III), який у стані гідроксиду осаджується гідроксидом Fe(II). Така технологія спрощує електроживлення та знижує енерговитрати на очищення у 10 разів до  $0,5 \text{ кВт} \cdot \text{год} \cdot \text{м}^{-3}$ , усуває пасивацію, дозволяє використати металеві відходи. Процес триває у широкому діапазоні значень рН та температур води. Осад, що утворюється, легко видаляється. Однак підтримання заданої якості технологічного процесу ускладнюється повільністю електрохімічних реакцій, що вимагає більших розмірів апаратів, та флуктуаціями сили струму в об'ємному електроді. Видаленню забруднень може допомогти електрофлотація: гази електролізу утворюють пухирці та за адгезії до них частинок забруднень утворюються агрегати, які спливають на поверхню рідини.

Поширене електрохімічне водоочищення за умови бездіафрагмового електролізу на нерозчинних електродах і наявності хлор-іонів (наприклад, додавання NaCl із низькими концентраціями). При цьому у воду переходять гіпохлорит натрію та молекулярний хлор,  $E_h$  розчину зростає до 1000 мВ. Графітові електроди мають збільшену поруватість та розвинуту робочу поверхню, що гальмує вихід хлору за струмом та інтенсифікує виділення кисню. При розчиненні залізних анодів за такої технології  $E_h$  знижується до -800 мВ за рахунок іонів Fe(II). Це дозволяє відновлювати Cr(VI) [5, 6], при цьому рН може зростати до 10 за енерговитрат 2000 Кл/л. Однак, хлорування стічних вод може призвести до утворення хлорорганічних сполук, які потребують більш глибокого очищення.

Існує вид очищення стічних вод шляхом їх обробки мікророзрядами в середовищі об'ємного електроду: за подачі напруги у системі виникає електричний струм великої густини з утворенням у місцях контакту частинок численних електричних розрядів із температурою до 5000 °C та тиском до 100 МПа [8]. Більш інтенсивне введення енергії в робочій простір дозволяє зменшувати розміри апаратів. Температура іскри ініціює розкладання більшості речовин на прості сполуки, іони та вільні радикали. При цьому до 95% введеної енергії переходить у теплову, до 20% – витрачається на механічну роботу, до 10% – випромінюється [8]. Формується комплекс фізичного і хімічного впливів на забруднюючі воду домішки, а до електрохімічних ефектів додається високотемпературний вплив мікророзряду і пов'язані з ним процеси. Продукти плазмохімічних реакцій миттєво «заморожуються» у воді. Випромінювання у різних діапазонах ініціює подальші паро- та рідкофазні реакції, утворюються окисники, радикали та зона стиснення. Електричний розряд знезаражує воду, сприяє коагуляції та окисненню сполук. Однак сам мікророзряд має крапкову дію, що обумовлює неможливість рівномірної обробки. Тому ефективно очищення стічних вод у мікророзрядах може бути досягнуто лише за використання усього комплексу перелічених впливів.

Окиснення під дією мікророзрядів протікає шляхом плазмохімічних,

електрохімічних, термоокислювальних, фотохімічних і вторинних реакцій з утворенням нетоксичних сполук, аж до діоксиду вуглецю, сульфатів, азоту і води. Джерелом активних елементів є вода, яка у зоні розряду розкладається до атомарного кисню і водню. Мікродуги створюють ерозію карбонових електродів та розкладання органічних сполук із утворенням дисперсного карбону, який адсорбує органічні домішки стічних вод.

В умовах металевого об'ємного електроду зменшуються втрати на створення мікродугового розряду у середовищі стічної води. Тому ерозія металевих електродів виникає за меншої електричної потужності з насиченням води великою кількістю дрібнодисперсних часток металу та наступним утворенням коагулянту. Наночастинки гідроксидів металів активно сорбують інші молекули з утворенням міцних сольватних комплексів. Але при цьому не видаляються органічні сполуки.

Досліджено [2, 7] обробку стічних вод електророзрядами з напругою живлення до 1000 В та великою густиною введення потужності. Для утворення мікродугового розряду амплітуда електричної напруги повинна корелювати з відстанню між електродами, яку заповнено об'ємним електродом. В умовах мережевої напруги діють різнополярні імпульси, що виключає з процесу обробки багато електрохімічних ефектів. При випрямленні струму виникають уніполярні імпульси з частотою 100 Гц. Але у різні моменти часу на систему діє напруга різної амплітуди, що ініціює електрохімічні процеси різного характеру та інтенсивності. Виникає потреба зменшення частки низьковольтних впливів, що досягають режимами: випрямлена напруга без коливань; розряд електричного конденсатора; тиристорне «вирізання» максимуму мережевої напівхвилі.

Для досягнення ефективності такого очищення води проведено добір технологічних і електричних параметрів системи, властивостей електродів, геометрії реактора для даного режиму обробки. За дії короткого імпульсу з великою амплітудою зростає кількість мікродуг, реакційна поверхня та об'єм плазми розрядів. Енергія розподіляється пропорційно електричним опорам у системі «об'ємний електрод–мікродуга–стічна вода». Генерація мікродуг стає можливою, якщо електроопір сухого об'ємного електроду становить до 0,2 Ом·м [7]. Більш електропровідні кокси фракції 5-7 мм зменшують цей показник до 0,06 Ом·м, що знижує втрати потужності на утворення режиму мікророзрядів до 7% та підвищує видалення роданідів до 97% за їх вмісту 1 г/дм<sup>3</sup>. Питома електрична потужність початку генерації мікророзряду в імпульсному режимі – 1,6 Вт/см<sup>3</sup>, для змінного та постійного струмів – 13 і 16 Вт/см<sup>3</sup>, тобто знижується у 8-10 разів.

Ефективна мікродугова обробка реалізується за напруги в імпульсі до 1000 В, частоти до 500 Гц та тривалості 0,1-0,4 мс, що зменшує енерговитрати. Збільшення електричної напруги на електродах на 2 % підвищує глибину очищення у 2 рази, інтенсифікує утворення дисперсного сорбенту, піроліз у мікророзрядах, наступні окисні процеси. Збільшення

частоти імпульсів посилює рівномірність обробки. Збільшення ширини електродів за незмінної потужності імпульсної обробки підвищує кількість паралельних ланцюгів мікророзрядів та зменшує потужність одного мікророзряду. За зміни швидкості потоку виявлено механізми очищення у мікророзрядах: 1) інтенсивність деструкції домішок меншає за збільшення швидкості потоку, оскільки меншає кількість мікродуг на одиницю поданої води; 2) поки сорбент є у надлишку, прискорення потоку покращує очищення; надалі виникає його нестача і погіршення очищення.

За умови видалення зі стічної води важких металів, потужність, що подається до реактору з об'ємним електродом у режимі електроімпульсної коагуляції  $4,5\text{--}6,5 \text{ Вт/см}^3$ , а витрата енергії  $2\text{--}2,5 \text{ кВт/м}^3$  з інтенсивністю очищення  $1 \text{ м}^3/\text{год}$  [2]. Стічні води КХВ містять феноли та роданіди, які електроімпульсна коагуляція не видаляє, тому для їх вилучення використано об'ємний електрод із металургійного коксу. При цьому більш рівномірний вплив на забруднення води створювали частинки карбону розміром до  $5 \text{ мкм}$  за рахунок адсорбції органічних домішок. Більш повільно видаляються роданіди зі ступенем вилучення до  $97\%$ . Подана до реактору потужність становила  $2\text{--}3 \text{ Вт/см}^3$ , а витрата енергії на очищення стічної води –  $20 \text{ кВт/м}^3$  (або  $10 \text{ кВт/м}^3$  для доочищення після біохімічної установки) за подачі води  $0,15 \text{ м}^3/\text{год}$  [7]. Видалення органічних сполук протікає ефективно за потужності  $2 \text{ Вт/см}^3$ , роданідів –  $2,6\text{--}2,9 \text{ Вт/см}^3$ . Електроімпульсне очищення хромвмісних стічних вод ( $40 \text{ мг/дм}^3$ ) дозволяє досягати глибини очищення до  $0,4 \text{ мг/дм}^3$ . Знешкодження фенольних вод (фенолів  $500$ , роданідів  $600 \text{ мг/дм}^3$ ) дозволяє досягати ХПК –  $20 \text{ мг/дм}^3$ . Зниження ефективності видалення фенолів спостерігається за їх концентрації менше  $20 \text{ мг/дм}^3$ , а роданідів – менше  $200 \text{ мг/дм}^3$ .

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

1. Beigeldrud G. M. *Treatment of coking byproduct processing waste-water. Koks i Khimiya. 1996. №3. P. 32–33.*
2. Глупак А. Н. Дослідження процесу електроімпульсного очищення хромвмісних стічних вод. *Науковий вісник будівн. 2000. №19. С. 213–217.*
3. Слободської С. О., Сінкевич І. В., Тульський Г. Г., Шульга К. І. *Визначення перспективних способів очищення стічних вод коксохімічного виробництва. УглеХимический журнал. 2009. № 3-4. С. 88–92.*
4. Haron Y., Chyrkina M., Tregubov D. *Co-Mo-W Galvanochemical Alloy Application as Cathode Material in the Industrial Wastewater Treatment Processes. Materials Science Forum. 2021, V.1038. P. 251–257.*
5. Василенко О., Василенко Л. *Гальванокоагуляція як універсальний метод очищення стічних вод від іонів важких металів. Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки. 2017. №28. С. 48–52.*
6. Смирнов Д. Н., Генкин В. Э. *Очистка сточных вод в процессах обработки металлов. М.: Металлург, 1989. 224 с.*

7. Tregubov D., Slobodskoj S. *The study of microarc discharge electric characteristics in wastewater treatment. Koks i Khimiya. 1997. №9. P. 32–34.*

8. Наугольных К. А., Рой Н. А. *Электрические разряды в воде. М. : Наука, 1971. 155 с.*

<sup>1</sup>*Трохименко Г. Г., д. т. н, професор, завідувачка кафедри екології та природоохоронних технологій, <sup>1</sup>Недорода В. М., аспірант,*

<sup>2</sup>*Храпко Т. М., головний інженер<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова. Миколаїв, Україна,*

<sup>2</sup>*ТОВ НВП «Карат-біо», м. Охтирка, Україна*

## **ВИБІР РОСЛИННИХ ТЕСТ-СИСТЕМ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ФІТОТОКСИЧНОСТІ ЗАБРУДНЕНОГО НАФТОПРОДУКТАМИ ҐРУНТУ**

Розробка нових та вдосконалення існуючих технологій рекультивації нафтозабруднених земель, знешкодження та утилізації нафтошлямових відходів є важливими заходами вирішення проблем забруднення довкілля. На даний момент найбільш екологічними та перспективними вважаються методи, що призводять до повного розкладання органічних забруднювачів та дозволяють проводити очищення ґрунту без значних виробничих затрат [1, 2].

Досить поширеною серед таких методів є технологія біоремедіації - процес, у якому бактерії, гриби та рослини розкладають, трансформують забруднення, зберігаючи цілісність екосистеми. Біоремедіація може здійснюватися за допомогою біостимуляції мікрофлори або шляхом внесення спеціалізованих мікробіологічних препаратів, призначених для очищення забруднених екосистем [3]. При цьому можуть виникнути обмеження та ускладнення, пов'язані з окремими нафтопродуктами, що входять до фракційного складу. Це можуть бути вуглеводні, які слабо піддаються окисленню, або токсичні для мікрофлори сірковмісні сполуки, представлені меркаптанами, сірководнем, сульфідами і похідними тіофена. На сьогоднішній день немає уніфікованого алгоритму дій при проведенні комплексу заходів, спрямованих на рекультивацію нафтозабруднених ґрунтів. Невирішеним також залишається питання екологічної безпеки та економічної ефективності застосовуваних технологій [4].

Метою роботи було вибір рослинних тест-систем для подальшого дослідження фітотоксичності ґрунтів з високим рівнем вмісту нафтошляму при використанні біопрепарату-нафтодеструктору.

Біопрепарат протестований на базі лабораторії Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова. Застосований біопрепарат створений на основі штамів мікроорганізмів *Bacillus amyloliquefaciens subsp. plantarum*, *Bacillus amyloliquefaciens* та *Bacillus subtilis*. Дані мікроорганізми були ізольовані з бурового шламу Семиренківського газоконденсатного родовища Миргородського району

Полтавської області. При цьому враховувалися фізіологічні, метаболічні та деструктивні властивості штамів, у результаті яких скомбінована асоціація, здатна до деградації нафти та нафтопродуктів у широких діапазонах температур та рН.

Попередньо було проведено аналіз ефективності консорціуму мікроорганізмів щодо розкладання нафти та нафтопродуктів та зменшення фітотоксичності з метою встановлення оптимальної концентрації препарату.

Розробка екологічних нормативів стосовно ґрунтів значно відстає від створення нормативів для інших середовищ (атмосфери, водних систем). Багатокомпонентність та неоднорідність ґрунту, що відрізняє його від інших систем, багато в чому ускладнює нормування вмісту забруднюючих речовин у ґрунті та його адекватну екологічну оцінку [5].

Біологічні методи аналізу набули широкого поширення щодо визначення тих чи інших аспектів екологічного стану різних природних середовищ. Порівняно з хімічними методами аналізу, вони мають низку переваг, зокрема, здатність оцінювати кумулятивну дію набору забруднюючих речовин [6].

Рослинні тест-системи є досить надійними та зручними у встановленні ступеня токсичності певних забруднювачів, також вони дають змогу оцінити сумарний ефект дії різних видів забруднювачів, у тому числі для оцінки ступеня деградації ґрунтових екосистем, що зазнають різнопланового антропогенного впливу [7]. Найбільш інформативними даними щодо екологічної небезпеки нафтопродуктів для ґрунтової екосистеми є визначення фітотоксичності – здатності ґрунту чинити пригнічувальний вплив на рослини, що призводить до порушення фізіологічних процесів, зниження якості рослинної продукції [8].

Визначення ефективності біопрепарату здійснювали з використанням стандартної методики «Ростового тесту». Його сутність полягає в обліку змін показників проростання індикаторної культури, вирощеної на досліджуваних зразках ґрунтосуміші [3]. У ході експерименту використовувалися декілька різних рослинних тест-систем, а саме Суданська трава (*Sorghum bicolor subsp. Drummondii*), Тимофіївка лучна (*Phleum pratense*), Козлятник (*Galéga officinális*), Конюшина лучна (*Trifolium pratense*), Люцерна посівна (*Medicágo satíva*), Гірчиця польова (*Sinapis arvensis*). Різноманітність використаних індикаторних рослин забезпечила комплексний аналіз результатів нафтодеструкції, а також дозволила оцінити чутливість насіння кожного окремого виду до токсичних речовин.

Дослідження були проведені на базі Екологічної лабораторії Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова. Зразки штучно забрудненої ґрунтосуміші були підготовлені у співвідношенні маси нафтошлему до незабрудненої частини у частках 1:1,



2:1 та 4:1, відповідно. Для забезпечення стабільних процесів нафтодеструкції біопрепарат вносили в кількості, розрахованій, виходячи із сорбційної ємності зразків. Виходячи з результатів наших попередніх досліджень, обрана на основі тестування схожого консорціуму мікроорганізмів концентрація надавала ґрунту найкращі ростостимулюючі властивості, незважаючи на забруднення нафтою.

Експеримент проводився в однакових пластикових склянках ємністю 180 мл. Зразки нафтозабрудненої ґрунтосуміші в однаковій кількості поміщали у склянки, після чого вирівнювали поверхню та зволожували однаковим (5 мл) об'ємом води. У якості серії контрольних зразків, були використанні рослинні тест-системи, пророщені у чистому ґрунті, без нафтошламу з біопрепаратом у різних концентраціях та без використання біопрепарату, а також з нафтошлагом без використання біопрепарату.

Кожна окрема рослина-біоіндикатор виявила різну стійкість до забруднення нафтошлагом, а також на вплив біопрепарату (таблиця 1).

Таблиця 1

**Результати проростання насіння тест-рослин  
на кінець експерименту, мм**

Рослинна тест-система	Масове співвідношення нафтошламу та незабрудненого ґрунту					
	Контроль		1:1		2:1	
	Висота пагонів	Довжина коренів	Висота пагонів	Довжина коренів	Висота пагонів	Довжина коренів
<i>Sorghum bicolor subsp. Drummondii</i>	120.16 ± 19.07	95,79 ± 10.68	62.54 ± 8.40	71.27 ± 5.35	34.96 ± 5.70	42,59 ± 7.37
<i>Phleum pratense</i>	104.64 ± 13.75	81.87 ± 6.29	72.76 ± 9.62	60.18 ± 7.34	-	-
<i>Galéga officinális</i>	112.35 ± 20.92	94,16 ± 8.13	85.09 ± 15.72	70.97 ± 11.26	14.71 ± 3.19	31.79 ± 5.42
<i>Trifolium pratense</i>	92.08 ± 23.52	85.97 ± 18.60	43.82 ± 10.07	45.95 ± 9.52	-	-
<i>Medicágo satíva</i>	79.61 ± 12.24	98.49 ± 14.87	37.71 ± 7.96	59.67 ± 12.75	-	-
<i>Sinapis arvensis</i>	74.36 ± 10.77	68.59 ± 7.04	56.31 ± 8.78	49.32 ± 6.69	20.93 ± 3.37	35.42 ± 6.48

Аналіз показників схожості насіння, кількості паростків, лінійних розмірів стебел і коренів, ваги отриманої органічної речовини, тобто загальної продуктивності росту рослин у лабораторних умовах дозволив встановити взаємозв'язок різних рівнів забруднення нафтою та впливом на таке забруднення експериментального біопрепарату. Так, при співвідношенні маси нафтошламу до незабрудненої частини 4:1 у лабораторних умовах, не проросло жодного насіння рослин. При нижчих показниках забруднення найбільш стабільні процеси проростання

відбуваються із застосуванням *Sorghum bicolor subsp. Drummondii* та *Sinapis arvensis* у якості біотестів. Але враховуючи, що це єдині з протестованих культур, які проросли навіть при відсутності біопрепарату, можна зробити висновок про меншу чутливість вказаних рослин до нафтового забруднення. Загальні результати проростання тест-культур зведені в таблиці 1.

Треба зазначити, що найбільш стійким до фітотоксичного впливу при вмісті 50% нафтошламу у досліджених зразках є *Phleum pretense*, хоча при подальшому підвищенні забруднення – ростових процесів даної біоіндикаторної рослини не відбувається взагалі.

### **Використані інформаційні джерела:**

1. Дуброва О. А., Пятчанин С. В., *Технология биологической обработки, обезвреживания и утилизации нефтепродуктов и нефтешламов. Топнефтегаз. 2013, №5(13). С. 22–27.*

2. Філонов А. Е. *Мікробні біопрепарати для очищення навколишнього середовища від нафтових забруднень в умовах помірного і холодного клімату: дис. д-ра. біол. наук: 03.01.06. Пушино, 2016. 453 с.*

3. Бахоніна Є. І., Арсланова Л. М., Гамерова Л. М. *Деструкція нафтозабруднень ґрунтів із застосуванням спеціального комплексу мікробних біопрепаратів. Нафтогазова справа. 2013. №4. С. 415–423.*

4. Кірєєва Н. А. та ін. *Ефективність застосування біопрепаратів для відновлення родючості техногенно-забруднених ґрунтів, СІЦ РАН. 2010. № 1 (4). С. 1023–1026.*

5. Станкевич В. В. та ін. *Гігієнічні аспекти впровадження новітніх способів ліквідації нафтозабруднень ґрунту на прикладі біотехнології «ДУКАТм». Гігієна населених місць. 2012, №59. С. 107–113.*

6. Грицак Л. Р. та ін. *Біоіндикаційні методи для потреб системного аналізу якості довкілля. Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія : Географія. Тернопіль : Географія, 2017. №2. С. 153–165.*

7. Джура Н. М. *Можливості використання рослинних тест-систем для біомоніторингу нафтозабруднених ґрунтів. Біологічні студії. 2011. №3. С. 183–196.*

8. Гродзинський Д. М., Шиліна Ю. В., Куцоконь Н. К. *Застосування рослинних тест-систем для оцінки комбінованої дії факторів різної природи. К. : Фітосоціоцентр, 2006. 60 с.*

*Удовенко І. О., к. е. н, доцент, Шемякін М. В., к. с.-г. н.  
Уманський національний університет садівництва,  
кафедри геодезії, картографії та кадастру м. Умань, Україна*

## **ДЕГРАДАЦІЙНІ ЯВИЩА У ЗЕМЛЕВПОРЯДКУВАННІ**

Стан земельних ресурсів, тобто сукупний природний ресурс поверхні суші, що є просторовим базисом розселення і господарської діяльності, а також основним засобом виробництва в сільському та лісовому господарстві, завжди належатиме до числа провідних факторів, які впливають на розвиток продуктивних сил держави. В той же час, на сучасному етапі, можна констатувати, що сформовані в Україні земельні відносини не стільки сприяють, скільки перешкоджають ефективному використанню земельно-ресурсного потенціалу[1].

Інтенсивність процесів руйнування і деградації ґрунтів досягла небезпечного для продовольчої безпеки та економічної стабільності держави рівня. Головною з причин деградації ґрунтів є людська діяльність. Людство чисельністю понад 7,6 млрд. чоловік і щорічним приростом 80-85 млн. Окремі нації і людство в цілому використовують земельні ресурси, при цьому не усвідомлюючи наслідків такого використання[2].

Унаслідок деградації земель протягом 1986-2010 років вміст гумусу зменшився на 0,22% і становить 3,14 %. За цей період втрати гумусу в орному шарі становили 5500 кілограмів на гектар. Щороку з урожаєм сільськогосподарських культур з кожного гектара безповоротно відчужуються 77-135 кілограмів поживних речовин (азот, фосфор, калій).

Проблеми деградації земель та опустелювання загострюються через швидкі темпи зміни клімату, що супроводжується підвищенням середньорічних температур, повторюваності та інтенсивності екстремальних погодних явищ, у тому числі посух, які охоплюють раз у два-три роки від 10 до 30% території країни, а раз у 10-12 років – від 50 до 70% її загальної площі[3].

Деградація, ерозія ґрунтів, зменшення гумусного покриття планети, забруднення отруйними хімічними й біологічними сполуками й радіонуклідами – такі очевидні наслідки антропогенного впливу на землю. В Україні ці процеси йдуть інтенсивніше, ніж у цілому на планеті. Із 60,4 млн. га її території 42,5 млн. га займають сільськогосподарські угіддя, 34,4 млн. га – під ріллею. За останні 30 років площа еродованої орної землі збільшилась на 1,9 млн. га, тобто втрачалось по 64 тис. га щороку, і зараз площа еродованих земель складає 16 млн. га або майже п'яту частину всієї території України [4].

Із метою подолання деградації ґрунтів залужено багаторічними травами і переведені в кормові угіддя – 1160 тис. га деградованої ріллі, з належних залуженню – більше за 75 т. га.

Нагадаємо, що для формування одного сантиметру ґрунту з помірними показниками родючості потрібно не менше тисячоліття ґрунтоутворюючих процесів. Але, незважаючи на такі темпи ґрунтоутворення, вплив антропологічних та супутніх факторів господарської діяльності не зменшується, а лише пришвидшується. Все це створює надзвичайну загрозу подальшому існуванню людства та виникнення катастрофічних наслідків «варварської експлуатації земельних ресурсів».

Погіршення якості ґрунтів є також наслідком інтенсифікації процесів хімічної промисловості у сільськогосподарському виробництві, зокрема нафтовидобувної та переробної галузі. Так, загальна площа порушених земель в державі становила 15,6 тис. га, з яких за минулий рік рекультивовано і відновлено тільки біля 8% [5].

Переважаюча частина забруднюючих хімічних речовин взагалі не піддаються процесам розкладання чи знешкодження у природному середовищі, такі як пестициди, пластик, ртуть, свинець тощо.

Шляхи зниження темпів забруднення ґрунтів можливі тільки при посиленні контрольних заходів щодо діяльності хімічної, видобувної та машинобудівної промисловості.

Не малу загрозу несуть наслідки ерозійних процесів, зниження вмісту в складі ґрунту органічних сполук, зокрема вуглецю, зростання рівня засолення, закислення.

Моніторинг якості ґрунтів та земельних ресурсів спонукає до невтішних висновків щодо потреби у коригуванні системи контролю дотримання порядку здійснення будь-якої діяльності виробничого характеру. Контролюючі заходи повинні бути направлені на обмеження, а як оптимум унеможливлення, усіх процесів, які мають техногенний вплив на земельні угіддя, так як вони є в першу чергу згубними для самого морфологічного стану ґрунтів, деградації та погіршенню показників родючості як на окремих ділянках, так і в цілому по всій країні.

Одним із перших кроків на шляху вирішення проблеми забруднення ґрунтів та зниження темпів їх деградації є усвідомлення усього переліку можливих причин виникнення подібних явищ. Людина, як істота розумна та самодостатня повинна ідентифікувати свою провідну роль у руйнуванні самої концепції існування «здорових» ґрунтів. Прагнення до провадження ресурсозберігаючого споживання, обрання екологічного шляху виробництва та утилізації відходів діяльності, зменшення використання хімічних сполук для підвищення та пришвидшення урожайності, налагодження сучасної гуманної системи природокористування в умовах сільськогосподарського виробництва.

Як підсумок викладеної думки зазначимо, що при збалансованому та ресурсозберігуючому використанні навколишнього середовища, зокрема земельних ресурсів, потреба у збільшенні фінансових затрат та інвестицій на покращення фізичних та якісних характеристик основного фактору виробництва зменшилася б, а згодом і втратила б свою пріоритетність у системі господарювання.

### **Використані інформаційні джерела:**

1. Мартин А.Г., Євсюков Т.О. Стан земельних відносин як стримуючий фактор розвитку продуктивних сил України. URL://<https://zem.ua/materialy/korysna-informatsiia-ta-posylannia/2146-stattya-pro-stan-zemelnoji-reformi>
2. Левчук Б. С., Колісник Г.М. Вплив деградаційних процесів на використання земельних ресурсів // Землеустрій, кадастр та охорона земель в Україні: сучасний стан, Європейські перспективи матеріали Міжнародної конференції, присвяченої 20-річчю створення факультету землепорядкування. К.: МПБП «Гордон», 2016. 236 с. С. 33–37.
3. URL://<http://tomrda.gov.ua/news/978677867565645/>
4. Удовенко І. О. Деградація ґрунтів як наслідок антропологічного фактору господарювання. Сучасний рух науки: тези доп. XII міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 1-2 квітня 2021 р. Дніпро, 2021. Т.2. 512 с. С. 410.
5. URL://<https://zakon.rada.gov.ua>
6. URL://<https://agropolit.com/spetsproekty/705-zemelny-dovidnik-ukrayini--baza-danih-pro-zemelny-fond-krayini>

*Уланов М. М., к. т. н.*

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

## **ПЕРСПЕКТИВИ ВЕЛИКОМАСШТАБНОГО ВИРОБНИЦТВА ЕКОЛОГІЧНО-ЧИСТОГО ВОДНЮ В УКРАЇНІ**

В останні роки помітно активізувалася діяльність урядових та ділових кіл багатьох країн щодо реалізації наукових розробок практичного використання відновлюваних та викопних джерел енергії для виробництва та споживання універсального енергоносія – водню з метою запобігання кліматичній катастрофі.

Майбутнє світової водневої енергетики великою мірою залежить від ефективного освоєння надійних та дружніх для навколишнього середовища джерел, здатних виробляти величезну кількість електричної енергії, що пов'язують насамперед із широкомасштабним розвитком відновлюваних джерел, а також ядерної енергії з урахуванням підвищених вимог до технологічних та екологічних стандартам енергетичної безпеки.

На теперішній час у низці країн світу спостерігається тенденція зменшення кількості діючих ядерних реакторів, і навіть згортання програм будівництва нових. У той же самий час у світі спостерігається зростання інтересу до розвитку водневої галузі у низки секторів економіки, зокрема з використанням ядерної енергії для виробництва водню. Це пов'язано з тим, що у найближчі десятиліття очікується багаторазове нарощування глобального попиту на водень, враховуючи насамперед його екологічні переваги. Ця тенденція може сприяти формуванню глобального та регіональних ринків водню (сировини та енергоносія), а також водневих технологій. Однак існуюча інфраструктура не готова для задоволення прогнозованого нарощування такого попиту, і насамперед тому, що використання традиційних джерел, а також певною мірою відновлювальних джерел енергії для отримання величезних обсягів водню обмежене через, наприклад, екологічні фактори.

У зв'язку з цим, саме перспективи водневої енергетики можуть не тільки врятувати ядерну енергетику, але також дати потужний стимул для її подальшого розвитку. У поєднанні з відновлювальними джерелами енергії ядерна енергетика, одним із пріоритетів якої буде виробництво водню, може призвести до формування потужної ядерно-водневої галузі у світовій енергетиці, яка буде приваблива для інвестицій не лише з боку держави, а й бізнесу.

Незважаючи на певне зниження привабливості ядерної галузі в деяких країнах, у ряді регіонів спостерігається тенденція зростання інтересу до атомних електричних станцій (АЕС) (КНР, країни Латинської Америки,

Південної Азії та ін.), у тому числі у зв'язку з імовірним суттєвим зростанням попиту на електроенергію, а також з можливістю її використання для отримання водню. В даний час водень все частіше розглядається як ключовий компонент майбутніх енергетичних систем, якщо його можна виготовляти без викидів вуглекислого газу.

Сьогодні більша частина (~95-97%) водню виробляється шляхом парового риформінгу природного газу або газифікації вугілля з викидами двоокису вуглецю (CO<sub>2</sub>). На щорічне виробництво водню витрачається близько 205 млрд м<sup>3</sup> природного газу (6% світового споживання природного газу) та 107 млн т вугілля (2% світового використання вугілля).

Пріоритетом є розробка відновлюваного водню, що виробляється в основному з використанням енергії вітру та сонця. Тим не менш, у короткостроковій та середньостроковій перспективі необхідні інші форми низьковуглецевого водню для швидкого скорочення викидів та підтримки розвитку нового ринку енергоносія.

У зв'язку зі зростаючою поінформованістю світової громадськості про глобальне потепління в розвинених країнах з'явилася зацікавленість у переході на технології виробництва водню, які допомагають скоротити викиди парникових газів, тобто за допомогою електролізу, термічного розщеплення води або схеми уловлювання вуглецю (CCS) при використанні установок з переробки викопного палива. На частку електролізу в даний час припадає, за різними оцінками, від 2 до 5% світового виробництва водню, але електроліз має значні переваги при використанні відновлюваної або ядерної енергії.

У звіті міжнародного енергетичного агентства (МЕА) «Чистий нуль до 2050 року», опублікованому у травні 2021 року, прогнозується, що річний попит на водень становитиме трохи більше 200 млн т у 2030 році та 530 млн т у 2050 році [1]. Частка низьковуглецевої енергії зросте до 70% в 2030 році і приблизно 90% в 2050 як від електролізерів, так і від природного газу з технологією CCS.

Європейська комісія зазначає, що в період 2020-2024 року вона підтримає встановлення як мінімум 6 ГВт електролізерів, для виробництва до одного мільйона т водню. Сукупні інвестиції у відновлюваний водень у Європі можуть становити до 180-470 мільярдів євро до 2050 року, а в низьковуглецевий водень – 3-18 мільярдів євро. У водневій стратегії Європейського союзу («Воднева стратегія для кліматично-нейтральної Європи») йдеться про план, згідно з яким ЄС до 2030 року знадобиться 40 ГВт електролізерів на території блоку та 40 ГВт у сусідніх країнах для експорту водню до Євросоюзу [2]. При цьому на території ЄС буде вироблятися до 10 млн т водню. Технологічна позиція Європи на світовому ринку водню оцінюється як лідируюча, і очікується, що у водневому секторі Європи, по всьому ланцюжку, може бути створено близько 1 млн. робочих місць.

Зараз водень використовується у різних промислових процесах, починаючи від виробництва синтетичного палива та нафтохімії до виготовлення напівпровідників та електромобілів на водневих паливних елементах. Щоб зменшити шкідливий вплив на навколишнє середовище у зв'язку з виробництвом 70 млн. т водню на рік, деякі країни звертаються до ядерної енергетики.

Станом на початок 2017 року, в 31 країні світу експлуатувалося 440 ядерних реакторів, ще 60 нових атомних електростанцій у 15 країнах знаходилися на стадії будівництва. Найбільшу кількість ядерних реакторів розташовано у США – 99, Франції – 58, Японії – 43, Китаї – 30 ядерних реакторів. У найближчі роки планується будівництво нових АЕС: в Китаї – 43, в Індії – 20 ядерних реакторів.

За даними World Nuclear Association, провідні позиції з виробництва електроенергії на атомних електростанціях у світі посідають США – 798 млрд кВт·год, Франція – понад 419 кВт·год, Китай – понад 161 млрд. кВт·год та Південна Корея – 157 млрд. кВт·год [3].

Україна належить до держав, які мають розвинену галузь ядерної енергетики. За часткою генерації АЕС у сукупному виробництві електроенергії Україна посідає четверте місце у світі після Франції, Словаччини та Угорщини. В Україні експлуатується 15 енергоблоків загальною потужністю 13,835 ГВт на чотирьох АЕС: 6 – на Запорізькій, 4 – на Рівненській, 3 – на Південно-Українській та 2 – на Хмельницькій.

Наприклад, переведення лише 4% поточного виробництва водню на електроенергію, що виробляється АЕС, дозволив би зменшити викиди вуглекислого газу на 60 млн. т на рік, а якби весь водень вироблявся з використанням ядерної енергії, то можна було б говорити про скорочення викидів вуглекислого газу на понад 500 млн. т на рік.

Особливість ядерної енергетики – це робота при дуже високих коефіцієнтах використання встановленої потужності, що дозволяє виробляти водень з нульовим викидом вуглецю в досить великому обсязі як енергоносіє, що розвивається, з широким спектром застосування.

Водень, отриманий за допомогою ядерної енергії, є економічно доцільним порівняно з іншими джерелами енергії за деякими важливими показниками:

- по-перше, це більш якісний процес виробництва, оскільки тільки ядерна енергетика має найвищу ефективність отримання енергії без викидів парникових газів;

- по-друге, є можливість створення великомасштабного виробництва водню;

- по-третє, експлуатаційні витрати станцій менш схильні до волатильності цін на паливо, ніж електростанції, що працюють на викопному паливі. Так, підвищення вартості палива на 50% призводить



лише до ~5% збільшення загальної вартості виробництва ядерної електроенергії, тобто ядерна економіка виробництва водню стабільніша.

У сукупності ядерна енергетика допомагає зміцнити енергетичну безпеку країни.

У результаті проведеного аналізу стану атомної генерації електричної енергії в Україні і за результатами моніторингу диспетчерської інформації роботи блоків атомних станцій за 2018-2020 рр. (25000 показників за рік) визначено середньорічний коефіцієнт використання встановленої потужності енергоблоків АЕС на рівні від 69,6% у 2018 р до 62,7% у 2020 р., тобто величина вільної електричної енергії на існуючих блоках АЕС коливається від 4201 МВт·год до 5156 МВт·год і може бути використана для виробництва екологічно-чистого водню за допомогою електролізних установок, що у кількісному обсязі становить від 668 тис. т до 820 тис. т водню на рік (або від 7,4 млрд. м<sup>3</sup> до 9,1 млрд. м<sup>3</sup> на рік).

Таким чином, водень, який отримується на АЕС – це відносно дешевий чистий продукт у великих обсягах. Водночас водень є акумулятором енергії, і збільшення обсягів виробництва водню збільшує і потужність ядерної енергії, тобто вирішуються деякі проблеми атомної енергетики, зокрема підвищує її рентабельність.

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

1. *International Energy Agency (IEA) – Net Zero by 2050 A Roadmap for the Global Energy Sector.* URL: <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>
2. *Brussels, 8.7.2020, COM(2020) 301 – Communication from the commission to the European parliament, the council, the European economic and social committee and the committee of the regions / A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe.* URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0301>
3. *Reactor Database. World Nuclear Association. 2017.* URL: <https://www.nucnet.org/information-library/facts-and-figures/reactor-database.aspx>

## **ШУМОЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ МІСЬКОГО ЗЕЛЕНОГО БУДІВНИЦТВА**

В останній час, у зв'язку з прогресуючим розвитком автомобільного транспорту і в умовах надзвичайних ситуацій, актуальною вважається проблема акустичного забруднення автотранспортом навколишнього середовища, особливо в великих містах. Зовнішній шум автомобіля – одне з основних джерел міського шуму. Близько 60-80 % шумового фону міст створює автомобільний транспорт. Транспортний шум в містах сягає близько 80-100 дБ [1]. Основними факторами, що впливають на рівень транспортного шуму, є:

- інтенсивність транспортного потоку (найбільші рівні шуму реєструються на магістральних вулицях великих міст при інтенсивності руху 2000-3000 авт./год.);
- швидкість транспортного потоку (при збільшенні швидкості транспортних засобів відбувається зростання шуму двигунів, шуму від коліс по дорозі і подолання опору повітрю);
- склад транспортного потоку (вантажний транспорт створює більший шумовий вплив у порівнянні з пасажирським, тому зростання частки вантажних транспортних засобів в транспортному потоці приводить до загального зростання шуму);
- тип двигуна (порівняння двигунів порівнянної потужності дозволяє провести їхнє ранжирування по зростанню рівня шуму – електродвигун, карбюраторний двигун, дизель, паровий, газотурбінний двигун);
- тип і якість дорожнього покриття (найменший шум створює асфальтобетонне покриття, потім по зростаючій – бруштате, кам'яне і гравійне, а несправне дорожнє покриття будь-якого типу, що має вибоїни, розкриті шви і нестиковки поверхонь, а також ями і просідання створює підвищений шум);
- планувальні рішення територій (подовжній профіль і звивистість вулиць, наявність різнорівневих транспортних розв'язок і світлофорів впливають на характер роботи двигунів, а отже, і на створюваний шум; висота і щільність забудови визначають дальність поширення шуму від магістралей – так, ширина зон акустичного дискомфорту уздовж магістралей у денні години може досягати 700-1000 м у залежності від типу прилягаючої забудови);

- наявність зелених насаджень (уздовж магістралей по обидва боки передбачають санітарно-захисні зони, в яких висаджують дерева, лісопосадки перешкоджають поширенню шуму на прилеглі території).

Для захисту селищних територій від шуму необхідно максимально використовувати міське зелене будівництво. Зелені насадження, розташовані між джерелом шуму і житловими будинками, ділянками для відпочинку, можуть значно знизити рівень шуму. Крони листяних дерев поглинають 26% падаючої на них звукової енергії, а відображають і розсіюють 74% цієї енергії, встановив П. І. Леушин. За його спостереженнями, шум на забудованій високими будинками вулиці, позбавленої насаджень, був (на висоті людського зросту) в 5 разів більше, ніж на такий же вулиці, обсадженої вздовж тротуарів деревами. Пояснюється це тим, що звукові хвилі від рухомого транспорту посилюються за рахунок відображення від стін будинків [2].

Рекомендовані певні інтервали між житловими будинками і джерелами шуму при наявності зелених насаджень і без них, причому ці інтервали суттєво змінюються залежно від поверховості будинків – чим вище поверховість, тим більші повинні бути інтервали. При 5-6-поверховій забудови та наявності насаджень інтервал між будівлею і джерелом шуму повинен бути 70 м, тенісним майданчиком – 15 м, футбольним полем – 100 м, а без насаджень – відповідно 110, 120 і 170 м. Зіставлення цих показників свідчить про великому значенні насаджень в боротьбі з шумом. Санітарно-гігієнічні вимоги до житлової забудови визначають необхідність захисту населення від шкідливого впливу міського шуму. Зелені насадження, розташовані між джерелом шуму і житловими будинками, ділянками для відпочинку, можуть значно знизити рівень шуму. Ефект зростає в міру наближення рослин до джерела шуму; другу групу доцільно розміщувати безпосередньо біля захищається. Звукові хвилі, наштовхуючись на листя, хвою, гілки, стовбури дерев різної орієнтації, розсіюються, відображаються або поглинаються. Крони листяних дерев поглинають близько 25% падаючої на них звукової енергії. Зниження шуму рослинами залежить від конструкції, віку, щільності посадок і крони, асортименту дерев і чагарників, частотного складу шуму, погоди тощо.

При неправильному розташуванні зелених насаджень по відношенню до джерел звуку за рахунок відбивної здатності листя можна отримати протилежний ефект, тобто посилити рівень шуму. Це може статися при посадці дерев з щільною кроною по осі вулиці у вигляді бульвару. Кращий ефект зниження шуму досягається при багатоярусної посадці дерев із густими кронами, змикаються між собою, і опушеної рядами чагарнику, повністю закривають під кроновий простір. Добре знижують шум смуги з рослин із високою питомою вагою зелені (всі хвойні породи в середньому на 6-7 дБ ефективніше знижують рівень шуму при тих же параметрах смуг,

ніж листяні, але в міських умовах їх застосування ускладнюються високою чутливістю до забруднення навколишнього середовища).

Оптимальна ширина шумозахисної смуги в міських умовах знаходиться в межах 10-30 м. Збільшення ширини смуги не дає істотного зниження шуму. Смуга шириною 10 м повинна складатися з не менше трьох рядів дерев. Деревя, посаджені в шаховому порядку (високі дерева ближче до джерела шуму) з чагарником, підліском, знижують рівень шуму на 3-4 дБ більше, ніж рослини в рядовій конструкції, що мають однакові розміри і характеристики смуг. Конструкції шумозахисних смуг магістралей вибираються залежно від величини шуму автотранспорту. Смуга зелених насаджень шириною 30 м, щільністю 0,8-0,9, що складається з 7-8 рядів листяних дерев (липа, тополя, клен) висотою 7-8 м із густою щільною кроною, низьким штаблом з чагарником в підліску (бирючина, спірея) і живоплотом висотою 1,5-2 м, може знизити рівень транспортного шуму до 12 дБ. Відстань від тротуару магістралі до будинків має бути не менше 15-20 м озеленої території.

Найкращим шумозахисним ефектом володіє сформована з дерев і чагарників зелена смуга, що розташована на земляному бар'єрі. При розташуванні магістралі у виїмці доцільно озеленити верхню брівку укосу. У разі спрямованого шуму розсіювати його можуть окремі дерева і чагарники [3]. Відстань від тротуару магістралі до будинків має бути не менше 15-20 м озеленої території.

Здатність рослин до поглинання шуму проявляється і взимку, навіть у безлистому стані вони знижують рівень шуму на 2-5 дБА. У цю пору року інтенсивність шуму дещо знижується, крім того, площі, займані озелененням, покриваються снігом, який служить пористим поглиначом шуму. Основним матеріалом зеленого будівництва є дерева, що довгий час ростуть у міських насадженнях і не втрачають своїх декоративних якостей [3]. Це такі породи, як листяні дерева – береза пухнаста, в'яз шершавий, клен гостролистий, липа дрібнолиста, тополя біла та срібляста; ясен звичайний, горобина звичайна; хвойні дерева – ялини колюча та канадська, сербська; модрина європейська звичайна. Високі екологічні якості рослин, пристосованість до міських умов, невибагливість, цвітіння, аромат роблять їх незамінними при формуванні смуг із метою шумозахисту.

Таким чином, проаналізовано використання зеленого будівництва для шумозахисту населення.

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

1. Гутаревич Ю. Ф., Зеркалов Д. В. та ін. *Екологія автомобільного транспорту : Навчальний посібник. Київ : Основа, 2012. С. 158–160.*

2. *Методические рекомендации по озеленению автомобильных дорог: ОДМ 218.011-98. М., 1998. 52 с.*

3. *Горохов В. А. Городское зеленое строительство : Учеб. пособие для вузов. М. : Стройиздат, 1991. 416 с.*

**ЗРОСТАННЯ ГЕЛІОПОТЕНЦІАЛУ В М. ЛУЦЬКУ  
ЯК РЕГІОНАЛЬНИЙ ПРОЯВ ЗМІН КЛІМАТУ**

Розширене використання відновлювальних джерел енергії, зокрема – сонячної, є одним із найбільш актуальних завдань сьогодення. Для України актуальність широкого впровадження відновлювальних джерел електроенергії багатократно зростає у зв'язку з широкомасштабною військовою агресією Російської Федерації та необхідністю забезпечення повної енергетичної незалежності нашої держави.

Північний захід України, зокрема, Волинська область та м. Луцьк, традиційно не розглядалися як регіони потенційно перспективні для широкого розвитку сонячної енергетики. Впродовж декількох років ми проводили дослідження динаміки хмарності у вказаному регіоні у контексті регіональних проявів глобальних змін клімату [1]. Результати проведеного дослідження засвідчили, що в межах Волинської області спостерігаються стійкі тенденції до зниження загальної хмарності неба, це зниження для різних метеостанцій складає від 4 до 7%. Особливо значним зниження загальної хмарності є для м. Луцьк (до 7-10 % в річному виразі протягом періоду 2010-2021 рр.). Водночас було виявлено також зростання числа випадків формування конвективної місцевої хмарності в теплий період року, що призводить до суттєвого збільшення стихійних небезпечних явищ, у тому числі гроз і градобою [2].

У зв'язку з виявленням стійких тенденцій до зниження загальної хмарності неба в регіоні та особливо – у м. Луцьк протягом періоду 2000-2021 рр. було сформульовано припущення про ймовірне зростання показників геліопотенціалу на Північному Заході України. Для перевірки даного припущення проведено ряд розрахунків та здійснено графічне представлення отриманих результатів.

Геліопотенціал деякої території, який визначається такими показниками, як тривалість сонячного сяння, географічна широта, висота над рівнем моря, хмарність неба тощо, є основним чинником, який визначає сприятливість природних умов даної території для використання відновлювальних ресурсів сонячної енергії.

Основою для оцінки геліопотенціалу певної території є показники метеорологічних умов, серед яких тривалість дня, тривалість сонячного сяння, сумарна радіація та радіаційний баланс за місяцями року. На ці показники суттєво впливає повторюваність ясної та хмарної погоди.

Виявивши у процесі дослідження зниження показників хмарності для території Волинської області, ми зробили припущення про те, що такі

кліматичні зміни позитивно вплинуть на можливості використання потенціалу сонячної енергії в нашій області (потенціалу сонячної енергії). Адже якщо скорочується тривалість похмурої погоди – одночасно зростає тривалість ясної, а отже – і можливості використання екологічно безпечної відновлювальної енергії Сонця. Для перевірки даного припущення ми провели розрахунок зміни тривалості сонячного сяйва на території м. Луцька. Результати представлено у таблиці 1.

Таблиця 1

**Розрахунок потенційного збільшення геопотенціалу у Луцьку внаслідок зменшення показників хмарності неба**

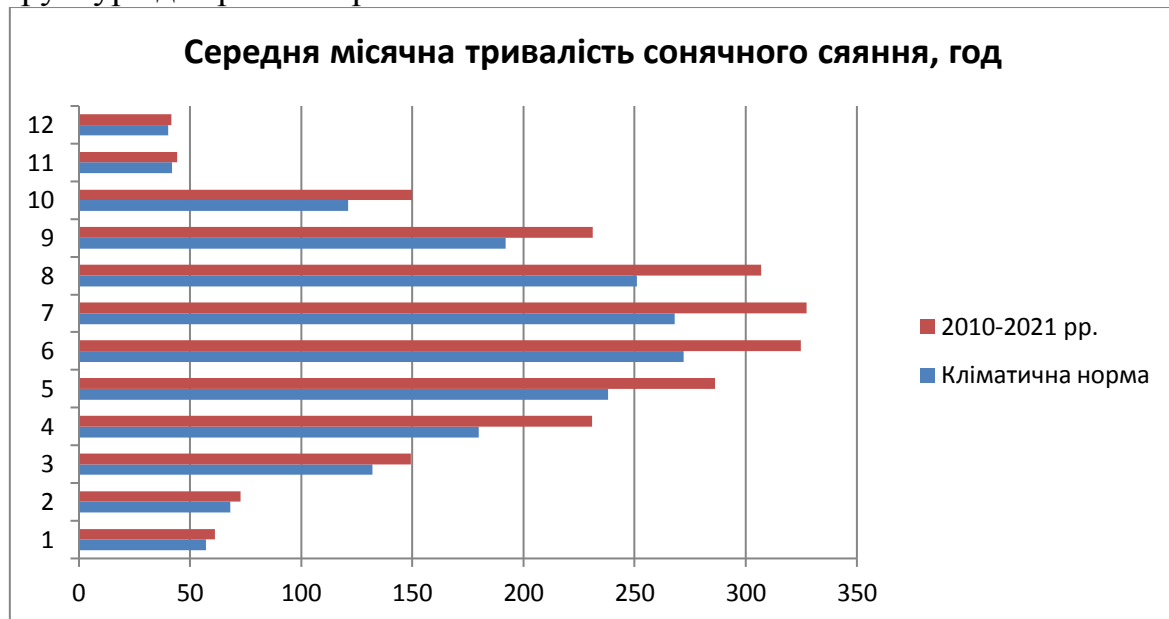
Місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Рік
Показник													
Хмарність неба, кліматична норма	7,9	7,5	6,9	7,1	6,4	6,2	6,3	5,4	5,9	6,7	7,7	7,8	6,8
Хмарність неба, 2010-2021 рр.	7,3	7,0	6,0	5,1	5,1	5,0	4,9	4,2	4,7	5,1	7,3	7,5	5,8
Зменшення хмарн., %	7,6	6,7	13,0	28,2	20,3	19,4	22,2	22,3	20,3	23,9	5,2	3,9	14,7
Тривалість соняч. сяйва, год, клім. норма	57	68	132	180	238	272	268	251	192	121	42	40	1861
Зростання тривалості сонячного сяйва і сумарна тривалість, год	4,3	4,6	17,2	50,8	48,3	52,8	59,5	56,0	39,0	28,9	2,2	1,6	2226

На рис. 1 представлено діаграму порівняння показників геліопотенціалу в Луцьку у сучасний період (2010-2021 рр.) з даними кліматичної норми. Як засвідчує аналіз діаграми, відмічене зростання геліопотенціалу, особливо чітко виражене в місяці теплого періоду року (квітень-жовтень).

Отже, аналіз отриманих результатів засвідчує, що практично у всі місяці року відмічається зростання геліопотенціалу, особливо значним воно є в теплий період. Для м. Луцьк це зростання складає від 1,6 до 59,5 год./сонячного сяйва на місяць.

При аналізі середніх місячних показників геліопотенціалу виділяється період квітня-жовтня (теплий період року). Саме в даний період тривалість сонячного сяйва є найбільшою, водночас у цей же період відмічене і найбільш суттєве скорочення показників загальної хмарності неба в порівнянні з кліматичною нормою. Зменшення загальної хмарності в теплий період року для м. Луцьк складає від 1,5 до 2,5 балів, що є суттєво для

показників зростання сумарного геліопотенціалу, про що свідчить структура діаграми на рис. 1.



**Рис. 1. Зростання показників геопотенціалу в період 2010-2021 рр. для м.Луцьк**

Геліопотенціал зростає як на території Волинської області, так і, особливо, в межах м. Луцьк. З цього можна зробити висновок про перспективність і доцільність ширшого впровадження використання відновлювальної сонячної енергії в нашому регіоні, адже економічна доцільність такого використання також зростатиме. Встановлення сонячних колекторів на дахах наших будинків, на присадибних ділянках, переведення хоча б частини енергетичних витрат кожної родини у відновлювальні джерела – це, зокрема, наш посильний вклад в боротьбу з наслідками глобального потепління. Таким чином, саме глобальне потепління дає нам певні шанси на зміну способу життя та на ширше використання відновлювальних джерел енергії, а отже – на виконання завдання забезпечення енергетичної незалежності України в близькій осяжній перспективі.

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

1. Гусар О. Н., Федонюк В. В. Аналіз динаміки хмарності протягом 2010-2016 рр. в м. Луцьку в контексті глобального потепління. Сучасні аспекти ресурсозбереження. Тези ІІІ фак. студ. наук. конф. Луцьк : Луцький НТУ, 2019. С. 8–10.

2. Федонюк В. В., Федонюк М. А., Павлусь А. М. Дослідження грозової діяльності на Волині та в Україні за даними онлайн-ресурсу *Blitzortung*. Український гідрометеорологічний журнал. Одеса : 2021. № 28. С. 16–28. <https://doi.org/10.31481/uhmj.28.2021.02>

*Федонюк В. В., к. геогр. н., доц., Федонюк М. А., к. геогр. н., доц.  
Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, Україна*

## **ВИВЧЕННЯ НАСЛІДКІВ ВПЛИВУ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ НА ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ЗДОБУВАЧАМИ ОП «ЕКОЛОГІЯ»**

Виклики та загрози, з якими стикнулася Україна, зазнавши військового нападу Російської Федерації, мають цілий ряд напрямів екологічного характеру. Зокрема, потужне забруднення компонентів навколишнього середовища внаслідок впливу таких видів військової діяльності, як бойові дії із застосуванням важкої техніки, артилерії, військової авіації, ракетних обстрілів, відчули на собі всі регіони нашої країни, де точиться війна.

Викладання дисциплін екологічного циклу у закладах вищої освіти в таких умовах не може відбуватися лише в парадигмі мирного часу. Швидкого оновлення потребують навчальні матеріали та методичні підходи до їх застосування [1], студенти на заняттях задають багато питань, пов'язаних саме з впливом військових дій на екологічний стан регіонів чи окремих природно-територіальних комплексів. Саме цей запит від здобувачів освіти, з однієї сторони, та реалії нашого життя в лютому-травні 2022 р., з іншої, спонукали нас виокремити певні особливості, які є важливими і актуальними при викладанні дисциплін, пов'язаних із аналізом екологічного стану атмосферного повітря та фізичних і хімічних процесів, що протікають в атмосфері Землі.

У Луцькому національному технічному університеті для здобувачів освітньої програми «Екологія» за першим, бакалаврським, та другим, магістерським, рівнями вищої освіти, здійснюється викладання таких дисциплін, пов'язаних із вивченням сучасного екологічного стану повітряного басейну, як «Метеорологія і кліматологія», «Охорона і раціональне використання атмосферного повітря», «Адаптація до сучасних кліматичних змін». Всі ці дисципліни покликані сформувати в майбутніх фахівців – екологів чіткі професійні вміння та навички щодо процесів у атмосфері, пов'язаних із антропогенною діяльністю, видів впливу людини на атмосферне повітря та методів і шляхів мінімізації цього впливу, нормуванням антропогенного забруднення повітряного середовища тощо.

Цілий ряд методичних підходів щодо викладання даного циклу екологічних дисциплін із застосуванням сучасних методів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) в умовах домінування дистанційних технологій викладання, зумовлених спочатку епідемією корона вірусу, а пізніше – війною, висвітлювалися нами у [1,2,3,4].



Досвід останніх двох місяців провадження освітнього процесу в умовах бойових дій засвідчує, що гострою є потреба перегляду змісту і наповнення ряду тем, включення нових тем та розробка актуальних практичних завдань, які дозволять не тільки сформулювати у здобувачів уявлення про масштаби та наслідки впливу бойових дій на стан атмосферного повітря, але і підготувати їх, як майбутніх фахівців з екології, до робіт із подолання таких наслідків, які необхідні будуть в Україні після завершення війни.

Отже, серед тем, введених нами до відповідних робочих програм як відповідь на запити часу, варто виділити наступні теми:

– «Основні види впливу на атмосферу під час бойових дій». Серед основних видів негативного впливу розглядаються: 1) хімічне забруднення: результат влучання у склади, цистерни, ємності з хімічними реагентами (азотна кислота, хлор, аміак – перелік потужних викидів цих сполук можна знайти у щоденних бойових зведеннях із фронтів нашої війни); залишки хімічної зброї, у випадку її застосування (зарин, іприт, заман тощо); пари різних токсичних речовин, які потрапляють у повітряне середовище; 2) ймовірні наслідки застосування хімічної та біологічної зброї; 3) наслідки викидів внаслідок згоряння дизельного та ракетного палива при роботі двигунів військової та допоміжної техніки; 4) пилове забруднення, задимлення, потужні смоги в районах активних бойових дій (відчули на собі жителі Києва та інших районів активних боїв у лютому-березні 2022 р.); 5) ймовірні наслідки застосування тактичної чи стратегічної ядерної зброї та можливість радіаційного забруднення атмосферного повітря.

– «Хімічна зброя, бойові хімічні речовини та наслідки їх застосування».

– «Біологічна зброя, види впливу та наслідки застосування».

– «Застосування методів ДЗЗ для комплексної оцінки негативних наслідків впливу війни на стан компонентів довкілля», у тому числі – атмосферу.

– «Негативні процеси та явища, що виникають як вторинний наслідок ведення бойових дій та здійснюють вплив на екологічний стан атмосферного повітря (лісові та міські пожежі, руйнування промислових об'єктів та об'єктів інфраструктури, тощо)».

Названо лише основні та найбільш актуальні теми, які потребують вивчення у тих реаліях, в яких живе наша країна останні місяці. З врахуванням того факту, що війна триває, її закінчення може бути віддаленим у часі, а наслідки негативного впливу бойових дій на довкілля не лише зростають, але і потребують відповідної оцінки, кількісного та якісного виразу, в тому числі – економічної, грошової оцінки для формулювання чітких вимог щодо відшкодування країною – агресором заподіяних Україні екологічних збитків, введення таких тем у практику викладання дисциплін, пов'язаних з вивченням будови та складу атмосфери і її екологічного стану, є досить актуальним та нагальним завданням при підготовці здобувачів за освітніми програмами «Екологія», «Технології захисту довкілля» та іншими ОП природничого циклу.

### **Використані інформаційні джерела:**

1. Картавий А. Г., Федонюк В. В., Федонюк М. А. Особливості організації дистанційного вивчення природничо-географічних дисциплін. *The III International Science Conference on E-Learning and Education, February 2–5, 2021, Lisbon, Portugal*. P. 80–83.
2. Федонюк В. В., Федонюк, М. А. Пушкарь Н. С. Застосування ІКТ при розробці STEM–проектів у природничо-географічній позашкільній освіті. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 85(5), 2021. С. 78–94. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v85i5.39555>
3. Федонюк В. В., Федонюк М. А., Панькевич С. Г. Досвід використання програми *Google Earth* при викладанні географічних дисциплін. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2013, № 6 (38). С. 138–148.
4. Федонюк В. В., Федонюк М. А. Застосування ІКТ при викладанні дисциплін метеорологічного циклу. Вплив кліматичних змін на просторовий розвиток територій Землі: наслідки та шляхи вирішення: Збірник наукових праць IV Міжнародної науково-практичної конференції. Херсон, 10-11 червня 2021 року. Херсон : ДВНЗ «ХДАУ», 2021. С.316–319.

*Хорольський А. О., к. т. н., Косенко А. В., к. т. н.*

*Відділення фізики гірничих процесів Інституту геотехнічної механіки ім. М. С. Полякова Національної академії наук України, м. Дніпро, Україна*

## **ЗАСТОСУВАННЯ ДЕКОМПОЗИЦІЙНИХ ПІДХОДІВ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ЕКОЛОГООРІЄНТОВАНИХ СПОСОБІВ УПРАВЛІННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИМ СТАНОМ МАСИВУ ГІРСЬКИХ ПОРІД НАВКОЛО ГІРНИЧИХ ВИРОБОК**

Насьогодні наша країна має понад 9 тис. розвіданих родовищ корисних копалин, проте належного освоєння немає [1]. Ця ситуація пояснюється декількома чинниками, серед яких, нарівні з економічним, технологічним, соціальним значний вплив здійснює екологічний. Урахування екологічного аспекту є визначальним, незалежно від типу корисної копалини. В роботах В.Г. Гріньова [2, 3] наведено концептуальні засади, а також описано методичні підходи, щодо урахування екологічного аспекту при відпрацюванні родовищ корисних копалин. У цій роботі ми робимо акцент на технологічних аспектах фізики гірничих процесів із точки зору створення екологоорієнтованих способів управління напружено-деформованим станом масиву гірських порід, що дозволить знизити техногенне навантаження в регіонах де ведеться розробка родовищ, а застосування декомпозиційного підходу дозволить урахувати різні за ступенем впливу та своєю природою фактори.

Для створення способів спочатку необхідно визначити чинники, які здійснюють негативний вплив на навколишнє середовище, а потім запропонувати технологічні рішення щодо зменшення негативного впливу. Зупинимось на кожному чиннику окремо:

- Займання площ землі, які потенційно придатні для сільського господарства. Негативне явище, яке супроводжує видобуток корисних копалин, адже внаслідок вилучення корисної копалини із надр відбувається складування відходів виробництва на земній поверхні. Наприклад, при видобутку залізної руди відходи виробництва не становлять цінності – лише, як потенційні будівельні матеріали, але, якщо розглядати відходи видобутку пластових корисних копалин (вугілля, марганець, калій та ін.), то у відходах наявні рідкоземельні метали, які мають велике значення для економіки країни. Тому, на етапі прийняття рішень вже постає перша задача, яка полягає у визначенні «політики, щодо відходів виробництва». На наше переконання нераціонально використовувати відходи вуглевидобутку для закладення виробленого простору – більш раціонально займатись переробкою відходів та вилученням корисних копалин. Якщо розглядати

відходи залізорудної промисловості, то цілком доцільно використовувати відходи у якості компонентів сумішей для закладки виробленого простору [4].

-Порушення цілісності водоносних горизонтів. Ця ситуація виникає під час підземного видобутку корисних копалин. Внаслідок гірничих робіт відбувається зміна конфігурації розташування гірських порід через утворення виробленого простору. При неналежному закріпленні виробленого простору відбувається деформація прошарків гірничих порід та зміна розташування водоносних горизонтів, тому важливо забезпечити належне підтримання виробленого простору. Ця проблема входить до класу задач технологічних аспектів фізики гірничих процесів, коли з одного боку характеристики масиву гірських порід (потужність слоїв, класифікація порід за обрушенням основної покрівлі, класифікація порід безпосередньої покрівлі за обрушенням, класифікація порід подошви за пученням, наявність геологічних порушень, кут залягання корисної копалини, гідрогеологічні параметри та ін.) визначають технологію закріплення виробленого простору, а з іншого боку технологія спорудження виробок впливає на ефективність підтримання виробленого простору. Таким чином, необхідно шукати компроміс між найбільш надійним рішенням із точки зору гірничої технології (кількість вивалів на 1 км закріпленого простору) та економічно переважним (відносна ефективність у порівнянні з альтернативними видами кріплення). Отже, задача управління напружено-деформованим станом гірського масиву полягає у раціональному визначенні області застосування прийнятого рішення, що дозволить забезпечити стійкість масиву та мінімізувати гідрогеологічні ризики. Виходячи із цього, нами запропоновано використовувати критерій ефективності кріплення виробленого простору, який дорівнює скалярному добутку надійності закріплення виробленого простору (кількість вивалів на 1 км закріпленого простору) на відносну економічну ефективність. Внаслідок цього буде обрано найбільш доцільний тип кріплення.

- Взаємодія відходів гірничого виробництва із атмосферним повітрям. Виникає внаслідок атмосферних явищ (дощі, сніги, вітри та ін.); в результаті цього відбувається розмивання териконів, відвалів та мінералізація ґрунтів, водоносних горизонтів. Таким чином необхідно розробити комплекс заходів із поводженням із відходами виробництва.

Отже, із аналізу факторів, які здійснюють негативний вплив на навколишнє середовище нами встановлено, що при розробці способу управління станом гірського масиву рішення повинно бути оптимальним із точки зору економіки, мати раціональну область проєктування [5], надійним з точки зору гірничої технології, а також екологічно переважним [6]. Всі ці

критерії, на перший погляд, є взаємовиключними та різні за природою та ступенем впливу, проте можна застосувати декомпозиційний підхід. Згідно цього підходу на кожному етапі варто виокремити пріоритетний параметр, який слід оптимізувати, завдяки цьому відбувається підвищення ефективності усього процесу управління напружено-деформованим станом гірничих виробок.

Сутність декомпозиційного підходу полягає у виділенні цілі нижніх рівнів по ієрархії з мети верхнього рівня. Таким чином, після цього кожен з певних чинників розкладається на менші фактори, тобто відбувається перехід від більшого до меншого, а досягнення кінцевої мети відбувається за рахунок аналізу та оптимізації параметрів на початкових етапах. Відбувається перехід від вирішення загальної  $n$  - мірної задачі, до приватної, більш низької, що стоїть на ієрархії (одновимірної) задачі, що дозволяє заощадити обчислювальні ресурси.

Застосування графів і мережевих моделей дозволяє вирішити зазначене завдання [5].

Як зазначалось раніше, незалежно від виду кріплення етапи спорудження та експлуатації виробок ідентичні, тому життєвий цикл кріплення можна представити у вигляді мережевої моделі, яка враховує альтернативні варіанти.

Таким чином, завдання вибору способу кріплення виробок вирішується в наступній послідовності:

- по-перше, необхідно вибрати критерій ефективності при виборі способу, наприклад - собівартість виробництва кріплення 1 пог. км виробки;
- по-друге, необхідно виділити етапи в технології зведення кріплення;
- по-третє, для кожного рішення, на етапі, визначити значення оптимізаційного параметру (в нашому випадку - собівартість виробництва кріплення 1 пог. км виробки);
- по-четверте, уявити сукупність альтернативних рішень у вигляді мережевої моделі де вершинам відповідають альтернативи, а відстані між ними - значення оптимізаційного параметру;
- по-п'яте, знайти найкоротшу відстань від початкової до кінцевої вершини, яке буде відповідати оптимальному вирішенню.

При цьому, у залежності від етапу зведення кріплення параметри, які слід враховувати будуть різні.

Урахування впливу кожного етапу на загальну ефективність процесу та прийняття єдиного вірного рішення на кожній стадії технологічного процесу дозволяють прийняти оптимальне рішення. Оптимальним будемо вважати кріплення з найменшою вартістю та мінімальними ризиками прояву водопритоків у виробки. Створений підхід дозволяє враховувати гідрогеологічні параметри. Це здійснюється наступним чином – знаючи ступінь обводненості масиву та його гідрогеологічні характеристики можна передбачити заходи із підвищення стійкості виробок.

Аналогічним чином можна вирішувати і інші задачі, які полягають у аналізі стратегій кріплення виробленого простору з використанням відходів гірничого виробництва. Для цього слід проаналізувати за визначеними критеріями різні варіанти закріплення виробленого простору: із використанням відходів для закладки виробленого простору; переробка відходів (збагачення), а потім закладка у вироблений простір у якості компонентів сумішей; застосування альтернативних видів кріплення. В будь-якому випадку, незалежно від технології, на перший план виходять екологічні чинники, які полягають у зменшенні площ під відвали, забезпечення стійкості водоносних горизонтів, зменшення мінералізації вод та ґрунтів. Створене у Відділенні фізики гірничих процесів Інституту геотехнічної механіки ім. М. С. Полякова програмне забезпечення [5, 6] дозволяє проаналізувати різні способи управління напружено-деформованим станом гірського масиву навколо виробки та обрати найбільш екологопереважний, що значно знизить навантаження на навколишнє середовище в регіонах, де ведеться видобуток корисних копалин.

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

1. Грін'юв, В.Г. & Хорольський, А.О. (2018). *Можливості ефективного освоєння рудних родовищ із запасами рідкісних і благородних металів. Фізико-технічні проблеми горного виробництва*, (20), 113–122.
2. Гринев, В. (1992). *Решение проблем разработки рудных месторождений Севера*. Новосибирск : ВО «Наука». 205 с.
3. Гринев, В., Изаксон, В. & Зубков, В. (1999). *Решение горных задач на ЭВМ при освоении рудных месторождений*. Новосибирск : Наука, Сибирская издательская фирма РАН, 215 с.
4. Salli, S., Pocherov, V., & Mataykin, O. (2014). *Theoretical aspects of the potential technological schemes evaluation and their susceptibility to innovations. Progressive Technologies of Coal, Coalbed Methane, and Ores Mining*, 491–496.
5. Хорольський, А. О. (2021). *Наукові основи обґрунтування меж області раціонального проектування при відпрацюванні родовищ корисних копалин. Фізико-технічні проблеми горного виробництва*, (23), 149–173.
6. Khorolskyi, A., Hrinov V. & Kaliushenko, O. (2019). *Network models for searching for optimal economic and environmental strategies for field development. Procedia Environmental Science, Engineering and Management*. 6(3), 463–471.

*<sup>1</sup>Хорольський А. О., к. т. н., <sup>2</sup>Мамайкін О. Р., к. т. н.,  
Шевченко В. О., студент*

*<sup>1</sup>Інститут геотехнічної механіки ім. М. С. Полякова Національної  
академії наук України, м. Дніпро, Україна*

*<sup>2</sup>Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»,  
м. Дніпро, Україна*

## **ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ РЕГІОНІВ, ДЕ ВЕДЕТЬСЯ ВИДОБУТОК КОРИСНИХ КОПАЛИН НА ОСНОВІ ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЇ ОПРІСНЕННЯ ВИСОКО МІНЕРАЛІЗОВАНИХ СТИЧНИХ ВОД**

Природні ресурси еволюційні. Характер і рівень використання природного середовища, як однієї з умов виробництва, визначається рівнем розвитку продуктивних сил і виробничих відносин. Якщо, наприклад, століття тому в Донбасі підземні води, що знаходяться на великій глибині, не знаходили ніякого практичного застосування, то по мірі зростання чисельності населення, високих темпів індустріалізації, у тому числі й внаслідок створення водосемних виробництв, шахтна вода, як продукт спецводокористування, стає цінним та дефіцитним ресурсом. Внаслідок цього виникає потреба її оцінки як додаткового природного ресурсу, який має вартісну форму [1].

Таким чином, обґрунтування параметрів опріснення шахтних стічних вод є актуальною науковою задачею, яка дозволяє підвищити екологічну безпеку Дніпровського регіону, а також регіонів у яких ведеться видобуток корисних копалин.

Обґрунтування параметрів технології очистки шахтних вод дозволить підвищити ефективність підприємства, де ведеться видобуток корисних копалин [2, 3].

Нами проведено порівняльний аналіз основних методів опріснення, що використовуються у світі. Основні методи було розглянуто відносно регіону Західного Донбасу та реалізації очисного комплексу на території однієї із шахт або їх комплексу. Основним параметром ефективності та раціональності використання того чи іншого опріснювального методу полягає у питомому та загальному споживанні електроенергії на кубічний метр отриманого продукту. Через те, що деякі методи базуються на перетворенні електричної енергії у термічну для забезпечення технологічного процесу дистиляції, було представлено еквівалент електричної енергії для легшого та більш предметного порівняння [4, 5].

У таблиці 1 наведені типовий розмір основних із методів опріснення: СБД – система багатоступінчатої дистиляції, ПД-ТК – парокompресійна дистиляція – термальна компресія пари, ПД-МК – парокompресійна

дистиляція – механічна компресія пари, УМВ – установки миттєвого випаровування, ЗО – зворотній осмос та ЕД – електродіаліз. Результати представлено у таблиці 1.

Таблиця 1

**Порівняльний аналіз технологій демінералізації шахтних стічних вод**

Найменування	СБД	ПД-ТК	УМВ	ПД-МК	ЗО	ЕД
Типовий розмір одиниці, м <sup>3</sup> /д	5.000-15.000	10.000-35.000	50.000-70.000	100-2500	24.000	<100-20000
Споживання електроенергії, кВт·г/м <sup>3</sup>	1.5-2.5	1.5-2.5	4-6	7-12	3-5.5	6,73
Споживання термальної енергії, кДж/кг	230 (КОВ=10) -390 (КОВ=6)	145 (КОВ=16) -390 (КОВ=6)	190 (КОВ=12) -390 (КОВ=6)	відсуне	відсуне	відсуне
Еквівалент електричної енергії, кВт·г/м <sup>3</sup>	5-8,5	9,5-25,5	9,5-19,5	відсуне	відсуне	відсуне
Загальне споживання енергії, кВт·г/м <sup>3</sup>	6,5-11	11-28	13,5-25,5	7-12	3-3.5 (до 7 з очисткою бором)	6,73 (збільшується із концентрацією солі)

Насамперед, термальна енергія у великій кількості використовується у технологіях, що базуються на переведенні рідини з одного стану в інший.

Однак, в умовах Західного Донбасу з урахуванням місцевості та мети розташування опріснювального комплексу, використання надлишкового тепла з прилеглих територій не представляється можливим. Це зводить системи класу термального опріснення до дуже вузького кола використання, приймаючи до уваги і той фактор, що переважна більшість наукових робіт і практичного досвіду свідчить про раціональне використання дистилюючих методів опріснення для морської або високомінералізованої води.

У роботі пропонується розглянути практичний приклад скидання водних ресурсів на шахті «ім. Сташкова», адже шахта є найбільш обводненою у Західному Донбасі. Водоприток шахти досягає 1600 м<sup>3</sup>/год у певні проміжки часу, загалом водоприток шахти коливається в межах 1200 м<sup>3</sup>/год, що є колосальним об'ємом стічних вод з лише одного видобувного підприємства. Скидні шахтні води були перевірені санітарно-профілактичною лабораторією і наведені у таблиці 2 [6].



Таблиця 2

## Результати аналітичного контролю шахтної води за 07.03.2021

№ з/п	Найменування контролюваної речовини	Шахтна вода до відстійників	Шахтна вода після відстійників	Нормативи для питної води
1	Алюміній, мг/л	-	<0,02	≤0,2
2	БПК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /л	-	5,8	5,2
3	Водневий показний, рН	8,15	8,05	6,5-8,5
4	Жорсткість, мг-екв/л	28,25	27,44	≤7,0
5	Забарвленість, град	10,79	10,35	≤20
6	Залізо загальне, мг/л	0,64	0,63	≤0,2
7	Зважені речовини, мг/л	99,8	41,4	≤0,001
8	Кальцій, мг/л	287,10	279,01	Не визначається
9	Кобальт, мг/л	-	<0,02	<0,1
10	Магній, мг/л	169,30	164,39	Не визначається
11	Марганець, мг/л	-	0,11	Не визначається
12	Мідь, мг/л	-	< 0,002	≤1,0
13	Нафтопродукти, мг/л	0,64	0,62	≤0,1
14	Нітрати, мг/л	<0,5	<0,5	<50,0
15	Поліфосфати, мг/л	-	0,07	≤3,5
16	Сульфати, мг/л	385,58	378,99	≤250
17	Сухий залишок, мг/л	6410,00	6272,67	≤1000
18	Температура, t°C	13,3	13,0	Не визначається
19	Хлор вільний	-	-	≤0,5
20	Хлориди, мг/л	3384,08	3313,79	≤250
21	Цинк, мг/л	-	<0,005	≤1,0

Було виділено три аналітичних контролю шахтної води за перший, другий та третій квартали 2021 року відповідно. Найбільше забруднення спостерігалось за період першого кварталу, тому доцільно обрати дані із найскладнішими умовами, аби установка зворотного осмосу відповідала вибагливим критеріям мінералізованої води.

Зворотній осмос, як система досить чутлива до хімічного та фізичного стану водного ресурсу, вимагає певної первинної обробки води перед її безпосереднім живленням до установки. Традиційні методи попередньої обробки води встановлюються перед подачею води до установки зворотного осмосу. Очищення відбувається від найбільшої фракції до найменшої. Тож попередньо встановлюється дрібні та грубі сітки з розміром 1-100 мм для екранування крупних частинок.

Враховуючи питомі витрати електроенергії, ціну промислової одиниці на одиницю продукції, та економічні показники, було розраховано очікувану собівартість опріснення 28800 м<sup>3</sup> води на добу. Врахована собівартість води не тільки дозволяє отримати позитивний економічний ефект від імплементації очисного комплексу на компенсування витрат на

утилізацію скидних шахтних вод, але і перспективний прибуток від реалізації чистої питної води кінцевим споживачам. Застосування наведеного підходу, який підвищує ефективність очистки шахтних вод дозволяє оцінювати шахтні води, як дієву складову продуктивних потоків вугільних шахт.

Таким чином, у результаті проведеного дослідження запропоновано для очистки стічних від використовувати технологію зворотного осмосу, а також розроблено техніко-економічне обґрунтування це дозволить підвищити безпеку у регіонах де ведеться видобуток корисних копалин.

### **Використані інформаційні джерела:**

7. Хорольський А. О., & Гриньов В. Г. (2017). Системні принципи та оціночний критерій надійності при оптимізації технологічних схем вугільних родовищ. Вісник ЖДТУ. Серія «Технічні науки». 1(2(80)), 225–233. [https://doi.org/10.26642/tn-2017-2\(80\)-225-233](https://doi.org/10.26642/tn-2017-2(80)-225-233).

8. Гринев В. Г., & Хорольський А. А. (2017). Обоснование параметров выбора комплектаций очистного оборудования с учетом области рациональной эксплуатации. Вісті Донецького гірничого інституту, (1), 139-144.

9. Гриньов В. Г., Хорольський А. О., & Каліуценко О. П. (2019). Розроблення екологічних сценаріїв ефективного освоєння цінних родовищ корисних копалин. Мінеральні ресурси України, (2), 46–50.

10. Babets Ye. K., Adamchuk A. A., Shustov O. O., Anisimov O. O., & Dmytruk O. O. (2020). Determining conditions of using draglines in single-tier internal dump formation. Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu, 6, 5–14.

11. Хорольський А. О., Гриньов В. Г., & Мамайкін О.Р. (2019). Інноваційні перспективи підземної експлуатації вугільних родовищ. Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки, (1 (83)), 289–298.

12. Про затвердження Державних санітарних норм та правил «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171-10) МОЗ України; Наказ, Норми, Правила від 12.05.2010 № 400.

## **ВПЛИВ РОЗЧИНЕНОГО КИСНЮ НА ПРОЦЕСИ ДЕАЗОТАЦІЇ СТІЧНИХ ВОД ІММОБІЛІЗОВАНИМ МІКРОБІОЦЕНОЗОМ У БІОДИСКОВОМУ РЕАКТОРІ**

Проточні умови культивування є вагомим екологічним чинником формування іммобілізованого мікробіоценоза. Ці умови забезпечують стабільність (в певному діапазоні) концентрацій основних органічних та азотвмісних сполук в середовищі та стабільність інших екологічних чинників – рН, солевмісту, концентрації розчинного  $O_2$  тощо (за умови стабільності складу стічних вод, що подаються на очистку). Очищення стічних вод, що містять різноманітні органічні та мінеральні речовини, відбувається змішаною культурою бактерій [1], яка володіє широким спектром фізіологічних можливостей і стійкістю до впливу зовнішніх факторів.

В аеробних умовах при дихальному метаболізмі мікроорганізми отримують основну енергію в результаті ферментативних реакцій у дихальному ланцюзі (окислювального фосфорилування). Кінцевим акцептором електронів при дихальному метаболізмі аеробних мікроорганізмів є кисень. Мікробіологічна деструкція органічних речовин і певні етапи метаболізму неорганічних сполук азоту в біореакторі відбувається за допомогою кисню повітря, розчиненого у рідкій фазі. Активність аеробного метаболізму в біореакторі залежить від концентрації розчиненого кисню, оптимальний вміст якого для окиснення тільки органічної речовини за даними наукової літератури який складає 3,5-4,0 мг/дм<sup>3</sup>, для нітрифікації – 2,0-4,0 мг/дм<sup>3</sup>. Для аноксидних бактерій, що зумовлюють апаттох-процес, а, отже, певну частку процесу деамонізації та деазотації, допустима концентрація кисню не повинна перевершувати 0,1-1,5 мг/дм<sup>3</sup>, а денітрифікацію (деазотацію середовища) оптимізує концентрація кисню до 0,5 мг/дм<sup>3</sup> і навіть до 0,15 мг/дм<sup>3</sup> [2]. Тому, для ефективної деамонізації та деазотації середовища в одному біореакторі необхідно поєднати протилежні за кисневим режимом мікробіологічні процеси. Лабораторна біодискова установка при проточному режимі роботи являє собою реактор неповного витиснення, тому кисневий режим уздовж конструкції реактора з іммобілізованим мікробіоценозом на носіях дещо відрізняється [3]. Але основним чинником такого поєднання аеробних, анаеробних та аноксидних процесів в одній установці із збереженням їх ефективності є іммобілізація мікробіоценозу.

Для виявлення кількісних показників впливу концентрації кисню на активність окислювальних процесів, що здійснював іммобілізований

мікробіоценоз, провели серію експериментів з обробки висококонцентрованих за органічними сполуками стічних вод в біодисковій установці (табл. 1).

Установка – дисковий біореактор [4] працював в проточному режимі 28 діб з урахуванням нарощування та адаптації біомаси. Контроль роботи здійснювали 9 разів, визначаючи концентрацію за основними показниками ХСК, N-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>2</sub>, N-NO<sub>3</sub> та розчинений кисень O<sub>2</sub>. В табл. 1 надані результати експериментальних досліджень, виконаних протягом однієї години.

При рівних вхідних ХСК можна скласти баланс по видаленню забруднюючих речовин через годину від початку подачі стічної рідини на очищення в біореакторі, виходячи з розрахунку, що при асиміляції на 100 мг БСК витрачається 5 мг азоту амонійного (табл. 1).

Таблиця 1

**Показники води, очищеної в лабораторному біореакторі  
імобілізованим адаптованим мікробіоценозом у проточних умовах**

№	ХСК вхід, мгО/ дм <sup>3</sup>	ХСК вихід, мгО/ дм <sup>3</sup>	Ефект оч. ХСК, %	N- NH <sub>4</sub> вхід, мг/ дм <sup>3</sup>	N- NH <sub>4</sub> вихід, мг/ дм <sup>3</sup>	Ефект оч. N- NH <sub>4</sub> , %	N- NO <sub>2</sub> вхід, мг/ дм <sup>3</sup>	N- NO <sub>2</sub> вихід, мг/ дм <sup>3</sup>	N- NO <sub>3</sub> вихід, мг /дм <sup>3</sup>	O <sub>2</sub> , мгО/ дм <sup>3</sup>
1	823	165	80,0	79,9	52,9	33,8	12,3	8,74	2,96	1,8
2	23	50	94,0	72,8	4,12	94,3	9,48	3,1	10,74	4,2-5,7
3	875	<15	94,3	58,2	0,03	99,9	11,6	1,16	0,49	3,4- 3,85
4	646	<15	99,0	25,5	7,47	70,7	15,2	1,74	8,83	3,5-3,9
5	2000	<15	99,25	33,9	0,15	99,5	9,45	0,6	15	4,2-5,7
6	2000	<15	99,25	26,3	0,11	98,9	8,8	0,25	2,2	3,2-3,2
7	2940	<15	99,48	38,4	5,3	86,2	12,0	7,63	57,2	3,7-3,8
8	5761	83,2	98,6	141,7	5,52	96,1	9,14	3,98	0,95	2,9-5,4
9	8230	247	97,0	90,7	27,3	70,8	13,1	8,58	7,25	5,7-6,3

Як засвідчують дані таблиці, кількість видаленого амонійного азоту на 65-210% перевищує витрати цього елемента на асиміляцію, що свідчить про наявність процесів нітрифікації. Це припущення підтверджує динаміка концентрації нітратів в процесі обробки: стабільне підвищення, проте, не стехіометрично з видаленням азоту амонійного [5].

Останнє може бути зумовленим процесами денітрифікації, які дуже вірогідні в установках із іммобілізованою біомасою.

Експериментальні дослідження в проточному режимі обробки стічних вод іммобілізованим азоттрансформуючим мікробіоценозом виявили залежність залишкової концентрації N-NO<sub>3</sub> від концентрації O<sub>2</sub> в середовищі, яка графічно представлена на рис. 1.

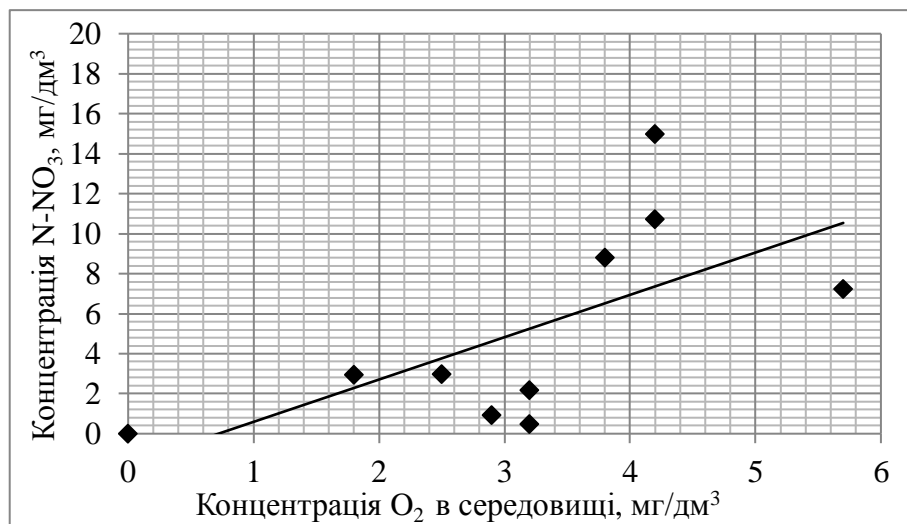


Рис.1. Залежність залишкової концентрації N-NO<sub>3</sub> від концентрації O<sub>2</sub>

Таблиця 2

**Витрати сполук азоту на асиміляцію органічної речовини**

№ досл.	ХСК вхід, мгО/дм <sup>3</sup>	ΔХСК, мгО/дм <sup>3</sup>	БСК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	Витрати N-NH <sub>4</sub> розр., мг/дм <sup>3</sup>	ΔN-NH <sub>4</sub> експ., мг/дм <sup>3</sup>	ΔN-NO <sub>3</sub> , мг/дм <sup>3</sup>
1	823	660	396	19,8	27,0	98,0
2	823	773	464	23,2	68,6	9,52
3	875	860	516	25,8	58,1	25,65

Як видно, з підвищенням концентрації O<sub>2</sub> в середовищі, концентрація нітратів зростає (наприклад, із 1,8 до 3,8 мг/дм<sup>3</sup> – майже втричі), що зумовлено, як інтенсифікацією процесу нітрифікації в цілому, так і нітрифікації II фази зокрема (яка особливо чутлива до параметрів кисневого режиму), а також пригніченням киснем процесів денітрифікації.

Розглядаючи вплив розчиненого кисню на видалення N-NH<sub>4</sub> (деамонізацію середовища) можна виділити дві групи дослідів: із концентрацією розчиненого кисню ≤4,0 та ≥4,0 мг/дм<sup>3</sup> (табл. 3).

Таблиця 3

**Вплив розчиненого кисню на видалення N-NH<sub>4</sub>**

Групи дослідів, залежно від концентрації кисню, мг/дм <sup>3</sup>	Вихідні характеристики стічних вод		Розчинений O <sub>2</sub> , мгО/дм <sup>3</sup>	ΔN-NH <sub>4</sub> , мг/дм <sup>3</sup>
	ХСК, мгО/дм <sup>3</sup>	N-NH <sub>4</sub> , мг/дм <sup>3</sup>		
1,0-4,0	823	79,9	1,8-3,65	27,0
	875	58,2	3,4-3,85	58,1
	1646	25,5	3,5-3,9	18,02
	2000	26,3	3,2-3,3	25,9
	2940	38,4	3,7-3,85	33,1
4,0 – 6,4	823	72,8	4,2-5,73	68,6
	2000	33,95	4,2-5,7	33,8
	5761	141,7	2,9-5,4	136,2
	8230	90,7	5,7-6,34	63,4

Як видно, при підвищенні концентрації розчиненого  $O_2$  в середовищі видалення амонійного азоту (не залежно від ХСК середовища) суттєво (на 20-100%) підвищується: при концентрації  $O_2$  1,0-4,0 мг/дм<sup>3</sup> деамонізація становить 25,9-58,1 мг/дм<sup>3</sup>, а при концентрації  $O_2$  4,0-6,4 мг/дм<sup>3</sup> – 33,8-136,2 мг/дм<sup>3</sup>. Така залежність свідчить про наявність активної нітрифікації I фази, яка відбувається не зважаючи на зверх високі концентрації органічних сполук у середовищі.

Встановлено, що з підвищенням концентрації  $O_2$  в середовищі, концентрація нітратів зростає (наприклад, із 1,8 до 3,8 мг/дм<sup>3</sup> – майже втричі), що зумовлено, як інтенсифікацією процесу нітрифікації в цілому, так і нітрифікації II фази зокрема (яка особливо чутлива до параметрів кисневого режиму), а також пригніченням киснем процесів денітрифікації.

Таким чином, при підвищенні концентрації розчиненого  $O_2$  в середовищі видалення амонійного азоту (не залежно від ХСК середовища) суттєво (на 20-100 %) підвищується: при концентрації  $O_2$  1,0-4,0 мг/дм<sup>3</sup> деамонізація становить 25,9-58,1 мг/дм<sup>3</sup>, а при концентрації  $O_2$  4,0-6,4 мг/дм<sup>3</sup> – 33,8-136,2 мг/дм<sup>3</sup>. Така залежність свідчить про наявність активної нітрифікації I фази, яка відбувається не зважаючи на зверх високі концентрації органічних сполук в середовищі.

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

1. *Зубов М. Г., Бояренев С. Ф., Зубов Г. М., Куликов Н. И., Шрамков Ю. М., Литти Ю. В., Некрасова В. К., Ножевникова А. Н. Биотехнология очистки сточных вод с иммобилизацией активного ила и удалением азота. Водоснабжение и санитарная техника. 2013. №8. С. 72–75.*

2. *Guo X., Kim J.H., Behera S.K., Park H.S. Influence of dissolved oxygen concentration and aeration time on nitrite accumulation in partial nitrification process. International Journal of Environmental Science and Technology. 2008. Vol. 5, № 4. P. 527–534.*

3. *Matsak A., Tsytlshvili K., Rybalova O. Method of agricultural sewage water purification at troughsand a biosorption bioreactor. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. № 5(10), Issue 95. P. 16–25. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.144138.*

4. *Спосіб дослідження якості біологічного очищення стічних вод з використанням комплексного лабораторного устаткування : пат. 142646 Україна : МПК (2006.01) C02F 3/02. № и 2019 10647 ; заявл. 28.10.2019 ; опубл. 25.06.2020, Бюл. № 12.*

5. *Iurchenko V., Tsytlshvili K. and Malovanyu M. Wastewater treatment by conversion of nitrogen-containing pollution by immobilized microbiocenosis in a biodisk installation. Ecological Questions [online]. 24 March 2022, 33 (2) (2022) 1–17. DOI 10.12775/EQ.2022.017.*

<sup>1</sup>*Черепеньов І. А., к. т. н., доцент,* <sup>1</sup>*Вамболь С. О., д. т. н., проф.,*

<sup>2</sup>*Вамболь В. В., д. т. н., проф.,* <sup>3</sup>*Дубніцький В. Ю., к. т. н., с. н. с.,*

<sup>1</sup>*Колокольніков В. О.*

<sup>1</sup>*Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна,*

<sup>2</sup>*Національний університет «Полтавська політехніка  
імені Юрія Кондратюка», Полтава, Україна*

<sup>3</sup>*ННІ «Каразінський банківський інститут», ХНУ ім. В.Н. Каразіна,  
Харків, Україна*

## **ВПЛИВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПОЛІВ ЛЕП НА ПОВЕРХНІЙ ШАР ҐРУНТІВ**

Одним із специфічних і недостатньо вивчених чинників забруднення ґрунтів сільськогосподарського призначення є дія електромагнітних полів (ЕМП) техногенного походження, джерелом яких є лінії електропередач (ЛЕП). Основна мета цієї роботи – дослідження впливу електромагнітних полів електромагнітних полів на стан земель сільськогосподарського призначення. Виходячи з цього сформульовано основні завдання:

- аналіз загального стану електромагнітного впливу на землі сільськогосподарського призначення на території України;
- визначення основних напрямів, по яких здійснюється негативна дія ЕМП на ґрунтовий покрив.

За даними роботи [1] небезпечний і надзвичайно небезпечний рівень забруднення ґрунтів важкими металами характерний для більш ніж 1,6 мільйонів гектар сільгоспугідь України. Окрім цього, більш ніж 25 тисяч гектар техногенно забруднених земель, використовуваних для вирощування сільськогосподарської продукції, розташовані уздовж автомобільних магістралей країни. Проведений аналіз доступних наукових робіт вітчизняних авторів присвячених джерелам забруднення які призводять до процесів деградації земель [2-4], та ін. показав, що абсолютно не враховується чинник негативної дії електромагнітних полів і перш за все техногенного походження. Більше того, як зазначено в роботі [5]: в 2013 році КМ України був затверджений «Перелік видів діяльності та об'єктів, що становлять підвищену екологічну небезпеку», у який входили зокрема: радіотехнічні об'єкти (радіопередавальні, радіотелевізійні, радіолокаційні станції) і електричні лінії (повітряні, кабельні) та підстанції напругою 330 кВт і більше. Але 23 січня 2019 р. ця Постанова втратила чинність. Таким чином, з точки зору правових документів, вищеперелічені об'єкти не є об'єктами з «підвищеною екологічною небезпекою». Проте, на думку вітчизняних фахівців цей висновок, не зовсім коректний, а саме:

- електромагнітне поле ліній електропередач (ЛЕП) негативно впливає на функціонування (стан) живих організмів [6];

- радіотехнічні об'єкти, які суттєво впливають на електромагнітну обстановку у робочих зонах аеродромів у переважній більшості аеропортів цивільної авіації України практично ідентичні та працюють у однакових режимах. Вимірювання рівнів електромагнітних випромінювань за межами офіційно встановлених санітарних зон системно перевищує граничнодопустимі рівні на 10-25%. При цьому така картина спостерігається у зонах постійного перебування працівників [7];

- враховуючи той факт, що ЛЕП можуть мати довжину до декількох тисяч кілометрів, то вони є антенами відповідної довжини, які випромінюють електромагнітні хвилі 50 або 60 Гц. Для Європи зона електромагнітного забруднення від ЛЕП вже складає 1% від площі континенту і поступово збільшується [8]. Сучасна Україна має розгалужену мережу ЛЕП, загальна довжина яких перевищує 21000 км і покриває значну частину території включаючи населені пункти і землі сільськогосподарського призначення [5].

Аналіз доступних літературних джерел дозволили зробити припущення про те, що негативна дія електромагнітних випромінювань ЛЕП на ґрунт може здійснюватися по трьох основних напрямках.

1. Процеси деградації в ґрунті в результаті електромагнітного забруднення іоносфери планети випромінюванням ЛЕП. Потужні наземні джерела і споживачі електричної енергії викликають різні іоносферні явища, зокрема зміни ЕМ-поля й параметрів плазми в іоносфері, які, у свою чергу, впливають на стан атмосфери Землі. Тобто, можливо виникнення атмосферних явищ, які можуть запустити процеси деградації ґрунту.

2. Деградація ґрунтового покриву в результаті потоку нафти з підземних трубопроводів в результаті електрохімічної корозії, викликаній випромінюванням ЛЕП. У країнах із розвиненою трубопровідною системою на ділянках її проходження в одному коридорі з ЛЕП неодноразово фіксувалися характерні корозійні ушкодження.

3. Безпосередній вплив електромагнітних полів ЛЕП на біологічні властивості ґрунтів. Цьому напрямку негативної дії ЕМВ ЛЕП присвячена найбільша кількість робіт [9-11], які з'явилися в різний час упродовж декількох десятиліть. Цей факт говорить про важливість проблеми і необхідності проведення додаткових досліджень. Ґрунт характеризують як складну природну систему, яка включає тверду, рідку і газоподібну фази, електричні властивості якої залежать від стану складових її компонентів. Усі фази в різноманітних співвідношеннях і поєднаннях входять в загальний об'єм ґрунту і по-різному впливають на її електрофізичні властивості, які у свою чергу безпосередньо залежать від вологості, щільності, температури, хіміко-мінералогічного і механічного складу, ґрунту та ін. Визначені основні механізми дії ЕМП на ґрунт, а саме:



- безпосередньо електромагнітних полів;
- зміною структури популяції ґрунтових мікроорганізмів під впливом ЕМП;

- впливом електромагнітного випромінювання надвисоких частот (НВЧ) на фізико-хімічні властивості ґрунтів.

У першому варіанті змінювалися такі властивості мулу, як електропровідність, в'язкість, поверхневу напругу, швидкість седиментації, магнітну чутливість під дією магнітного поля.

При другому варіанті, електричне поле знижує загальну чисельність бактерій в ґрунті, а так само значно падає кількість грибів [9].

При третьому варіанті знижується рівень азотфіксації за рахунок зниження активності нітрогенази, або за рахунок зменшення числа азотфіксуючих мікроорганізмів.

Враховуючи той факт, що в основі життєдіяльності будь-якого біологічного об'єкту як в цілому, так і на клітинному рівні лежать процеси що мають електромагнітне походження, дія ЕМВ із різними біотропними параметрами здатна чинити реальну позитивну або негативну дію залежно від конкретних умов. Таким чином, жива клітина є одночасно приймачем та передавачем ЕМВ різного діапазону хвиль і ЕМП ЛЕП здатні впливати на природні процеси в ґрунті, діючи на мікроорганізми. Результати експериментальних досліджень дозволили виявити додаткове до радіотеплового фону радіовипромінювання живими мікроорганізмами. Природа цього випромінювання пов'язана з резонансно-хвильовими процесами НВЧ діапазону, що відбуваються в живих клітинах. Електромагнітне поле такої біологічної системи можна розглядати як складно організований набір джерел польового випромінювання, синхронізованих по частоті і фазі. Електромагнітне поле кожного виду асоціацій мікроорганізмів має власні резонансні частоти. Зовнішнє ЕМП перебудовує ці частоти і як наслідок змінює структуру ґрунту і запускає процеси деградації.

Особлива небезпека цього процесу полягає в тому, що змінена ґрунтова область не залишається локальною, а внаслідок процесу перебудови власних резонансних частот змінюватиме резонансну структуру сусідніх областей, що не піддавалися прямій техногенній дії. А ті, у свою чергу, змінюватимуть частотні характеристики сусідніх областей. У результаті цього, процес поширення деградації набуває характеру схожого з хвильовим процесом [10].

На наш погляд неврахування ЕМП ЛЕП є серйозним упущенням, яке знижує об'єктивність моніторингу процесів деградації сільськогосподарських земель. Саме ця компонента технології захисту довкілля може на першочерговому етапі раціонально спрямувати ресурси для вирішення питань екологічної безпеки. Дуже перспективний біомоніторинг природних і техногенних електромагнітних полів, який у

поєднанні з апаратними методами дозволяє отримати оперативну і об'єктивну оцінку їх негативної дії і вжити необхідні заходи для нейтралізації або компенсації цього процесу.

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

1. Система оценки качества техногенно загрязненных почв по содержанию тяжелых металлов / А. И. Фатеев та ін. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2018. Вип. 87. С. 29–34.
2. Джерела забруднення земель небезпечними речовинами та їх види / А. О. Попова та ін. *Актуальні проблеми держави і права*. 2014. (73) С. 443–450.
3. Моделі екологічних ризиків спричинених забрудненням ґрунтів стійкими органічними пестицидами / О. І Дребот та ін. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2013. № 12. С. 203–207.
4. Биотехнологический подход к очистке почвы, загрязнённой углеводородами нефти и нефтепродуктами, с использованием препарата «десна» / О.М. Дульгеров та ін. *Вісник Одеського національного університету. Біологія*. 2001. № 4. Т. 6. С. 90–93.
5. Черепньов І. А., та ін. Комплексна дія електромагнітних полів ліній електропередач на біо і техносфери. *Короткий огляд. Тиждень еколога – 2021: зб. тез доп. між. наук. симп. Кам'янське : ДДТУ. С. 41–44.*
6. Вплив електромагнітного поля ліній електропередач високої напруги на живі організми в умовах урболандшафту / А. А. Крон та ін. / *Наук. вісник Ужгородського університету. Серія Біологія*. 2005. Вип. 17. С. 64–66.
7. Кічата Н. М., Глива В. А. Вплив радіотехнічних об'єктів на електромагнітну обстановку аеропортів. *АВІА-2015 : зб. тез. доп. XII між. наук. прак. конф., 28 -29 квітня 2015 р. Київ. С. 67–70.*
8. Рошко В. В., Рошко В. Г. Дослідження впливу електромагнітного поля ліній електропередач високої напруги на угруповання хортобіонтних артрод (актнкороба). *Наук. вісник Ужгородського університету. Серія Біологія*, 2017. Вип. 42. С. 25–30.
9. Влияние сочетанного химического и электромагнитного загрязнения на биологические свойства почв: монография / М. С. Мазанко и др. *Ростов-на-Дону : Издательство Юж. Фед. уни-та, 2013. 168 с.*
10. Бахарева Н. П. Изменение биоценоза почв при воздействии на них электромагнитных полей. *Современные тенденции развития науки и технологий*. 2016. № 1-1. С. 21–24.
11. Деякі аспекти використання електромагнітних технологій для відновлення забрудненого ґрунту / Вамболь С. О., Черепньов І. А., Колокольніков В. О. / *Метрологічні аспекти прийняття рішень в умовах роботи на техногенно небезпечних об'єктах: Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф., 2-3 листопада. Харків, ХНАДУ : 2021. С.103–107 (Україна).*

## **ЗАЛУЧЕННЯ ФОСФОГІПСУ ЯК РЕСУРСУ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ВИСОКОЯКІСНОГО ДОБРИВА БІОЛОГІЧНИМИ МЕТОДАМИ**

У 2015 році держави-члени Організації Об'єднаних Націй (ООН) прийняли Порядок денний в сфері Стійкого Розвитку на період до 2030 року, що містить 17 Цілей Стійкого Розвитку (ЦСР) та 169 цільових показників. Можна виділити зокрема рух до сьомої ЦСР: «Забезпечення загального доступу до недорогих, надійних, стійких та сучасних джерел енергії для всіх». Відходи та їхня утилізація є одним із головних проблем нашого часу. Щодня світ виробляє близько 4,5 млн. тонн відходів. За даними Світового банку, до 2050 року ця цифра перевищить 8 млн. тонн на день. Посилення заборон на транскордонне перевезення відходів також ускладнює ситуацію для національних урядів, яким тепер самим доводиться шукати практичні рішення. Відповідно саме підхід до розвитку економіки замкнутого циклу відповідає зобов'язанням, взятим на себе державами-членами ООН, зокрема ЦСР 12 щодо відповідального споживання та виробництва. У цьому контексті діяльність у напрямі переробки відходів в енергію є одним із стійких рішень щодо розвитку економіки.

Відходом хімічної промисловості є цінний сировинний мінеральний ресурс фосфогіпс. Фосфогіпс є багатотоннажним відходом виробництва екстракційної фосфорної кислоти, з низьким відсотком подальшої утилізації. Фосфогіпс належить до малозабезпечених речовин дрібнодисперсної структури [1]. Основні фактори впливу складування фосфогіпсових відходів на стан природних компонентів довкілля спостерігаються у наслідках екосистемних змін, пов'язаних із інфільтрацією, вилуговуванням в поверхневі й підземні води речовин із території відвалів, що призводить до перевищення гранично допустимих концентрацій через надмірне накопичення відходів на території та деградація природньо-антропогенних ландшафтів поблизу відвалів, що пов'язано із процесами потоку міграції речовини.

Однак, перспективною особливістю фосфогіпсу є його складові оксиди  $\text{CaO}$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{SiO}_2$ , що є корисними мінеральними елементами для біологічних процесів життєдіяльності бактерій та додаткового мінерального підживлення рослин. Генезис фосфогіпсу з фосфатної чи апатитової сировини зі специфічними етапами технологічного процесу обумовлюють варіації в елементному і хімічному складі фосфогіпсу, так наприклад присутність натрію чи не значних концентрацій

рідкоземельних елементів [2]. Вірогідна присутність важких металів у фосфогіпсових відходах допустима, але прямо залежить від якості використовуваної сировини.

Нами запропонована загальну концепцію переробки фосфогіпсів у технологіях виробництва високоякісного добрива із залученням біопроектів у трьох напрямках додавання фосфогіпсу: органічне добриво з мінеральними включеннями, біодобриво, мінеральне добриво з органічними включеннями (рис. 1).



**Рис. 1. Опис перспективних напрямів залучення фосфогіпсу як мінерального ресурсу для виробництва добрив**

Рішенням для використання корисних властивостей широкого мінерального складу фосфогіпсу є використання його в якості мінеральної основи для біодобрив. Розвиток альтернативної енергетики, а саме процесів анаеробного збродження, потенціонував поширення використання біодобрив отриманих в процесах анаеробної коверсії органічної речовини. Біогазові технології окрім переробки органічних відходів у енергію, також додатково утворюють дигістат, що містить корисні елементи азот, фосфор і калій, та за своїми характеристиками є якісним органічним добривом.

Компостування також є ефективним методом перетворення органічної сировини на органічні добрива. Вермікомпостування, компостування в використанні біопрепаратів є способами прискорення процесів перетворення органічної речовини. Застосування такого типу органічних біодобрив має високий інтерес, про те є обмеження в ефективності, через

складність прогнозування точного хімічного складу такого типу органічних добрив. Саме тому, вважаємо перспективними використанням органо-мінеральних комплексів біодобрив. Мінеральна складова покращує, як елементний складом самих біодобрив, так і виступає додатковим елементом живлення в процесах бактеріальної переробки органічної сировини, з впливом на якісні показники отриманого продукту [3].

Фосфогіпс може виступити також основою в комбінованих добривах, оскільки має позитивні результати застосування в якості меліоранта на солонцюватих ґрунтах для поліпшення фізико-хімічних властивостей та родючості ґрунту [4].

Фосфогіпс також може стати іммобілізаційним кислотостійким носієм, що забезпечує середовище з вмістом макро- і мікроелементів для біоплівки [5], що відкриває можливості варіанту його використання в технологіях виготовлення біопрепаратів направленої дії на його основі.

Розглядаючи виробництво комплексних органо-мінеральних добрив, органічна частина добрив забезпечується розкладанням органічних відходів шляхом анаеробного зброджування, що має два варіанта цільових продуктів, добриво та біогаз. Отже, комплексний процес виробництва забезпечує, на етапі переробки органіки в добрива, отримання зеленої енергії за рахунок виробництва біогазу.

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

1. ДСТУ Б В.2.7-1-93. Будівельні матеріали. Фосфогіпс рядовий. Технічні умови. К. : Держстандарт України, 1993.
2. Chernysh Y., Kharytonov M., Chubur V., Yakhnenko O., Ablieieva I., Roubik H. Bioenergy processes of organic waste recycling and phosphogypsum utilization. Sustainable Development Trends and Challenges under COVID-19 : Book of abstracts 2nd Multidisciplinary Conference for Young Researchers, Sumy, 29–30 November 2021. Prague, 2021. P. 47–48.
3. Ablieieva I, Berezhna I, Berezhnyi D, et al. Technologies for Environmental Safety Application of Digestate as Biofertilizer. Ecological Engineering & Environmental Technology. 2022;23(3):106–119.
4. Макарова Т. К. Економічна ефективність хімічної меліорації фосфогіпсом на іригаційно солонцюватих чорноземах. Вісник НУВГП. Технічні науки. 2018. Вип. 4. С. 22–30.
5. Chernysh Y. Розробка інтегрованої моделі екологічно безпечної утилізації фосфогіпсу в технологіях захисту навколишнього середовища. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Нові рішення у сучасних технологіях, 2017, 53(1274), 152–158.
5. Черниш Є. Ю., Пляцук Л. Д. Розробка біотехнології видалення сірководню із біогазу з використанням іммобілізаційного матеріалу на основі фосфогіпсу. Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2015. № 2(6). С. 28–34.

*Чиркіна М. А., к. т. н., Слепужніков Є. Д., к. т. н.,  
Пономаренко Р. В., д. т. н.*

*Національний університет цивільного захисту України, м. Харків, Україна*

## **ДО ПИТАННЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ НА ХІМІЧНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТАХ**

Забезпечення техногенної безпеки є особливою функцією захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій. Забезпечення техногенної безпеки на об'єктах, у тому числі на хімічно небезпечних об'єктах, здійснюється відповідно до Кодексу цивільного захисту у таких випадках, як наявності будівель та споруд із порушенням умов експлуатації; наявності об'єктів з критичним станом виробничих фондів та порушенням умов експлуатації; можливості впливу сторонніх (зовнішніх) факторів (природних, терористичних, соціальних тощо) на діяльність та безпеку об'єкта; виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру (порушення умов експлуатації) на небезпечних об'єктах, ядерних установках [1]. Наслідки надзвичайних ситуацій хімічного характеру можуть виходити за межі держав, а екологічні та економічні витрати у зв'язку з аварією несуть не лише підприємства, що постраждали внаслідок аварії, а й відповідні держави. Тому існує необхідність встановлення та вживання заходів безпеки та заходів, спрямованих на зменшення ризику, для запобігання можливих аварій, зменшення ризику аварій, що виникають, а також мінімізації наслідків у разі їх виникнення, роблячи можливим забезпечення високого рівня захисту на території всього Європейського Союзу.

Сьогодні в країнах Європи впроваджується Директива 2012/18/ЄС (Севезо III) від 4 липня 2012 р. про контроль загроз виникнення значних аварій, пов'язаних з використанням небезпечних речовин [2]. Впровадження положень цієї Директиви є одним із зобов'язань, взятих Україною у рамках Угоди про асоціацію між Україною та Європейським Союзом. Протягом 2018-2019 рр. Координатором проектів Організації з безпеки і співробітництва в Європі (ОБСЄ) в Україні разом із Державною службою надзвичайних ситуацій розроблено матеріали для внесення змін до Закону України № 2245-III «Про об'єкти підвищеної небезпеки» і постанови Кабмін України № 956 «Про ідентифікацію та декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки» [3]. У зв'язку із внесенням Директивою 2012/18/ЄС Європейського Парламенту і Ради від 04 липня 2012 року про контроль загроз виникнення значних аварій, пов'язаних із використанням небезпечних речовин (далі – Директива Севезо III), 01 червня 2015 року змін

до Директиви Ради 96/82/ЄС та скасуванням її, виникла потреба перегляду відповідних положень чинного законодавства в зазначеній сфері [4].

Державна служба України з надзвичайних ситуацій на виконання доручення Прем'єр-міністра України від 11.08.2021 № 37604/1/1-21 до Закону України від 15 липня 2021 р. № 1686-ІХ «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо об'єктів підвищеної небезпеки» розробила проєкт постанови Кабінету Міністрів України «Про внесення змін до деяких постанов Кабінету Міністрів України».

Згідно Порядку ідентифікації та обліку об'єктів підвищеної небезпеки (ОПН), суб'єкти господарювання організують проведення ідентифікації об'єктів підвищеної небезпеки стосовно всіх об'єктів, на яких знаходяться джерела небезпеки (виробництва, цехи, відділення, виробничі дільниці, окреме обладнання та будь-які будівлі і споруди, розташовані в межах території, що використовується суб'єктом господарювання). Ідентифікація об'єкта підвищеної небезпеки проводиться у три етапи. На першому етапі складається перелік небезпечних речовин за індивідуальними назвами, класами небезпечних речовин (далі – клас НР) та категоріями небезпеки, наведеними відповідно в таблицях 1 та 2 додатка 1 до цього Порядку, що знаходяться або можуть знаходитись у всіх джерелах небезпеки на об'єкті згідно з технологічним регламентом, проектною або іншою технічною документацією або маркуванням на відповідне джерело небезпеки. Якщо небезпечні речовини мають властивості, що дозволяють віднести їх до кількох класів НР або категорій небезпеки, для цілей ідентифікації застосовується найменша порогова маса небезпечних речовин. У разі, коли на об'єкті є небезпечні речовини, не включені до таблиць 1 та 2 додатка 1 до Порогових мас небезпечних речовин для ідентифікації об'єктів підвищеної небезпеки, уключаючи відходи, які є наявними або відповідно до технологічних процесів можуть бути наявними та за існуючих умов можуть спричинити виникнення аварії, такі небезпечні речовини відносять до найбільш наближеного класу НР (категорії небезпеки) або індивідуальної назви небезпечної речовини, що визначені в таблицях 1 і 2 додатка 1 до цього Порядку. На другому етапі складається перелік джерел небезпеки, які містять небезпечні речовини, визначені пунктом 7 цього Порядку. На третьому етапі визначається маса небезпечної речовини в кожному окремому джерелі небезпеки і проводиться розрахунок загальної маси небезпечних речовин окремо для кожної індивідуальної назви небезпечної речовини або класу НР (категорії небезпеки), визначеної відповідно до таблиць 1 і 2 додатка 1 до цього Порядку.

У разі, якщо на об'єкті загальна маса небезпечних речовин за відповідним класом НР (категорією небезпеки) або індивідуальною назвою дорівнює, або перевищує порогову масу небезпечних речовин за відповідним класом НР (категорією небезпеки), або індивідуальною назвою, такий об'єкт належить до об'єкта підвищеної небезпеки відповідного класу.

У разі, якщо на об'єкті відсутні певні небезпечні речовини із загальною масою, що перевищує або дорівнює відповідній пороговій масі, з метою вирішення питання щодо віднесення об'єкта до об'єкта підвищеної безпеки необхідно застосовувати такі формули:

1. об'єкт є об'єктом підвищеної безпеки 1 класу, якщо сума:

$$\frac{q_1}{Q_{11}} + \frac{q_2}{Q_{12}} + \frac{q_3}{Q_{13}} + \frac{q_4}{Q_{14}} + \frac{q_5}{Q_{15}} + \frac{q_n}{Q_{1n}} \geq 1,$$

де  $q_n$  = маса окремої небезпечної речовини за індивідуальною назвою або класом НР (категорією безпеки) відповідно до таблиць 1 або 2 додатка 1 до цього Порядку;  $Q_{1n}$  = порогова маса окремої небезпечної речовини за індивідуальною назвою або класом НР (категорією безпеки) для об'єкта підвищеної безпеки 1 класу визначена в таблицях 1 та 2 додатка 1 до Порогових мас небезпечних речовин для ідентифікації об'єктів підвищеної безпеки;

2. об'єкт є об'єктом підвищеної безпеки 2 класу, якщо сума:

$$\frac{q_1}{Q_{21}} + \frac{q_2}{Q_{22}} + \frac{q_3}{Q_{23}} + \frac{q_4}{Q_{24}} + \frac{q_5}{Q_{25}} + \frac{q_n}{Q_{2n}} \geq 1,$$

де  $q_n$  = маса окремої небезпечної речовини за індивідуальною назвою або класом НР (категорією безпеки) відповідно до таблиць 1 або 2 додатка 1 до цього Порядку;  $Q_{2n}$  = порогова маса окремої небезпечної речовини за індивідуальною назвою або класом НР (категорією безпеки) для об'єкта підвищеної безпеки 2 класу визначена в таблицях 1 або 2 додатка 1 до цього Порядку;

3. об'єкт є об'єктом підвищеної безпеки 3 класу, якщо сума:

$$\frac{q_1}{Q_{31}} + \frac{q_2}{Q_{32}} + \frac{q_3}{Q_{33}} + \frac{q_4}{Q_{34}} + \frac{q_5}{Q_{35}} + \frac{q_n}{Q_{3n}} \geq 1,$$

де  $q_n$  = маса окремої небезпечної речовини за індивідуальною назвою або класом НР (категорією безпеки) відповідно до таблиць 1 або 2 додатка 1 до цього Порядку;  $Q_{3n}$  = порогова маса окремої небезпечної речовини за індивідуальною назвою або класом НР (категорією безпеки) для об'єкта підвищеної безпеки 3 класу, визначена в таблицях 1 або 2 додатка 1 до цього Порядку.

Отже, зазначені в пункті 12 цього Порядку формули з метою оцінювання впливу безпеки від небезпечних речовин на здоров'я людини, об'єкти інфраструктури (фізична безпека) та довкілля застосовуються окремо для кожного виду загроз, а саме:

1) для впливу на організм і здоров'я людини розраховується загальна маса небезпечних речовин, наведених у секції «Н» («Загроза для здоров'я людини») таблиці 2 додатка 1 до цього Порядку;



2) для впливу на об'єкти інфраструктури розраховується загальна маса небезпечних речовин, наведених у секції «Р» («Фізичні загрози для об'єктів інфраструктури») таблиці 2 додатка 1 до цього Порядку; 3) для впливу на довкілля розраховується загальна маса небезпечних речовин, наведених у секції «Е» («Загрози для довкілля») таблиці 2 додатка 1 до цього Порядку.

Якщо будь-яка із сум, отриманих відповідно до формул, наведених у пункті 12 цього Порядку, перевищує або дорівнює 1, то для ідентифікації застосовується відповідне положення цього Порядку. При цьому для застосування правила, зазначеного в пункті 12 цього Порядку, використовується найменша порогова маса речовин для кожного класу НР (категорії небезпеки) відповідно до пункту 13 цього Порядку.

За результатами ідентифікації складається Повідомлення за формою ОПН-1 згідно з додатком 2 до цього Порядку, яке протягом 10 робочих днів після завершення ідентифікації подається до ДСНС або її територіального органу за місцезнаходженням об'єкта підвищеної небезпеки для опрацювання та прийняття рішення стосовно включення або невключення результатів ідентифікації до Реєстру об'єктів підвищеної небезпеки. Отже, таким чином виконується розподіл ОПН на класи небезпеки з використання підходів щодо впорядкування процедури віднесення (ідентифікації) об'єктів до ОПН, визначених у Директиві Севезо III, з метою встановлення конкретних вимог до кожного, нижчого за рівнем класу небезпеки [5].

### **Використані інформаційні джерела:**

1. *Кодекс цивільного захисту України : Закон України від 02.10.2012 р. № 5403-VI. Відомості Верховної Ради України. 2013. №34–35. Ст. 458.*
2. *Директива 2012/18/ЄС Європейського парламенту і Ради від 4 липня про контроль великих аварій, пов'язаних з небезпечними речовинами 2012 року. 24.7.2012 UA Офіційний вісник Європейського Союзу L 197/35. Законодавчі акти, 2018. №1.36 с.*
3. *Чиркіна М. А. Директива Севезо III і національне законодавство в сфері цивільного захисту // Запобігання надзвичайним ситуаціям та їх ліквідація : матеріали круглого столу (вебінару). Харків, 2022. С. 120–122.*
4. *Пояснювальна записка до проекту Закону України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо об'єктів підвищеної небезпеки» від 19.11.2020 № 4407 (Одержаний ВР України). URL: <https://ips.ligazakon.net/document/GI03728A?an=3>*
5. *Проект постанови Кабінету Міністрів України «Про внесення змін до деяких постанов Кабінету Міністрів України» від 29.12.21. URL: <https://dsns.gov.ua/>*

**Чухліб Ю. О.**

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

## **НАСЛІДКИ ВПЛИВУ ВОЄННИХ ДІЙ В УКРАЇНІ НА СТАН ДОВКІЛЛЯ**

Протягом військового вторгнення на територію України, крім жертв серед цивільного населення та інших гуманітарних катастроф, було зафіксовано багато екологічних загроз та подальших ризиків, пов'язаних із застосуванням військової техніки та зброї широкого дії. Тому на майбутнє виникає потреба в ідентифікації таких джерел впливу та потенційних загроз, які вони створюють, для розроблення заходів, щодо їх ліквідації та усунення.

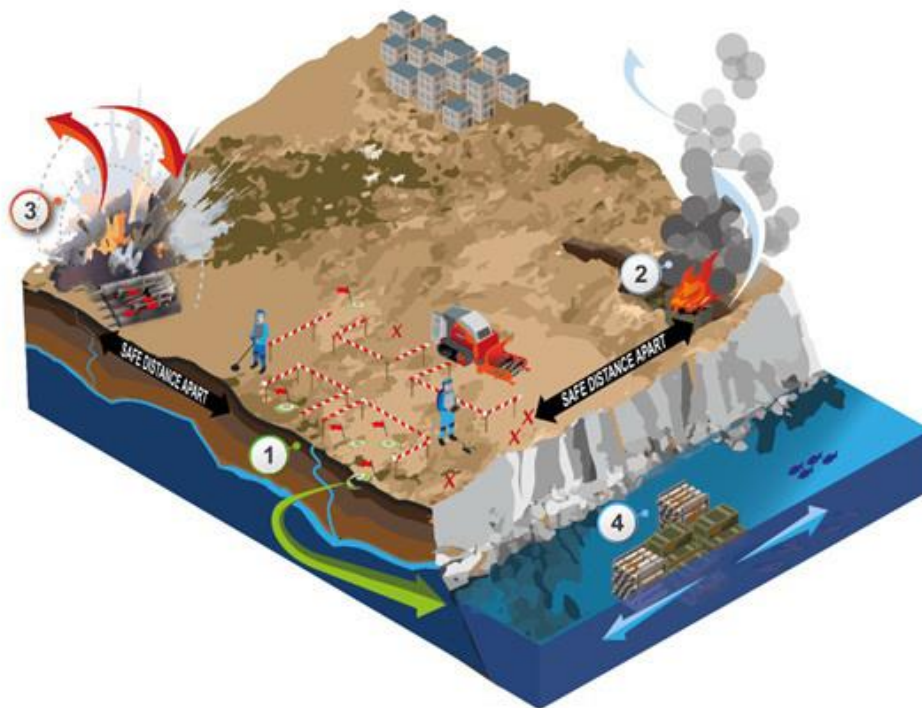
Були виділені наступні джерела впливу на навколишнє середовище під час воєнних дій:

1. Пошкодження військових (пов'язаних) об'єктів. Вибухи на об'єктах інфраструктури, зокрема місць зберігання, складів боєприпасів та військових баз, становлять гостру та довгострокову загрозу, як для навколишнього середовища, так і для цивільного населення. Місця зберігання палива, наприклад, які розташовуються не тільки поблизу військових об'єктів, але й в місцях проживання населення становлять велику загрозу не тільки з точки можливих впливів на навколишнє середовище, внаслідок аварійного видиву, але з точки зору вибухів і подальшої пожежі. Так, в Україні було зафіксовано багато атак на нафтобази, які є одними з головних цілей ворожого нападу, зокрема перший удар, що був зафіксований у ніч на 24 лютого, це був удар по цистернах для зберігання палива на авіабазі у місті Чугуїв. Подальша пожежа була зафіксована супутниковими знімками Planet. 26 лютого були нанесені удари по складу палива біля аеропорту міста Миколаєва, в результаті чого над населеним пунктом спостерігалася потужна пожежа і шлейф диму. Найпомітнішою атакою став авіаудар у ніч на 27 лютого по авіабазі в місті Васильків Київської області. Наслідком удару став потужний вибух, що призвело до пожежі. Цистерна з паливом горіла напротязі доби. За даними Міністерства охорони навколишнього природного середовища та природних ресурсів України, згоріло 20 000 м<sup>3</sup> дизельного палива та бензину, що спричинило забруднення повітря над житловими районами [1].

Ці типи атак несуть гострі та довгострокові ризики для здоров'я та навколишнього середовища [2]. Наслідки таких видів забруднень залежать від виду пали чи нафтопродуктів, а також місця розташування об'єктів атак, наскільки близько вони знаходилися до населених пунктів та джерел

водопостачання, зокрема джерел питного водопостачання. Серед потенційних ризиків впливу: забруднення атмосферного повітря продуктами горіння палива в короткостроковій перспективі, та витікання і подальше забруднення ґрунтів та підземних і поверхневих вод.

2. Боєприпаси та їх залишки. Вибухи та подальше розповсюдження залишків боєприпасів можуть також створювати гострі та хронічні ризики для здоров'я людей та навколишнього середовища. Військовий аналіз з полігонів і дослідження, які проводяться гуманітарними саперами, свідчать про значні ризики, пов'язані з важкими металами, енергетичними сполуками, такими як тротил, гексоген та ракетне паливо, які впливають на навколишнє середовище [3]. Наслідки поширення забруднення, спричиненого інтенсивним використанням боєприпасів у населених районах, вибухами складів боєприпасів, або робіт з розмінування були викладені у звіті від Женевського центру гуманітарного розмінування «Посібник із забруднення навколишнього середовища вибуховими боєприпасами» [4]. У даному звіті був проведений аналіз, який окреслює різні шляхи та вектори того, як вибухи боєприпасів, впливають на організм людей, внаслідок потрапляння небезпечних речовин в навколишнє середовище, а також на екосистеми (рис. 1).



**Рис.1. Демонстрація поширення забруднюючих речовин із різних видів боєприпасів у навколишньому середовищі [4]**

3. Військові токсичні відходи та металобрухт. Відомо, що на місцях проведення боїв та розташування військ залишають десятки і сотні одиниць пошкодженої техніки, мобільних реактивних установок і транспортних

засобів. Цивільним жителям слід уникати покинутих/пошкоджених ракет класу «земля-повітря» (ЗРК) та інших типів ракет, що містять високотоксичне паливо. Військові транспортні засоби часто містять цілий ряд токсичних матеріалів, і досвід попередніх війн, таких як в Іракові, свідчить про ризики для цивільного населення, зокрема для працівників, які займають прибиранням цього брухту. Цивільні особи, які користуються персональними транспортними засобами, знаходяться в зоні ризику через боєприпаси, що не розірвалися. В той же самий працівники, які займаються збором металобрухту, що забирають транспортні засоби, можуть піддаватися впливу різних небезпечних речовин, таких як азбест, полівінілхлорид (ПВХ), кислоти з акумуляторних батарей. Ще однією загрозою є, наприклад, танки Т-80БВМ, які можуть бути споряджені 125-мм бронебійними боєприпасами зі збідненим ураном. Така військова техніка може бути забруднена пилом та осколками, які класифікуються як низькоактивні радіоактивні відходи і становлять небезпеку для здоров'я при вдиханні, або ковтанні [5].

4. Ядерні об'єкти та критична інфраструктура. Під час вторгнення, одно з найбільших загроз для навколишнього середовища та здоров'я людей становили об'єкти ядерної промисловості. Захоплення Чорнобильської АЕС, викликало негайне занепокоєння, оскільки радіаційний моніторинг вказував на стрибки рівнів вмісту різних радіоактивних речовин. В першу чергу це було викликано підняттям ґрунтового пилу в зоні відчуження, у зв'язку з військовими переміщеннями та розміщенням там військових потужностей. Ще одним об'єкт атомної енергетики, який був захоплений – це Запорізька АЕС, де розміщено 6 із 15 українських ядерних реакторів. Наслідком враження снарядами, випущеними по ядерних об'єктах, стало пошкодження навчального центру та лабораторії, де також постраждали місцеві працівники.

Критична інфраструктура. Пошкодження критичної інфраструктури, такої, як електростанції та водонапірні споруди, також несе прямі та довгострокові ризики, як для суспільства вцілому, так і для навколишнього середовища. Наприклад, на електростанціях знаходяться такі небезпечні речовини, як полівінілхлорид (ПВХ), тоді як станціях фільтрації води розміщуються великі запаси хлору для знезараження, що створює, в свою чергу, серйозні ризики. У середньостроковій та довгостроковій перспективі відсутність електроенергії може стати перешкодою для функціонування водонасосних станцій, що може позбавити людей доступу до чистої води, створюючи пов'язані з цим ризики інфекційних захворювань. Різні гуманітарні та агенції ООН повідомляють про масштабні пошкодження та порушення водної інфраструктури. Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) попередила, що це може створити додаткові ризики для здоров'я людей, через поширення інфекційних захворювань. Причиною поширення

таких захворювань може стати відсутність чистої води та пошкодження каналізаційних трубопроводів [6].

5. Забруднення моря. З початку вторгнення були також атаковані різні порти, українські судна та інші цивільні вантажні судна під різними прапорами в Чорному морі. Наприклад, У порту Очакова був обстріляний та спалений військово-морський склад на узбережжі, а у вантажне судно в Миколаєві було влучено ракетою, внаслідок чого загинули та отримали поранення персонал. Більш серйозний інцидент із забрудненням стався на схід від Одеси, де два кораблі, Millennial Spirit і Namura Queen, що перевозили паливо та хімікати, були вражені та затонули, що спричинило локальний розлив, який було видно на знімках Sentinel-2 [1].

Існує ряд високоризикованих сценаріїв війни, які вимагають постійного моніторингу. Так, залишаються потенційно високими ризики, щодо загроз на ядерних об'єктах та сховищах ядерних відходів. Оскільки наступи йдуть, в тому числі, на міста з промисловими зонами, включаючи хімічні заводи, металургійні підприємства, місця зберігання токсичних відходів та інші виробничі і складські майданчики з небезпечними речовинами, залишаються великі ризики, щодо виникнення екологічних катастроф та надзвичайних ситуацій на них.

У довгостроковій перспективі буде дуже важливо застосовувати всі необхідні знання, досвід, обладнання та залучати фінансування, щоб належним чином ідентифікувати, відстежувати та відновлювати зони екологічного ураження. Застосування екологічних норм для запобігання та мінімізації екологічних ризиків буде мати вирішальне значення для захисту людей та навколишнього середовища в Україні.

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

1. *Environment and Conflict Alert Ukraine: A first glimpse of the toxic toll of Russia's invasion of Ukraine.* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cutt.ly/9HPQcpq>

2. *Environmental Effects of Oil Spill.* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cutt.ly/8HPQQWG>

3. *The effect of explosive remnants of war on global public health: a systematic mixed-studies review using narrative synthesis.* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cutt.ly/FHPQANH>

4. *3Guide to Explosive Ordnance Pollution of the Environment.* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cutt.ly/0HPQH8>

5. *No future for Depleted Uranium.* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cutt.ly/9HPQXVB>

6. *Emergency in Ukraine: external situation report #5, published 31 March 2022: reporting period: 24–30 March 2022* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cutt.ly/YHPQNx0>

<sup>1</sup>*Чушкіна І. В., к. т. н., доц.,* <sup>2</sup>*Максимова Н. М., к. т. н., доц.,*

<sup>3</sup>*Петрушина Г. О., к. х. н., доц.*

<sup>1</sup>*Національний технічний університет «Дніпровська Політехніка»,*

*м. Дніпро, Україна,*

<sup>2</sup>*Технічний університет «Метінвест Політехніка», м. Маріуполь, Україна,*

<sup>3</sup>*Дніпровський державний аграрно-економічний університет,*

*м. Дніпро, Україна*

## **ПРОБЛЕМНІ АСПЕКТИ ДНОПОГЛИБЛЮВАЛЬНИХ РОБІТ НА ПРИКЛАДІ РІЧКИ ЧАПЛИНКА**

Україна посідає 32-ге місце із 40 країн Європи за показником нестачі водних ресурсів [1]. Переважна більшість річок, у тому числі малі річки, характеризуються високим антропогенним навантаженням, забрудненням, їх природний баланс порушений, вони втратили здатність до самоочищення. Тому річки України потребують приведення їх екологічного стану до відповідних стандартів якості. Це забезпечить потреби громадян у питній воді, оздоровленні, розвитку фізичної культури і спорту, та загалом збалансованого розвитку економіки, в тому числі й сільського господарства. У воєнний час подекуди поверхневі води можуть використовуватися як єдине джерело питної води, незважаючи на попереднє їх цільове призначення.

Запаси води поповнюються переважно через опади. Тому аномальна спека, яка спостерігається дедалі частіше останніми роками, лише посилює водний дефіцит. Тільки за останні десять років кількість опадів в Україні влітку зменшилася на 15-27% [1]. А менша кількість води означає підвищення концентрації забруднення у ній. Суттєвим фактором негативного впливу на якісні та кількісні показники водних ресурсів України є також вплив господарської діяльності. Особливим непрогнозованим та небезпечним чинником, який потребує окремої уваги, є вплив перебігу воєнних дій.

Тому аналіз та пошук шляхів підвищення ефективності заходів відновлення і підтримання сприятливого гідрологічного режиму та екологічного стану річок, в тому числі й малих, є актуальною науково-практичною задачею, яка, наприклад, відповідала раніше діючій Загальнодержавній цільовій програмі розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення басейну річки Дніпро на період до 2021 року та на реалізацію якої виділялось фінансування.

На практиці це означає, що кожна сільська, селищна, міська рада, районна та обласна рада повинні розробляти місцеві програми відновлення малих річок та враховувати специфіку управління малими річками під час

проектування планованої діяльності [2].

Порядок проведення руслоочисних та руслорегулюючих робіт на річках областей розробляється відповідно до Закону України «Про місцеве самоврядування в Україні» та Водного кодексу України. Він визначає черговість, технічні умови та механізм з підготовки і проведення днопоглиблювальних, руслоочисних та руслорегулюючих робіт на річках області.

Руслоочисні та руслорегулюючі роботи виконуються з метою зниження гідравлічного навантаження на береги річок, які зазнають інтенсивної ерозії, забезпечення умов проходження паводку на ділянках мостових переходів, гідроспоруд та лінійних споруд, відновлення природного стану русла, поліпшення умов існування водних живих організмів.

До настання воєнного стану в Україні багато реалізовувалось заходів з розчистки русел малих річок, однак з плином часу часто відмічається суттєве пониження їх ефективності, а отже доцільно в майбутньому переглянути методику їх виконання.

В якості прикладу розглянемо деякі особливості гідрологічного та екологічного стану акваторії р. Чаплинка (ширина русла 20-300 м) в адміністративних межах Дніпропетровської області після проведення днопоглиблювальних робіт у 2017-2021 рр.

Річка Чаплинка є лівою притокою першого порядку р. Оріль, води якої вважаються найчистішими в Дніпропетровській області. Басейн р. Чаплинка розташований в межах степової зони. Протікає річка по території Дніпропетровської області. Довжина річки 62 км, площа водозбору 565 км<sup>2</sup>, населеність 0,56%, заболоченість 1,1%, розораність 75%. Річка не має приток довжиною більше 10 км. Коефіцієнт густоти мережі (з урахуванням річок довжиною менше 10 км) становить 0,14 км/км<sup>2</sup>. Падіння річки 64,4 м, середньозважений ухил 0,85 м/км, норма стоку річки складає 20,633 млн.м<sup>3</sup>, стік маловодних років забезпеченість 75 і 95% – відповідно 12,547 та 5,361 млн. м<sup>3</sup> [3]. Води річки належать до сульфатно-натрієвого класу, жорсткістю 12,5 мг-екв/л, загальною мінералізацією 0,992 г/л – води чисті.

Днопоглиблювальні роботи були проведені поетапно на різних ділянках русла р. Чаплинка: продовж 2017-2018 рр. – на трьох ділянках річки від с. Оленівка до с. Шевченківка Магдалинівського району, у 2018-2019 рр. – на території Петриківської селищної ради Петриківського району, а потім на інших ділянках русла нижче за течією у 2020-2021 рр. – на території Іванівської селищної ради Петриківського району [3-4]. Необхідність їх проведення була викликана порушенням водного режиму протягом останніх десятиліть (відсутність водоохоронних зон і прибережних лісонасаджень, інтенсивною індивідуальною забудовою прибережної території, стихійним будівництвом неупорядкованих переїздів, виносом продуктів ерозії ґрунтів), внаслідок чого відбулося сильне замулення дна річки. При

проходженні весняних паводків вода виходила з берегів і затоплювала понижені ділянки. У результаті замулення відбувся підйом рівня ґрунтових вод, що завдав значної шкоди житловим будинкам, які розташовані поблизу до русла ріки.

Відповідно до п. 4.4 ДСТУ-Н Б В.1.2-16:2013 «Визначення класу наслідків (відповідальності) та категорії складності об'єктів будівництва» клас наслідків (відповідальності) даного об'єкту встановлювався за найвищою характеристикою можливих наслідків і був визначений як СС2.

У результаті проведення днопоглиблювальних робіт було розчищено мул текучий, з великою кількістю органіки і залишків водоростей, потужністю шару 0,3-0,7 м. Розробка донних відкладень планувалась у відвали та карти намиву для просушки з наступним навантаженням в автомашини та перевезенням на постійне місце складування з розрівнюванням. Однак тимчасові відвали розробленого мінерального ґрунту від днопоглиблювальних робіт склалися неселективно в межах прибережних захисних смугах річок, де подекуди були залишеними після проведення будівельних робіт. Із урахуванням планових завдань і технологічних можливостей необхідно було здійснити повне або часткове вивезення розробленого ґрунту за межі прибережної захисної смуги або його закріплення шляхом висівання багаторічних трав чи висадження іншої рослинності, зокрема кущів та дерев.

Не всюди витримується відповідно до ст. 88 Водного кодексу України ширина прибережних захисних смуг річки внаслідок подекуди щільної забудови берегів.

Нажаль сучасний стан всього русла річки свідчить, що днопоглиблювальні роботи не призвели до належного позитивного результату, про що також свідчать і чисельні звернення громадян. Наприклад, виявлено, що по руслу р. Чаплинка лише на території Іванівської селищної ради Петриківського району знаходяться 32 ставка і безліч малих водосховищ. Як на протязі усього русла, так і, наприклад, на ділянках сіл Оленівка, Шевченковки, Першотравенки розташовані глухі дамби. По всій довжині русла, де є глухі дамби без пропускної споруди, істотного результату від розчищення русла річки не відбулось. Разом із суттєвим замуленням цих ділянок, це виступає значною перешкодою фільтрації ґрунтових вод, а тому в певних місцях русло взагалі пересихає. В деяких місцях ставки утворені глухими дамбами, лише іноді шахтні переливи та обвідні канали. Пропускні споруди, які були зведені раніше на річці, виконані з урахуванням більш високого рівня води, тому на зараз є додатковою перешкодою перетіканню річкової води вниз за течією. Дана проблема лише частково вирішена за рахунок розчищення її русла, та реконструкції деяких гідротехнічних споруд. Ситуація погіршується за рахунок того, що на протязі останніх років було збудовано безліч незаконно побудованих нових дамб, щоб розводити рибу на приватній основі. Можемо



спостерігати пересихання русла р. Чаплинка в багатьох місцях, бо при такому техногенному навантаженні, зокрема спорудження глухих дамб (наприклад, у районі сіл Оленівка, Шевченковки і Першотравенки), річка просто не може існувати. Внизу по течії проходить процес обміління та заростання вищою повітряно-водною рослинністю. Це є суттєвим недоліком проведених в 2017-2021 рр. днопоглиблювальних робіт.

Притоки річки зарельфовані, розташовані в пониженнях рельєфу. Перегороджені глухими дамбами, та не дають річці додаткових витрат води. Майже по всій площі приток розповсюдженні процеси замулення та заростання русла. Це свідчить про не задовільно виконані або гідрогеологічні вишукування, або виконання будівельних робіт.

Таким чином, виявлені чисельні перепони вільного руху води в річці після проведення на ній робіт із відновлення гідрологічного режиму та санітарного стану. Нажаль будівельні роботи виконувались на окремих ділянках русла річка, вибір яких, як правило, залежить від господарської діяльності, а не від результатів гідрогеологічних вишукувань. Виникає питання також підсилення контролю за дотриманням будівельних робіт до рекомендацій польових гідрогеологічних досліджень. Для досягнення планованих результатів від провадження днопоглиблювальних робіт на малих та середніх річках слід передбачати на стадії проектування заходи з усунення перешкод руху поверхневих та підземних вод не лише за рахунок власне робіт з розчищення русла річки, але й відновлення джерел живлення водотоків, оновлення гідротехнічних споруд (влаштування переливів із урахуванням сучасних рівнів води в річці, ліквідації глухих дамб).

### **Використані інформаційні джерела:**

1. Даниляк А. Забруднення водою України. Екодія. Новини від 6 Квітня 2021. URL: <https://ecoaction.org.ua/zabrudnennia-vodojm-ukrainy.html>
2. Малі річки та їх охорона. Екологія. Право. Людина. Верховенство права для захисту довкілля. Новини від 9 липня 2017. URL: <http://epl.org.ua/human-posts/mali-richky-ta-yih-ohorona/>
3. Звіт з оцінки впливу на довкілля планованої діяльності «Відновлення гідрологічного режиму та санітарного стану р. Чаплинка на території Іванівської селищної ради Петриківського району Дніпропетровської області – капітальний ремонт. Коригування» (реєстраційний номер справи про оцінку впливу на довкілля планованої діяльності 2020565757). Дніпро, 2020. 151 с.
4. Розчистка річки Чаплинка від 24.10.2018 р. Нормативно-правові акти. Петриківська територіальна громада. URL: <https://petrykivska.otg.dp.gov.ua/ua/novini-ta-podiyi/novini/rozchistkarichki-chaplinka>

<sup>1</sup>Шибанова А. М., к. т. н., <sup>2</sup>Мітрясова О. П., д. т. н., <sup>1</sup>Руда М. В., к. т. н.,  
<sup>1</sup>Джумеля Е. А., к. т. н.

<sup>1</sup>Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна,

<sup>2</sup>Чорноморський національний університет ім. Петра Могили,  
м. Миколаїв, Україна

## ТРАНСКОРДОННІ ЕКОЛОГІЧНІ ЗАГРОЗИ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРУ НА ТЕРИТОРІЇ ПРИКАРПАТТЯ

Проблеми, пов'язані з погіршенням техногенно-екологічного стану на території Калуського гірничо-промислового району існують впродовж тривалого періоду, однак особливо загострилися після припинення виробничої діяльності калійного та магнезійового виробництва, а також експлуатації видобувних ділянок (шахт, кар'єру) Калуш-Голинського родовища калійної солі.

Із раптовою зупинкою виробничого комплексу перестали здійснюватися заходи з підтримання крупних гірничотехнологічних об'єктів у безпечному стані [1]. Контроль за змінами, що відбуваються у геологічному середовищі в межах розташування цих об'єктів та зоні їх потенційного негативного впливу, є епізодичним і фрагментарним.

Надзвичайна ситуація на території Калуського гірничопромислового району розвивається упродовж багатьох років через господарську діяльність із видобування калійних солей, що здійснювалося без проведення ефективних технічних і природоохоронних заходів [2, 3]. Особливістю розробки калійних руд є відносно низький вміст у них корисного компонента і, як наслідок, великий об'єм відходів при їх переробці і одержанні кінцевого продукту.

Основними об'єктами, які здійснюють негативний вплив на довкілля та безпеку проживання на території Калуського гірничо-промислового комплексу є:

- Домбровський кар'єр: до 2008 р. був єдиним у світовій практиці відкритим кар'єром із видобутку калійних руд. Видобуто 50,1 млн. м<sup>3</sup> гірничої маси, залишкові балансові запаси 32 млн. тонн. Кар'єр заповнений розсолами (до середньої відмітки підошви водного горизонту 0,55 м). Площа водозбору 376 га. Надходження вод в кар'єр 2,5-2,7 млн. м<sup>3</sup> в рік. Загроза – повне затоплення кар'єру та потрапляння розсолів у басейн р. Дністер.

- Хвостосховище №1: площа 54 га, заскладовані галітові солевмісні відходи об'ємом 12-14 млн. м<sup>3</sup>. Об'єкт засолює підземні водні горизонти.

- Хвостосховище №2: площа 48 га, заповнене відходами об'ємом 9,4 млн. м<sup>3</sup>, з них тверда фаза 8 млн. м<sup>3</sup>, загроза – засолення підземних

водоносних горизонтів, наявність карстових порожнин в тілі дамби, загроза прориву та попадання ропи у р. Дністер.

- Солевідвали: №1 – площа 48 га, заскладовано 11,3 млн. м<sup>3</sup> розкритих солевмісних порід, висота відвалу 55 м; № 4 – площа 39 га, заскладовано 7,4 млн. м<sup>3</sup> розкритих солевмісних порід, висота відвалу 30 м, обидва об'єкти засолюють підземні водні горизонти.

- Залишковий вплив колишнього полігону токсичних відходів ТОВ «Оріана-Галев». Протягом 2010-2013 років вивезено 29,431 тис. тонн відходів із вмістом гексахлорбензолу за межі області. Існує загроза забруднення підземних водоносних горизонтів продуктами розпаду гексахлорбензолу.

- Просідання земної поверхні над колишніми гірничими виробками рудників «Калуш», «Голинь» і «Ново-Голинь», прогнозовано 20 м у місцях розміщення житлових мікрорайонів, де проживає близько 4500 людей, розміщені житлові будинки та промислові об'єкти.

Домбровський кар'єр – це єдиний кар'єр, який експлуатували відкритим способом і на ньому проводили видобуток калійних солей. Після зупинки видобування калійних солей у 2007 році кар'єр став проблемою державного масштабу, оскільки переповнений небезпечними відходами та солями, існує велика загроза засолення водоносних горизонтів, які є джерелом прісної води Прикарпатського району. Дана проблема турбує і міжнародну спільноту, оскільки є ризик забруднення річки Дністер, яка є транскордонною водною артерією.

Після зупинки кар'єру зупинились і насосна станція, яка відкачувала поверхневі води з дренажної траншеї, через що кар'єр почав заповнюватись водою, в результаті чого почалось розчинення калійних солей. За даними досліджень мінералізація на поверхні складає близько 10 мг/л, а на дні кар'єру досягає 400 мг/л.

Ще одна проблема Домбровського кар'єру – водні ерозії, які утворились із північної частини кар'єру. З цього боку також протікає річка Сівка, яка дронує кар'єр і він заповнюється водою. У 2020 році під час повені на території Івано-Франківської області стався прорив дамби річки Сівки і частина води потрапила в кар'єр через північний борт. Причиною цього є те, що колись кар'єр почали будувати прямо в руслі Сівки, а саму річку штучно відвели поза межі і саме за ці 30-40 років річка починає повертатись в своє русло. І тепер прісні води Сівки поповнюють солоний басейн кар'єру і відповідно рівень буде катастрофічно збільшуватись, що пришвидшуватиме невідворотність того, що ця солонява вода потрапить в течію річки Сівки і надалі матиме транскордонний вплив.

Хвостосховища з відходами від калійного виробництва також несуть загрозу забруднення ґрунтів та поверхневих вод. Перше хвостосховище площею 54 га вміщає близько 4 млн. м<sup>3</sup> відходів. В 1993 році на ньому розпочали рекультивацію, але повністю її не завершили, в результаті цього

через атмосферні опади з хвостосховища вимиваються розчини солей, так звані мерабіліти.

У цілому негативні зміни стану навколишнього природного середовища м. Калуш, сіл Кропивник і Сівка-Калуська вже призвели до значного перевищення гранично допустимих норм хімічного забруднення ґрунтів і водних джерел, що суттєво обмежує можливість безпечної життєдіяльності населення, ускладнює подальшу господарську діяльність у цих умовах та знижує інвестиційну привабливість регіону.

Це зумовлює необхідність прискореного проведення комплексу заходів з інженерно-гідрогеологічних, геофізичних і геодезичних досліджень ділянок небезпечних карстопровальних процесів та просідань земної поверхні, зміщення контурів засолених вод у бік долини р. Лімниця, застосування певних заходів з боку держави для забезпечення захисту життя і здоров'я людей.

Вкрай складна соціально-економічна та техногенно-екологічна ситуація у Калуській промислово-міській агломерації неодноразово розглядалася на державному, регіональному та місцевому рівнях.

Однак, через недостатнє фінансування природоохоронних і технологічних заходів, їх незадовільну науково-технічну координацію, відсутність системи моніторингу за умов переважаючої спрямованості саме на ліквідацію вже проявлених негативних наслідків, рівень безпеки життєдіяльності на території Калуського гірничопромислового району має стійку тенденцію до погіршення та переходу на некерований стан з ризиком формування надзвичайної ситуації транскордонного рівня.

Потрібно також розуміти, що самого моніторингу недостатньо і вже потрібно розробляти комплекс заходів для унеможливлення засолення підземних і поверхневих вод та уникнення надзвичайної ситуації транскордонного характеру.

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

1. Адаменко О. М. *Управління природними ресурсами та екологічна безпека в паливно-енергетичному комплексі Карпатського регіону // Наук. вісн. Івано-Франків. нац. техн. ун-ту нафти і газу. 2002. №2(3). С. 140–144.*
2. Адаменко О. М., Рудько Г. І. *Екологічна геологія : підруч. [для студ. вищ. навч. закл.]. К. : Манускрипт, 1997. 348 с.*
3. Рудько Г., Шкіца Л. Є. *Екологічна безпека та раціональне природокористування в межах гірничопромислових і нафтогазових комплексів (наук. і методолог. основи): [монографія]. М-во освіти та науки України, Івано-Франків. держ. техн. ун-т нафти і газу, НАН України, Ін-т геолог. наук. К. : Нічлава, 2001. 528 с.*

*Шибанова А. М., к. т. н., Шибанова Ю. С.*

*Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна*

## **ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ СТАЦІОНАРНИХ ДЖЕРЕЛ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ НА ЙОГО ЯКІСТЬ**

На сьогодні питання забруднення атмосферного повітря є надзвичайно важливим для науковців, адже забруднення в містах та промислових регіонах знаходиться на високому рівні. Небезпечна кількість забруднюючих речовин у повітрі несе за собою значний ризик для загального стану організму людини [1]. З початком промислової революції збільшилась кількість відходів, значно зросла кількість скидів у водойми та викидів в атмосферу забруднювальних речовин [2, 3]. З часом це набрало планетарного масштабу, що привернуло увагу людства. Постало питання про глобальне потепління та зміни клімату, засмічення планети та забруднення усіх сфер довкілля [4].

У зв'язку з цим, оцінювання масштабів забруднення атмосферного повітря у містах і регіонах являється на сьогодні актуальною проблемою.

Метою роботи є встановлення масштабів та хімічного складу забруднення атмосферного повітря промисловими об'єктами на прикладі Київської області; розробка природоохоронних заходів щодо мінімізації негативного антропогенного впливу на довкілля.

Згідно з науковими дослідженнями, регіональними звітами Департаменту екології та природних ресурсів можемо дійти висновку, що стан атмосферного повітря Київської області є достатньо напруженим. В 2017-2019 роках якість повітряного басейну змінилась, проте не суттєво. Було зазначено підвищення концентрації кількох забруднювальних речовин та канцерогенних домішок, наприклад бензапірену.

Оскільки Київ – столиця України, а Київська область – одна з найбільших в країні, тут виникають екологічні проблеми через велику кількість підприємств та транспортні засоби зокрема. Особливо значну роль тут відіграють теплові електростанції та Чорнобильська АЕС.

Ключовими забруднювачами Київщини є підприємства чорної металургії (близько 34%), енергетики (орієнтовно 29%) та виробництва хімії та нафтохімії (37%), що зображено на рисунку 1.

Також в повітрі відзначають вміст 39 забруднювальних речовин, враховуючи важкі метали. Найбільшого поширення набули пил, оксид вуглецю, двооксиди азоту та сірки.

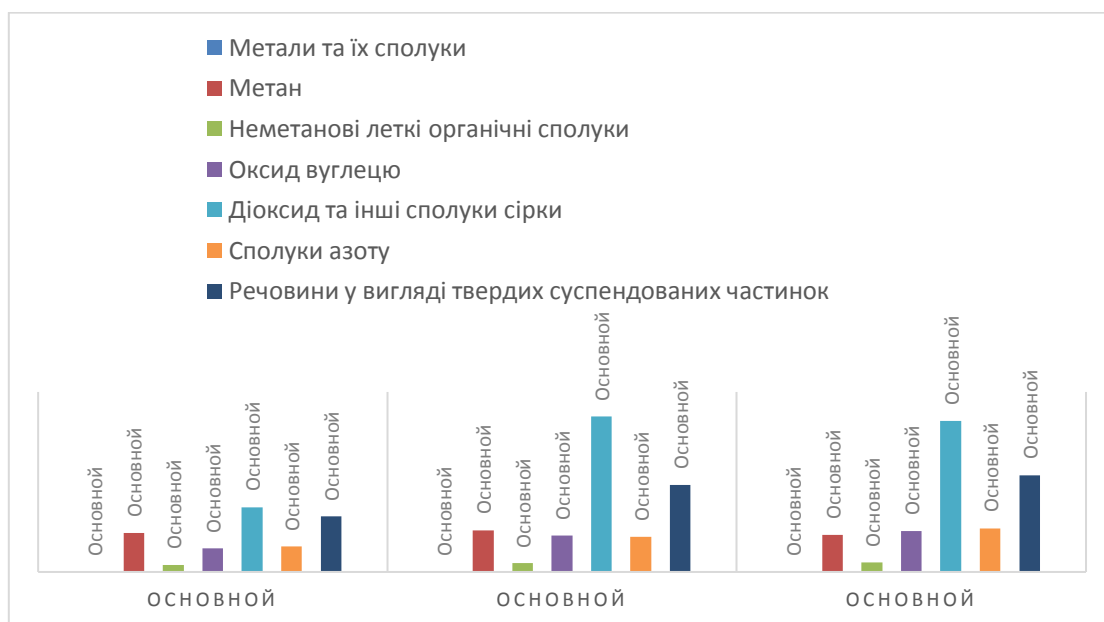
Серед ключових забруднюючих підприємств можна виокремити хімічну промисловість, адже до складу небезпечних викидів належать

сірчистий газ, сірководень, хлор, фтор та його сполуки, оксиди азоту тощо. Під час хімічних реакцій ці речовини здатні утворювати високі концентрації токсичних сполук.



**Рис. 1. Основні забруднювачі Київської області станом на 2019 рік**

Враховуючи мету дослідження даної роботи, проаналізуємо структурну динаміку викидів забруднюючих речовин Київської області за даними Головного управління статистики Київської області в період з 2017 до 2019 років.



**Рис. 2. Викиди основних забруднювальних речовин в атмосферне повітря в період із 2017 до 2019 років від стаціонарних джерел забруднення у Київській області, тис. т**

Станом на 2019 рік було виявлено збільшення викидів забруднювальних речовин в повітря, на відміну від 2018 року. Такі зміни спостерігались і від пересувних джерел забруднення – 130,4 тисяч тонн, і від стаціонарних джерел, які становили 84,5 тис. тонн.

Із викидів стаціонарних джерел спостерігалось найбільше викидів діоксиду та інших сполук сірки та речовин у вигляді твердих суспендованих частинок. До повітряного басейну надійшло майже 5 млн. т діоксиду вуглецю.

Згідно з рисунком 2, можемо зробити висновок, що в період з 2017 по 2019 рік кількість основних забруднювальних речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення значно зросла. Якщо 2018-2019 рр. орієнтовно мають схожі значення, окрім кількості викиду стійких органічних забруднювачів та поліароматичних вуглеводнів, то окремо за 2017 та 2019 роками спостерігається збільшення викидів основних забруднювальних речовин практично у два рази.

Атмосферне повітря, як головний елемент біосфери піддається значному антропогенному впливу. Найбільш негативний вплив на довкілля мають теплоелектростанції та теплоелектроцентралі.

Саме тому питання такого негативного впливу на довкілля розглядається й на законодавчому рівні, адже важливо спрямувати зусилля на збереження та відновлення природного стану повітряного басейну, створення більш кращих умов для життя та працездатності населення, забезпечення екологічної безпеки та уникнення шкідливого впливу повітря на здоров'я жителів країни та стан довкілля.

Щоб запобігти екологічній катастрофі, яка може бути спричинена значними викидами до повітряного басейну, варто докласти зусиль до мінімізації та запобігання викидів через використання екологічних фільтрів, переходу на використання екологічно чистого обладнання, контролю поведінки з відходами. Також слід звернути увагу на виконання природоохоронних заходів.

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

1. Тарасова В. В. Вплив забруднення атмосферного повітря на стан здоров'я населення // *Агросвіт*. 2013. №16. С. 24–28.

2. Мережкіна Н. В. Гігієнічна оцінка стану забруднення атмосферного повітря м. Києва промисловими підприємствами // *Науковий вісник Національного медичного університету ім. О. О. Богомольця*. 2010. №27. С. 145–146.

3. Данильченко А. Ю., Іващенко П.М. Аналіз рівня забруднення атмосферного повітря в Київській області // *Часопис картографії*. 2014. Вип. 10. С. 137–146.

4. Северин Л. І., Петрук В. Г., Безвозюк І. І., Васильківський І. В. *Природоохоронні технології. Частина 1. Захист атмосфери : навчальний посібник*. Вінниця : ВНТУ, 2012. 388 с.

*Шуригін В. І., ад'юнкт, Карабин В. В., д. т. н., доцент,  
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності,  
м. Львів, Україна*

## **АНАЛІЗ ВПЛИВУ РОСІЙСЬКОЇ ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ ПРОТИ УКРАЇНИ НА СТАН ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ОБ'ЄКТІВ НАФТОГАЗОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ**

Існуюча розвинута інфраструктура нафтотранспортних магістралей України володіє достатніми потужностями для забезпечення своєчасного постачання вуглеводневої сировини як на зовнішній, так і внутрішній ринок, що сприяє підвищенню та стабілізації енергетичної безпеки не лише нашої країни, а й країн Європейського Союзу, а також є вагомим джерелом доходів для поповнення бюджету держави [1]. Система магістральних нафтопроводів України включає в себе 4767 км нафтопроводів (в односторонньому виразі) діаметром до 1220 мм включно [2].

На всіх етапах нафтокористування відбуваються втрати нафти і нафтопродуктів. Найбільш небезпечні загрози для довкілля пов'язані з аварійними виливами нафти, котрі виникають при експлуатації нафтопроводів та супроводжуються попаданням розлитої нафти у водні об'єкти [3].

Із 24 лютого 2022 року на території України ведуться активні бойові дії, спричинені нападом росії. Агресор руйнує не тільки людські життя, а й навколишнє середовище.

Злочини проти довкілля є частиною воєнних злочинів. Згідно з Женевською конвенцією, «заборонено застосовувати методи або засоби ведення воєнних дій, які мають на меті завдати або, як можна очікувати, завдадуть широкої, довгочасної й серйозної шкоди природному середовищу» [4]. Крім того, у ст. 55 Протоколу I зазначено, що при веденні воєнних дій має бути виявлена турбота про захист природного середовища від широкої, довгочасної і серйозної шкоди. Такий захист включає заборону використання методів або засобів ведення війни, що мають на меті завдати або, як можна очікувати, завдадуть шкоди природному середовищу й тим самим здоров'ю або виживанню населення. Заподіяння шкоди природному середовищу як репресалій заборонено.

Агресор веде бойові дії на території 900 об'єктів природно-заповідного фонду площею 1,24 млн. га. Під загрозою знищення знаходяться близько 200 територій Смарагдової мережі площею 2,9 млн. га. Особливе занепокоєння викликає знищення Рамсарських об'єктів на узбережжі Азовського та Чорного морів та у нижній течії Дунаю та Дніпра [5].



Будь-яка війна несе величезні екологічні загрози для населення, але бойові дії в Україні можуть призвести до особливо катастрофічних наслідків для навколишнього середовища [4].

У зоні активних бойових дій зараз атомні станції, морські порти, склади небезпечних відходів, промисловість, включно з хімічними та металообробними заводами, а також об'єктами нафтогазового комплексу.

Внаслідок ворожого вторгнення та пошкодження інфраструктурних об'єктів виникли нові загрози, серед яких: забруднення повітря, земель, загроза забруднення річок (стічними водами, відходами тощо), які, в першу чергу, є джерелом питної води; забруднення підземних і поверхневих вод внаслідок розливів нафтопродуктів із підірваних резервуарів; руйнування сміттєзвалищ та інше [5].

Зафіксовані пожежі на нафтобазах, АЗС, сміттєзвалищах, є факти пошкодження об'єктів тепло- та водопостачання (каналізаційні насосні станції, фільтрувальні станції, водогони) [4].

Станом на 03.05.2022 року зафіксовано 248 випадків потенційної шкоди довкіллю, спричинені російською агресією, 122 з яких – на об'єктах промисловості [6]. Зокрема і на об'єкти зберігання та переробки нафти, де ймовірно могли відбутись значні забруднення ґрунту.

Нафтопродукти мають вагомий вплив на якісні показники води та порушують цілісність гідроекосистеми, знижуючи її здатність до самоочищення. Основними чинниками, що сприяють міграції нафтопродуктів у водному середовищі, є склад нафтопродуктів, їх густина, в'язкість, розчинність, легкість, швидкість течії та метеорологічні фактори. Кількісне співвідношення міграційних форм нафти у воді не залишається постійним в часі і визначається не стільки механізмом надходження, скільки складом і властивостями нафтових вуглеводнів, гідродинамічним режимом, рівнем і характером фонові забрудненості водного об'єкту. Самоочищення водних систем може бути дуже тривалим і нелінійним [7-9].

Виходячи з цього, надзвичайну ситуацію на нафтопроводах, яка відбувається у певний момент часу  $E(t)$  можна представити у кортежем вигляду:

$$\langle O(t), F(t), M(t), L(t) \rangle ,$$

де  $O(t)$  – вектор змінних стану об'єкта на якому виникла НС;  $F(t)$  – вектор зовнішніх дестабілізуючих чинників;  $M(t)$  – вектор впливів управління, спрямованих на зменшення масштабів НС;  $L(t)$  – план ліквідації (локалізації) НС, причому:

$$F(t) = \begin{pmatrix} 0,347x_1(t) \\ 0,247x_2(t) \\ 0,235x_3(t) \\ 0,124x_4(t) \\ 0,047x_5(t) \end{pmatrix} ,$$

де  $x_1$  – зовнішні фізичні (силові) дії на трубопроводи, включаючи кримінальні врізання, що призвели до витоків,  $x_2$  – порушення норм і правил проведення робіт при будівництві і ремонті, відхилення від проектних рішень,  $x_3$  – корозійні пошкодження труб, запірної і регулюючої арматури,  $x_4$  – порушення технічних умов при виготовленні труб і устаткування,  $x_5$  – помилкові дії експлуатаційного і ремонтного персоналу [3].

Екологічні наслідки війни в Україні будуть тривалими. Попереду наукову спільноту чекає багато роботи з оцінювання завданої шкоди, проектування систем відновлення територій тощо.

### **Використані інформаційні джерела:**

1. Бортняк О. М., Школьній М. П., Якимів Й. В., Варик Р. С. (2019). *Технічні та екологічні аспекти несанкціонованого втручання у магістральні нафтопроводи. Прикарпатський вісник НТШ. Число, 1(37), 260–266.*
2. *Аналітичний огляд стану техногенної та природної безпеки в Україні за 2018 рік. (2019). Державна служба України з надзвичайних ситуацій. <https://www.dsns.gov.ua/>*
3. Shuryhin V., Rak Y., Karabyn V. (2020). *Analysis of factors and development of methods for managing the environmental and civil safety of transboundary transportation of oil and oil products through pipelines. ScienceRise, (5), 51–56. <https://doi.org/10.21303/2313-8416.2020.001484>*
4. *Місяць війни. Злочини проти довкілля. (2022). ГО «Центр екологічних ініціатив «Екодія». <https://ecoaction.org.ua/zlochynu-proty-dovkillia.html>*
5. *Мовчазні жертви: воєнні злочини проти довкілля. (2022). Юридична газета – онлайн версія. <https://yur-gazeta.com/dumka-eksperta/movchazni-zhertvi-voenni-zlochini-proti-dovkillya.html>*
6. *Випадки потенційної шкоди довкіллю, спричинені російською агресією [інтерактивна мапа]. (2022). ГО «Центр екологічних ініціатив «Екодія». <https://ecoaction.org.ua/warmap.html>*
7. Гринюк В. І. (2020). *Моделювання процесу поширення нафтопродуктів у воді правої притоки р. Свічі. Науково-технічний журнал № 1, (21), 41–48. DOI: 10.31471/2415-3184-2020-1(21)-41-48*
8. Карабин В., Колодій В., Яронтовський О., Козак Ю., Карабин О. (2007). *Щодо динаміки забруднення ґрунтових вод Передкарпаття у зоні техногенезу родовищ нафти. Праці наукового товариства імені Шевченка. Геологічний збірник, (XIX), 182–190.*
9. Суса Л. В., Карабин В. В., Карп'як О. Р. (2017). *Просторовий розподіл нафтопродуктів у ґрунтах у зоні впливу залізничного транспорту (на прикладі ділянки Львів-Мостиська). Мінеральні ресурси України, (1), 48–51.*

*Юрчук В. Ю., студент, Юхимчук Ю. П., викладач  
ВСП «Рівненський фаховий коледж Національного університету  
біоресурсів і природокористування України», м. Рівне, Україна*

## **ЕКОЛОГІЧНІ ЗАГРОЗИ ВІЙНИ В УКРАЇНІ**

У рамках теми конференції «ПОДОЛАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ ТА ЗАГРОЗ ДЛЯ ДОВКІЛЛЯ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ – 2022» варто відмітити, що Концепція всеосяжної безпеки діалектично розвивається і враховує всі нові реалії. У середині 90-х рр. загально визнані 5 складових елементів всеосяжної безпеки: політична, військова, економічна, гуманітарна та екологічна. Екологічна безпека ширше традиційного поняття національної безпеки, адже служить інтересам усього людства і може бути тільки всеохоплюючою. Екологічну безпеку необхідно розглядати як пріоритетне завдання, розв'язанню якого повинна бути підпорядкована політична, військова, господарська, культурна та інші види діяльності держав і людства в цілому [1].

Р. Каплан у значній мірі модернізує тезу Томаса Мальтуса, який ще в кінці XVIII століття вбачав майбутні проблеми людства в деградації навколишнього середовища, і пов'язував їх з виснаженням природних ресурсів. Екологічна криза – це такий стан взаємовідносин між людиною і природою, що характеризується невідповідністю соціально-економічного розвитку суспільства еколого-ресурсним можливостям біосфери (держави, регіону) та створює реальну загрозу руйнування традиційної системи життєзабезпечення[1].

Євгенія Засядько, керівниця відділу клімату ГО «Екодія» відмічає, що агресор, розпочатою 24 лютого війною проти України, зруйнував не тільки людські життя, а й руйнує навколишнє середовище, наслідки чого українці та українки відчуватимуть на собі не один рік. Більше сотні злочинів проти довкілля від російської агресії зібрали працівники ГО «Екодія» з відкритих джерел лише за перший місяць масштабної війни. Це несе нові екологічні ризики, які також можуть збільшити кількість людських жертв війни у майбутньому [2].

Злочини проти довкілля є частиною воєнних злочинів. Згідно з Женевською конвенцією, «заборонено застосовувати методи або засоби ведення воєнних дій, які мають на меті завдати або, як можна очікувати, завдадуть широкої, довгочасної і серйозної шкоди природному середовищу». З перших днів були зафіксовані обстріли та бомбардування промислових та енергетичних об'єктів, підпали лісів, підриви нафтобаз, забруднення Чорного та Азовського морів (через затоплення суден) [2].

24 лютого відбувся вибух ворожого снаряду на території Трипільської ТЕС, пошкодження Каховської ГЕС, захоплення ЧАЕС, руйнування газопроводів та газорозподільних станцій. Згідно з нормами цивільної безпеки, аварії такого масштабу є техногенною катастрофою, а значить, населенню бажано негайно покидати місця, близькі до аварії.

Вікторія Приседська, В'ячеслав Шрамович на сторінках BBC News Україна пишуть «З початку війни російські війська обстрілюють нафтобази та великі промислові об'єкти по всій Україні. У ґрунт і підземні води потрапляють важкі метали від снарядів та військової техніки. Пожежі у лісах і степах знищують природне середовище рідкісних видів» [3].

На тлі немислимих людських страждань, які принесла Україні війна, проблеми довкілля можуть здаватися другорядними. Але екологи попереджають, що рани, які російська армія завдає лісам, степам і водоймам України залишаться на десятиліття, а спадок війни нестиме загрозу після того як гармати стихнуть. Історик Тімоті Снайдер називав Україну після другої світової війни «кривавими землями», після нової війни вона може стати «спустошеною та замінованою землею» [3].

Усі ці дії є злочинами проти довкілля – екоцид, – пояснює Євгенія Засядько, керівниця відділу клімату «Екодія». Це не лише про шкоду природі а й про людей, ця війна може спричинити багато смертей у майбутньому через забруднення води, ґрунтів, через мінування.

На початку березня Міндовкілля ініціювало збір інформації про злочини проти довкілля, до ініціативи долучились різні громадські організації. Реальні збитки та вплив буде підраховано після перемоги, але від ДЕІ вже були озвучені перші 77 млн. доларів, лише за забруднення земельних ресурсів [2].

Міністр захисту довкілля Руслан Стрілець заявив, що Україна може стати першою країною у світі, яка отримає репарації за злочини проти довкілля. Збитки, які Росія завдала екології України вже складають сотні мільярдів гривень, розповів міністр. Він зазначив що міністерство разом із колегами ретельно збирає доказову базу екозлочинів, фото, відео свідчення. Екодія вже зафіксувала понад 200 екоцидів. Найбільше число цих злочинів сталося на Київщині, Слобожанщині, Донеччині та півдні України. Однак, від дій російських військових страждають практично всі регіони України [3].

Із настанням весни починається пожежонебезпечний період, зростає ризик виникнення пожеж в екосистемах унаслідок обстрілів. Велика частина торфовищ України є осушеною, а отже – на них є сприятливі умови для виникнення торфових пожеж. Під час горіння торфовищ в повітря виділяються такі токсичні речовини, як оксид і діоксид вуглецю, дрібнодисперсний пил із діаметром часток 2,5 мікрони (характерно для горіння), летючо-органічні сполуки, до складу яких входить акролеїн, формальдегід [4]. На момент написання матеріалу на супутникових знімках

вже були зафіксовані невеликі пожежі в природних територіях, зокрема і в Чорнобильській зоні.

За даними Міністерства оборони, на територію України було запущено близько 2000 ракет різного калібру та типу. Під час вибуху всі речовини проходять повне окиснення, а продукти хімічної реакції вивільняються в атмосферу. Основні з них – вуглекислий газ і водяна пара – не є токсичними, а шкідливі в контексті зміни клімату, оскільки обидва є парниковими газами. В атмосфері оксиди сірки та азоту можуть спричинити кислотні дощі, які змінюють рН ґрунту та викликають опіки рослин, до яких особливо чутливі хвойні. Кислотні дощі мають негативний вплив і на організм людини, інших ссавців та птахів, впливаючи на стан слизових тканин та органів дихання [4].

Металеві уламки снарядів, не є безпечними та цілковито інертними. Чавун із домішками сталі є поширеним матеріалом для виробництва оболонки боєприпасів та містить у своєму складі не тільки стандартні залізо та вуглець, а й сірку та мідь. Ці речовини потрапляють до ґрунту і можуть мігрувати до ґрунтових вод і в результаті потрапляти до харчових ланцюгів, впливаючи і на тварин, і на людей. У менших масштабах (але з більшою різноманітністю впливів) джерелом забруднення є також згорілі танки, транспортні засоби, збиті літаки та інші залишки бойових дій [4].

Російські війська атакують портову інфраструктуру на узбережжі Чорного та Азовського морів, що призводить до забруднення вод і поширення отруйних речовин у море. Нафтопродукти негативно впливають на морські біоценози, формуючи плівки на поверхні води, що порушує обмін енергією, теплом, вологою та газами між морем і атмосферою. Крім того, вони напряму впливають на фізико-хімічні та гідрологічні умови, викликають загибель риби, морських птахів і мікроорганізмів.

Забруднення ґрунтів паливно-мастильними матеріалами та іншими нафтопродуктами відбувається унаслідок руху та пошкоджень сухопутної військової техніки. У ґрунтах, просочених паливно-мастильними матеріалами, знижується водопроникність, витісняється кисень, порушуються біохімічні та мікробіологічні процеси. Внаслідок цього погіршується водний, повітряний режими та колообіг поживних речовин, порушується кореневе живлення рослин, гальмується їх ріст і розвиток, що спричиняє загибель [4].

Ризики, пов'язані з пошкодженням комунікацій, підприємств та інших об'єктів, що становлять підвищену екологічну небезпеку, мають особливе значення, адже в умовах відсутності контролю й можливостей ліквідації негативних наслідків ці явища потенційно збільшують масштаби негативного впливу. 27 лютого 2022 року російські військові вразили балістичною ракетою нафтобазу у Васильківському районі Київської області. Унаслідок ракетного удару виникла пожежа. На території

нафтобази поблизу села Крячки загорілися 10 цистерн по 2000 м<sup>3</sup> бензину та дизельного палива. Подібні випадки сталися в Охтирці, Луганську, Чернігові, Житомирі, Черняхові, майже по всій території України [4].

Пошкодження комунальних комунікацій призводить до забруднення органічними речовинами води. 14 березня відбувся обстріл очисних споруд Василівського експлуатаційного цеху водопостачання та водовідведення (с. Верхня Криниця, Запорізька область). Через це зруйновано будівлю каналізаційної насосної станції №1, що подає стічні води міста Василівка на очисні споруди. Зворотні води з міста зараз потрапляють до Дніпра без будь-якого очищення. Неочищені скиди містять велику кількість органічних речовин, яйця гельмінтів, патогенні бактерії, сульфати, хлориди. Таке забруднення може призвести до великих масштабів цвітіння води в Дніпрі та Чорному морі з настанням теплішої погоди [4].

**Висновок.** Після війни ми будемо пожинати плоди бойових дій – руйнування екосистем, хімічне забруднення ґрунтів та вод, зменшення біорізноманіття, зростання кількості шкідників у лісах. Крім того, відбудова країни потребуватиме значної кількості природних ресурсів. Також є ризик невиконання Україною вже поставлених кліматичних цілей, адже війна – це внесок у зміну клімату, а відновлення країни неминуче буде супроводжуватись значними викидами парникових газів [4].

Важливо після війни подбати про ефективну систему моніторингу стану довкілля. Яка б дозволила зафіксувати реальний об'єм завданої шкоди довкіллю та дозволила вжити найефективніших заходів, щоб уникнути подальшого погіршення ситуації та щоб відновити екосистеми до безпечного стану – і для людини, і для дикої природи [4]

Зараз є дуже важливою активність Міндовкілля, громадянського суспільства та екологічного комітету Верховної Ради, щоб уся шкода довкіллю була максимально зафіксована та у подальшому компенсована агресором.

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

1. Глобальні і регіональні екологічні проблеми. [Електронний ресурс].  
Режим доступу: <http://194.44.12.92:8080/jspui/bitstream/123456789/3332/2/%D0%>
2. Економічна правда. Злочини проти довкілля. [Електронний ресурс]  
Режим доступу: <https://www.epravda.com.ua/columns/2022/03/26/684714>
3. BBC News Україна. Спустошені землі. [Електронний ресурс] Режим доступу: [https://www.bbc.com/ukrainian/extra/mwu5sxghvc/ukraine\\_war\\_damaged\\_nature](https://www.bbc.com/ukrainian/extra/mwu5sxghvc/ukraine_war_damaged_nature)
4. Екодія. Природа та війна. [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://ecoaction.org.ua/pryroda-ta-vijna.html>

*Ярошук О. С., Харитоновна Н. М., Вирожемський В. К., к. т. н.  
Державне підприємство «Державний дорожній науково-дослідний  
інститут імені М. П. Шульгіна» (ДП «ДерждорНДІ»),  
м. Київ, Україна*

## **ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ЗРУЙНОВАНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРИ БУДІВНИЦТВІ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ**

Питання утилізації відходів в останні роки здобувають вирішальне значення для зниження антропогенного впливу на середовище існування людини, а також у зв'язку зі зростанням цін на сировину, що супроводжує неминуче виснаження природних ресурсів.

Безвідповідальний підхід до питання утилізації будівельних відходів веде до виснаження природних ресурсів і забруднення навколишнього середовища.

Грамотна утилізація цього виду сміття дозволяє:

- вчасно розвантажувати будівельний майданчик, що не дає виникнути застою в роботі, це спрощує пересування фахівців і техніки, дозволяє уникнути проблем із контролюючими органами;
- зберігати природні ресурси шляхом використання вторинної сировини – собівартість таких матеріалів у рази менше, що вигідно для компаній із виробництва будівельних товарів;
- уникати забруднення навколишнього середовища через масове поховання і розпад будівельного сміття, яке може привести до суттєвих наслідків, зберегти ліси і пасовища, захистити водні, земельні і повітряні ресурси.

Згідно з Державним класифікатором України ДК 005-96 «Класифікатор відходів» до групи 45 включено відходи, що утворюються під час будівельних робіт, знесення будівель і споруд, а також відходи, які утворилися внаслідок техногенних катастроф (аварій), природних катастроф та явищ. Цю діяльність класифіковано в розділі 45 КВЕД.

Такими відходами є: ґрунт, залишки асфальту, гравій, щебінь, пісок, мука доломітова, заповнювачі, гіпсоцементи, мастика гідроізоляційна, речовини зв'язувальні зіпсовані, забруднені або неідентифіковані, їх залишки, металеві деталі, деревина непридатна.

Фактично більшість цих відходів буде утворюватися в незначній кількості в порівнянні з загальними обсягами відходів будівництва:

- гравій, щебінь, пісок, мука доломітова, заповнювачі, гіпсоцементи, мастика гідроізоляційна, речовини зв'язувальні зіпсовані, забруднені або не ідентифіковані, їх залишки, які не можуть бути використані за призначенням;

- емульсії дорожні зіпсовані, забруднені або не ідентифіковані, їх залишки, які не можуть бути використані за призначенням;
- матеріали зв'язувальні органічні зіпсовані, забруднені або не ідентифіковані, їх залишки, які не можуть бути використані за призначенням;
- вироби стінові бетонні, стовпи, черепиця бетонна зіпсовані, забруднені або не ідентифіковані, які не можуть бути використані за призначенням;
- продукція будівельна (у т. ч. від ремонту чи розборки будівель і споруд, доріг, мостів, шляхопроводів тощо) некондиційна.

Основний обсяг відходів будівництва припадає на виробничо-технологічні відходи (4510.2), які будуть утворюватися в результаті демонтажу пошкоджених та відпрацьованих конструкцій дорожнього одягу, інженерних мереж і комунікацій (існуючої системи освітлення).

У будівельних нормах та національних стандартах, якими користуються при проектуванні будівництва, реконструкції та капітального ремонту автомобільних доріг передбачені заходи щодо мінімізації утворення відходів.

На виконання вимог нормативних документів, у розділах із охорони навколишнього середовища необхідно наводити дані щодо:

- кодування відходів, у відповідності з Класифікатором відходів ДК 005-96;
- розрахунків та орієнтовних обсягів утворення відходів відповідно СОУ 42.1-37641918-096:2012 Виробничі норми природних втрат дорожньо-будівельних матеріалів;
- способу поводження з відходами (локалізація, тимчасове зберігання, переробка та вивезення).

Остаточне рішення щодо утилізації (знешкодження) відходів будівництва приймається генпідрядною будівельною організацією (за узгодженням з замовником робіт) у встановленому порядку на етапі розробки проекту виробництва робіт (ПВР).

Проект виробництва робіт в обов'язковому порядку повинен містити: узгоджену схему збору відходів; графік їх вивезення; угоди (або інші підтверджувальні документи) на передачу запланованих обсягів відходів іншим організаціям (підприємствам) для повторного використання, утилізації (знешкодження).

У зв'язку зі збройною агресією зі сторони російської федерації в нашій країні на даний час вже багато зруйнованих об'єктів, що перетворені на будівельне сміття, яке необхідно демонтувати і по можливості використовувати повторно. На даний момент в Україні зруйновано 23 тис.км доріг та 273 штучні споруди. Про це на брифінгу в Ukraine Media Center заявив перший заступник голови Укравтодору.



Бій та уламки бетонних конструкцій, бій та уламки цегли може бути використаний як крупний та дрібний заповнювач для цементобетонів, асфальтобетонів і як матеріал для основи дорожнього одягу.

Бітумні суміші, що містять нафтову складову (покрівельні та гідроізоляційні бітумні будівельні вироби) можуть бути використані як домішки для виробництва асфальтобетонних сумішей, чорного щебеню, інших органо-мінеральних сумішей.

Матеріали, що містять азбест, після помолу до стану тонкодисперсних порошків, можуть бути використані для виробництва мінерального порошку як складової асфальтобетонної суміші.

Будівельні вироби (продукція), виготовлені з використанням відходів від руйнування, повинні відповідати вимогам Технічного регламенту будівельних виробів (продукції), затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 20 грудня 2006 р. №1764.

Одним із варіантів повторного використання зруйнованого дорожнього одягу є виконання холодного ресайклінгу.

Холодний ресайклінг – процес ремонту і часткової заміни асфальтобетонного покриття автомобільних доріг шляхом зняття пошкоджених частин дорожнього покриття і в подальшому переробки його на дорозі чи на асфальтобетонному заводі із додаванням нових матеріалів для відновлення його властивостей.

### **Використані інформаційні джерела:**

1. *Закон України від 5 березня 1998 року № 187/98-ВР Про відходи Державним класифікатором України ДК 005-96 Класифікатор відходів.*
2. *ДБН А.2.2-1-2003 Проектування. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд.*
3. *ДБН В.2.3-4:2015 Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво.*
4. *ДСТУ 9030:2020 Автомобільні дороги. Оцінка впливів на навколишнє середовище. Вимоги до проектної документації.*
5. *ДСТУ 9076:2021 Автомобільні дороги. Оцінка впливу на довкілля.*
6. *ДСТУ 8978:2020 Настанова з улаштування шарів дорожнього одягу за технологією холодного ресайклінгу.*
7. *ДСТУ-Н Б В.2.3-39:2016 Настанова з улаштування шарів дорожнього одягу з кам'яних матеріалів.*
8. *ДСТУ 8976:2020 Матеріали дорожні, виготовлені за технологією холодного ресайклінгу. Технічні умови.*
9. *Постанова КМУ від 03.08.1998 р. №1216 «Про затвердження Порядку ведення реєстру місць видалення відходів».*

10. *Постанова КМУ від 31.08.1998 р. № 1360 «Про затвердження Порядку ведення реєстру об'єктів утворення, оброблення та утилізації відходів».*

11. *Постанова КМУ від 01.11.1999 р. № 2034 «Про затвердження Порядку ведення державного обліку та паспортизації відходів».*

12. *Постанова КМУ від 13 липня 2000 р. №1120 «Про затвердження Положення про контроль за транскордонними перевезеннями небезпечних відходів та їх утилізацією/видаленням і Жовтого та Зеленого переліків відходів».*

13. *Постанова Кабінету Міністрів України від 20 грудня 2006 р. № 1764 Про затвердження Технічного регламенту будівельних виробів (продукції).*

14. *СОУ 42.1-37641918-096:2012 Виробничі норми природних втрат дорожньо-будівельних матеріалів.*

### 3 M I C T

<b><i>Chorna N. A., Podgorny A.</i></b> AUTONOMOUS POWER SUPPLY SYSTEM BASED ON RENEWABLE ENERGY SOURCES.....	6
<b><i>Deyneko N., Divizinyuk M., Shevchenko O.</i></b> ANALYSIS OF THE THERMAL STABILITY OF SOLAR CELLS ON A FLEXIBLE SUBSTRATE INTENDED FOR BACKUP POWER SYSTEMS EMERGENCY PREVENTION.....	10
<b><i>Demchuk L. I., Kireytseva G.V.</i></b> ENVIRONMENTAL AND TECHNOSPHERE THREATS IN UKRAINE.....	15
<b><i>Fidchunov Alexey, Borisenko Oleksandr, Miroshnichenko Denis, Kravchenko Serhiy</i></b> MOVEMENT OF COKE IN THE DRY COKE QUENCHING PLANT DURING ITS UNLOADING.....	19
<b><i>Glibovytska N. I.</i></b> BIOTIC CONSEQUENCES OF TECHNOGENIC ENVIRONMENTAL POLLUTION AS A GLOBAL ECO-PROBLEM.....	22
<b><i>Khokh A.</i></b> INFLUENCE OF RECREATIONAL LOAD ON LIVE GROUND COVER.....	25
<b><i>Kondratenko O. M., Krasnov V.A., Kasionkina N. D., Polishchuk T. R., Shpotia M. O.</i></b> CONSIDERING OF EMISSION OF HEAT ENERGY DURING CRITERIA-BASED ASSESSMENT OF ECOLOGICAL SAFETY LEVEL OF EXPLOITATION PROCESS OF RECIPROCATING ICE OF FIRE AND RESCUE VEHICLES.....	29
<b><i>Kunytskyi S. O., Shatnyi S.V., Galkina O. P., Ivanchuk N. V., Davidenko N. V.</i></b> ANALYSIS AND DATA PROCESSING OF WATER STABILITY SYSTEMS IN UNCERTAIN OR UNPREDICTABLE CONDITION.....	33
<b><i>Maira Tunio</i></b> ENVIRONMENT FRIENDLY AND EFFICIENT BIO BRIQUETTES A WAY FORWARD TO SUSTAINABLE ENVIRONMENT.....	37
<b><i>Miroshnichenko D. V., Malik I. K.</i></b> PREDICTION OF THE HEATS OF COMBUSTION OF PLANT RAW MATERIALS BASED ON THE ELEMENTAL ANALYSIS DATA.....	38
<b><i>Mohammed K. A. Kaabar</i></b> A NEW POWERFUL MATHEMATICAL TOOL FOR MODELING SCIENTIFIC PHENOMENA IN ECOLOGICAL AND ENVIRONMENTAL SCIENCES.....	41

<i>Mukina N. V., Miroshnichenko D. V.</i> COKING OF STAMPED COAL BATCH. YIELD OF CHEMICAL PRODUCTS.....	45
<i>Pankiv N., Chornovil V.</i> CRIMES AGAINST THE ENVIRONMENT IN THE CONDITIONS OF WAR IN UKRAINE.....	49
<i>Pankova O. V., Sirovitskiy K. G.</i> ELECTRIC CAR AS A MEANS OF EUROPEAN ECOTOURISM.....	54
<i>Radomska M.</i> THE PERSPECTIVES OF THE DISTRIBUTED RENEWABLE ENERGY GENERATION FACILITIES IN UKRAINE.....	57
<i>Salamon I.</i> DETERMINATION OF RADIOACTIVITY FOR SELECTED CULTIVATED SPECIES OF MEDICINAL PLANTS.....	60
<i>Sawicka B., Krochmal-Marczak B., Vambol V.</i> WASTE MANAGEMENT IN THE GORLICE COUNTY.....	64
<i>Sydorenko V. L., Yeremenko, S. A., Pruskiy A. V.</i> BIOREMEDIATION OF PETROLEUM CONTAMINATION.....	68
<i>Solovyov V.V., Usenko D.V., Settou Hajar</i> COMPOSITE MATERIALS USE TO BRICK STRUCTURES REINFORCEMENT.....	72
<i>Tkachenko S. A., Potyshniak O. M., Poliakova Ye., Tkachenko V. A.</i> A SHARP REDUCTION IN WASTE AND LOSSES OF RAW MATERIALS AND MATERIALS AT ALL STAGES OF THEIR PROCESSING, STORAGE AND TRANSPORTATION, A MORE COMPLETE USE OF SECONDARY RESOURCES AND BY-PRODUCTS IN THE PRODUCTION .....	75
<i>Аблєєва І. Ю., Березна І. О., Березний Д. М.</i> КОНТРОЛЬ ОСНОВНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ В УПРАВЛІННІ ЯКІСТЮ ТА ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ ДИГЕСТАТУ .....	77
<i>Адаменко Я. О., Чупа В. М.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ РІВНІВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ ПРОМИСЛОВОЇ ЧАСТОТИ В ЗОНІ ВПЛИВУ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА.....	80
<i>Андрєєв С. М., Прийма А. С.</i> ВИКОРИСТАННЯ ДАНИХ ДЗЗ ДЛЯ ПОБУДОВИ ЕКОЛОГІЧНИХ КАРТОГРАФІЧНИХ МОДЕЛЕЙ ПОВІТРЯ НА ПРИКЛАДІ МІСТА МАРІУПОЛЬ.....	83
<i>Афанасьєв В. В., Андрєєв С. М., Афанасьєв Ю. В., Литвинчук Д. В., Сургай В. М.</i> МЕТОД СИНТЕЗУ СИСТЕМИ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ	

НА ОСНОВІ БАГАТОПОЗИЦІЙНОЇ СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖІ.....	87
<i>Батажок О. В., Мазур Т. Г.</i>	
МОДИФІКАЦІЯ ПРИПЛИВНО-ВИТЯЖНОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ З МЕТОЮ ЕКОЛОГІЧНОГО ОЩАДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОРЕСУРСІВ ТА ЗМЕНШЕННЯ ТЕПЛОВИТРАТ.....	91
<i>Безроднова О. В.</i>	
ЗАГРОЗИ ІСНУВАННЮ БІОТОПІВ З РЕЗОЛЮЦІЇ №4 БЕРНСЬКОЇ КОНВЕНЦІЇ НА ТЕРИТОРІЇ НПП «СЛОБОЖАНСЬКИЙ».....	94
<i>Бернацька Н. Л., Джумеля Е. А., Тупіло І. В.</i>	
ВЕБ-ІНСТРУМЕНТИ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ТА ПІДЗЕМНИХ ВОД ГІРНИЧО-ХІМІЧНИХ ПІДПРИЄМСТВ.....	98
<i>Блоконь К. В.</i>	
ОЦІНКА РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ЗВАЖЕНИМИ ЧАСТКАМИ ПИЛУ .....	102
<i>Беляєв Г. В., Беляєва І. П., Гартвіг А. П., Жуков К. Л., Кремньов В. О., Корбут Н. С., Стецюк В. Г.</i>	
УТИЛІЗАЦІЯ ТВЕРДИХ ВІДХОДІВ БІОЛОГІЧНОГО ПОХОДЖЕННЯ ВІД ДІЯЛЬНОСТІ ЮРИДИЧНИХ ОСІБ ЯК МОЖЛИВІСТЬ ЗНАЧНОГО ЗНИЖЕННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПОЛІГОНІВ (ЗВАЛИЩ).....	106
<i>Бобрицький В. В., Буряк Ю. Л., Андрєєв С. М.</i>	
ОЦІНКА СТАНУ ЛІСОВИХ ТЕРИТОРІЙ ХАРКІВСЬКОЇ ТА ЧЕРНІГІВСЬКОЇ ОБЛАСТЕЙ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ГІС-ТЕХНОЛОГІЙ .....	110
<i>Бондаренко А. Ю., Рашкевич Н.В., Лобойченко В. М., Шевченко Р.І.</i>	
ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ В ПОПЕРЕДЖЕННІ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ, ПОВ'ЯЗАНИХ ІЗ ЗАБРУДНЕННЯМ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ, ДЕ ВІДБУВАЛИСЬ БОЙОВІ ДІЇ.....	113
<i>Бордун І. М., Мальований М. С.</i>	
ВДОСКОНАЛЕННЯ ПОРИСТОЇ СТРУКТУРИ ВУГЛЕЦЕВОГО МАТЕРІАЛУ З ВІДХОДІВ БІОСИРОВИНИ.....	117
<i>Боровик П. М., Удовенко І. О., Борона Р. О.</i>	
ПРОБЛЕМИ ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ СЕЛЯНСЬКИХ ДОМОГОСПОДАРСТВ В УКРАЇНІ.....	120
<i>Босюк А. С.</i>	
МОЖЛИВІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ЗАМКНУТИХ ЦИКЛІВ НА МАШИНОБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ.....	124
<i>Бредун В. І.</i>	
МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗВИТКУ ЛОГІСТИЧНОЇ СТРУКТУРИ РЕГІОНАЛЬНИХ СИСТЕМ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ.....	126

<b>Бредун В. І., Миколайчик Т. І.</b> ВПЛИВ ДЕМОГРАФІЧНИХ ЧИННИКІВ НА ФОРМУВАННЯ ЛОГІСТИЧНОЇ СТРУКТУРИ ТА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ СИСТЕМИ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ У ОПІШНЯНСЬКІЙ ТГ .....	128
<b>Буднік С. В.</b> ЗМІНИ КЛІМАТУ: НАСЛІДКИ ТА ПРОТИДІЯ.....	130
<b>Величко С. Д., Левченко М. А., Бутенко О. С.</b> АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛОЗЕМНОГО ПРОСТОРУ .....	133
<b>Вергельська Н. В.</b> ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВУГЛЕВИДОБУВНИХ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ.....	136
<b>Вергельська Н. В., Сіра Н. В., Крошко Ю. В., Головченко Д. М., Вергельська В. В.</b> ОСОБЛИВОСТІ МОНИТОРИНГУ ТЕРИКОНІВ ВУГЛЕ- ВИДОБУВНИХ ПІДПРИЄМСТВ ДОНБАСУ .....	139
<b>Винников Ю. Л., Харченко М. О., Ягольник А. М., Вольченкова А. В., Вовк М. О., Волошко І. В.</b> ОБГРУНТУВАННЯ ГЕОТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ LNG РЕЗЕРВУАРІВ НА СЛАБКИХ ГРУНТАХ.....	143
<b>Вирожемський В. К., Харитонова Н. М., Ярошук О. С.</b> ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ЗРУЙНОВАНИЙ КОНСТРУКЦІЙ ПРИ БУДІВНИЦТВІ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ .....	147
<b>Вовк В. Ю.</b> ПРИНЦИП ЕКОЛОГІСТИКИ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ БЕЗВІДХОДНОГО СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА.....	151
<b>Вольвач О. В.</b> ВПЛИВ ЗМІН КЛІМАТУ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ЕНЕРГО- ПЛАНТАЦІЙ СВІТЧГРАСУ В ЛІСОСТЕПОВИХ ОБЛАСТЯХ УКРАЇНИ.....	155
<b>Гаєвський В. Р., Филипчук В. Л.</b> ВПЛИВ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ОБОРОТНИХ СИСТЕМ ОХОЛОДЖЕННЯ ТЕС НА ВЕЛИЧИНУ ВИКИДІВ ДІОКСИДУ СІРКИ.....	159
<b>Галактіонов М. С., Ганошенко О. М.</b> АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕНДЕНЦІЙ ВПЛИВУ АВТОТРАНСПОРТУ НА АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ В КРИВОМУ РОЗІ ПРОТЯГОМ ОСТАННЬОГО ДЕСЯТИЛІТТЯ.....	162
<b>Ганноцька Д. Ю., Щербина С. І.</b> ВПЛИВ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ НА ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ.....	166

<b>Ганошенко О. М.</b>	
СТАН ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ ТА АНАЛІЗ ДИНАМІКИ ЗАХВОРЮВАНOSTI.....	169
<b>Ганонич Л. С., Тона О. І., Голенко І. Л., Кобзар С. Г.</b>	
ВИЗНАЧЕННЯ ПОТЕНЦІАЛУ ВИРОБНИЦТВА RDF ДЛЯ ЗАМІЩЕННЯ ВИКОПНИХ ПАЛИВ В ЕНЕРГЕТИЦІ УКРАЇНИ.....	173
<b>Гламаздін П. М., Сірохіна Е. О.</b>	
МОЖЛИВОСТІ МІНІМІЗАЦІЇ РОЗМІРІВ ГЕЛІОСИСТЕМ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ.....	177
<b>Глод А. В., Чугай А. В.</b>	
СТАН ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ ЧЕРНІГІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	181
<b>Голік Ю. С., Степова О. В., Ілляш О. Е.</b>	
НОВА СПЕЦІАЛІЗАЦІЯ «ВІДНОВЛЮВАНА ТЕПЛО- ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА».....	186
<b>Горелик С. І., Баранов М. В.</b>	
ВИЗНАЧЕННЯ ОБ'ЄМУ ПОШКОДЖЕНОГО ҐРУНТУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ УГІДЬ ВІД ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ ЗА ДАНИМИ ДЗЗ.....	189
<b>Горносталь С. А., Горбань Д. Г., Молчан А. П.</b>	
ЗАХОДИ ПО ПОКРАЩЕННЮ ЯКОСТІ ОЧИЩЕННЯ МІСЬКИХ СТІЧНИХ ВОД.....	194
<b>Гоюк О. В.</b>	
ПРОЕКТУВАННЯ ПРИРОДООХОРОННИХ СПОРУД ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ СТАБІЛЬНОСТІ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНОГО СТАНУ 2022 РОКУ.....	198
<b>Григор'єва Л. І.</b>	
РАДІОАКТИВНІ ЗАГРОЗИ НАД ТЕРИТОРІЄЮ УКРАЇНИ.....	201
<b>Грицан Ю. І., Корабльова А. І., Кацевич В. В.</b>	
ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ВОЄН.....	205
<b>Груздова В. О., Колошко Ю. В.</b>	
СКЛАДОВІ ГАРАНТІЇ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ У СУЧАСНОМУ АГРОКОМПЛЕКСІ.....	209
<b>Гуглич С. І., Кім А. Р.</b>	
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАСЕЛЕННЯ НЕОБХІДНОЇ КІЛЬКОСТІ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ ШЛЯХОМ ФОРТИФІКАЦІЇ ТА БІОФОРТИФІКАЦІЇ ПРОДУКТІВ АПК.....	212
<b>Гудович О. Д.</b>	
НОРМАТИВНО-ПРАВОВІ АСПЕКТИ ЩОДО ЗАКОНОДАВЧОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОДОЛАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ ТА ЗАГРОЗ ПРИРОДНОМУ СЕРЕДОВИЩУ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ.....	216

<i>Давидюк Г. В., Шкарівська Л. І., Клименко І. І., Довбаш Н. І.</i> ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ВИКОРИСТАННЯ ПОПЕЛУ В АГРОЛАНДШАФТАХ.....	220
<i>Данченко Ю. М., Макаров Є. О., Андронов В. А.</i> ВПЛИВ КАЛЬЦІЮ ОКСИДУ НА ВЛАСТИВОСТІ ШЛАМУ ЕЛЕКТРОКОАГУЛЯЦІЙНОЇ ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД МОЛОКОЗАВОДІВ.....	224
<i>Данишина С. Ю., Лаптії О. П.</i> ЗАСТОСУВАННЯ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ ЕКОСИСТЕМ В УМОВАХ ВОЄННИХ ДІЙ.....	227
<i>Димань Н. О., Лавров В. В.</i> ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМИ РЕАЛІЗАЦІЇ НЕФОРМАЛЬНОЇ «КЛІМАТИЧНОЇ ОСВІТИ» МОЛОДІ.....	231
<i>Дідовець Ю. Ю., Колосков В. Ю., Колоскова Г. М.</i> МОДЕЛЬ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ БЕЗПЕКОЮ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ЗЕМЕЛЬ МІСЦЬ ВИБУХІВ БОЄПРИПАСІВ.....	234
<i>Джумеля Е. А., Дяків В. О., Кочан О. В., Джумеля В. А.</i> ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ НА ТЕРИТОРІЯХ ЛІКВІДОВАНИХ ГІРНИЧО-ПРОМИСЛОВИХ КОМПЛЕКСІВ.....	238
<i>Дубінін В. А.</i> ЕНЕРГЕТИКА: АНАЛІЗ РОЗВИТКУ У СВІТІ ТА УКРАЇНІ.....	241
<i>Душкін С. С.</i> АЛЬТЕРНАТИВНІ МЕТОДИ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ПИТНОЇ ВОДИ.....	244
<i>Єлісєєв В. Н., Демків А. М., Власенко Є. А.</i> ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТЕРИТОРІЙ: ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ ІЗ УРАХУВАННЯМ ЕФЕКТУ НАКОПИЧЕННЯ ЗБИТКІВ У СУЧАСНИХ УМОВАХ.....	247
<i>Жук В. М., Мальований М. С., Тимчук І. С., Мисак І. В., Мисак П. В.</i> ПРОБЛЕМИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДОЦЦОПРИЙМАЧІВ У ЗАГАЛЬНОСПЛАВНИХ СИСТЕМАХ ВОДОВІДВЕДЕННЯ.....	251
<i>Жуков К. Л., Беляєв Г. В., Беляєва І. П., Кремньов В. О., Корбут Н. С., Стецюк В. Г., Тимощенко А. В.</i> ЗАСТОСУВАННЯ ТВЕРДИХ ВІДХОДІВ БІОЛОГІЧНОГО ПОХОДЖЕННЯ ХАРАКТЕРНИХ ДЛЯ УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ У ВИРОБНИЦТВІ БІОДОБРІВ ЯК ФАКТОР ПОЛПШЕННЯ ЕКОЛОГІЇ І СОЦІАЛЬНОГО СТАНОВИЩА.....	255
<i>Зав'ялова Л. В., Коломійчук В. П., Кучер О. О., Протопопова В. В., Шевера М. В.</i> ОЦІНКА ЗАГРОЗИ СПАЛАХУ ФІТОІНВАЗІЙ ВНАСЛІДОК ВІЙНИ.....	258



<i>Зіараті Париса, Мохтарзаде Марьям, Вамболь В. В., Вамболь С. О., Савицька Барбара, Надим А Хан</i>	
ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ РОСЛИННОЇ ХАРЧОВОЇ ПЕРЕРОБКИ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД.....	261
<i>Іваненко П. О., Павленко Т. В., Волошановська Ю. В., Омельчук А. О., Биков В. М.</i>	
ГІДРОТЕРМАЛЬНИЙ СИНТЕЗ СКЛАДНООКСИДНИХ КОМПОЗИЦІЙ КОБАЛЬТУ-ЦИРКОНІЮ ТА ЇХ КАТАЛІТИЧНА АКТИВНІСТЬ У РОЗКЛАДІ ПЕРОКСИДУ ВОДНЮ.....	265
<i>Іванченко А. В., Ілляш О. Е., Мельник Є. О., Соловйов В. В.</i>	
РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИЙ І ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТИЙ ЗАСІБ ПЕРЕРОБКИ ВІДХОДІВ ТВЕРДИХ СПЛАВІВ МЕТОДОМ ЕКСТРАКЦІЇ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ 2022 РОКУ .....	269
<i>Ігнатишин В. В., Ігнатишин М. Б., Ігнатишин А. В., Іжак Т. Й., Вербицький С. Т.</i>	
ВИВЧЕННЯ ЗВ'ЯЗКУ АСТРОФІЗИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТА ГЕОФІЗИЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ЗАКАРПАТТЯ.....	272
<i>Ілляш О. Е., Билим Л. Р.</i>	
ЕКСПЕРТНА ОЦІНКА ПОТЕНЦІЙНОГО ВПЛИВУ ПЛАНОВАНИХ ОБ'ЄКТІВ ТА РІШЕНЬ ЩОДО ПОВОДЖЕННЯ З ПОБУТОВИМИ ВІДХОДАМИ НА ДОВКІЛЛЯ ТА ЗДОРОВ'Я ЛЮДЕЙ.....	277
<i>Калінкевич О. В., Калінкевич О. М., Скляр А. М.</i>	
СОРБЕНТИ НА ОСНОВІ ХІТИНОВИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ДОВКІЛЛЯ.....	285
<i>Каменева І. П., Артемчук В. О., Попов О.О., Яцишин А. В., Кириленко Ю. О.</i>	
АНАЛІЗ І ОЦІНЮВАННЯ ТЕХНОГЕННИХ РИЗИКІВ В УМОВАХ ПІДВИЩЕНОЇ НЕБЕЗПЕКИ.....	284
<i>Картавий А. Г.</i>	
ВИРОБНИЦТВО ДПК ЯК ЕФЕКТИВНИЙ МЕТОД УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ ПОЛІМЕРІВ ТА ДЕРЕВИНИ.....	289
<i>Кікоть Н. Е.</i>	
ВПЛИВ СОБІВАРТОСТІ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ НА ЦІНОУТВОРЕННЯ АГРАРНОЇ ПРОДУКЦІЇ .....	292
<i>Клок С. В., Корнус А. О., Корнус О. Г., Данильченко О. С.</i>	
АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕНДЕНЦІЙНИХ ЗМІН МІНІМАЛЬНОЇ ДОБОВОЇ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ НА ФОНІ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛІННЯ.....	295
<i>Коваленко С. А., Пономаренко Р. В., Щербак С. С.</i>	

ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ РІЧКИ ВОРСКЛА.....	299
<i>Козій І. С.</i>	
МАТЕМАТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ.....	302
<i>Комелькова О. С., Бєдунков Г. В.</i>	
ВУГЛЕЦЕВИЙ СЛІД БУДІВНИЦТВА.....	305
<i>Коріненко Б. В., Ранський А. П., Гордієнко О. А., Савуляк В. І., Євдокименко В. О.</i>	
КАТАЛІТИЧНІ ПРОЦЕСИ ТЕРМОДЕСТРУКЦІЇ ОРГАНІЧНОЇ СИРОВИНИ ПОЛІМЕРНИХ ВІДХОДІВ.....	309
<i>Косенко Н. О., Крот О. П., Левашова Ю. С., Лебедєва О. С., Крот О. Ю.</i>	
ЕКОЛОГІЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ В ЯКОСТІ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ПАЛИВА.....	313
<i>Кочмар І. М., Карабин В. В.</i>	
ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ЧЕРВОНОГРАДСЬКОГО ГІРНИЧОПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ ЛЬВІВСЬКО-ВОЛИНСЬКОГО КАМ'ЯНОВУГІЛЬНОГО БАСЕЙНУ ....	317
<i>Крайківський Р. С., Джумеля Е. А., Крайківська С. Р., Кочан О. В., Дяків В. О.</i>	
ПІДВИЩЕННЯ ДОСТОВІРНОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНОГЕННОЇ ЗАГРОЗИ НЕБЕЗПЕЧНИХ ТЕРИТОРІЙ ШЛЯХОМ РІЗНОІМОВІРНІСНОГО ВИКОРИСТАННЯ ДЕКІЛЬКОХ НЕЗАЛЕЖНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ.....	321
<i>Кремньов В. О., Бєляєв Г. В., Гартвіг А. П., Жуков К. Л., Корбут Н.С., Стецюк В. Г., Тимощенко А. В.</i>	
ЗАХОДИ І РИЗИКИ ПРИ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ БІОЛОГІЧНОГО ПОХОДЖЕННЯ.....	325
<i>Кріль Т. В.</i>	
ВСТАНОВЛЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ДІЛЯНОК НА ТЕРИТОРІЇ м. ХАРКІВ ЗА ПРИРОДНИМИ ТА ТЕХНОГЕННИМИ ФАКТОРАМИ..	328
<i>Крупей К. С., Рябко І. Ю.</i>	
ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ РАКЕТНИХ ОБСТРІЛІВ ТЕРИТОРІЙ І АКВАТОРІЙ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВІЙНИ.....	332
<i>Крючкова В. В.</i>	
ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ РУЙНІВНОГО ВПЛИВУ ВОЄННИХ ДІЙ НА ПІВДНІ УКРАЇНИ .....	335
<i>Кузнецова М.О., Журавська Н. Є.</i>	
ВПЛИВ ВОЄННИХ ДІЙ НА СТАН БІОСФЕРИ (В ТОМУ ЧИСЛІ ЛІСІВ) В УКРАЇНІ.....	338

<b>Курепін В. М.</b> РЕГІОНАЛЬНІ ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ВОДНИХ РЕСУРСІВ ПІВДНЯ УКРАЇНИ.....	342
<b>Кутний Б. А.</b> ВИПРОБУВАННЯ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЗОНАНСНИХ БУЛЬБАШКОВИХ СТРУКТУР.....	346
<b>Лахтіна А. В., Красовська І. Г.</b> МОТЕДИКА 3-D МОДЕЛЮВАННЯ КОРИСНИХ КОПАЛИН ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ДАНИХ ДЗЗ .....	348
<b>Левченко М. А., Величко С. Д., Бутенко О. С.</b> МОНІТОРИНГ ЛІСОВКРИТИХ ПЛОЩ ЗА ДОПОМОГОЮ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ.....	352
<b>Левченко А. В., Грек Л. К.</b> ВОДОКОРИСТУВАННЯ НА ЧЕРКАЩИНІ В КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ .....	355
<b>Лесюк О. О., Нечаусов А. С.</b> МЕТОДИКА СТВОРЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ВИБІРКИ ХАРАКТЕРИСТИК ЯСКРАВОСТІ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ НА КОСМОЗНІМКАХ ВОГНИЩ ЗАГОРЯННЯ ТА ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ, ЯКІ ТРАПИЛИСЯ НЕЩОДАВНО.....	358
<b>Лисак Г. А., Панас Н. Є., Хірівський П. Р., Фірсанов М. Д., Мазурак О. Т.</b> ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ ДЛЯ ДОВКІЛЛЯ ЛЬВІВЩИНИ.....	362
<b>Любінська Л. Г.</b> ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНИХ ОБ'ЄКТІВ ХМЕЛЬНИЧЧИНИ У ВОЄННИЙ ПЕРІОД.....	365
<b>Ляшенко А. В.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТВЕРДОЇ ФРАКЦІЇ ДВОФАЗНОЇ СИСТЕМИ ПРИ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ ПТАХІВНИЦТВА.....	367
<b>Ляшенко А. В.</b> СТВОРЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ЛІСОРОСЛИННИЦЬКИХ ВІДХОДІВ БІОМАСИ.....	370
<b>Ляшенко А. В.</b> ЧИСЕЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ СУМІСНОГО ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ТА ДИСПЕРГУВАННЯ В ОДНІЙ КАМЕРІ.....	373
<b>Ляшок Я. О., Подкопаєв С. В., Повзун О. І., Калиниченко В. В.</b> СПОСІБ ВІДНОВЛЕННЯ ВІДХОДУ ТЕПЛОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ ДОНЕЧЧИНИ.....	377
<b>Макаренко М. Б., Чернуха В. С.</b> СУЧАСНІ ЗАГРОЗИ ДЛЯ ПРОФЕСІЙНОЇ БЕЗПЕКИ.....	381

<b>Макарова О. В., Григор'єва Л. І.</b> КАНАЛІЗАЦІЙНІ СТОКИ м.МИКОЛАЇВ ЯК ЕКОЛОГІЧНА ПРОБЛЕМА БУЗЬКОГО ЛИМАНУ .....	383
<b>Македон В. В.</b> ГЛОБАЛЬНІ ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ: СТРАТИФІКАЦІЯ І АНАЛІЗ.....	386
<b>Малихіна М. О., Андреев С. М.</b> СТВОРЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ТЕМАТИЧНИХ КАРТ НА ОСНОВІ ПЛИТКОВИХ КАРТОЇДІВ.....	390
<b>Мандич Л. О., Смоляр Н. О.</b> СТРАТЕГІЧНА ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЯК ІНСТРУМЕНТ ПРИРОДО- ОХОРОННОЇ ПОЛІТИКИ В ГАЛУЗІ ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА...393	
<b>Маркіна Л. М., Ушкац С. Ю., Жолобенко Н. Ю., Власенко О. В.</b> ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ПІД ЧАС ВІЙНИ.....	397
<b>Медвежинська О. В., Кулешов С. В., Омельчук А. О., Новоселова І. А.</b> ЕЛЕКТРОЛІТИЧНІ КАТАЛІЗАТОРИ НА ОСНОВІ ВОЛЬФРАМУ ТА КАРБІДІВ ВОЛЬФРАМУ ДЛЯ ВОДНЕВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ.....	401
<b>Мезенцева Д. О., Мовчан В. В.</b> РИЗИКИ Й ЗАГРОЗИ БІОРИЗНОМАНІТТЮ ПРИРОДНИХ КОМПЛЕКСІВ БІЛЯ СЕЛА МЕЛЕШКИ ТА ШЛЯХИ ЗБЕРЕЖЕННЯ Й ОХОРОНИ.....	405
<b>Мельник Н. В.</b> СВІТОВЕ ВИРОБНИЦТВО ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ З ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ.....	408
<b>Мельниченко С. Г.</b> ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ОЦІНКИ СТУПЕНЯ КОАДАПТИВНОСТІ ТЕРИТОРІЇ.....	413
<b>Мисковець І. Я., Мольчак Я. О.</b> СУТНІСТЬ СУЧАСНОЇ ГЛОБАЛЬНОЇ ЕКОЛОГІЧНОЇ ПРОБЛЕМИ.....	416
<b>Михайленко В. П., Близнюк М. М.</b> УСВІДОМЛЕННЯ НЕБЕЗПЕК ВІД ПОЖЕЖ НА ЗВАЛИЩАХ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ.....	420
<b>Мітрясова О. П., Шибанова А. М., Джумеля Е. А.</b> ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ ВОДНОГО ОБ'ЄКТУ ЯК УМОВА ПОПЕРЕДЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ .....	424
<b>Мокрий В. І., Петрушка І. М., Джумеля Е. А.</b> ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ СТЕБНИЦЬКОГО ХВОСТОСХОВИЩА ГІДРОТЕХНІЧНИМИ ЗАХОДАМИ.....	428
<b>Назаревич Л. Є., Назаревич А. В., Келеман І. М.</b> СЕЙСМІЧНІСТЬ РАЙОНУ ДНІСТРОВСЬКОГО ГІДРОВУЗЛА ЯК ЧИННИК ТЕХНОГЕННИХ ЗАГРОЗ.....	431

<b>Назарук М. М., Бота О. В.</b> СУЧАСНІ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ.....	435
<b>Незеленнікова У. Д., Ярошенко А. С.</b> РОЗВИТОК ЕКОЛОГІЧНОЇ СВІДОМОСТІ: ПРАВОВІ АСПЕКТИ.....	439
<b>Некос А., Васюха О.</b> ПРОБЛЕМИ ПРОДОВОЛЬЧОЇ КРИЗИ ТА ЕКОБЕЗПЕКА У СИСТЕМІ «FARM TO FORK».....	441
<b>Новоселова І. А., Омельчук А. П.</b> КОНВЕРСІЯ КАРБОНОВМІСНИХ ЗАБРУДНЮВАЧІВ ДОВКІЛЛЯ ЕЛЕКТРОХІМІЧНИМИ МЕТОДАМИ У РОЗПЛАВЛЕНИХ СОЛЯХ....	445
<b>Онопрієнко Ю. Ю., Щербина С. І.</b> ПРОБЛЕМА ЗАБРУДНЕНОСТІ ПОВІТРЯ У м. ЧЕРКАСИ.....	449
<b>Орел С. М.</b> АСПЕКТИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ТЕРИТОРІЇ КОЛИШНІХ БОЇВ...	452
<b>Орфанова М. М., Яцишин Т. М.</b> ВУГЛЕВОДНЕВІ ВІДХОДИ ТА МЕХАНОАКТИВАЦІЯ.....	456
<b>Песін Я. М., Атаєва О. А.</b> ШЛЯХИ МІНІМІЗАЦІЇ ЧИННИКІВ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ НА ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ.....	459
<b>Петренко А. О., Петренко В. В., Верля Р. Р., Петренко В. О.</b> ГЕНЕРАТОРИ ТЕПЛА, ЩО ПРАЦЮЮТЬ НА ВІДНОВЛЮВАНИХ Д ЖЕРЕЛАХ ЕНЕРГІЇ ФІРМИ «HERZ ENERGIETECHNIK GES.M.V.H.».....	463
<b>Петрушка І. М., Мокрий В. І., Джумеля Е.А., Дмитрів Б. А.</b> ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ЖИДАЧІВСЬКОГО ЦЕЛЮЛОЗНО- ПАПЕРОВОГО КОМБІНАТУ.....	467
<b>Петрушка К. І., Петрушка І. М., Максимюк А. Б.</b> ЗАРУБІЖНИЙ ДОСВІД УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ.....	470
<b>Петухова О. А., Добринська В. Є.</b> ВЛАШТУВАННЯ ПОЖЕЖНИХ ВОДОЙМИЩ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ЕКОЛОГІЧНУ ТА ТЕХНОГЕННУ БЕЗПЕКУ ТЕРИТОРІЙ.....	472
<b>Пироженко Є. В., Себко В. В.</b> ТРИПАРАМЕТРОВИЙ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИЙ МЕТОД СУМІСНИХ ВИМІРЮВАНЬ ПИТОМОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ОПОРУ $\lambda$ , ВІДНОСНОЇ ДІЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРОНИКНОСТІ $\epsilon_r$ ТА ТЕМПЕРАТУРИ $t$ ЗРАЗКІВ ПИВНИХ СТОКІВ.....	475
<b>Пінчук О. Л., Куницький С. О., Іванчук Н. В., Шатний С. В.</b> РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНОЇ ПРОГРАМИ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ВТРАТ НАПОРУ В БЛОК-СЕКЦІЯХ СПЕЦІАЛЬНИХ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ В СЕРЕДОВИЩІ VISUAL STUDIO.....	479

<b>Пічугін С. Ф., Оксененко К. О.</b> МЕТАНТЕНК – МЕТАЛЕВИЙ СПРАЛЬНО-ФАЛЬЦЕВИЙ РЕЗЕРВУАР – У СКЛАДІ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ’ЄКТІВ .....	483
<b>Подорожко К. Д., Красовська І. Г.</b> МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ ЗАБРУДНЕННЯ АЗОТОМ ПОВІТРЯ ВНАСЛІДОК ТЕХНОГЕННОЇ СИТУАЦІЇ НА ТОВ НВП «ЗОРЯ» В м. РУБІЖНЕ (ЛУГАНСЬКА ОБЛАСТЬ) У ПРОГРАМНОМУ СЕРЕДОВИЩІ ARCGIS .....	486
<b>Політучий О. І.</b> МЕТОД УТИЛІЗАЦІЇ ШЛАМУ ПРИ БУРІННІ НАФТОВИХ І ГАЗОВИХ СВЕРДЛОВИН .....	490
<b>Попова О. Л.</b> ЕКОЛОГІЧНІ ЗБИТКИ АГРОСЕКТОРА УКРАЇНИ ВІД ВІЙНИ .....	493
<b>Рагімлі З. Б., Ярошенко А. С.</b> ЛІС ЯК ОБ’ЄКТ ПРАВА ЛІСОКОРИСТУВАННЯ .....	497
<b>Рашкевич Н. В., Лобойченко В. М., Шевченко Р. І.</b> МІНІМІЗАЦІЯ НАСЛІДКІВ ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ТЕРИТОРІЇ, ВНАСЛІДОК ЇХ ВОГНЕВОГО УРАЖЕННЯ БОЄПРИПАСАМИ .....	500
<b>Рогожина М. В., Пяревська К. В., Тимохін Є. С., Єлатонцев Д. О.</b> ЗАСТОСУВАННЯ БІОСОРБЕНТІВ У ТЕХНОЛОГІЯХ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ ВІД АНТРОПОГЕННИХ ТОКСИКАНТІВ .....	503
<b>Романенко В. Р., Грек Л. К.</b> ЗАХИСТ І ЗБЕРЕЖЕННЯ ЕКОСИСТЕМ СУХОДОЛУ, СПРИЯННЯ ЇХНЬОМУ РАЦІОНАЛЬНОМУ ВИКОРИСТАННЮ .....	506
<b>Рошка О. В.</b> АНАЛІЗ ПРИЧИН ТА ФАКТОРІВ ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА В РАЙОНІ КРИВОРІЗЬКОГО ЗАЛІЗОРУДНОГО БАСЕЙНУ .....	509
<b>Русин І. Б., Дячок В. В.</b> ЕЛЕКТРО-БІОСИСТЕМИ НА ОСНОВІ <i>LEMNA MINOR</i> .....	514
<b>Сабадаш В. В., Гумницький Я. М.,</b> ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ВІД СУМІШІ ІОНІВ Cu (II) ТА Cr (VI) .....	517
<b>Семкович Д. Я.</b> ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ СМІТТЄЗВАЛИЩАМИ ЯК РЕГІОНАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ НА ПРИКЛАДІ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ .....	522
<b>Сергеев А. С., Андреев С. М.</b> ВИКОРИСТАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЗІ СТВОРЕННЯ АВТОНОМНОГО ДОДАТКУ ДЛЯ ПОБУДОВИ КАРТОГРАФІЧНИХ МОДЕЛЕЙ ТУРИСТИЧНОГО СПРЯМУВАННЯ .....	525

<b>Синящик В. Ф., Харламова О. В.</b> ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ТРАНСПОРТУВАННЯ ВІДХОДІВ ПНЕВМОТРАНСПОРТОМ.....	527
<b>Сідашова С. О., Клебанова Л. Г., Попова І. М.</b> МОНІТОРИНГ ЗАГАЛЬНОЇ ТОКСИЧНОСТІ ОБ'ЄКТІВ АГРОЛАНДШАФТІВ ЯК КОРМОВІ БАЗИ БДЖІЛЬНИЦТВА.....	530
<b>Скібчик В. І., Кудриницький Р. Б., Днесь В. І., Крупич С. О.</b> АЛЬТЕРНАТИВНЕ ПАЛИВО ЗІ ШТУЧНИХ ДЖЕРЕЛ: ДОСВІД ЄВРОПЕЙСЬКОГО СОЮЗУ.....	535
<b>Скіцько В.І., Герасименко І.О., Шовкун Т.А.</b> ДІДЖИТАЛІЗАЦІЯ АГРОВИРОБНИЦТВА ЯК ЗАСІБ ЗНИЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ ТА ПОДОЛАННЯ ЗАГРОЗ ДЛЯ ДОВКІЛЛЯ.....	538
<b>Скляр В. Г., Ємець О. М., Башовий М. Г., Козак М. І.</b> БІОРІЗНОМАНІТТЯ ПРОЄКТОВАНОГО ГІДРОЛОГІЧНОГО ЗАКАЗНИКА МІСЦЕВОГО ЗНАЧЕННЯ «МИКОЛАЇВСЬКИЙ».....	542
<b>Скрипник О. С., Ворожбіян М. І., Іващенко М. Ю.</b> АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ЗНИЖЕННЯ РИЗИКУ АВАРІЙ БУДІВЕЛЬ В УМОВАХ УЩІЛЬНЕНОЇ ЗАБУДОВИ.....	544
<b>Случак О. І., Случак О. І.</b> ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ВІД СОНЯЧНОЇ ДО ЕНЕРГІЇ ТІЛА ЛЮДИНИ.....	548
<b>Смоляр Н. О., Запорожець А. О.</b> ЗБЕРЕЖЕННЯ ОСТАНЦІВ СУПРУНІВСЬКИХ ДІБРОВ У ПОЛТАВСЬКІЙ ОБЛАСТІ В УМОВАХ СУЧАСНИХ ЕКОЛОГІЧНИХ ВИКЛИКІВ ТА ЗАГРОЗ.....	551
<b>Соловійов В. В., Давиденко Л. П., Ілляш І. О., Іванченко А. В., Клименко В. В., Зоценко М. Л., Винников Ю. Л., Калюжний А. П.</b> ВПЛИВ КИСЛОТНО-ОСНОВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СИРОВИНИ НА ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ПРОЦЕСИ У БІОГАЗОВИХ РЕАКТОРАХ В АСПЕКТІ РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДІВ ЇХ ПРОЄКТУВАННЯ.....	554
<b>Сорокіна В. Ю., Ісакеїва О. Г., Гайдучок О. Г., Алейнікова А. І.</b> НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ МОНІТОРИНГУ ЗА СТАНОМ КАНАЛІЗАЦІЙНИХ МЕРЕЖ.....	558
<b>Степова О. В., Бондар О. В., Куц О. Ю., Степовий Д. Є.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ БІОКОРОЗІЙНИХ ПРОЦЕСІВ У ГРУНТОВОМУ СЕРЕДОВИЩІ.....	561
<b>Степова О. В., Гах Т. О.</b> АНАЛІЗ СТАНУ ВОДОГОСПОДАРСЬКОГО КОМПЛЕКСУ ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	563
<b>Степова О. В., Пиріков О. В., Корнішина А. В., Тристан А. В.</b> АНАЛІЗ СТАНУ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ МІСТА ПОЛТАВА.....	566

<b>Степова О. В., Тягній Л. М.</b> ЗАБРУДНЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД ВОДОЙМ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ .....	569
<b>Сторощук У. С., Мальований М. С.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ СУБСТРАТІВ НА ОСНОВІ КОМПОСТОВАНИХ ОСВ ДЛЯ ЗАСТОСУВАННЯ ЇХ У ТЕХНОЛОГІЯХ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ.....	574
<b>Суха Н. І., Григор'єва Л. І.</b> ІНДИКАТИВНІ ВИМІРЮВАННЯ ПОЛЮТАНТІВ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ АТМОСФЕРНИХ НЕБЕЗПЕК ПОБЛИЗУ МАСЛОЕКСКРАКЦІЙНОГО ЗАВОДУ .....	577
<b>Твердохліб М. М., Трус І. М., Гомеля М. Д., Існюк С. Ю.</b> ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ НАНОМАТЕРІАЛІВ У ТЕХНОЛОГІЯХ ВОДООЧИЩЕННЯ.....	581
<b>Титар О. В.</b> ЕКОЛОГІЯ ДОВКІЛЛЯ ТА ЕТИЧНО-ПСИХОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ СУЧАСНОСТІ .....	585
<b>Тихомирова Т. С.</b> ПЕРСПЕКТИВИ РЕАЛІЗАЦІЇ РЕГІОНАЛЬНИХ ПЛАНІВ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМ ПІСЛЯ ЗАКІНЧЕННЯ ВОЄННИХ ДІЙ В УКРАЇНІ .....	588
<b>Тітова А. О., Шмандій В. М.</b> ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ РУЙНАЦІЇ У ВОЄННИЙ ТА ПОВОЄННИЙ ЧАС.....	591
<b>Ткаченко Т. М., Лопатко Я. Б.</b> ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ УТИЛІЗАЦІЇ СМІТТЯ ЧЕРЕЗ НАДМІРНЕ ВИРОБНИЦТВО ОДЯГУ «ШВИДКОЇ МОДИ».....	594
<b>Тоцька А. О.</b> ВИКОРИСТАННЯ 5G ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОВЕДЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ РОБІТ.....	598
<b>Трегубов Д. Г.</b> ЕЛЕКТРОХІМІЧНІ РЕЖИМИ ЗНЕШКОДЖЕННЯ СТІЧНИХ ВОД У СИСТЕМІ З ОБ'ЄМНИМ ЕЛЕКТРОДОМ.....	602
<b>Трохименко Г. Г., Недорода В. М., Храпко Т. М.</b> ВИБІР РОСЛИННИХ ТЕСТ-СИСТЕМ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ФІТОТОКСИЧНОСТІ ЗАБРУДНЕНОГО НАФТОПРОДУКТАМИ ҐРУНТУ .....	607
<b>Удовенко І. О., Шемякін М. В.</b> ДЕГРАДАЦІЙНІ ЯВИЩА У ЗЕМЛЕВПОРЯДКУВАННІ.....	611
<b>Уланов М. М.</b> ПЕРСПЕКТИВИ ВЕЛИКОМАСШТАБНОГО ВИРОБНИЦТВА ЕКОЛОГІЧНО-ЧИСТОГО ВОДНЮ В УКРАЇНІ.....	614



<b>Усенко О. В.</b> ШУМОЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ МІСЬКОГО ЗЕЛЕНОГО БУДІВНИЦТВА .....	618
<b>Федонюк В. В.</b> ЗРОСТАННЯ ГЕЛІОПОТЕНЦІАЛУ В м. ЛУЦЬКУ ЯК РЕГІОНАЛЬНИЙ ПРОЯВ ЗМІН КЛІМАТУ .....	621
<b>Федонюк В. В., Федонюк М. А.</b> ВИВЧЕННЯ НАСЛІДКІВ ВПЛИВУ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ НА ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ЗДОБУВАЧАМИ ОП «ЕКОЛОГІЯ».....	624
<b>Хорольський А. О., Косенко А. В.</b> ЗАСТОСУВАННЯ ДЕКОМПОЗИЦІЙНИХ ПІДХОДІВ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ЕКОЛОГООРІЄНТОВАНИХ СПОСОБІВ УПРАВЛІННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИМ СТАНОМ МАСИВУ ГІРСЬКИХ ПОРІД НАВКОЛО ГІРНИЧИХ ВИРОБОК.....	627
<b>Хорольський А. О., Мамайкін О. Р., Шевченко В. О.</b> ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ РЕГІОНІВ, ДЕ ВЕДЕТЬСЯ ВИДОБУТОК КОРИСНИХ КОПАЛИН НА ОСНОВІ ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЇ ОПРІСНЕННЯ ВИСОКО МІНЕРАЛІЗОВАНИХ СТІЧНИХ ВОД.....	631
<b>Цитлишвілі К. О.</b> ВПЛИВ РОЗЧИНЕНОГО КИСНЮ НА ПРОЦЕСИ ДЕАЗОТАЦІЇ СТІЧНИХ ВОД ІММОБІЛІЗОВАНИМ МІКРОБІОЦЕНОЗОМ У БІОДИСКОВОМУ РЕАКТОРІ .....	635
<b>Черепеньов І. А., Вамболь С. О., Вамболь В. В., Дубнічкій В. Ю., Колокольніков В. О.</b> ВПЛИВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПОЛІВ ЛЕП НА ПОВЕРХНІЙ ШАР ҐРУНТІВ.....	639
<b>Черниш Є. Ю., Чубур В. С., Данилов Д. В.</b> ЗАЛУЧЕННЯ ФОСФОГІПСУ ЯК РЕСУРСУ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ВИСОКОЯКІСНОГО ДОБРИВА БІОЛОГІЧНИМИ МЕТОДАМИ.....	643
<b>Чиркіна М. А., Слепужніков Є. Д., Пономаренко Р. В.</b> ДО ПИТАННЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ НА ХІМІЧНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТАХ.....	646
<b>Чухліб Ю. О.</b> НАСЛІДКИ ВПЛИВУ ВОЄННИХ ДІЙ В УКРАЇНІ НА СТАН ДОВКІЛЛЯ.....	650
<b>Чушкіна І. В., Максимова Н. М., Петрушина Г. О.</b> ПРОБЛЕМНІ АСПЕКТИ ДНОПОГЛИБЛЮВАЛЬНИХ РОБІТ НА ПРИКЛАДІ РІЧКИ ЧАПЛИНКА.....	654
<b>Шибанова А. М., Мітрясова О. П., Руда М. В., Джумеля Е. А.</b> ТРАНСКОРДОННІ ЕКОЛОГІЧНІ ЗАГРОЗИ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРУ НА ТЕРИТОРІЇ ПРИКАРПАТТЯ.....	658

<b>Шибанова А. М., Шибанова Ю. С.</b> ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ СТАЦІОНАРНИХ ДЖЕРЕЛ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ НА ЙОГО ЯКІСТЬ.....	661
<b>Шуригін В. І., Карабин В. В.</b> АНАЛІЗ ВПЛИВУ РОСІЙСЬКОЇ ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ ПРОТИ УКРАЇНИ НА СТАН ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ОБ'ЄКТІВ НАФТОГАЗОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ.....	664
<b>Юрчук В. Ю., Юхимчук Ю. П.</b> ЕКОЛОГІЧНІ ЗАГРОЗИ ВІЙНИ В УКРАЇНІ.....	667
<b>Ярошук О. С., Харитонова Н. М., Вирожемський В. К.</b> ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ЗРУЙНОВАНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРИ БУДІВНИЦТВІ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ .....	671

*Електронне наукове видання  
комбінованого використання.  
Можна використовувати в локальному та мережному режимах.*

## **Подолання екологічних ризиків та загроз для довкілля в умовах надзвичайних ситуацій**

### **ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ**

I Міжнародної науково-практичної конференції  
«Подолання екологічних ризиків та загроз для довкілля  
в умовах надзвичайних ситуацій»  
(Україна, Полтава – Львів, 26-27 травня 2022 року)

---

Комп'ютерна верстка та  
редагування

Наталія СМОЛЯР

Відповідальна за видання  
завідувачка кафедри прикладної екології  
та природокористування

Олена СТЕПОВА

---

Обл.-вид. арк. 38,3

---

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.

---

