

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»**



**МІНІСТЕРСТВО  
ОСВІТИ І НАУКИ  
УКРАЇНИ**



## **ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ**

**III Міжнародної науково-практичної конференції  
«Екологія. Довкілля. Енергозбереження»**

**ПОЛТАВА, 1 - 2 ГРУДНЯ 2022 Р.**

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»  
Інститут ботаніки імені М. Г. Холодного НАН України  
Департамент екології та природних ресурсів Полтавської ОДА  
University of Natural Resources and Life Sciences Vienna (BOKU), Austria  
Institute of Mathematical Sciences, Faculty of Science,  
University of Malaya, Malaysia  
University of Life Sciences in Lublin, Poland  
Jamia Millia Islamia, New Delhi, India  
Laval University, Quebec, Canada  
Sindh Madressatul Islam University, Karachi, Pakistan  
National Military University «Vasil Levski», Bulgaria  
Deutsche Gesellschaft Für Internationale  
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH  
Gemeinde Filderstadt, Deutschland  
University of Stuttgart, Stuttgart, Deutschland  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний університет імені І. Сікорського»  
Одеський державний екологічний університет  
Сумський державний університет  
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна  
Вінницький національний технічний університет  
Запорізький національний університет  
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет  
Національний технічний університет «Харківський політехнічний університет»  
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського  
Національний університет «Львівська політехніка»  
ТОВ «НЬЮФОЛК НТЦ»  
СП «Полтавська газонафтова компанія»  
Екологічна рада Полтавщини

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



**Полтава, НУПП, 1 – 2 грудня 2022 р.**

УДК 502/504+620.9](06)

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

«Екологія. Довкілля. Енергозбереження». 2022» : Збірник матеріалів III Міжнародної науково-практичної конференції «Екологія. Довкілля. Енергозбереження» (1-2 грудня 2022 року, Полтава). Полтава : НУПП, 2022. 343 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.

*Chukhlib Yu. O., senior lecturer,  
National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Poltava, Ukraine*

## **APPROACHES TO THE FORMATION OF ESG-STRATEGY FOR OIL AND GAS COMPANIES**

The issue of measuring sustainable development indicators for enterprises of various industries today is not only a requirement of the time, but also a tool for improving the functioning of various spheres of their activities, such as environmental impact (E), social sphere (S) and governance (corporate) sphere (G). In this publication, special attention is paid to the ESG component of oil and gas companies, for which the trend towards ecologization of production, decarbonization, energy transition and corporate social responsibility is no less important and relevant.

This publication discusses a methodology for ESG reporting specifically for the oil and gas industry from IPIECA (International Petroleum Industry Environmental Conservation Association), the World Association of the Oil and Gas Industry, which aims to promote the environmental and social performance of the industry. [1].

The SDG Roadmap for the Oil and Gas Sector (the Roadmap) is an initiative led by IPIECA in collaboration with the World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) [2, 3]. The Roadmap sets out how IPIECA, industry associations and oil and gas companies operating in the sector can move towards a low-emissions future while contributing to a healthier and more prosperous world, in line with the 2030 Agenda for Sustainable Development (adopted by the United Nations). The Roadmap was developed on the basis of IPIECA-UNDP-IFC in 2017.

Also, IPIECA's «Sustainability reporting guidance for the oil and gas industry» was published in 2020 as a guide for reporting on sustainability indicators for the oil and gas industry [4].

Based on these two documents, the following reporting principles should be outlined:

1. **Relevance:** the information provided should reflect the company's sustainability issues and meet the needs of both internal and external stakeholders.
2. **Transparency:** information should be presented clearly, in a timely and balanced manner, and presented as an independent review. This may include disclosure of any processes or restrictions that affect the preparation of the report.
3. **Consistency:** The credibility of the report is enhanced if the processes and their definitions are used systematically. It also helps to provide a

meaningful overview of the company's performance and to compare results both within the company and across the industry.

4. Completeness: it is necessary to choose specific information that will correspond to the declared purpose, scope and boundaries of the report.
5. Accuracy: information should be reliable, objective and verified, giving a realistic picture of the company's position, performance and progress.

The sustainability reporting process includes a number of sequential steps:

Step 1: plan development. Developing a sustainability report takes time and resources, depending on the size and complexity of the business. Having a detailed plan helps to provide clarity and find consensus on the main objectives of the report, who should approve and validate the content, and who will use the report.

Step 2: Stakeholder engagement. This step involves benefiting from stakeholder engagement by taking into account their views on the company and the sustainability challenges it faces before preparing the report. Thus, the final version of the report will be more relevant, accessible and credible. After its publication, in turn, stakeholder feedback can stimulate discussion of key issues and demonstrate how the results of engagement are used to improve reporting in the future.

How exactly should stakeholders be identified? There are several approaches that can be used to identify priority and key stakeholders. One simple, straightforward analysis technique is 'stakeholder mapping'. This involves prioritising different groups of stakeholders and helps to classify them into groups according to different characteristics, such as point of view, current or previous engagement, etc.

Step 3: Selection of material issues. Given the number of issues that can be addressed in a sustainability report, it is useful to have a simple and transparent process for deciding what to include. A material issue is any topic that, in the opinion of management or stakeholders, materially affects the company's performance and shapes external opinion. As a rule, these are the issues that have the greatest impact on value creation, as well as on the economic and reputational sustainability of the company in a positive or negative way.

#### 3.1. Identification of material issues

Having identified its material issues, the first step is to list all sustainability issues that can be considered relevant to the company and its stakeholders. This should be based on a range of sources, such as global trends and identified issues (current and future), as well as standards and regulations.

#### 3.2 Priority of issues

A common practice is to rank the relative importance of each issue by two criteria:

- The significance to the company of the actual or potential impact of the issue on business strategy and performance. It can represent either a risk or an opportunity for the company.

- Stakeholder relevance is the level of stakeholder assessments or decisions related to the impact of an issue on the company, whether negative or positive.

### 3.3 Verification and confirmation of issues

Before publishing the report, it is necessary to make sure that all the significant issues have been resolved. This can be done in several ways:

- Review your list of questions to determine whether you have given adequate attention to each question. You should also determine whether they are supported by appropriate description and evidence of data, including reporting indicators;

Obtain feedback: ask internal and external stakeholders to check the draft for accuracy, balance and any shortcomings. It is a good practice to obtain approval, or agreement at Board level, from the company's senior management.

### 3.4. Disclosure of the main processes and results

When preparing the report, it is necessary to choose the most appropriate format for disclosing material issues, as well as the appropriate communication channel. The information in the sustainability report can be complemented by disclosure in annual reports, websites, or more targeted communication with stakeholders. There are many ways to describe materiality processes and their results in reporting. For example, you can illustrate the prioritization of issues using a matrix diagram. A matrix can also be used to highlight the level of control a company has over an issue, or to show which stakeholder group has the most influence.

### 3.5 Review of important processes

After publication, feedback should be obtained to assess whether the report has met expectations. This can be feedback gathered by the reporting team or other investor contact groups or individuals tasked with stakeholder engagement. In terms of scope, often a few reviewers can provide a good basis for conclusions and informal stakeholder validation. This feedback can help to revise and improve the materiality process for future reports. During the year, indirect feedback can be gathered by answering questions, for example, from rating agencies. In this way, issues that were not answered in the report may be encountered and noted for future consideration.

Step 4: development of the report description. The sustainability report should demonstrate both quantitative and qualitative indicators that the company systematically assesses its operations and actions and manages them responsibly.

Step 5: development of the report data. The development of the report includes the identification of indicators, the choice of which is proposed by the management [4]. The management offers information on a number of typical issues relevant for many oil and gas companies, as well as indicators that demonstrate how these issues are addressed.

Each governance indicator contains two types of reporting elements. These elements define the types of information or data that can be collected and

documented in the report. Core elements are those that are necessary to provide a clear and reliable picture of the company's approach, results and progress and are based on reliable and verifiable information to enable comparison between companies. Additional elements are those that provide opportunities for more detailed and detailed reporting, depending on the company's situation; as well as provide information that reflects not generally accepted practices. This may include new practices, information for which no agreed methodologies exist, or information that is unique to a particular company. It also includes information that may be relevant to oil and gas companies that are expanding their portfolio with low-carbon or renewable energy sources.

Step 6: providing assurance. Assurance is a conclusion about the quality of the information provided that can confirm the application of the general reporting principles. Many companies have their own internal approval procedures, the application of which can be explained in the report. External, independent assurance can improve the quality and reliability of the information in the report. Rating agencies often have a positive attitude to the inclusion of external assurance in the report (audit).

***Used information sources:***

1. *International Petroleum Industry Environmental Conservation Association (IPIECA). Electronic resource: <http://www.ipieca.org/about-us/>*
2. *IPIECA Charts Course To Achieve UN's Sustainable Development Goals. Electronic resource: <https://jpt.spe.org/ipieca-charts-course-to-achieve-uns-sustainable-development-goals>*
3. *IPIECA Reports. Electronic resource: <https://www.world-petroleum.org/resources/special-publications/187-ipieca-reports>*
4. *«Sustainability reporting guidance for the oil and gas industry», 2020. Electronic resource: <https://www.iogp.org/bookstore/product/iogp-437-sustainability-reporting-guidance-for-the-oil-and-gas-industry/>*

UDC 504.06 + 538.1 + 623.45

<sup>2</sup>*Danchenko Yu. M., Doctor of Technical Sciences, Professor,*  
<sup>1</sup>*Kondratenko O. M., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor,*  
<sup>1</sup>*Nikulesko D. S., Master of Sciences, Adjunct, Colonel of Civil Defence Service,*  
<sup>1</sup>*Nikulesko A. O., Master Student, Senior Lieutenant of Civil Defence Service*  
<sup>1</sup>*National University of Civil Defense of Ukraine of SES of Ukraine,*  
*Kharkiv, Ukraine,*  
<sup>2</sup>*National Academy of National Guard of Ukraine, Kharkiv, Ukraine*

## **JUSTIFICATION OF THE RELEVANCE OF A COMPLEX ASSESSMENT OF THE ARTILLERY IMPACT ON THE ENVIRONMENT CONDITION AS A COMBAT ACTIONS RESULT**

**Introduction.** The ecologically safe state of all components of the environment – atmosphere, hydrosphere, and lithosphere – in peacetime is subject to intensive technogenic influence as a result of man's industrial, commercial, and everyday household activities. Complex assessment of indicators of such influence on the basis of the results of theoretical and experimental studies allows, firstly, to establish the real level of indicators of ecological safety (ES) of environmental components and, secondly, to form appropriate lists of recommendations for reducing the negative consequences of anthropogenic negative impact on these components. The picture of such a load on all components of the environment during the active phase of a military conflict with the massive use of artillery of all types and other means of destruction containing explosive substances in terms of both qualitative and quantitative characteristics is fundamentally different [1-14]. The same applies to the nomenclature and possible methods and means of comprehensive assessment of such an impact.

**Purpose of the study.** Justification of the relevance of carrying out a complex assessment of the impact of the use of artillery on the state of components of the environment as a result of combat actions as a prerequisite for the developing of appropriate environmental protection technology (EPT), which will be used during the period of post-war reconstruction of critical infrastructure, production and agro-industrial complex, housing fund of the country.

**Object of the study.** The effect of the use of artillery on the condition of the environment components as a result of combat actions.

**Subject of the study.** Quantitative and qualitative indicators of the object of the study as components of a complex assessment and the management function of the EPT.

**Presentation of the main research material.** During a full-scale military conflict, the negative impact on all components of the environment significantly intensifies and changes its nature, both qualitatively and quantitatively. It is a well-known fact that at the current stage of the development of military art, the main means of defeating the enemy (both manpower and elements of material and



technical support) both at the tactical and strategic levels is artillery.

The use of all types of artillery during the so-called hot phase of a modern high-tech military conflict leads to the appearance of significant consequences for the ecologically safe state of the atmospheric air (in the short term), since when shots are fired from weapons and projectiles explode, gaseous and aerosol products of oxidation-reduction reactions, the reagents of which are the appropriate types of explosive substances. Similarly, when a projectile hits a target, in the event of its damage, combustion products of the target's elements also enter the atmosphere, and in the case of a miss or no impact, particles of the dispersed phase of aerosols also enter the atmosphere.

But more dangerous are the consequences of falling into the hydrosphere (surface water bodies) and the lithosphere (soils) of component exploded or unexploded projectiles, elements of their packaging, and spent ammunition casings, since these pollutants and solid waste will cause a negative impact in the long term.

The chosen direction of studies becomes especially relevant during the period of post-war reconstruction of critical infrastructure, industrial facilities and housing fund, which should be accompanied by humanitarian demining of the relevant territories, eliminating the remains of both the ammunition itself and the remains of the targets hit by them – these are the tasks that will be faced by the units of the State Emergency Service of Ukraine (SES of Ukraine).

Particular attention should be paid to the fact that the scales of application of all types of artillery are from units to tens of kilometers, the geographical coordinates of their moving and stationary targets, their nomenclature and placement of relatively significant elements of the components the environment is of a random nature, a significant variety of artillery units, ammunition for them, as well as the fact that data on the use of artillery and its results are a secret in wartime and can be lost and therefore revealed research will be exploratory in nature.

Thus, the results of a complex assessment of the impact of the results of the use of artillery in the theater of combat actions on all components of the environment will be determined by a number of various factors and will require an innovative scientifically based approach (which will constitute the scientific novelty of the results obtained), and developed on based on them, the recommendations on reducing the negative consequences of the use of artillery will be suitable and useful for practical application in the activities of the units of the SES of Ukraine, which constitutes the practical value of such a scientific product.

As a result of the analysis of literary sources [1-14], the following research plan was developed for the implementation of a complex assessment of the impact of the use of artillery on the condition of the components of the environment as a result of combat actions as a prerequisite for the developing of the appropriate EPT, used during the post-war period of reconstruction of critical infrastructure

objects, the industrial and agro-industrial complex, housing fund of the country.

Step 1. The state of the issue regarding the study of the impact of combat actions on the state of the environment. It provides for: 1.1. analysis of literary sources by research topic; 1.2. analysis of the peculiarities and results of the use of artillery in combat actions retrospect; 1.3. analysis of the features and results of the use of artillery in the Russian-Ukrainian war.

Step 2. Use of artillery and artillery ammunition during combat actions as a factor of environmental pollution. It provides for: 2.1. analysis and description of environmental hazard factors when using artillery; 2.2. analysis and selection of methods and instruments for theoretical and experimental research of the impact of artillery use on the ecologically safe state of the environment; 2.3. description of the impact of the use of artillery on the eco-safe state of the biosphere.

Step 3. Study of the influence of artillery in the Russian-Ukrainian war on the state of the hydrosphere, lithosphere and hydrosphere of Ukraine. It provides: 3.1. study of the impact of the use of artillery on the ecologically safe state of the atmosphere; 3.2. study of the influence of the use of artillery on the ecologically safe state of the hydrosphere; 3.3. study of the impact of artillery use on the ecologically safe state of the lithosphere.

Step 4. Recommendations on reducing the negative consequences of the use of artillery in the Russian-Ukrainian war. It provides for: 4.1. analysis of known tools to provide a complex assessment of the impact of artillery use on the ecologically safe state of the environment; 4.2. implementation of a complex assessment of the impact of the use of artillery on the eco-safe state of the environment; 4.3. formulation of a list of recommendations for reducing the negative consequences of the use of artillery in the Russian-Ukrainian war.

**Conclusions.** Thus, the relevance of the study on the chosen topic is determined by the urgent practical problem of protecting the components of the environment (atmosphere – in the short term, and hydrosphere and lithosphere – in the long term) from the negative technogenic influence of environmental hazard factors, the source of which is the applied artillery in combat operations. This direction of research was chosen taking into account the perspective of applying the theoretical and practical results of such research to solve the problems that will be posed to the SES of Ukraine during the post-war period of construction of critical infrastructure objects, industrial objects and housing fund projects. Therefore, taking into account the above considerations, it can be unequivocally stated that the chosen research topic is relevant and promising.

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

1. *Derevianchuk A.Y. Fundamentals of the structure of artillery guns and ammunition: textbook. Sumy : Sumy State University, 2011. 716 p.*

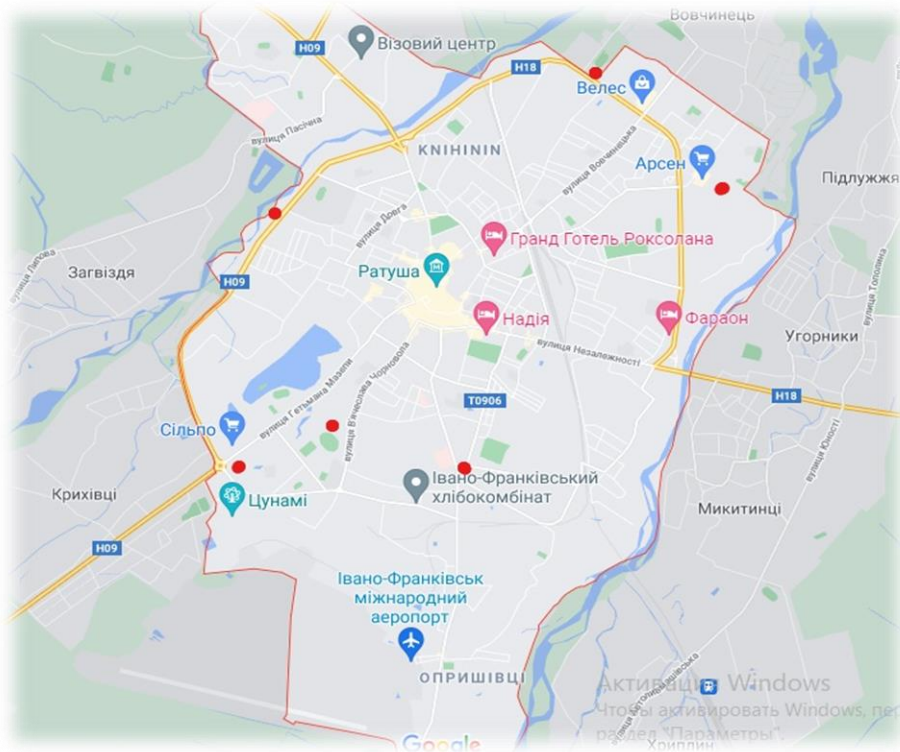
2. *The use of units of engineering troops in combat. Methodical manual. Ministry of Defense of Ukraine. Kharkiv : MTF NTU «KPI», 2008. 96 p.*

3. *Guidelines for the use of engineered ammunition in the Ministry of Defense of Ukraine and the Armed Forces of Ukraine; Ministry of Defense of Ukraine. Kyiv : Publishing house of the Ministry of Defense of Ukraine, 2010. 314 p.*
4. *Tactics. Textbook / V.V. Vyshniakov, G.A. Drobakha, A. A. Kalensky, E. B. Smirnov. Kyiv : Publishing and printing center «Kyiv University», 2009. 274 p.*
5. *Russian mines. A soldier's guide / edited by V.G. Gluza. Kyiv: Information mouthpiece of Ukrainian sappers, 2018. 272 p.*
6. *Rock destruction and blasting safety: textbook / V.V. Korobiychuk, V. O. Sokolovskyi, S. S. Iskov. Zhytomyr: ZhSTU, 2019. 332 p.*
7. *Destruction of rocks by explosion: textbook / G. A. Symanovich, O. E. Khomenko, M. M. Kononenko. Dnipropetrovsk : NMU, 2014. 207 p.*
8. *Decomposition reactions of explosives. Methodical recommendations for independent study of the topic in the discipline «Fundamentals of the chemistry of energy-saturated substances» for students majoring in 161 Chemical Technology and Engineering / O.Y. Svetkina, E. B. Ustymenko, O. B. Netyaga, G. V. Tarasova. Dnipro : NTU «Dnipro Polytechnic», 2020. 20 p.*
9. *Identification of missile and rocket weapons of the Russian Federation: manual / V. M. Korotaev, R. S. Kirin, M. M. Kushnir, A. S. Klochkov, O. V. Ovcharov, O. S. Zhugan. Dnipro : Dnipropetrovsk Scientific and Research Center of the Ministry of Internal Affairs, 2022. 134 p.*
10. *Akhavan J. The Chemistry of Explosives: Edition 4. London : Royal Society of Chemistry, 2022. 204 p.*
11. *Special explosive technologies in geoenvironmental engineering: Monograph / V. V. Boyko, A. L. Gan, O. V. Gan. Kyiv : Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, 2022. 316 p.*
12. *Development and implementation of emulsion explosives in quarries of Ukraine / ed. by V. P. Kuprin, I. L. Kovalenko. Dnipropetrovsk : SHEI USUCT, 2012. 43 p.*
13. *Stetsiuk E. I. Methods of prevention of emergencies associated with the threat of explosion of a small explosive object: Candidate of Technical Sciences dissertation, specialty 21.02.03 – Civil Defence. Kharkiv: NUCDU, 2019. 168 p.*
14. *Kobets M. V. Explosives in forensic explosive examination // Criminalistics Bulletin. 2007. № 2 (8). C. 50–53.*

*Glibovytska N. I., PhD, Associate Professor  
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas,  
Ivano-Frankivsk, Ukraine*

## **PHYTOCENOTIC DIVERSITY OF GRASS COVER UNDER TRANSPORT LOADING CONDITIONS**

Transport is one of the dominant sources of the urban environment pollution by carbon and nitrogen oxides, hydrocarbons, aldehydes, sulfur compounds, dust and heavy metals. Motor vehicles account for about 40% of the total pollution of urban ecosystems [2]. Plant organisms are primary absorbers of complex urbogenic influence and biological indicators of changes in the ecological state of the environmental ecological condition [3, 4]. Therefore, the purpose of this work is to study the phytocenotic diversity of herbaceous plants under the influence of the urban areas traffic loading. The research was conducted in the conditions of the five largest transport highways of Ivano-Frankivsk urban ecosystem (Fig. 1).



**Fig. 1 – Monitoring points in Ivano-Frankivsk city**

On each studied point with an area of 10-12 m<sup>2</sup>, the grass cover species diversity, abundance and projective cover of each species were determined, followed by the calculation of average values [1]. For this, we used the method of subjective determination of species abundance according to the simplified Brown-Blanquet scale (Table 1):

**Table 1 – Scale of species abundance in phytocenosis according to Brown-Blanke**

Points	Species presence	Projective coverage of the species, %
1	very scattered	<5%
2	scattered	5-25%
3	medium quantity	25-50%
4	high quantity	50-75%
5	very high quantity	75-100%

The research was conducted in the summer period (June). Identification of plants was carried out with the help of directories and the Plant Snap program.

Twenty-six species of herbaceous plants, belonging to nine families, were recorded under the influence of traffic pollution of the city. The most represented is the *Asteraceae* family, to which 10 species of herbaceous plants belong under roadside conditions. Other families include a smaller number of species, in particular, *Fabaceae* (3 species), *Poaceae* (3 species), *Plantaginaceae* (2 species), *Geraniaceae* (3 species), *Convulvulaceae* (1 species), *Apiaceae* (2 species), *Scrophulariaceae* (1 species), *Equisetaceae* (1 species).

Phytocoenotic diversity of herbaceous species in conditions of traffic pollution is negatively correlated with projective coverage (Table 2).

Under the influence of the city's traffic, projective coverage is noted up to 5% in nine plants, up to 25% in six plants, and up to 50% in four plants. Only the species *Bromus hordeaceus* L. has a high projective coverage of 80%. At the same time, only five permanent species are represented at all five monitoring points – *Tritolium repens* L., *Plantago lanceolata* L., *Taraxacum officinale* L., *Tritolium pratense* L., *Leontodon hispidus* L.

Traffic pollution significantly affects the development of plants, their reproductive capacity and diversity. Plants, which are the most common in all monitoring sites, are characterized by high resistance to pollution and ecological plasticity. These species can also be used as biological indicators of roadside environmental quality.

Table 2 – **Phytocoenotic diversity of herbaceous plants in conditions of traffic pollution in Ivano-Frankivsk city**

Points	Species	Projective coverage of the species, %
1	<i>Erigeron annua</i> L., <i>Pimpinella major</i> L., <i>Artemisia dracunculus</i> L., <i>Tanacetum vulgare</i> L., <i>Smyrniolum colostrum</i> L., <i>Medicago sativa</i> L., <i>Geranium dissectum</i> L., <i>Plantago major</i> L., <i>Cirsium oleraceum</i> L.	< 5%
2	<i>Veronica serpyllifolia</i> L., <i>Taraxacum officinale</i> L., <i>Arctium lappa</i> L., <i>Equisetum arvense</i> L., <i>Plantago lanceolata</i> L., <i>Erodium cicutarium</i> L.	5-25%
3	<i>Taraxacum officinale</i> L., <i>Tritolium pratense</i> L., <i>Leontodon hispidus</i> L., <i>Convolvulus arvensis</i> L.	25-50%
4	<i>Bellis annua</i> L., <i>Achillea millefolium</i> L., <i>Geranium posillum</i> L., <i>Tritolium repens</i> L., <i>Poa annua</i> L.	50-75%
5	<i>Bromus hordeaceus</i> L.	75-100%

**Used information sources:**

1. Методичні рекомендації до лабораторно-практичних занять з курсу «Методи ботанічних досліджень» / А. М. Солоненко, С. О. Яровий. Мелітополь, 2012. 48 с.
2. Sillars-Powell L., Tallis M.J., Fowler M. (2020). Road Verge Vegetation and the Capture of Particulate Matter Air Pollution. *Environments*. 7(10):93. <https://doi.org/10.3390/environments7100093>
3. Sadia H. E., Jeba F., Uddin M. Z. et al. (2019). Sensitivity study of plant species due to traffic emitted air pollutants ( $NO_2$  and  $PM_{2.5}$ ) during different seasons in Dhaka, Bangladesh. *SN Appl. Sci.* 1, 1377. <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1421-4>
4. Wróblewska K., Jeong B. (2021). Effectiveness of plants and green infrastructure utilization in ambient particulate matter removal. *Environ Sci Eur* 33, 110. <https://doi.org/10.1186/s12302-021-00547-2>

UDK 574.21: 59.085: 577.126: 57.044

<sup>1</sup>*Kurhaluk Natalia, D. Sc., Prof.,* <sup>1</sup>*Tkachenk Halyna, D. Sc., Prof.,*  
<sup>2</sup>*Lukash Oleksandr, D.Sc., Prof.,* <sup>3,4</sup>*Kamiński Piotr, D. Sc., Prof.*

<sup>1</sup>*Department of Biology, Institute of Biology and Earth Sciences, Pomeranian University in Słupsk, Słupsk, Poland*

<sup>2</sup>*Department of Ecology and Nature Protection, T.G. Shevchenko National University «Chernihiv Collegium», Chernihiv, Ukraine*

<sup>3</sup>*Nicolaus Copernicus University in Toruń, Collegium Medicum in Bydgoszcz, Faculty of Medicine, Department of Medical Biology and Biochemistry, Department of Ecology and Environmental Protection, M. Skłodowska-Curie Str. 9, PL 85094 Bydgoszcz, Poland*

<sup>4</sup>*University of Zielona Góra, Faculty of Biological Sciences, Department of Biotechnology, Prof. Z. Szafran Str. 1, PL 65516 Zielona Góra, Poland*

## **BIOMARKERS OF OXIDATIVE STRESS IN THE BLOOD OF WHITE STORK (*CICONIA CICONIA*) NESTLINGS INHABITED CONTAMINATED REGIONS**

Environmental pollution may influence the condition of an individual, and so could influence the population dynamics of a species. In the past decade, mammalian species have been used as models for the study of pollution-induced oxidative stress, in order to elucidate the mechanisms underlying cellular oxidative damage and to study the adverse effects of some environmental pollutants with oxidative potential during chronic exposure and/or at sublethal concentrations (Valavanidis et al., 2006).

The white stork, *Ciconia ciconia*, is a bioindication species model for large-scale animal research and a good indicator of the quality of the natural environment. The breeding success of white stork is determined by a significant influence of the environment (a change of trophic condition, environmental structure, weather conditions) (Latus et al., 2000; Nowakowski, 2003, 2006; Nowakowski and Wasilewska, 2006). The transformation of the environment, especially by the excessive intensification of agriculture, has resulted in a decline in the stork population, and even total extinction in some countries. In the past few decades, grassland birds have declined faster, largely due to habitat threats such as the intensification of agriculture. Presently, the situation for storks may deteriorate drastically (Tryjanowski et al., 2006). The white stork is nesting in human settlements and feeds in rural areas, where more and more chemical agents protecting plants are used, which may cause the accumulation of toxins in the organisms of the white stork. This accumulation may influence the condition of individuals, and in consequence, also their survival and the rate of reproduction of the whole population (Orłowski et al., 2006).

In our previous studies, we determined how heavy metal poisoning is related to metal-induced oxidative stress in white stork nestlings from regions of Poland with different levels of pollution (Kamiński et al., 2006, 2007, 2009). The results of our study showed that the concentrations of very toxic heavy metals (lead and cadmium) gradually increased during nestling development, and in polluted areas were about twice as high as in the control area (the Odra meadows area) (Kamiński et al., 2006, 2007, 2009). Some of the adverse effects of heavy metals may be associated with oxidative damage to lipids, proteins, and DNA. In many studies, a link was observed between the susceptibilities of birds to heavy metal poisoning and oxidative stress. Components of the antioxidant defense system have the widest scope and greatest potential for use as subcellular biomarkers of the contamination of birds with metals from the environment (Berglund et al., 2007, 2011; Hoffman, 2002, Hoffman et al. 2005, 2009, 2011; Kamiński et al., 2009; Kurhaluk et al., 2006; Kenow et al., 2008; Koivula et al., 2011; Martinez-Haro et al., 2011; Mateo et al., 2003; Mateo and Hoffman, 2001; Tkachenko and Kurhaluk, 2012-2014). Hematological and biochemical research into the condition of birds can potentially indicate positive associations with miscellaneous environmental loads (Kamiński et al., 2006).

Therefore, we hypothesized that white stork nestlings from polluted areas (near a copper smelter and refinery in Głogów) suffer higher oxidative stress than nestlings from the suburbs and the area near Odra meadows. The control, relatively pure, environment was the village of Kłopot, with no industrial plants within a radius of 150 km. Blood samples were also collected in two polluted areas, including the suburban village of Czarnowo, located 20 km from the city of Zielona Góra (southwestern Poland) and an area near the town of Głogów, where a large Copper smelter and refinery is situated. We then performed a study to analyze the changes in lipid peroxidation (2-thiobarbituric acid reactive substances, TBARS) and oxidatively modified proteins (stable 2,4-dinitrophenyl hydrazine derivatives of carbonyl groups) as biomarkers of oxidative stress, the antioxidant defense system (superoxide dismutase, catalase, glutathione peroxidase, and glutathione reductase, ceruloplasmin), as well as other selected biochemical parameters, which are used as diagnostic tools in avian medicine (alanine and aspartate aminotransferases, lactate dehydrogenase activities, lactate and pyruvate concentrations) in the blood of white stork nestlings in polluted (i.e., near to a copper smelter and refinery in Głogów) and suburban areas, as well as in the Odra meadows area (the control area).

The results of our study showed that the concentrations of very toxic heavy metals (lead and cadmium) gradually increased during nestling development, and in polluted areas were about twice as high as in the control area (the Odra meadows area) (Kamiński et al., 2006, 2007, 2009). We found high levels of cadmium (2.2 mg/kg) and lead (7.2 mg/kg) in nestlings from Głogów, whereas the lowest levels were seen in nestlings from Odra meadows (Cd 1.45 mg/kg, Pb 0.84 mg/kg) (Kamiński et al., 2009). This was probably due to the higher



contamination of the soils in polluted areas with these heavy metals. As stated in reports of previous studies (Chłopecka et al., 1996; Kabala and Singh, 2001), toxic heavy metals were higher in soil samples from polluted environments in southwest Poland. Four soil profiles located near a copper smelter and refinery in Głogów were investigated to determine how the distributions and chemical fractions of Cu, Pb, and Zn as well as their mobilities relate to soil properties. Contamination with heavy metals was primarily restricted to surface horizons, and the degrees of contamination were 7- to 115-fold for Cu, 30-fold for Pb, and 6-fold for Zn (Kabala and Singh, 2001). Concentrations of Cd, Pb, and Zn ranged from 0.5 to 105, 14 to 7100, and 20 to 10,000 mg per kg soil, respectively (Chłopecka et al., 1996). The most consistent distribution patterns were found when the soil samples were grouped according to total metal content. The inferred relative mobilities of the metals and their redistribution among different fractions support the view that metals from anthropogenic sources are more mobile than those from the parent materials of the soil (Chłopecka et al., 1996). The toxic metals accumulated in nestlings during the growth period, mostly in bones and feathers, and their toxic effects on the organism intensified with age (Hoffman, 2002; Hoffman et al., 2005, 2009, 2011).

Our study indicated that increasing the contents of Cd and Pb in the blood of young storks from different regions tends to have a negative effect on the lipid peroxidation process and antioxidant defenses, which can be explained by the incorporation of these toxic metals into redox reactions (Kurhaluk et al., 2006; Kamiński et al., 2009; Tkachenko and Kurhaluk, 2013-2014). Transition metals act as catalysts in the oxidative reactions of biological macromolecules, so the toxicities associated with these metals might be due to oxidative tissue damage (Ercal et al., 2001). Cells under oxidative stress display various dysfunctions because lesions cause various modifications to DNA bases, enhance lipid peroxidation, and alter cell homeostasis (Valko et al., 2005). It is suggested that metal-induced oxidative stress in cells may be partially responsible for the toxic effects of heavy metals (Ercal et al., 2001). The underlying mechanism of action for heavy metals involves the formation of superoxide radicals, hydroxyl radicals (mainly via a Fenton reaction), and other reactive oxygen species, and ultimately leads to the production of TBARS and other toxic adducts. On the other hand, heavy metals exert their toxic effects by binding to sulfhydryl groups of proteins and depleting glutathione (Jomova and Valko, 2011).

White stork nestlings from different environments are probably significantly susceptible to environmental conditions. In the unpolluted area, nestlings showed lower levels of lipid and protein oxidation, indicating that the variation in the pollution-induced oxidative stress among areas is condition-dependent. It was found that the blood of nestlings from the polluted area was more susceptible to oxidative stress due to lipid peroxidation and protein oxidation, manifested as the formation of protein carbonyls, the elevation of alanine- and aspartate aminotransferases activities, and lactate and pyruvate concentrations than those

of nestlings from suburban and Odra meadows areas. Direct connections between lactate and pyruvate concentrations and lipid peroxidation (TBARS level), as well as between carbonyl derivatives of oxidatively modified proteins in the blood of nestlings from the polluted area were detected. Lactate dehydrogenase activity was slightly inhibited in the blood of nestlings from the polluted environment, perhaps because of increased lactate concentration in the blood of nestlings from polluted areas. It can be suggested that alanine and aspartate aminotransferases, lactate dehydrogenase activities, and lactate and pyruvate concentrations can be used as indicators of oxidative stress. The activities of these enzymes were perhaps not directly related to environmental pollution, but more likely to some secondary pollution-related changes in the nestlings' conditions. Increased levels of oxidative stress biomarkers can modify antioxidant defenses in nestlings from various environments, principally causing increased glutathione peroxidase activity in nestlings from polluted regions. Plasma catalase and the selenium-dependent glutathione peroxidase activities of erythrocytes were significantly higher in nestlings from polluted areas than in those from control areas. Oxidative stress and components of the antioxidant defense system, especially glutathione peroxidase activity, can be used as indicators of oxidative stress, which was found to be greater in the polluted areas (near a copper smelter and refinery in Głogów). Therefore, the use of oxidative stress biomarkers to assess the health and condition of nestlings will be useful in future studies aiming to identify miscellaneous environmental loading.

UDC 332.34:332.36

<sup>1</sup>*Petrushka K. I., PhD, Assoc. Professor, <sup>2</sup>Warchol J., D.Sc., Professor,*  
<sup>1</sup>*Petrushka I. M., D.Sc., Professor, <sup>1</sup>Malovanyy M. S., D.Sc., Professor,*  
<sup>1</sup>*Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine*  
<sup>2</sup>*Wroclaw University of Science and Technology,*  
*Wrocław, Poland*

## **ENVIRONMENTAL RISKS OF THE CONSEQUENCES OF MILITARY ACTIONS OF THE RUSSIAN FEDERATION IN UKRAINE**

Currently, in the state of war in Ukraine, it is impossible to fully assess the impact of military operations on the environment due to the lack of accurate information that is constantly updated. There are two main reasons for this:

- First of all, it is dangerous for specialists to collect this data, as active hostilities continue;
- Secondly, not all information can be announced publicly for tactical purposes.

The full-scale war in Ukraine has grave consequences for the biosphere of the entire planet, not just a particular region. One of the important components of the biosphere of Ukraine, which suffers a significant negative impact of hostilities, causing its destruction and degradation, is agricultural soils. The authors [1] believe that the morphology of soils affected by military impact demonstrates anthropogenic changes in their features.

However, it is clear: the longer the war lasts, the more damage it will cause to the environment, and the more consequences we will have in the future. This was confirmed, albeit on a smaller scale, at the beginning of this war, 8 years ago, when Russia seized Crimea and parts of Donetsk and Luhansk regions. Both direct hostilities and the actions of the occupation administration have affected the nature of these regions. By how exactly – we can try to predict the consequences of the current full-scale invasion.

For 1 month of war, according to the UN, 3.5 million Ukrainians left the country, about 11-12 million more moved to other regions. But the aggressor has destroyed not only human lives, but also the environment, the consequences of which Ukrainians will feel for many years.

More than a hundred – so many crimes against the environment from Russian aggression have been collected by the NGO «Ecodia» from open sources during the first month of the large-scale war.

This brings new environmental risks, which can also increase the number of human casualties of the war in the future.

Crimes against the environment are also part of war crimes. According to the Geneva Convention, «it is prohibited to use methods or means of warfare which are intended to cause, or which may be expected to cause, widespread, long-term and serious damage to the natural environment».

From the first days there were recorded shelling and bombardment of industrial and energy facilities, arson of forests, explosions of oil depots, pollution of the Black and Azov Seas (primarily due to the sinking of ships).

Explosions can demolish large volumes of land, creating depressions. The soil in the depression is compacted, disturbed, contaminated by metal fragments and ash. This type of soil disturbance involves moving the excavated soil from the pit to its surroundings. As a result, the landscape is disturbed as horizons are shifted soil horizons are shifted, which leads to a significant transformation of the relief [2].

Direct hit of shells and pollution by burnt military equipment completely destroys the ecosystem. All exploding ammunition, burning non-metallic parts of military equipment pollute soil and water with heavy metals and toxic elements. Not to mention the tons of scrap metal that are scattered in forest plantations. During the detonation of missiles and artillery shells, a number of chemical compounds are formed: carbon monoxide (CO), carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), water vapor (H<sub>2</sub>O), brown gas (NO), nitrous oxide (N<sub>2</sub>O), nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>), formaldehyde (CH<sub>2</sub>O), cyanide vapor (HCN), nitrogen (N<sub>2</sub>), as well as a large amount of toxic organic matter, oxidize the surrounding soil, wood, turf, structures [3].

During the explosion, all substances undergo complete oxidation and the products of the chemical reaction are released into the atmosphere. The main ones - carbon dioxide and water vapor – are not toxic, but harmful in the context of climate change, as both are greenhouse gases. In the atmosphere, sulphur and nitrogen oxides can cause acid rain, which changes soil pH and causes plant burns, to which conifers are particularly sensitive. Acid rain has a negative impact on the human body, other mammals and birds, affecting the condition of mucous tissues and respiratory organs.

Buried anti-tank and anti-personnel mines also cause ground disturbance, if they explode. In fact, the very laying of a mine can cause significant ground disturbance. Once a mine is activated, the soil around it quickly becomes contaminated with plastic and metal fragments as well as explosive residues.

Metal fragments of shells that enter the environment are also not safe and completely inert. Cast iron with steel impurities is the most common material for the production of ammunition casings and contains not only standard iron and carbon, but also sulfur and copper. These substances enter the soil and can migrate to groundwater and eventually enter the food chain, affecting both animals and humans [4].

On a smaller scale (but with a greater variety of impacts), burnt tanks, vehicles, downed aircraft and other remnants of hostilities are also a source of pollution. The burning of equipment, oil, diesel and gasoline also pollutes the air. Military traffic, which includes maneuvers of wheeled or tracked heavy vehicles, is another important factor that can affect the soil. Compaction is the main negative impact of military transport on the soil, which significantly changes the

hydraulic properties of the soil, and also makes soils more vulnerable to erosion and runoff. In saturated soils, excessive loading can cause liquefaction, leading to various problems, including mud formation [5].

Of all human activities, war has the worst impact on the environment: on the one hand, military actions have a negative impact on the environment, and on the other hand, resources spent on war could be spent on environmental protection or resource-efficient technologies. Therefore, in the context of open hostilities, it is necessary to distinguish between direct and indirect impacts, as well as lost opportunities.

***Used information sources:***

1. *Pereira P., Bašić F., Bogunovic I., Barcelo D. (2022). Russian-Ukrainian war impacts the total environment. Science of The Total Environment, 837, 155865.*

2. *Tomic N.T., Smiljanic S., Jovic M.P., Gligoric M., Povrenovic D., Dosic A. (2018). Examining the effects of the destroying ammunition, mines and explosive devices on the presence of Heavy metals in soil of open detonation pit; Part 2: Determination of heavy metal fractions. Water Air Soil Pollut., 229 (2018), 303.*

3. *Broomandi, P., Guney, M., Kim, J.R., Karaca, F. (2020). Soil contamination in areas impacted by military activities: A critical review. Sustainability (Switzerland), 12 (21), 1–40, Article 9002.*

4. <https://www.agrilab.ua/poshkodzhena-zemlya-yak-vidnovyty-rodyuchist-gruntu-pislya-bombarduvan-ta-pozhezh/>

5. <https://mepr.gov.ua/news/39097.html>

## **IMPROVEMENT OF TECHNICAL MEANS OF PREPARATION AND PROCESSING OF DRILLING MUD**

Drilling mud play an important role in drilling wells. Drilling mud have always been and are given a lot of attention. Many scientific institutions and laboratories are working on the problem of improving solutions and creating new ones. Almost every drilling company has its own laboratory to control and timely regulate the parameters of the solution. The importance, variety of recipes, physicochemical parameters, the possibility of regulating the latter are covered in many scientific papers. The main parameters of drilling mud [1, 2] are density, rheological and filtration characteristics, lubricating and cooling properties. Due to the density, a hydrostatic pressure is created, and this parameter is regulated by the amount of solid phase in the solution, which is represented by clays or clay-like substances. Most solutions are prepared on a water basis, so the interaction of these components is an important characteristic both during preparation and during operation of the solution. The process of interaction of components (swelling) is accompanied by an increase in the volume and mass of the solid phase and begins with wetting the surface. The process is accompanied by the release of heat and a decrease in the total volume of water-clay.

Swelling humidity  $\omega$  is defined as the ratio of the mass difference between the swollen  $G_n$  and the original  $G_o$  breakdown to the mass of the original  $G_o$  [3].

$$\omega = (G_n - G_o) / G_o$$

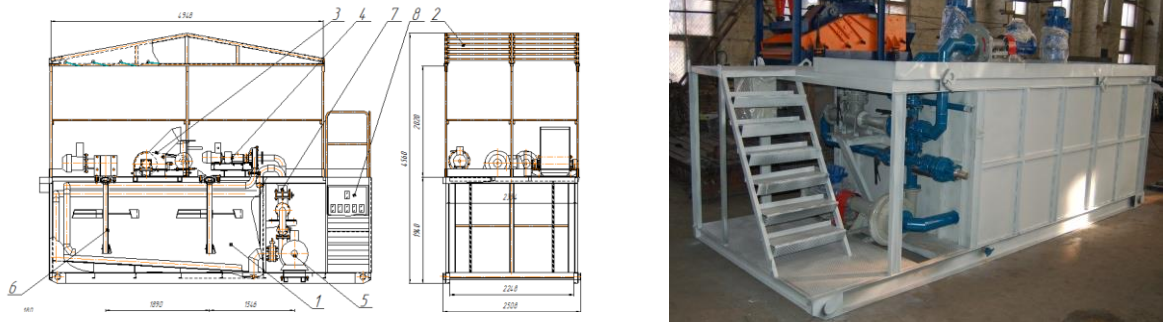
and a more important parameter is the degree of swelling, which is the ratio of the difference between the volumes of swollen  $V_n$  and the original  $V_o$  samples to the volume of the original sample.

$$p = (V_n - V_o) / V_o$$

The duration of the wetting process for each composition is determined experimentally, but in any case, its reduction makes it possible to reduce the total drilling time. Therefore, the idea arose that the dismember, which is intended for grinding, can be used as an accelerator of the process of preparation and processing of drilling mud.

The staff of «Horizont-Invest» under the leadership of the author of this article designed and manufactured a fundamentally new unit for preparation and processing of drilling fluids (fig. 1). The unit consists of a tank 1 over which a collapsible frame 2 is mounted. A crusher 3 can be installed above the loading hatch if necessary. The use of dispersant allowed to reduce the time, improve the quality of preparation and processing of drilling mud. Circulation in the BPD is created by a horizontal slurry seal pump (HSSP) 5. Two low-speed mixers 6 allow to treat the solution with easily soluble reagents and maintain its parameters. The

ejector funnel 7 quite effectively treats the solution with dry bulk components. The principle of its operation is that in the path of the liquid jet there is a sharp expansion of the channel. Due to this, a decrease in pressure is formed, which absorbs the bulk component, while their intensive mixing takes place. Control is carried out from the panel 8.



**Fig. 1 – Block of preparation and processing of drilling solution**

***Used information sources:***

1. Kotskulich JS, Kochkodan JM *Drilling of oil and gas wells*. Kolomyia, VPT «Age», 1999.
2. Myslyuk MA, Rybchich IY, Yaremiychuk RS *Drilling of wells. Handbook in five volumes*. Kyiv, 2002.
3. <https://www.chem21.info/>

USK 631.6; 504.54; 556.3

*Telyma S. V., cand.tech.science*

*Institute of Hydromechanics of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

## **THE MAIN REASONS AND FACTORS OF GROUND WATERS FLOODING OF INDUSTRIAL- URBAN AGGLOMERATIONS**

As known in Ukraine there are many urban territories and industrial zones that are flooded by ground waters. The plots of flooding have a place in more than 400 towns and the villages of the urban type. The most complicated situation is observed in the southern regions of Ukraine. General area of the flooded urban territories that have been formed under the natural and anthropogenic factors is more than 300 000 ha for today [2].

The flooding processes are developed in different natural and climate zones in the plots with weak divide relief and in the regions where the sediments are consisted with the powerful thickness of the weak permeable rocks which are slowing the inflow of the ground waters at the natural conditions and to favorable to its intensive accumulation during of the increasing of the anthropogenic feeding.

The negative consequences of the flooding are showing at first on the territories where the miscalculations in the projecting, building and the exploitation of the created objects are displayed. Proceed abovementioned it is understandable that the investigations and forecasting of the flooding processes on the territories of the industrial constructions is the actual problem in Ukraine for today.

In thesis the main reasons of the water exchange and flooding processes on the built up territories are considered. The examples of the predicting of the flooding processes on some built up territories will be presented in report and in the article.

For the built up territories the main factors of the anthropogenic impact are the infiltration water losses of the municipal services and industrial purpose, increasing of the underground flow during of the artificial drainage of the waste waters, water supply needs and the engineering development of the territories [3,4].

As to the water exchange the main factor on the built up plots is the infiltration feeds intensity. In the limits of built up objects the plots of industrial zones differ in their sizes, concentration of the communications and the volumes of the technogene loads. As result in most cases they influence on the change of the water exchange on the adjacent territories which exceed of the its sizes on the area.

According to observation data the infiltration feeding on the industrial zones substantially exceed one in comparison with the urban territories and is changing in the wide limits from  $1 \times 10^{-4}$  to  $5 \times 10^{-3}$  m/day. So for black



metallurgical factories it consists of  $(1,9-8,2) \times 10^{-4}$  m/day and for oil chemical factories and oil refine ones –  $(1-2) \times 10^{-4}$  m/day [1-3].

The components of the infiltration feeding are evaluated on the objects according to water using on its. From this point of view the industrial objects are divided on the ones where water using is in the very great volumes (oil refine factories, heat power and atomic power stations); the objects where the great volumes of water are using in the technological operations on the plots and shops of heat industry and the communications with the thermal and polluted industrial wastes (metallurgical, machine-building, chemical plants); the objects with the middle water using (textile fabrics, food industry); the objects where a small water using (elevators, grain-collection, auxiliary premises). It is assumed that the losses of industrial waters are approximately of the order 7-9% from total water using [3-5].

On the forming of the industrial zones flooding the great importance have the density of theirs building. So for the plants of the light, textile industry it consists of 55-65% ; for machine-building, feeding is 45-50%; metallurgical, chemical, oil-chemical 30-40%; on the elevators and grain-collection places 40% [1,3,4].

Analysis of the observation data testify that the most intensive influence on the water exchange processes and the flooding forming in the limits of the industrial zones have metallurgical, machine-building and chemical plants, and also the electric power stations where the great volumes of water are used and ones are characterized by the high density of building.

Usually the quantity analysis of the water exchange in the limits of the industrial building are provided on the base of the next balance equation [1,2]:

$$w_{af} + Q_f + Q_l + w_l + w_{wc} + w_c + w_{is} + w_{ip} + w_{ir} + w_{wk} = w'_{ev} + Q'_{la} + Q'_{lf} + w'_{dl} + Q'_{dr} + w'_{kk} + w'_{wi} \quad (1)$$

where  $w_{af}$  – infiltration according to atmospheric precipitation;  $Q_f$  – aquifer feeding;  $Q_l$  – lateral inflow;  $w_l$  – ascending leakage;  $w_{wc}$  – water losses from the water-bearing communications;  $w_c$  – moisture condensation;  $w_{is}$  – infiltration losses to run off flow;  $w_{ip}$  – losses from the artificial reservoirs and channels;  $w_{ir}$  – irrigation of the green plants;  $w_{wk}$  – industrial and communal waste waters;  $w'_{ev}$  – evaporation and transpiration;  $Q'_{la}$  – losses of aquifer;  $Q'_{lf}$  – lateral outflow;  $w'_{dl}$  – leakage to low aquifers;  $Q'_{dr}$  – drainage outflow;  $w'_{kk}$  – water sewage by canalization and collector net;  $w'_{wi}$  – water intake.

According to considered elements of the water balance on the built up territories it is possible to evaluate the influence each of them on the general water exchange in water system and to predict the possible flooding events of the settlements areas, industrial zones and the separate objects.

It should be noted that the water exchange forming on the urban territories and in the limits of the industrial zones passes in the same artificial factors of the influence. In the given case the urban territories differ from industrial ones only in the sizes and more water exchange heterogeneity which is connected with the more heterogeneity of filtration conditions on the urban territories and the presence of different functional specifications zones, variety of the built up and its density. All factors of the influence on the water exchange may be divided on the two main groups: natural and artificial which in ones turn may be divided on the active and passive, constant and temporary, local and regional etc.

Unreasoned and outstanding water exchange disturbance on the urban and industrial territories leads to negative engineering and geologic processes development. The main and the most wide spread disturbance of the water exchange is connected with the increasing of the supplementary infiltration feeding. In such conditions the processes of flooding on the regional and local levels are beginning to display.

Beside of the flooding and the flood increasing the infiltration feeding stipulate the development of the many negative geologic and others processes: forming of the fallings, caving of the earth surface, salting of the soils, ground water pollution and worsening of the ecological situation in whole.

Regional factors are divided on the external and internal which in one turn may be divided on the natural and artificial [2,5]. The natural external factors are : head of the natural reservoirs, seasonal ground waters raising, precipitation, cyclic ground waters raising, head from the rivers etc.

An artificial external factors are next: flow of ground waters from the great constructions with the so named 'wet' technologic process, head from the reservoirs, artificial reservoirs, channels at the emergency situations and its filling, decreasing of drainage role of the big gorges, at the filling up of the ravines, creation of the silting and pouring territories, decreasing of the earth surface at the extraction of the useful fossils, head from irrigation areas, filtration fields and channels.

To natural internal flooding factors are next: river head, internal urban natural reservoirs, rivers during the flood time, seasonal raising of the ground waters, precipitation, low level of territory drainage, high position of the regional waterproof and the ground waters levels, low permeability of soils.

An artificial internal factors consist of the flow of the ground waters from the construction with the 'wet' technological process, from the different artificial reservoirs, from the adjacent flooded territories, infiltration losses from the big sewerages and main collectors, infiltration losses from the big water-bearing communications during of the emergency situations, head from the big building foundation areas filling with water, head with the internal urban natural reservoirs and rivers at theirs overregulation [3-5].

Local factors are the same as regional ones but its influence is limited by the local flooding plots.

According to aforesaid it is possible to say that proposed methodic of the evaluation of the reasons and factors of the flooding on the built up territories allows in some measure to substantially come to the selection of the effective calculation and drainage schemes during investigations flooding processes and it may be used as the methodical base during practical problems solution.

***Used information sources:***

1. Degtyarev B. M., Dzektshe E. S., Muftakhov A. Z. (1985). *Protection of the buildings and structures bases from ground waters action. M. : Stroyizdat. 254p (in Russian).*

2. Telyma S. V. (2007). *Modern trends in the evaluation of the regularities in the formation of the land flooding processes in the southern regions of Ukraine. Collection of scientific proceedings. «Hydrotechnik building and irrigation», Visnyk of RDTU, iss. 31. Rovno. P. 71–78 (in Ukrainian).*

3. Telyma S. V., Oliynyk Ye. O. (2012). *Model investigations of the ground waters flooding processes of the urban territories and the settlements in modern conditions. Proceedings of scientific-practical conference «Modern problems of the environmental and rational resources using in the water management». Myrgorod. P. 40–43 (in Ukrainian).*

4. Telyma S. V., Plakhotniy S. A. (2016). *About the reasons and the factors of the ground waters flooding of the territory mine «Chervonogradska». Ecological safety and environment. K., KNUBA, iss. 21. P. 65–69.*

5. Telyma S., Voloshkina O., Anpilova Ye., Efimenko V., Yakovlev Ye. (2020). *Forecasting emergency situation connected with regional flooding by ground water in Southern Ukraine. Abstracts of International May Conference on Strategic Management- IMCSM20. Bora, Serbia. P. 33–34.*

UDC 639.2.05: 639.2.09: 597.2/.5: 57.047: 577.126

<sup>1</sup>*Tkachenko Halyna, D. Sc., Prof.,* <sup>1</sup>*Kurhaluk Natalia, D. Sc., Prof.,*  
<sup>2</sup>*Lukash Oleksandr, D. Sc., Prof.*

<sup>1</sup>*Department of Biology, Institute of Biology and Earth Sciences,  
Pomeranian University in Słupsk, Słupsk, Poland;*

<sup>2</sup>*Department of Ecology and Nature Protection, T. G. Shevchenko National  
University «Chernihiv Collegium», Chernihiv, Ukraine*

## **LIPID AND PROTEIN OXIDATION IN VARIOUS TISSUES OF SEA TROUT (*SALMO TRUTTA M. TRUTTA L.*) WITH CLINICAL SIGNS OF FURUNCULOSIS FROM THE BALTIC SEA BASIN**

Skin ulcers can have many different etiologies, including infectious agents, toxins, physical causes, immunologic causes, and nutritional and metabolic perturbations (Law, 2001). Lesions in fish are associated with a variety of organisms including parasites and bacterial, viral, and fungal infectious agents. In addition, trauma, suboptimal water quality, and other abiotic stress factors may result in the loss of homeostasis (Kane et al., 2000). In recent years, skin ulcer epidemics have been either experimentally or epidemiologically linked to exposure to a number of xenobiotic chemicals as well as biotoxins. Some of these agents have led to serious concerns about the health of aquatic ecosystems (Noga, 2000). Not only does skin damage occur via direct contact with toxins, but it may also be induced indirectly by physiological changes that result from exposure not only to toxins but also to other environmental stressors, such as pH and temperature extremes. The multifactorial pathways that operate at the ecological and the organism levels as well as the nonspecific response of the skin to insults make it very challenging to link epidemic skin ulcers to any single cause in natural aquatic populations (Noga, 2000).

Furunculosis induced by motile aeromonads is a problem in the farming of salmonids (brown and rainbow trout) and various other fish species in the Europe during last years. Motile aeromonads cause diverse pathological conditions that include acute, chronic, and covert infections (Cipriano and Austin, 2011). The severity of the disease is influenced by a number of interrelated factors, including bacterial virulence, the kind and degree of stress exerted on a population of fish, the physiological condition of the host, and the degree of genetic resistance inherent within specific populations. Motile aeromonads differ interspecifically and intraspecifically in their relative pathogenicity or their ability to cause disease. Pathological conditions attributed to members of the motile aeromonad complex may include dermal ulceration, tail or fin rot, ocular ulcerations, erythrodermatitis, hemorrhagic rot disease, and scale protrusion disease (Cipriano and Austin, 2011).

The current study aimed to examine the responses of oxidative stress biomarkers in the various tissue (muscles, gills, liver, heart, milt/spawn) from

healthy specimens of sea trout (*Salmo trutta m. trutta* L.) and naturally furunculosis-affected trout sampled from the Słupia river belonging to the Baltic sea basin where adult specimens are spawning (northern Poland, Central Pomeranian region). Oxidative stress biomarkers (2-thiobarbituric acid reactive substances as lipid peroxidation biomarker, aldehydic and ketonic derivatives of oxidatively modified proteins) in the various tissue of healthy and furunculosis-affected trout were assayed.

Adult sea trout (*Salmo trutta m. trutta* L.), 3-5 years of age, were collected from sites on the Słupia river (Słupsk, northern Poland). Fish-catching took place in exact co-operation with Landscape Park “The valley of Słupia” as well as the Board of Polish Angling Relationship in Słupsk. The sampling for analysis from healthy males and females (control group), as well as females of sea trout affected by furunculosis (study group), was collected directly after the catch. After catching, microbiological tests were carried out. These tests suggested that the *Aeromonas hydrophila* complex caused furunculosis. The pathogen was isolated from the infected sea trout. Specimens in each group were dissected. One fish was used for each preparation. Each sample was homogenized in cold Tris-HCl buffer (100 mM, pH 7.2) to obtain a 10% (w/v) tissue homogenate. The protein content of each sample was determined using the Bradford method (1976) and bovine serum albumin as the standard.

Lipid peroxidation level was determined by quantifying the concentration of 2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) according to Kamyshnikov (2004). The rate of protein oxidative destruction was estimated from the reaction of the resultant carbonyl derivatives of amino acid reaction with 2,4-dinitrophenyl hydrazine (DNFH) as described by Levine et al. (1990) and as modified by Dubinina et al. (1995). DNPH was used for determining the carbonyl content in soluble and insoluble proteins.

The mean  $\pm$  S.E.M. values were calculated for each group to determine the significance of the inter-group differences. To assess the differences between the studied groups, the Kruskal-Wallis one-way analysis of variance by ranks test was used (significance level,  $p < 0.05$ ). Correlations between parameters at the set significance level ( $p < 0.05$ ) was determined by the regression method. Interactions were established by the Spearman ranks (Zar, 1999). All statistical calculation was performed on separate data from each individual with STATISTICA version 13.3 (StatSoft, Poland).

Disturbance of the balance between the production of reactive oxygen species (ROS) such as superoxide, hydrogen peroxide, hypochlorous acid, hydroxyl, alkoxyl, and peroxy radicals and antioxidant defenses against them produces oxidative stress, which amplifies tissue damage by releasing prooxidative forms of reactive iron that are able to drive Fenton chemistry and lipid peroxidation and by eroding away protective sacrificial antioxidants (Gutteridge, 1995). TBARS levels were significantly higher in the muscle tissues (by 8.87%,  $p = 0.001$ ), gills (by 37.72%,  $p = 0.01$ ), and liver (by 139.15%,  $p = 0.000$ )

of males with furunculosis compared to control group (healthy specimens). Decreased TBARS level in milt to ( $282.2 \pm 41.37$ ) nmol/mg protein in males with furunculosis against ( $756.31 \pm 85.67$ ) nmol/mg protein in healthy trout was found. Decreased TBARS level in the gills (by 45.5%,  $p=0.005$ ) and increased TBARS level in spawn (by 179%,  $p=0.031$ ) of infected females compared to healthy females was noted.

The oxidative modification of proteins by reactive species is implicated in the etiology or progression of a panoply of disorders and diseases (Levine, 2002). The level of these modified molecules can be quantitated by measurement of the protein carbonyl content, which increases in a variety of diseases and processes. For the most part, oxidatively modified proteins are not repaired and must be removed by proteolytic degradation, a process which normally proceeds very efficiently, from microorganisms to mammals. In eukaryotes, removal is usually carried out by the proteasome, which selectively degrades oxidatively modified proteins, whether they be damaged by reactive oxygen species or specifically oxidized by cellular regulatory processes. The molecular deficiencies that cause the accumulation of oxidatively modified proteins are not identified, but regardless of the cause, the accumulation is likely to disrupt normal cellular function (Levine, 2002). Furunculosis induces an increase of aldehydic derivatives of OMP in the muscle tissue (by 60.45%,  $p = 0.005$ ), in the liver (by 54.82%,  $p = 0.002$ ), and in the heart (by 99.4%,  $p = 0.04$ ) of infected males, as well as their increase in the muscle tissue (by 126%,  $p = 0.000$ ), liver (by 59.4%,  $p = 0.000$ ), and heart (by 65.43%,  $p = 0.000$ ) of infected females compared to healthy specimens. Moreover, significantly higher levels of aldehydic derivatives of OMP in gills (by 93.8%,  $p = 0.006$ ) and lower in the milt (by 67.6%,  $p = 0.040$ ) in infected males compared to those females were found. The ketonic derivatives of protein oxidation in the muscle, gills, and liver of males with furunculosis were significantly higher by 62.67% ( $p = 0.000$ ), 90.1% ( $p = 0.005$ ), and 48.05% ( $p = 0.000$ ), respectively, than in values obtained from healthy males. Similar increasing the ketonic derivatives of protein oxidation in the muscle (by 78.4%,  $p = 0.000$ ), liver (by 24.6%,  $p = 0.002$ ), and heart (by 48.7%,  $p = 0.001$ ) of infected females compared to healthy females was noted. A significantly higher level of aldehydic derivatives of OMP in the liver (by 24.5%,  $p = 0.002$ ) of furunculosis-affected males compared to those females was found. Significantly higher level of ketonic derivatives (by 14.5%,  $p = 0.007$ ) was in the cardiac tissue of infected females compared to those males.

The determination of oxidative stress (DNA damage protein oxidation, lipid peroxidation) and antioxidant responses in aquatic species are nonspecific biomarkers since several pollutants can modify directly or indirectly the balance between the concentration of pro-oxidants and antioxidants (Monserrat et al., 2007). Histopathological gill changes in fishes are also non-specific to pollutant exposure (Au, 2004). The responses of general «stress biomarkers» are related to various contaminants exposure: neurotoxicity (acetylcholinesterase inhibition),

lysosomal stability, immunotoxicity (macrophage activity), genotoxicity (micronuclei), oxidative stress (catalase), liver detoxification enzymes (e.g., GST) (Lehtonen, 2005).

In conclusion, in both males and females, markers of lipid peroxidation and protein damage in the various tissue of furunculosis-affected trout showed higher values as compared to healthy trout. Increased lipid peroxidation was observed in the muscle tissue, gills, hepatic tissue, and milt of furunculosis-affected males. Aldehydic and ketonic derivatives of oxidatively modified proteins were higher in the muscle, cardiac and hepatic tissue, milt and spawn of furunculosis-affected males and females. Total antioxidant capacity was decreased, especially in hepatic and cardiac tissues of furunculosis-affected males and females. This study encourages efforts to extend the knowledge of oxidative stress biomarkers for the identification of *Aeromonas*-induced disorders and specific responses of fish typical of the furunculosis in salmonids.

## **МАКРОФІТИ РІЧКИ СТРИЖЕНЬ У МЕЖАХ ТЕРИТОРІЇ РЛП «ЯЛІВЩИНА», ЇХ БІОІНДИКАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ЗНАЧЕННЯ У ПІДТРИМАННІ ГІДРОЕКОЛОГІЧНОГО РЕЖИМУ**

Вивчення окремих груп рослин з позицій систематики та екології є не тільки суто науковою проблемою, але і виходячи з практичного значення може носити прикладний характер. Не виключенням є вибір теми, присвячений вивченню видового складу, поширення та значення водних рослин річкової системи річки Стрижень. Це дозволяє на основі властивості макрофітів з'ясувати їх роль як власне водних та прибережно-водних видів, можливість їх використання в фітоіндикації, розкриття їх ресурсних та середовищеутворюючих властивостей.

Мета дослідження: охарактеризувати видовий склад водної та прибережно-водної флори річки Стрижень, поширеність видів макрофітів та значення для біоіндикації та поліпшення гідроекологічного стану річки в межах території регіонального ландшафтного парку «Ялівщина».

Макрофіти є невід'ємною частиною водних екосистем і відіграють важливу екологічну роль у прісноводних водоймах і каналах. Життєвий цикл макрофітів протікає в умовах часткового або повного занурення. Ці рослини утворюють різні екологічні групи і займають різні ділянки водойми. За життєвою формою їх поділяють на чотири основні групи: 1) такі, що плавають на поверхні або в товщі води; 2) вкорінені з плаваючим на поверхні листям; 3) вкорінені або прикріплені до дна, всі частини яких, іноді крім генеративних органів, знаходяться під водою; 4) напівзанурені вкорінені рослини, в яких стебла і листки часто піднімаються над водою [1].

Макрофіти необхідні для підтримки структури та функціонування водних екосистем. Разом ыз планктонними водоростями вони утворюють автотрофну масу водної екосистеми, забезпечуючи надходження в екосистему водойми органічних речовин і енергії та виділення в навколишнє середовище кисню, необхідного для дихання водних тварин та інших гідробіонтів. Роль природних біофільтрів може виконувати велика рослинність на мілководдях річок, лиманів, озер і водосховищ.

У межах території РЛП «Ялівщина», на відрізку річки Стрижень впливають на водні і прибережноводні системи фактори як антропогенного змісту та природного характеру. А тому необхідно вивчення видового складу макрофітів є важливим для розробки комплексу заходів щодо припинення негативного впливу людини вздовж річки Стрижень.



На основі опрацювання літературних даних та даних власних досліджень різних авторів слід зазначити, що макрофлора (водні та прибережно-водні таксони) річки Стрижень включає 130 видів у 79 родах у 41 родині.

Оцінка антропогенного фактору за допомогою рослин-індикаторів: порушення екологічного стану водойм, забруднення води промисловими та комунальними стічними водами, токсичними відходами тощо. Деякі макрофіти здатні акумулювати важкі метали і здатні реагувати на присутність цих забруднювачів специфічними змінами свого метаболізму, що є важливим для біологічних індикаторів стану водойм. [1]

Макрофіти використовуються в процесі фіторемедіації забруднених водойм, а також при очищенні стічних вод за допомогою біологічних платформ. Біоплато – це комплекс каскадних очисних систем, кінцевою складовою якого може бути болото, вкрите гаями водних рослин. Крім того, прибережні макрофіти важливі для зміцнення набережних, і для цього існують практики.

На розвиток водної рослинності сильно впливають коливання рівня води протягом вегетаційного періоду. Індикаторами зниження рівня води є екологічно різноманітні види (*Butomus umbellatus*, *Glyceria Teluitans*, *Sparganium erectum*, *Typha latifolia*). Індикаторами постійних рівнів води, як правило, є види роду пухирник, індикаторами підйому рівнів води є водні лінії – *Menyanthes trisolia*, *Naumburgia thysiflora*. Їхню чисельність у певних місцях і досвід усього життєвого циклу слід розглядати як зовнішнє вираження реакції виду на збільшення коливань рівня води до певної межі.

Індикаторами евтрофікації водойм під впливом антропогенного фактора є *Butomus umbellatus*, *Typha latifolia*, ділянок, вільних від впливу людини – *Ceratophyllum submersum* [3].

Гігрофіти слугують індикаторами акумулятивно – ерозійних процесів, що проходять в прибережній смузі водойм (*Cyperus clifsonneis*, *Sagittaria sagittifolia*). Вони індукують ділянки майбутнього обміління (*Batrachium*, *Scirpus littoralis*) і формування мулових відкладень (*Alisma plantago-aquatica*), а також початкової стадії заростання водойм (*Hydrocharis morsus-ranae*, *Polygonum amphibium*). Є індикаторами процесів заболочення, які особливо характерні для водойм антропогенного евтрофування і зниження рівня води (*Carex sp.*, *Eqilisetum fluviatile*, *Hippuris vulgaris*) [3].

Індикатори забруднення водойм важкими металами *Glyceria maxima* (свинець); азотисті сполуки – *Lemna gibba*, *Meniophilum verticilatum*; хлор – *Glyceria maxima*; індикатор підвищеної мінералізації води – *Myriophilum spicatum*, *Sagittaria sagittifolia*, підвищений вміст кальцію у воді та донних відкладах – *Potamogeton crispus*. Ці та деякі інші види ростуть довше за інші види в умовах забруднення води, які характеризуються високими концентраціями сполук і елементів у воді.

Оцінка якості води водними рослинами може мати лише допоміжне значення, оскільки загальний аналіз повинен враховувати чисельність популяції видів у водоймі та ступінь чисельного розвитку видів, що складають весь прибережноводний або водний комплекс

Таким чином, водна та прибережна водна флора біотопів річки Стрижень налічує 130 видів 41 родини, 79 родів. Це близько 75% порівняно з Десною, водна флора якої складається з 65 водних і 111 прибережно-водних видів [2]. Із екологічної точки зору в досліджуваній флорі місцезростання р. Стрижень на території м. Чернігів помітне місце займають види заплавної угруповань, боліт та гігроскопічних прибережноводних комплексів. На це впливає зарегульованість частини русла Стрижня, повільний стік води та утворення донних відкладень різної потужності. Із видів, занесених до Червоної книги України (2009), до складу флори слід включити три, з яких два водні – *Salvinia natans*, *Trapa natans*.

На сучасному етапі екосистеми річки Стрижень у межах РЛП «Ялівщина» знаходиться в задовільному стані, а тому для поліпшення гідроекологічного стану річки, слід застосовувати комплексний підхід та систему заходів, які передбачали можливість розробки проектів створення штучних біотопів – перекатів, уловлювачів сміття, відбивачів течії, укриття для концентрації молоді риб, штучних ділянок із макрофітами. А також у зв'язку з тим, що річка Стрижень протікає через місто, слід обов'язково вжити заходів задля відновлення та збереження якості води шляхом використання і макрофітів. Виходячи з систематизації видового складу макрофітів річки Стрижня, можна пропонувати систему заходів щодо поліпшення екологічного стану річки як комплекс заходів за трьома напрямками: заходи, що не потребують великих капітальних затрат, організаційна економіка та організаційні технології, водозберігаючі технології, оздоровлення водних і прибережноводних комплексів, біоресурсні заходи, водозберігаючі та водоохоронні заходи в межах території регіонального ландшафтного парку «Ялівщина».

#### *Використані інформаційні джерела:*

1. *Макрофиты – индикаторы изменений природной среды / С. Гейны, К. Сытник. Киев : Наук, думка, 1993. С. 21–28.*
2. *Семеніхіна К. А. Прибережно-водна і водна флора р. Десни і водойм її заплави в межах УРСР // Укр.ботан.журн. 1982. № 1. С. 34–36.*
3. *Чорна Г. А. Рослини наших водойм (Атлас-довідник). К. : Фітосоціоцентр, 2001. 134 с.*

УДК 355.01+504(477.62)

*Ахметова К. В., курсант, Кочмар І. М., викладач  
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності,  
м. Львів, Україна*

## **ВПЛИВ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ НА ТЕХНОГЕННО-ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН МІСТА МАРІУПОЛЬ ДОНЕЦЬКОЇ ОБЛАСТІ**

Довкілля, як комплексна складова екологічних систем різного рівня складності організації та функціонування, зазнає значних антропогенних впливів, які спричиняють суттєве забруднення і трансформацію абіотичних і біотичних складових.

Неминучим наслідком є ціла низка різноманітних загроз, спричинених, порушенням речовинно-енергетичного балансу у навколишньому середовищі через надходження до нього забруднюючих речовин, різних за концентрацією, фізичним станом і хімічною спрямованістю. Деградації зазнає повітряний басейн, ґрунт, поверхневі і підземні води, природні ландшафти, скорочується видове біологічне різноманіття (рослинний і тваринний світ), створюються підвищені ризики для життя та здоров'я населення, провадження його господарської діяльності [1,2].

Активні військові дії на території України несуть значний негативний вплив на навколишнє природне середовище. Забезпечення екологічної безпеки, у тому числі у містах Донецької області, набуває особливої гостроти та у зв'язку з цим потребує підвищеної уваги владних структур всіх рівнів, адже здійснення зазначених процесів в них значно ускладнене, як історично обумовленими особливостями міст даного промислового регіону, так і необхідністю усунення руйнівних для довкілля міст Донбасу наслідків війни.

Більшість міст регіону ще задовго до Російсько-Української війни 2022 року, традиційно характеризувалися підвищеним екологічним та антропогенним навантаженням, внаслідок переважання в їх економічній структурі підприємств важкої промисловості (гірничодобувної, металургійної галузей), які є основними забруднювачами довкілля, а також наявності значної кількості монофункціональних міст, місцевий бюджет яких є вельми залежним від діяльності містоутворюючих промислових підприємств.

Сьогодні стан навколишнього середовища міста Маріуполь є дуже складним, адже місто знаходиться у тимчасовій окупації. Відомо, що за період повномасштабної війни, експерти української громадської організації, Центр екологічних ініціатив «Екодія» нарахували понад 100 масштабних екологічних злочинів, які виразно негативно впливають на стан земельних, водних ресурсів та повітряного басейну, а також завдають

непоправну шкоду екосистемі міста. Місту, чию інфраструктуру майже знищили російські окупанти, загрожує масштабна екологічна катастрофа.

Маріуполь впродовж багатьох місяців війни постійно зазнавав повітряних атак та ракетного бомбардування. Російськими військами застосовувались заборонені численними міжнародними конвенціями типи озброєння, до складу якого входять як важкі метали, так і хімічні речовини, небезпечні для життя та здоров'я населення та компонентів довкілля.

Агресор інтенсивно та систематично обстрілював два металургійних гіганти міста Маріуполя – МК «Азовсталь» та ММК імені Ілліча [3]. Небезпека, попри очевидну, ще у тому, що навколо масштабної азовсталівської шлакової гори, окупанти обстрілами могли пошкодити захисну дамбу, яка блокувала потрапляння до Азовського моря хімічно забрудненої води. Відомо, що на території заводу «Азовсталь» є технічна споруда, у якій зберігаються десятки тисяч тон концентрованого розчину сірководню. Внаслідок пошкодження технічної споруди, сірководень потенційно може потрапити у Азовське море, що знищить численні види водних гідробіонтів. У перспективі це може спричинити масштабне транскордонне забруднення.

Водночас із проблемою водного забруднення, загострюється питання доступу населення до води, придатної для використання у побуті або господарстві та відповідності її санітарно-гігієнічним нормативам. Фільтраційні системи та насосні станції для перекачування каналізаційних стоків були пошкоджені, питна вода, яка змішується зі стоками з каналізаційної мережі стає непридатною для споживання.

У місті також спостерігається висока загроза потрапляння трупної отрути, бактерій, мікобактерій туберкульозу та інших збудників хвороб, у водопровідну систему, підземні джерела та у річки.

Складною є й ситуація із забрудненням едафотопів. Під час обстрілу міста було відсутнє вивезення побутових відходів, численні стихійні сміттєзвалища виникали посеред парків та поруч із будинками. Частина цих відходів частково затопила із водою з пошкоджених труб водопостачання та під час дощів. Це призводить до росту патогенних бактерій у цьому смітті, які потрапляють до ґрунту та в ньому акумулюються. Крім того через постійні обстріли, верхній шар ґрунту зазнавав значних деформацій і забруднень у тому числі нафтопродуктами та важкими металами [4]. Проблемою є й осередки забруднення ґрунтів миш'яком, концентрація якого у ґрунтах досягає аномально високих значень – 85-250 мг/кг, що у 40-100 разів перевищує ГДК.

Варто наголосити на забрудненні повітряного басейну території небезпечними газами, які вивільняються в результаті вибухів артилерійських снарядів. Так, після їх детонації утворюється кілька кубічних метрів токсичних газів, які можуть сприяти випаданню кислотних дощів. Безпосередньо сірковий газ, що присутній у боєзарядах впливає

негативно на загальний стан цивільного населення, що опинилося в зоні бойових дій [5].

Вміст діоксидів сірки та азоту, оксиду вуглецю, фенолу, аміаку та інших хімічних сполук, а також важких металів і пилу в повітряному басейні міст Донецької області, перевищував зокрема у Маріуполі гранично допустимі концентрації у 3-4 рази. На 1км<sup>2</sup> території області припадало 70 т викидів, що в 10 разів перевищував аналогічний показник по Україні [6].

Масштабність екологічних проблем, складність їх вирішення у гарячу фазу військових дій, зумовлюють необхідність їх вирішення в перспективі, після звільнення тимчасово окупованих територій із залученням значних міжнародних інвестицій та коштів, спрямованих з фонду репарацій.

Після закінчення військових дій, держава Україна багато років буде відновлювати та покращувати стан атмосфери, ґрунтів, поверхневих, підземних вод, ландшафтів, лісового фонду, з метою унормування їх екологічного стану згідно діючих стандартів. Саме тому в майбутньому значні зусилля держави та міжнародної громадськості будуть прикладатись, для відновлення порушеної екологічної рівноваги та відновлення довкілля.

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

1. Як війна впливає на довкілля і як можна допомогти його відновлювати – розповідає екологія. Суспільне новини: веб-сайт. URL: <https://suspilne.media/231917-ak-vijna-vplivae-na-dovkilla-i-ak-mozna-dopomogti-jogo-vidnovluyati-rozpovidae-ekolog/> (дата звернення: 17.11.2022)

2. Мальований М. С., Боголюбов В. М., Шаніна Т. П., Шмандій В. М., Сафранов Т. А. Техноекологія. Львів : Національний університет «Львівська політехніка», 2013. 424 с.

3. Маріуполю загрожує екологічна катастрофа через трупи та бомбардування – екоактивіст. Українська правда життя: веб-сайт. URL: <https://life.pravda.com.ua/society/2022/05/19/248719/> (дата звернення: 17.11.2022).

4. Мацола Д. Война и экология Донбасса. Отчет ученых [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://informatormedia/archives/110764> #pretty Photo

5. Студінський В. А. Економіко-екологічні наслідки воєнного конфлікту на окупованій території Донбасу та Криму (за матеріалами Інтернету) // Перспективи розвитку економіки України: теорія, методологія, практика. Луцьк: Вежа-Друк, 2016.

6. Екологічний паспорт Донецької області. Департамент екології та природних ресурсів Донецької ОДА, 2022. 348 с.

УДК 504.052:597.551.2

*Бєдункова О. О., д. б. н., професор, Статник І. І., к. с.-г. н., доцент,  
Муравинець А. О., здобувач вищої освіти першого рівня  
Національний університет водного господарства та  
природокористування, м. Рівне, Україна*

## **РОЗМІРНЕ РІЗНОМАНІТТЯ КОРОПОВИХ РИБ У РІЧКОВІЙ ЕКОСИСТЕМІ**

У всьому світі річки виявляються найбільш постраждалими прісноводними екосистемами, оскільки впродовж свого існування люди постійно їх модифікували з метою запобігання повеней, виробництва енергії, іригації, судноплавства, зрошення. Натепер лише третина всіх великих європейських річок має незмінене русло від витoku до гирла, а чисельність бар'єрів і перешкод русел у вигляді гідроелектростанцій або гребель на руслах решти річок сягає 1 мільйону [1]. Крім того, з 1970-х років більше третини водно-болотних угідь і заплавл світу були втрачені в результаті осушення, перебудови, надмірного зрошення, нормалізації річок і будівництва дамб [2]. Це призвело до втрат важливих гідрологічних зв'язків у річкових екосистемах, а також до суттєвих деградацій або іноді й повної втрати основних місць існування для повноцінних угруповань річкових риб. Одночасно, прояв змін клімату, забруднення, евтрофікація, надмірний вилов риби, втрата місць проживання та інвазії посилюють скорочення біорізноманіття риб, уповільнюють, або запобігають відновленню їх популяцій. Як наслідок, створені людиною річкові модифікації сприяють перебудові структури річкової іхтіофауни, в тому числі і загальному скороченню біорізноманіття риб [3].

Моніторинг риби включений в оцінку екологічного стану водойм згідно з Європейською рамковою директивою з водних ресурсів (WFD). Документ передбачає вивчення та аналіз морфологічної та розмірної диференціації представників іхтіофауни. Застосування цих підходів у природних водоймах – методично достатньо складна процедура. Передусім, це пов'язано з необхідністю збору дискретної сукупності матеріалу для отримання репрезентативної вибірки. Основні ускладнення виникають при вивченні видів, які здійснюють значні міграції, а їх популяції можуть зазнавати змішування в результаті своїх переміщень. У цьому відношенні більш зручними для вивчення виявляються риби непов'язаних між собою водойм, або ж їх відносно ізольованих ділянок. Іншою важливою умовою для усунення методичних ускладнень є застосування знарядь лову з їх використанням у різних місцях водойм. Тобто, при вивченні окремих видів не можна обмежуватись вибірками з промислових уловів, оскільки представлені в них риби мають обмеження за розмірним складом, що пов'язано з промисловою мірою та доступністю для обловів різних ділянок

водойм. І, зрештою, несуттєва на перший погляд проблема полягає в зусиллях дослідника та втратою ним часу.

Очевидно, що для об'єктивності результатів моніторингу природних угруповань риб, дослідження повинні проводитись за максимально можливого усунення всіх названих ускладнень. Таку можливість забезпечує проведення робіт на водоймах у межах територій з охоронним статусом. Це передбачає усунення впливу антропогенних факторів на морфометричні та ростові характеристики риб, а отже, дає можливість отримання інформації щодо мінливості видових ознак у межах локальних варіацій природних умов.

Саме тому, метою наших досліджень був аналіз морфометричних характеристик представників корошових (*Cyprinidae*) рукава р. Десенка в межах НПП «Деснянсько-Старогутський». Дослідження проводились впродовж 2015-2019 рр., у липні-серпні на ділянці рукава р. Десенка в межах НПП «Деснянсько-Старогутський». Облови риби проводились методами любительського рибальства з використанням вудок і підсаків. Крім того, при зборі матеріалу проводився облік уловів рибалок.

При оцінках морфометричних параметрів риб, вимірювання лінійних ознак здійснювали за схемою вимірювання корошових по Правдіну [4] з використанням лінійки та штанген-циркуля: *ce* – повна (зоологічна) довжина тіла, мм; *ca* – довжина тіла від кінця рила до кінця середніх променів хвостового плавця, мм; *cd* – мала (іхтіологічна) довжина тіла без хвостового плавця, мм; *no* – діаметр ока (горизонтальний), мм; *cp* – довжина голови, мм; *gh* – найбільша висота тіла, мм; *ik* – найменша висота тіла (висота хвостового стебла), мм. Вагу тіла риб (*m*, г) визначали за допомогою лабораторної ваги ТВЕ-3-0,05 (*m*=3000 г, *d*=0,01 г).

Усього було обстежено 178 екз. представників корошових (*Cyprinidae*), зокрема: краснопірка *Scardinius erythrophthalmus* (Linnaeus, 1758), *n*=63 екз.; плітка *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758), *n*=47 екз.; верховодка *Alburnus alburnus* (Linnaeus, 1758), *n*=31 екз.; лин *Tinca tinca* (Linnaeus, 1758), *n*=26 екз.; лящ *Abramis brama* (Linnaeus, 1758), *n*=11 екз.

Дані систематизувались за видовою приналежністю по кожному досліджуваному параметру та проводилась їх статистична обробка [5].

Риби родини корошових (*Cyprinidae*), ряду корошоподібних (*Cypriniformes*) – найбагатша на види родина, що мешкає переважно в прісних водах (деякі види можуть витримувати солоність вод). У сучасній світовій фауні нараховується близько 2420 видів корошових риб, які належать до 220 родів. Сучасна фауна костистих риб України включає до свого складу близько 58 видів 31 роду корошових. Тіло корошових майже завжди вкрите лускою, спинний плавець один. Представників родини розрізняють за формою тіла, будовою і кількістю глоткових зубів, формою та розміщенням плавців. Для корошових риб не властиві міграції на значні відстані.

Математичний аналіз залежності морфометричних параметрів проводився засобом встановлення зв'язків між вимірними довжинами різних частин тіла риб із їх вагою (табл.).

Таблиця – Залежність розмірів риб (х, мм) від маси їх тіла (m, г)

x	параметри рівняння			
	a	b	r	p
<i>S. erythrophthalmus</i>				
Повна довжина, мм	-41,3995	0,5203	0,9432	≤0,01
Довжина по Сміту, мм	-40,6889	0,573	0,9462	≤0,01
Мала довжина, мм	-33,5483	0,5876	0,8898	≤0,01
Довжина ока, мм	-48,6465	10,4627	0,7856	≤0,01
Довжина голови, мм	-36,5319	2,2953	0,7647	≤0,01
Найбільша висота тіла, мм	-19,432	1,2737	0,9097	≤0,01
Найменша висота тіла, мм	-14,4352	3,4184	0,8639	≤0,01
<i>R. rutilus</i>				
Повна довжина, мм	-12,6604	0,2391	0,9297	≤0,01
Довжина по Сміту, мм	-13,296	0,2699	0,9021	≤0,01
Мала довжина, мм	-7,9644	0,2378	0,8623	≤0,01
Довжина ока, мм	-6,4723	2,8431	0,7388	≤0,01
Довжина голови, мм	-12,6898	1,1555	0,6912	≤0,01
Найбільша висота тіла, мм	-10,0081	0,8671	0,8510	≤0,01
Найменша висота тіла, мм	-5,9531	1,8935	0,6875	≤0,01
<i>A. alburnus</i>				
Повна довжина, мм	-14,3552	0,2219	0,9522	≤0,01
Довжина по Сміту, мм	-15,6087	0,2572	0,9447	≤0,01
Мала довжина, мм	-7,227	0,2053	0,8757	≤0,01
Довжина ока, мм	-6,4474	2,771	0,5821	≤0,01
Довжина голови, мм	-18,2827	1,3229	0,8374	≤0,01
Найбільша висота тіла, мм	-9,1924	1,0079	0,7617	≤0,01
Найменша висота тіла, мм	-7,0437	2,2219	0,7024	≤0,01
<i>T. tinca</i>				
Повна довжина, мм	-494,9478	3,7131	0,9315	≤0,01
Довжина по Сміту, мм	-294,3773	3,2007	0,9202	≤0,01
Мала довжина, мм	-103,5108	2,875	0,7660	≤0,01
Довжина ока, мм	-668,2453	150,8011	0,7369	≤0,01
Довжина голови, мм	-647,0637	18,4416	0,8869	≤0,01
Найбільша висота тіла, мм	-529,5017	13,3587	0,7826	≤0,01
Найменша висота тіла, мм	-414,8369	24,8775	0,7255	≤0,01
<i>A. brama</i>				
Повна довжина, мм	-576,0680	3,4505	0,9783	≤0,01
Довжина по Сміту, мм	-76,2516	2,5373	0,8084	≤0,01
Мала довжина, мм	-196,9736	2,9774	0,8036	≤0,01
Довжина ока, мм	-1186,507	135,127	0,8193	≤0,01
Довжина голови, мм	-525,0548	16,9153	0,9552	≤0,01
Найбільша висота тіла, мм	-344,3148	8,7413	0,9577	≤0,01
Найменша висота тіла, мм	-230,2563	29,1862	0,8656	≤0,01



У кожному випадку відповідний парний масив даних описувався лінійним рівнянням  $m=a+b \cdot x$ , де  $m$  – маса риб у вибірках виду, г;  $a$  і  $b$  – коефіцієнти рівняння;  $x$  – розмір морфометричного параметру, мм.

Звертає увагу, що найбільш тісний зв'язок для всіх проаналізованих видів коропових був характерним між масою тіла риби та її повною довжиною (від 0,9783 в ляща до  $r=0,9297$  у плітки). Майже на тому ж рівні, були коефіцієнти кореляції між масою риби та довжиною її тіла за Смітом (від  $r=0,9462$  в краснопірки до  $r=0,8084$  в ляща). Лише для верховодки був встановлений середній зв'язок між масою тіла риб та діаметром ока ( $r=0,5821$ ).

Решта залежностей по всіх видах мала помітний та тісний зв'язок. Тісними виявились і середні значення коефіцієнтів кореляції у залежностях маси риби та її розмірів для всіх проаналізованих видів.

Про статистичну значущість отриманих результатів свідчить коефіцієнт довірчої ймовірності ( $p$ ), який для всіх залежностей був меншим 0,01.

Таким чином, проведене дослідження дозволило відстежити загальні особливості формування розмірної диференціації представників коропових (*Cyprinidae*) в умовах річкової екосистеми, позбавленої суттєвих джерел антропогенного навантаження, в межах Придеснянської частини Національного природного парку Деснянсько-Старогутський. Було з'ясовано видові особливості лінійних та вагових характеристик риб, які крім абсолютних значень відрізняються між собою пропорційністю росту в процесі онтогенезу.

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

1. Grill G., Lehner B., Thieme M., Geenen B. et al. Simple kinetics, assay, and trends for soil microbial catalases. *Analytical Biochemistry*. 2020. Vol. 610. P. 113901.
2. Stoffers T., Buijse A. D., Poos J. J., Verrethet J. A. et al. Freshwater fish biodiversity restoration in floodplain rivers requires connectivity and habitat heterogeneity at multiple spatial scales. *Science of The Total Environment*. 2022. P. 156509.
3. Reid A. J., Carlson A. K., Creed I. F., Eliason E. J. et al. Emerging threats and persistent conservation challenges for freshwater biodiversity. *Biological Reviews*. 2018. Vol. 94, no. 3. P. 849–873.
4. Шевченко П.Г., Пулипенко Ю.В. Спеціальна іхтіологія (в 2-х томах) : підручник. Херсон : Олді-плюс, 2016. Т.1 268 с.
5. Сметанин М. М. Статистические методы в экологии рыб. Борок: ИБВВ РАН, 2003. 200 с.

*Белоконь К. В., к.т.н., доцент,  
Запорізький національний університет,  
м. Запоріжжя, Україна*

## **ДЖЕРЕЛА ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ МІСТА ЗАПОРІЖЖЯ ФОРМАЛЬДЕГІДОМ**

У сучасний період у державі значно загострилась проблема здоров'я населення, особливо у великих промислових містах. Причинно-наслідкові джерела проблем здоров'я на популяційному рівні полягають у вкрай негативному стані навколишнього середовища.

Формальдегід є газоподібною забруднюючою речовиною, вміст якої у повітрі регулюється як природними процесами (лісові пожежі, вулканічні гази, виділення рослинами та тваринами), так і антропогенною діяльністю, а також процесами фотохімічного окиснення інших забруднюючих речовин прекурсорів (метану, етану, ізопрену, етилену, 1-бутену, пропілену, ізопрену, толуолу, алкенів С5-С8, метанолу, диметилсульфіду, стиrolу, окремих ацетиленових вуглеводнів) у приземному шарі атмосфери [1].

Високі концентрації формальдегіду у повітрі великих міст останнім часом стають серйозною проблемою. В Україні рівень забруднення атмосферного повітря формальдегідом значно перевищує ГДК<sub>с.д.</sub> (0,003 мг/м<sup>3</sup>). В останній десятирічний період концентрація формальдегіду, особливо в промислових центрах, відзначається динамікою зростання. Формальдегід внесений до списку отруйних канцерогенних речовин, токсичний. Він негативно впливає на генетичний матеріал, дихальні шляхи, очі, шкіру, печінку, нирки, вражає центральну нервову систему [2].

Основний внесок у забруднення атмосферного повітря м. Запоріжжя вносять промислові підприємства – найбільші забруднювачі, викиди яких становлять 60-70% від загального валового обсягу викиду забруднюючих речовин. Основними забруднювачами атмосферного повітря в регіоні залишаються підприємства чорної та кольорової металургії, теплоенергетики, хімії, машинобудування, на які припадає майже 93,2 % викидів від загальної кількості забруднюючих речовин по області. Це такі підприємства, як ПАТ «Запоріжсталь», ПАТ «Дніпроспецсталь», ПАТ «Запорізький завод феросплавів», ПрАТ «Український графіт», ПАТ «Запорізький абразивний комбінат», ПАТ «Запоріжвогнетрив», ПАТ «Запорізький завод зварювальних флюсів та скловиробів», ПАТ «Мотор січ» та інші [3].

Джерелами антропогенного надходження формальдегіду у навколишнє середовище є металургійні та хімічні підприємства, виробництво з виготовлення вогнетривів, меблів, полімерів та будівельних матеріалів, ливарне виробництво. Найбільша частка його надходить у повітря з

відпрацьованими газами автотранспорту.

Формальдегід використовується при виробництві деревної продукції; ізоляційних матеріалів з карбомідоформальдегідних матеріалів; мінеральної вати та скловати; паперової продукції; лаків та фарб; текстилю; продуктів для чистки та догляду; дезінфікуючих засобів та консервантів; косметики.

У металургії формальдегід використовується в якості антикорозійної речовини для металу, в ливарному виробництві він входить до складу зв'язуючих речовин для виробництва стрижнів. Крім того, джерелами забруднення повітря формальдегідом є плавильні агрегати, печі термічної обробки та сушки для форм і ківшів.

У таблиці 1 наведені основні шкідливі речовини, які виділяються при виготовленні стрижнів і форм, вміст яких в повітрі робочих приміщень може перевищувати ГДК [4].

**Таблиця 1 – Шкідливі речовини, що виділяються при виготовленні стрижнів і форм**

Зв'язуючі	Основні шкідливі речовини	
	При виготовленні стрижнів та форм	При заливці, охолодженні та вибивці форм
Фенолформальдегідні	Метанол, формальдегід, фенол, фурфурол, фуриловий спирт	Оксиди вуглецю, аміак, ацетон, метанол, бензол, вуглеводні, ціаніди, сірчистий ангідрид
Фенолофуранові	Аміак, ацетон, метанол, формальдегід, фенол	Оксид вуглецю, метанол, формальдегід, фенол, бензол, граничні вуглеводні, фурфурол, фуриловий спирт, сірчистий ангідрид
Карбомідоформальдегідні	Метанол, формальдегід, аміак	Оксиди вуглецю, метанол, формальдегід, граничні вуглеводні, аміак, ціаніди, оксиди азоту, фурфурол, фуриловий спирт, фосфорний ангідрид
Карбамідофуранові	Метанол, формальдегід, фурфурол, фуриловий спирт	Оксид вуглецю, метанол, формальдегід, граничні вуглеводні, аміак, ціаніди, оксиди азоту, фурфурол, фуриловий спирт

Сьогодні в якості вуглецевого зв'язуючого для виробництва вогнетривів використовують фенолформальдегідні смоли  $[-C_6H_3(OH)-CH_2-]_n$  (продукти поліконденсації фенолу  $C_6H_5OH$  з формальдегідом  $CH_2=O$ ). Фенолформальдегідні смоли мають високу ступінь полімеризації, утворюють тривимірну структуру вуглецевого каркаса, забезпечуючи тим самим високу термостійкість і великий вихід коксового залишку. Фенолформальдегідні смоли забезпечують вогнетривким виробам в процесі

коксування високу міцність завдяки їх сітчастій структурі. Не володіючи особливими перевагами перед зв'язувальними інших класів, фенолформальдегідні смоли знаходять широке застосування завдяки відносній дешевизні вихідних мономерів і цінному комплексу експлуатаційних властивостей композицій на їх основі [4].

Отже, застосування органічних зв'язуючих при виготовленні стрижнів і форм призводить до значного виділення токсичних газів в процесі сушіння і особливо при заливці металу. Залежно від класу зв'язуючих речовин в атмосферу цеху можуть виділятися такі шкідливі речовини як аміак, ацетон, акролеїн, фенол, формальдегід, фурфурол, фуриловий і метиловий спирти і т.д. При виготовленні форм і стрижнів забруднення повітряного середовища токсичними компонентами можливо на всіх стадіях технологічного процесу: при виготовленні сумішей, затвердінні стрижнів і форм і охолодженні стрижнів після вилучення з оснащення.

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

1. Белоконь К. В., Тарабан Є. В. Дослідження забруднення атмосферного повітря промислового міста як фактор ризику для здоров'я його мешканців. Матеріали науково-практичної конференції Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт за спеціальністю «Екологія». Полтава : РолтНТУ, 2019. С. 49.

2. Белоконь К. В., Тарабан Є. В. Оцінка канцерогенного ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря м. Запоріжжя формальдегідом. IV Спеціалізований міжнародний Запорізький екологічний форум «Еко Форум – 2020». Запоріжжя : Запорізька торгово-промислова палата, 2020. С. 335–336.

3. Белоконь К. В., Тарабан Є. В. Аналіз заходів зі зменшення канцерогенного ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря формальдегідом. XXV науково-технічна конференція студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів (24-27 листопада 2020). Запоріжжя : ЗНУ, 2020. С. 361.

4. Кривицкий В. С. Экологические проблемы литейного производства и пути их развития. Литейное производство. 1998. № 1. С. 10–12.

УДК 504.55.054:553.982 (477.83)

<sup>1</sup>Борецька І. Ю., аспірантка, <sup>2</sup>Романюк О. І., к. х. н., с. н. с.,

<sup>2</sup>Шевчик-Костюк Л. З., к. б. н., <sup>3</sup>Джура Н. М., к. б. н., доцент

<sup>1</sup>Львівський національний університет імені Івана Франка, Львів, Україна

<sup>2</sup>Відділення фізико-хімії горючих копалин Інституту фізико-органічної хімії і вуглехімії ім. Л. М. Литвиненка НАН України

<sup>3</sup>Львівського національного університету імені Івана Франка, Львів, Україна

## ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР І РЕМЕДІАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ҐРУНТІВ

В Україні в екологічному масштабі існують дві основні проблеми: постійне збільшення площ забруднених земель та пошук альтернативних джерел енергії. У цьому напрямку перспективними є дослідження фітотерапії ґрунту за використання енергетичних культур. Створення комплексної методології відновлення земель України, порушених внаслідок воєнних дій і забруднених паливномастильними матеріалами, нафтопродуктами та розробка технологій відновлення ґрунтів за участі енергетичних культур є актуальним завданням сьогодення.

Важливим етапом у розробці фіторемедіаційних технологій є вибір найбільш придатних рослин. Здійснено відбір нових потенційних енергетичних культур, які мають високі можливості фіторемедіації на забруднених землях і придатні для виробництва як рідкого, так і твердого біопалива. Серед досліджених культур – *Melilotus officinalis*, *Camelina sativa*, *Sorghum saccharatum*, *Avena sativa*, *Phacelia*, *Secale cereale*. Найефективніші ремедіаційні можливості проявили *M. officinalis*, *C. sativa*, *S. saccharatum*, *A. sativa*, *Phacelia*, *S. cereale*.

На наступному етапі досліджень вивчали вплив агентів ремедіації: мінеральних добрив, гуматів (гуміфілд форте, фульвітал плюс), сорбентів (тирса, лушпиння соняшника, глауконіт, цеоліт) на підвищення стійкості рослин до забруднення ґрунтів. Для встановлення впливу відповідної концентрації гуматів (0,1; 0,2; 0,3; 0,4 г/л) на підвищення фіторемедіаційного потенціалу рослин, застосовували передпосівну обробку насіння. Дослідження проводили як на умовно чистому ґрунті (контроль), так і забрудненому нафтою 5% (густина сирої нафти 0,86 г/мл). Досліджувані проби ґрунту поміщали у чашки Петрі у кількості 20 г і зволожували водою (до вологості 33,3%). Насіння рослин, попередньо оброблене гуматами, розкладали у чашки Петрі і ставили в термостат при температурі +24°C для пророщування. Через 3 доби визначали схожість насіння, а через 5 діб – морфометричні показники проростків енергетичних культур (довжину коренів і висоту пагонів).

Серії дослідів проводили не менше ніж у трикратній повторності, при кількості об'єктів вимірювання не менше ніж 60 для кожної концентрації. Статистичну обробку даних здійснено за критерієм Стюдента з достовірністю  $\geq 0,95$  ( $P < 0,05$ ).

Встановлено, що за впливу фульвіталу 0,4 г/л на незабрудненому ґрунті у сорго цукрового довжина кореня і висота пагона збільшується на 60-80%. При концентрації фульвіталу 0,1-0,2 г/л відбувається зменшення ростових параметрів, як кореня, так і пагона. При пророщуванні фітореemediантів на нафтозабрудненому ґрунті, фульвітал не дає бажаного ефекту (рис.1).

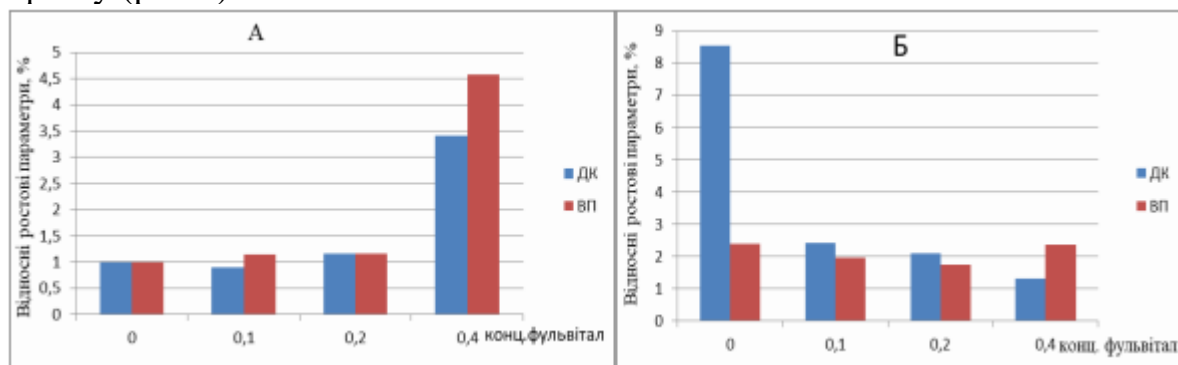


Рисунок 1 – Вплив фульвіталу на ростові показники сорго цукрового, % А – умовно чистий ґрунт (контроль); Б – нафтозабруднений ґрунт (5%)

Встановлено, що при вирощуванні буркуну лікарського у незабрудненому ґрунті фульвітал стимулює ріст кореня та висоту пагона за концентрації 0,1 г/л на 30-10%. При концентраціях фульвіталу плюс 0,2-0,4 г/л відбувається збільшення довжини кореня, але зниження висоти пагона на 10%. Тоді як, при вирощуванні фітореemediантів на нафтозабрудненому ґрунті, фульвітал не дав бажаного ефекту, тому що відбулося зменшення ростових параметрів, як кореня, так і пагона (рис. 2).

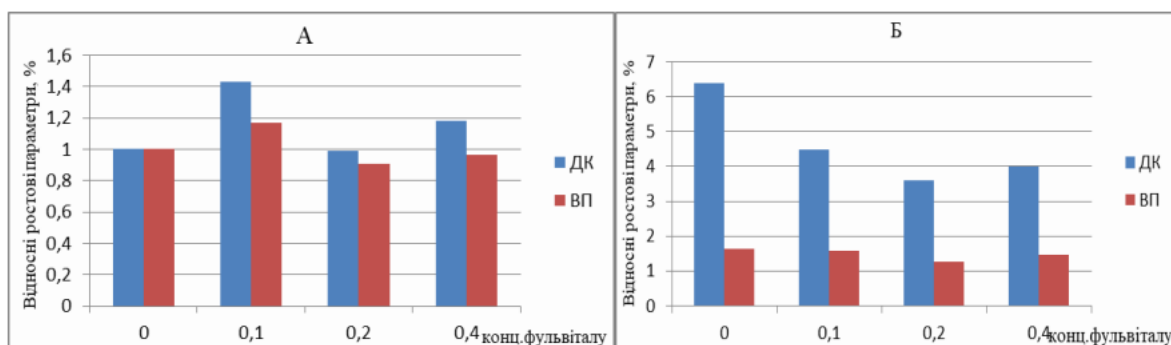


Рисунок 2 – Вплив фульвіталу на ростові показники буркуну лікарського, % А – умовно чистий ґрунт (контроль); Б – нафтозабруднений ґрунт (5%)

Виявлено, що у незабрудненому ґрунті фульвітал у концентрації 0,4 г/л стимулював ріст кореня та висоту пагона вівса посівного на 30-20%. При концентрації фульвіталу 0,1-0,2 г/л відбувається зменшення ростових параметрів, як кореня, так і пагона. У той же час, при пророщуванні вівса на нафтозабрудненому ґрунті, за впливу фульвіталу 0,4 г/л висота пагона дещо збільшувалася, тоді як довжина кореня – зменшувалася. Застосування фульвіталу не дало позитивного ефекту і при пророщуванні рижію посівного на нафтозабрудненому ґрунті.

Таким чином, досліджувані фіторемедіанти за впливу фульвіталу на нафтозабрудненому ґрунті проявляють видоспецифічні властивості.

На незабрудненому ґрунті за впливу гуміфілд форте (передпосівна обробка насіння) ростові показники фіторемедіантів також проявляли неоднозначність: збільшення довжини кореня на 50-20% за концентрації гумату 0,1-0,2 г/л, але зниження висоти пагона на 20-30%. При концентрації гуміфілд форте 0,4 г/л відбувається зменшення ростових параметрів, як кореня, так і пагона. У той же час, при вирощуванні фіторемедіантів на нафтозабрудненому ґрунті, гуміфілд у концентрації 0,1-0,4 г/л, стимулює ріст пагона і кореня тому його використання є доцільним

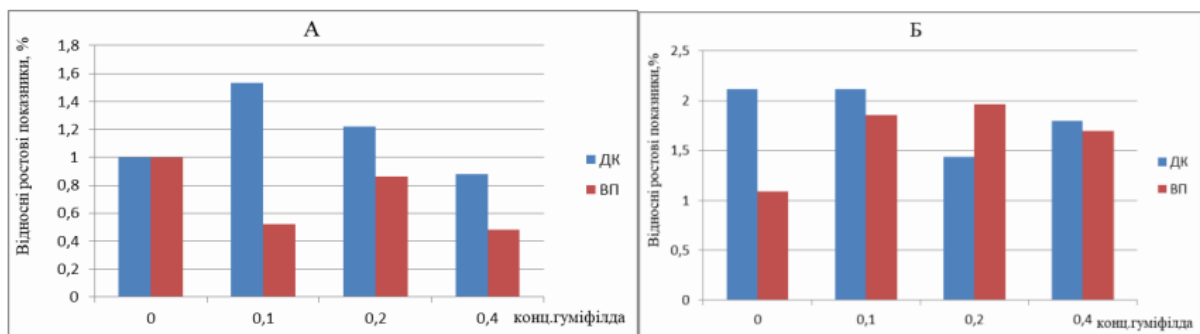


Рисунок 3 – Вплив гуміфілду на ростові показники буркуну лікарського, %  
 А – умовно чистий ґрунт (контроль); Б – нафтозабруднений ґрунт (5%)

Досліджено сумісний вплив мінеральних добрив та гуматів на ріст рослин вівса посівного, жита і буркуну в умовах нафтового забруднення та на процес відновлення ґрунтів. Найкращі результати отримано за сумісного використання мінерального добрива з гуміфілд форте у комплексі з природним сорбентом лушпинням соняшника.

Таким чином, підвищення ефективності фіторемедіації забезпечується використанням ремедіаційного комплексу, що включає мінеральні добрива, лушпиння соняшника, гуміфілд форте. Рослини з короткою ротацією (буркун, жито, овес посівний можна рекомендувати як фіторемедіанти для відновлення земель забруднених нафтою та нафтопродуктами з подальшим отриманням біомаси на пальне.

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

## **ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ РЕАГЕНТНИХ МЕТОДІВ ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД У ГАЛУЗІ ПРИЛАДО- ТА МАШИНОБУДУВАННІ**

Для зниження рівня екологічної небезпеки виробництв використовують різні методи видалення металевих домішок з води промивки. Процеси знешкодження стоків базуються на хімічних, фізичних та біологічних процесах.

Реагентні технології очищення стічних вод галузей приладо- та машинобудування дотепер є найпоширенішим (понад 80%). Ці способи застосовуються практично у всіх схемах, заснованих на фізико-хімічних методах очищення стічних вод або у вигляді окремих технічних рішень в інших методах для попереднього знешкодження і очищення стоків, що містять хром, із великим вмістом фосфатів, висококонцентрованих фторовмісних стоків та інших [1].

При очищенні стічних вод від важких металів використовують фізико-хімічні та біологічні методи. Реагентний метод відноситься до фізико-хімічного. За допомогою цього методу здійснюються процеси нейтралізації, окислювальні та відновлювальні реакції, зневоднення осаду, а також реагентний метод дозволяє видалити іони важких металів, які в свою чергу, переводяться у гідроксильні сполуки за рахунок збільшення рН усереднених стоків до показників їх гідроутворення з осадженням та фільтрацією.

Перевагою реагентного метода є його ефективне знешкодження кислото-лужних стоків різних об'ємів за будь-якої заданої концентрації іонів важких металів. Недоліком є значна витрата реагентів, отримання осаду, який важко піддається утилізації, збільшення соляного вмісту у стоках, очищених від іонів важких металів, значні експлуатаційні витрати.

При реагентній обробці ціановмісних стічних вод [2] проводиться окислення ціанідів до ціанатів з подальшим їх гідролізом.

Ціановмісна стічна вода гальванічних виробництв, може містити в собі як прості ціаніди:  $\text{NaCN}$ ;  $\text{KCN}$ ;  $\text{CuCN}$ ;  $\text{Fe}(\text{CN})_2$  та ін., так і комплексні  $[\text{Cu}(\text{CN})_3]^{2-}$ ,  $[\text{Cu}(\text{CN})_2]^-$ ,  $[\text{Zn}(\text{CN})_4]^{2-}$ ,  $[\text{Cd}(\text{CN})_4]^{2-}$ ,  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ ,  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$  та ін.

Для знешкодження таких стічних вод застосовуються наступні реагенти:

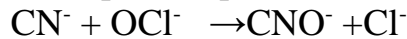
1. Хлоровмісні – хлорне вапно  $\text{CaOCl}_2$ ; гіпохлорит кальцію  $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ ; гіпохлорит натрію  $\text{NaOCl}$ ; рідкий хлор  $\text{Cl}_2$ ;

2. Киснево-вмісні –  $\text{O}_2$ ; присутність каталізатора – активованого вугілля; перекис водню  $\text{H}_2\text{O}_2$ ; перманганат калію  $\text{KMnO}_4$ ; озон –  $\text{O}_3$ .

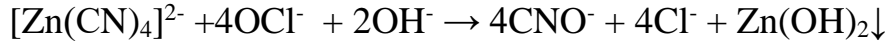
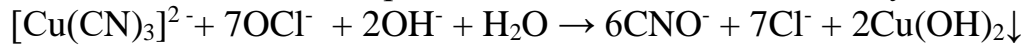


Доза реагентів розраховується виходячи з хімічних реакцій:

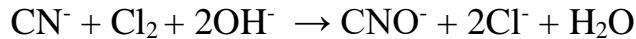
а) окислення гіпохлоритом простих розчинних ціанідів:



б) окислення комплексних розчинних ціанідів міді та цинку:

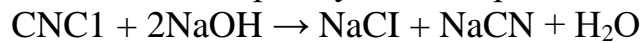


в) окислення рідким хлором простих ціанідів (у лужному середовищі):

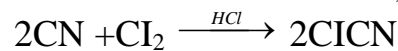
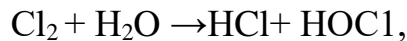


Усі ці реакції протікають практично миттєво при значенні рН > 12, але швидкість їх падає при зниженні рН (критичне значення рН = 10,5).

За будь-якого значення рН спочатку утворюється хлористий ціан  $\text{CNCI}$ , який так само небезпечний, як і ціаністоводнева кислота. Починаючи з рН=10,5 хлористий ціан швидко гідролізується по реакції:



Для усунення побічних реакцій утворення токсичного хлорціану за реакціями:



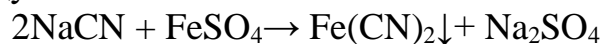
$\text{HCl}$ , що виділяється, необхідно нейтралізувати постійним додаванням лугу.

Процес знешкодження ціанідів передбачає усереднення стічних вод, змішання з реагентами, контакт та контроль відсутності ціанідів у очищеній воді. Після окислення ціанідів подальша обробка стоків здійснюється разом із кислото-лужними стічними водами.

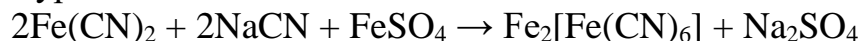
При знешкодженні ціанідів на активованому вугіллі перед введенням реагентів слід проводити попереднє освітлення на фільтрах із кварцовим завантаженням.

Залізо-сульфатний метод [2] знешкодження ціаністких стоків заснований на переведенні токсичних іонів ціана в малотоксичні комплексні іони  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$  в слаболужному середовищі.

При рН = 7 та без підігріву утворюється значна кількість токсичного осаду простого ціаніду заліза:



При додатковому введенні  $\text{FeSO}_4$  у стік, що обробляється, ціанід заліза взаємодіє з ціанідами, що не прореагували, з утворенням нетоксичної берлінської лазурі:



Цей метод не має широкого застосування. Він використовується у випадках обробки відпрацьованих розчинів та електролітів. Можна знешкоджувати ціановмісні шлами, тару та відходи виробництва. Залишкова концентрація ціанідів (ефект очищення) не досягає ГДК та знаходиться в межах від 0,5 до 20 мг/л. Час очищення близько двох годин.

Реагентне очищення стічних вод від шестивалентного хрому [2] проводиться у два етапи: на першому здійснюється відновлення шестивалентного хрому до тривалентного, на другому – осадження тривалентного хрому як гідроксиду.

В якості реагентів-відновників для переходу хрому з шестивалентного у тривалентний використовуються натрієві солі сірчистої кислоти бісульфіт натрію ( $\text{NaHSO}_3$ ), сульфід натрію ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ), метабісульфіт натрію ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ), дитіоніт натрію ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_2$  і  $\text{Fe}_2\text{Cl}_2$ ).

В основу реагентного методу очищення кислотно-лужних стоків [2] покладено їх нейтралізація з подальшим виділенням гідроксидів важких металів та інших нерозчинних суспензій в освітлювачах.

Метод складається з наступних стадій: усереднення стічних вод, змішування та контакт їх з реагентами, утворення пластівців та виділення зі стічних вод нерозчинних сполук.

У якості реагентів використовуються ті, які утворюють у стічних водах малорозчинні сполуки. Спільно або замість покупних реагентів, необхідно використовувати і не утилізовані в основному виробництві відпрацьовані кислоти та лужні розчини. Для нейтралізації кислот і висадження металів в даний час найчастіше застосовується вапняне молоко як найдоступніший і дешевий реагент.

Знешкодження та нейтралізація кислото-лужних стоків можуть проводитися на установках періодичної, змішаної або безперервної дії в залежності від кількості стоків.

Таким чином, реагентні методи при традиційних підходах та попри їх поширення, мають низку недоліків: необхідність введення значно більших доз реагентів; збільшення солемісту стічних вод після їх очищення; великі обсяги опадів та відповідно витрати на їх обробку; безповоротні втрати цінних компонентів, які знаходяться у похованих осадах; неможливість досягнення ГДК по багатьох із забруднюючих їх інгредієнтів при скиданні їх у каналізацію без подальшого доочищення, що в свою чергу збільшить вартість процесу очищення.

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

1. Босюк А. С., Шестопалов О. В. Аналіз сучасних технологій та методів очистки гальванічних стоків машинобудівних підприємств. *Екологічні науки: науково-практичний журнал*. 2022. №4 (43). С. 74–78.
2. Урецький Е. А. Ресурсосберегаючі технології в водному господарстві промислових підприємств: Монографія. Брест. изд-во, 2007. 396 с.

## **ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ АНАЛІЗУ ПЕРСПЕКТИВ РОЗВИТКУ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ ОПІШНЯНСЬКОЇ ТГ**

Планування ефективних систем поводження з відходами на рівні територіальних громад є важливим практичним завданням, що забезпечує реалізацію загально-регіональної концепції розвитку системи поводження з відходами області. Даний процес базується, перш за все, на дослідженні науково-практичних основ прогнозування тенденцій розвитку систем управління відходами, і особливо їх логістичної складової.

Основою для планування систем управління відходами на муніципальному рівні є Регіональний план управління відходами в Полтавській області до 2030 року (далі – РПУВ або Регіональний план). При цьому, оптимальний прогноз логістичної структури можливий при розумінні тенденцій її розвитку на прогнозний період, які визначаються специфікою регіональних факторів.

Дані обставини обумовили необхідність проведення аналізу техніко-логістичної складової системи управління відходами Опішнянської ТГ та перспектив її розвитку, як складової регіональної системи поводження з відходами Полтавської області в рамках вирішення актуальної науково-практичної задачі зі зниження ризиків реалізації проекту регіонального плану та підвищення ефективності системи поводження з відходами.

На підставі проведених досліджень існуючого стану системи управління відходами Опішнянської ТГ, концептуальних положень Регіонального плану та регіональних особливостей формування логістичної складової системи управління відходами нами сформовано основні концептуальні напрямки та рекомендації щодо розвитку системи управління відходами Опішнянської ТГ як системи імпактного рівня та структурної складової системи регіонального рівня.

1. Розвиток системи управління відходами Опішнянської ТГ є структурною складовою розвитку системи управління відходами Полтавської області і базується на положеннях Регіонального плану управління відходами у Полтавській області до 2030 року.

2. Оптимальний прогноз логістичної структури можливий при розумінні тенденцій її розвитку на прогнозний період, які визначаються специфікою регіональних факторів та передбачають інтегровану участь державного, приватного і громадського секторів у формуванні регіональної системи управління відходами.

3. Європейські дослідження стверджують, що найкращою практикою для малих і середніх муніципалітетів є запровадження міжмуніципального співробітництва, що дозволяє впроваджувати заходи, реалізація яких силами окремих муніципалітетів була б занадто дорогою для них. Це може призвести до покращення економічних та екологічних показників системи управління відходами.

4. Планування системи збору відходів здійснюється в декілька етапів: 100% впровадження уніфікованого збору ТПВ в усіх населених пунктах Опішнянської ТГ з поступовим переходом від єдиної системи унітарного збору до системи роздільного збору ТПВ.

5. Для Опішнянської ТГ РПУВ передбачає наявність РООВ для кожного зі сценаріїв, розміщення якого планується на місці існуючого звалища побутових відходів.

6. Питання розрахунку прогнозних обсягів перевезень за демографічними показниками, враховуючи переважно селищно-сільський тип регіональної логістики, потребують доопрацювання з урахуванням соціально-економічних та демографічних тенденцій у регіоні, пов'язаних з військовим саном у країні, які на даний час точно визначити неможливо. Однак, вже зараз на підставі аналізу даних [1] щодо чисельності населення з врахуванням демографічної перспективи сіл Опішнянської ТГ можна говорити про доцільність виключення з прогнозних розрахунків як неперспективних населених пунктів наступних сел: Бабанське, Безруки, Діброва, Заїки, Клименки, Кольченки, Пругли, Хижняківка, Яблучне.

7. Існуюча система збору ТПВ у Опішнянській ТГ не має необхідної кількості контейнерних майданчиків та контейнерів. Тому, найближчою перспективою розвитку контейнерного забезпечення для Опішнянської ТГ є обладнання більше 150 контейнерних майданчиків та придбання більше 200 євроконтейнерів різних типорозмірів.

8. Розвиток системи збору ТПВ передбачає практично повне залучення мережі автомобільних доріг громади, більшість із яких знаходяться в незадовільному стані і потребують відновлення.

9. Для обслуговування Опішнянської ТГ в перспективних планових періодах необхідно орієнтовно 6 спеціалізованих автомобілів: 3 збиральних та 3 транспортних. Точна цифра одиниць спеціалізованого транспорту може бути визначена тільки в ході детального розрахунку схеми санітарного очищення населених пунктів громади.

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

1. Опішнянська громада. Режим доступу:  
<https://opishnya.gromada.org.ua/structure/>

*Буднік С. В., д. геогр. н., ст. н. с.  
Центральна геофізична обсерваторія ім. Б. Срезневського, Київ,  
Україна*

## **ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАХОДІВ З АДАПТАЦІЇ ТЕРИТОРІЇ КРАЇНИ ДО ЗМІН КЛІМАТУ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНОЮ ІНФОРМАЦІЄЮ**

Прерозподіл тепла та вологи останнім часом на земній кулі викликає не аби яке занепокоєння фахівців різних галузей й вимагає зусиль з всебічного висвітлення цих змін кліматологами [4, 7, 14 та інш.]. Дослідженням змін характеристик клімату у просторі та часі займаються постійно у різних куточках Землі й в Україні у тому числі [1, 7, 15 та ін.]. Результати цих досліджень знаходять застосування у різних моделях й прогностичних схемах багатьох звітів та настанов [2-5, 9, 14, 17, 18 та ін.]. Зміни клімату в Україні виявляються у зростанні температури повітря, кількості атмосферних опадів й випаровування [1, 7, 8, 15, 16 та ін.].

Серед наслідків змін клімату називають деградацію та опустелювання сільськогосподарських земель [4, 9, 14 й ін.], разом із тим спостерігаються зміни в родючості орного шару ґрунту й врожайності сільськогосподарських земель [9 й ін.]. Спостерігаються зміни мікроклімату населених пунктів та виникає ряд проблем зі здоров'ям у населення, через перегрів будівель й повітря у селітебних зонах, що також створює проблеми в існуванні насаджень у них й інш.

Зміни клімату відбиваються й на режимі формування стоку в Україні, зокрема спостерігається зменшення максимумів повені і збільшення стоку межені, збільшується число відлиг, хід і інтенсивність дощів зрушується у бік посилення ерозійної небезпеки, спостерігається заростання і замулювання малих річок, в той же час спостерігаються й руйнівні повені від інтенсивних злив [16 й ін.]. Тож нагально існує потреба в адаптації територій населених пунктів й сільськогосподарського призначення до змін клімату.

До способів адаптації територій до змін клімату відносять агро- та лісомеліоративні роботи, протиерозійну організацію території, що є комплексним заходом по регулюванню вологозабезпечення території та ґрунтозбереження [5, 16, 17 та ін.], що дозволяє зберігати біорізноманіття у досліджуваному регіоні й створювати сприятливі умови для господарювання та існування людини взагалі.

Способи адаптації територій до змін клімату визначаються особливостями прояву показників клімату на конкретній території, це перш за все температурний режим, атмосферні опади, їхня кількість, періодичність і інтенсивність випадіння, напрям і повторюваність шкідливих вітрів та інш. Тобто для успішного вирішення питань щодо

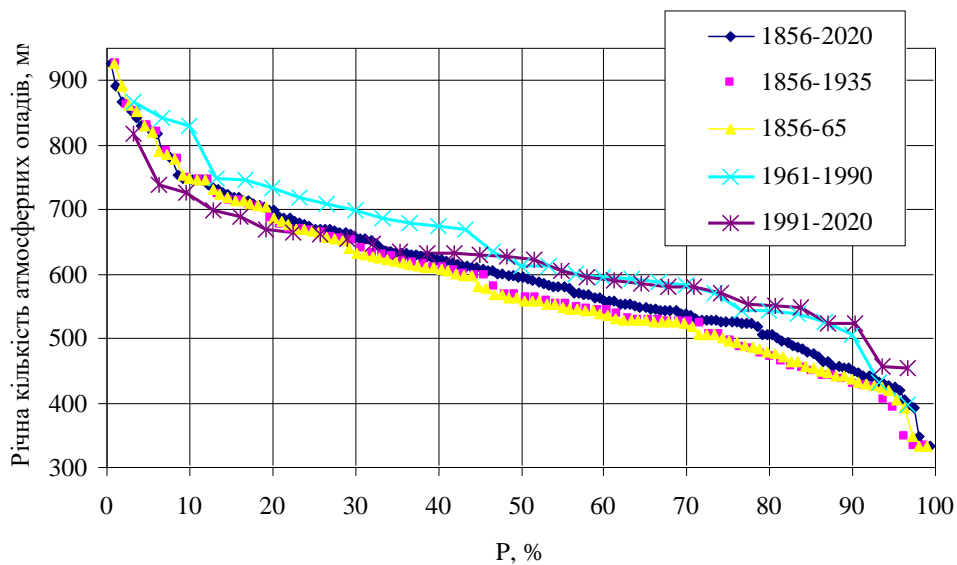
заходів з адаптації територій до змін клімату потрібно мати повну та всебічну інформацію про хід гідрометеорологічних параметрів території та її будову.

Гідрометеорологічна служба вже має досвід у висвітленні та підготовці й виданні широкого спектру гідрометеорологічної інформації, що в повній мірі може задовільнити потреби проектування заходів щодо адаптації територій до змін клімату. Це досвід у виданні кліматичних довідників, довідників по клімату, Державного водного кадастру й інш. [6, 10 та ін.].

Так, наприклад, видання Кліматологічного довідника СРСР [6] у 1950 роках минулого сторіччя було одним з найперших спроб надання узагальнених відомостей про клімат території країни для вирішення багатьох народо-господарських потреб, Він містить узагальнену інформацію по наявним на той момент метеостанціям за весь період спостережень до 1935 року (для окремих станцій по 1945 р.). У 70-х роках було видано Довідник по клімату СРСР [10] (1968-1975-і роки), з більш розширеним переліком узагальнених та статистично оброблених відомостей про клімат. Він вміщує 5 частин: 1 – сонячна радіація, радіоційний баланс й сонячне сяйво, 2- температура повітря й ґрунту, 3 – вітер, 4 – вологість повітря, опади й сніговий покрив, 5 – хмарність й атмосферні явища. Містить узагальнену інформацію за весь період спостережень до 1965 р. по всіх наявних та закритих до того часу метеостанціях в широкому розрізі узагальнення (це й середні й максимальні та мінімальні значення та імовірнісні величини цих параметрів, за різні проміжки часу доби, різної повторюваності й інше). Така детальність дозволяє використовувати ці матеріали в оцінці стану території й по цей час. Враховуючи рекомендації ВМО [13 та ін.], останнім часом, узагальнення проводяться за 30-ти річні періоди (1961-1990 рр., 1991-2020 рр.), вважається що 30-ти річні періоди більш відповідно відбивають сучасний стан клімату територій. Ця рекомендація про узагальнення кліматичних показників за 30-й річний період бере свій початок з першої половини 20-го сторіччя саме через брак більш довгих рядів спостережень й застосовувалася для порівнянь даних спостережень на різних метеостанціях [12]. На 17-ому всесвітньому конгресі ВМО [11] схвалено ряд змін, у тому числі щодо періодів осереднення кліматичних параметрів, тут підкреслено, що ряди спостережень у 30 років може бути недостатньо для узагальнення екстремальних показників клімату, тому рекомендується використання всього ряду спостережень. Слід підкреслити наявність циклічності ходу кліматичних параметрів різної тривалості, що також є підставою для розгляду більш довгих рядів спостережень за кліматом. Так, наприклад, по місту Київ маємо ряд спостережень за температурою повітря з 1812 р, а за опадами з 1856 р. Якщо відстежити імовірність виникнення великих та малих показників то бачимо, що неповні ряди не включають показники зі спостереженими з рідкісними імовірностями перевищень (рис.). Виходячи з

наведеного, маємо необхідність у перегляді низки показників клімату, особливо екстремальних для широкого забезпечення заходів по адаптації територій до змін клімату.

Проектування заходів із адаптації територій до проявів змін клімату потребує наявності низки кліматичних параметрів [2, 3, 17 та ін.], в тому числі екстремальних, які вимагають ретельного перегляду в зв'язку з наявністю подовжених рядів спостережень та відбувщихся кліматичних змін. Оскільки тут, як правило, йдеться про використання імовірностних та забезпечених показників, їх визначення доцільно проводити по повному ряду спостережень, а не задовільнятися 30-и річним періодом спостережень.



**Рисунок – Імовірність перевищень річної кількості атмосферних опадів по метеостанції Київ за різні періоди узагальнення**

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

1. Бабиченко В. Ф. Основные характеристики особо обильных дождей на Украине. Труды УкрНИГМИ, 1961. Вып.23. С.39–48.
2. ВСН 63-76. Инструкция по расчету ливневого стока воды с малых бассейнов. М. : Минстрой, 1976. 75 с.
3. ДСТУ 7904:2015 Якість ґрунту. Визначення потенційної загрози ерозії під впливом дощів. К. : Держспоживстандарт України 2016. 12 с.
4. 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.

5. *Инструкция по определению расчетных гидрологических характеристик при проектировании противоэрозионных мероприятий на Европейской территории СССР. Л. : Гидрометиздат, 1979. 62 с.*
6. *Климатологический справочник СССР. Вып.10. по Украинской и Молдавской ССР / Под общ. ред. Т.К.Богатырь. К. 1950. 713 с.*
7. *Клімат України / За ред. В. М. Ліпінського, В. А. Дячука, В. М. Бабіченко. Київ : Вид-во Раєвського, 2003. 343 с.*
8. *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.*
9. *Монтгомери Д. Р. Почва. Эрозия цивилизаций. Продовольственная и сельскохозяйственная организация объединенных наций. Субрегиональное отделение по Центральной Азии. Анкара, 2015. 434 с.*
10. *Справочник по климату СССР. Вып.10. Ч. 4. Влажность воздуха, осадки и снежный покров / Под ред. Л. И. Мисюра. Ленинград : Гидрометеорологическое издательство. 1969. 696 с.*
11. *Семнадцатый Всемирный метеорологический конгресс: Сокращенный окончательный отчет с резолюциями. ВМО-№. 1157. 836 с.*
12. *Руководящие указания ВМО по расчету климатических норм. ВМО-№ 1203. Женева, 2017. 32 с.*
13. *Руководство по климатологической практике. ВМО-№ 100. 2018. 182 с.*
14. *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 p.*
15. *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>*
16. *Budnik S.V. Actions on Humidifying Catchments of the Rivers and to Counteraction to the Spontaneous Phenomena Caused by Changes of a Climate. // Hydrology. Vol. 8, No. 1, 2020, pp. 1–6. doi: 10.11648/j.hyd.20200801.11*
17. *Elanagan D. C., Livingston S. J. et all. WEPP User summary. Report №11.July. 1995.131 p.*
18. *Stormwater drainage manual. Planning, Design and Management. Hong Kong: DSD. 2018. 193 p.*



УДК 665

*Воробйова В. І., к. т. н., доцент, Васильєв Г. С., к. т. н., доцент,  
Трус І. М., к. т. н., доцент  
Національний технічний університет України «Київський  
політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,  
м. Київ, Україна*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОХІМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИНТЕЗОВАНИХ ІОННИХ РІДИН**

Нині розвиток сучасної хімічної технології та інженерії направлений на концепцію екологізації та впровадження «зелених» технологій. Тому вивчення низькотемпературних евтектичних розчинників, що є дешевими та екологічними, набуває особливо важливого значення [1-3].

У роботі було приготовано систему холін хлорид : пропандіол у молярному співвідношенні 1 : 2.

Методом інфрачервоної спектроскопії було підтверджено успішність проведеного синтезу отримання іонної рідини та характеристики хімічних зв'язків (табл.1).

**Таблиця 1 – Провідність (См/м) холін хлориду : пропандіолу в залежності від вмісту води**

Вміст води, % мас.				
0	1	5	10	25
0,1	0,13	0,16	0,22	0,34

Додавання води збільшує провідність в 3,4рази, це можна пояснити дисоціацією компонентів у воді, що означає, що зв'язок між компонентами слабкий, і принаймні один із компонентів розчиняється і дисоціює у доданій воді.

При дослідженні зразку встановили, що основні піки лежать в діапазоні від 524,64  $\text{cm}^{-1}$  до 1477,47  $\text{cm}^{-1}$ , це характеризує наявність в цьому синтезованому розчиннику С-С зв'язку (866,04 середня смуга інтенсивності), С=Н зв'язок (атом Карбону в  $\text{sp}^2$  гібридизації, 921,97  $\text{cm}^{-1}$ , сильна смуга випромінювання),  $\text{C}_{\text{атом}}\text{-H}$  зв'язок (атом Карбону в ароматичному кільці, 952,84-981,77  $\text{cm}^{-1}$ ),  $(\text{R})_2\text{S=O}$  зв'язок (1056,99  $\text{cm}^{-1}$ ),  $(\text{R})_2\text{SO}_2$  зв'язок (1134,14  $\text{cm}^{-1}$ ), С=Н зв'язок (атом Карбону в  $\text{sp}^2$  гібридизації, 1417,68  $\text{cm}^{-1}$ , сильна смуга випромінювання) та С=С зв'язок (атоми Карбону знаходяться в ароматичному кільці, 1477,47). Такі типи зв'язків та взаємодіє молекул речовин відповідають складу відповідного синтезованого НЕР.

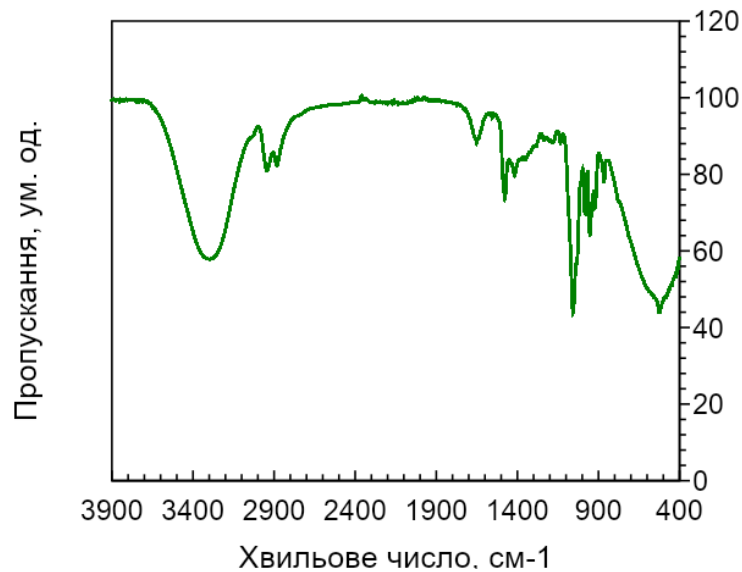


Рисунок 1 – Графік інфрачервоної спектроскопії

Для застосування в деяких областях хімічної технології до НЕР додають 10-30% води для поліпшення властивостей. Було визначено опір систем НЕР в залежності від вмісту води (рис. 2).

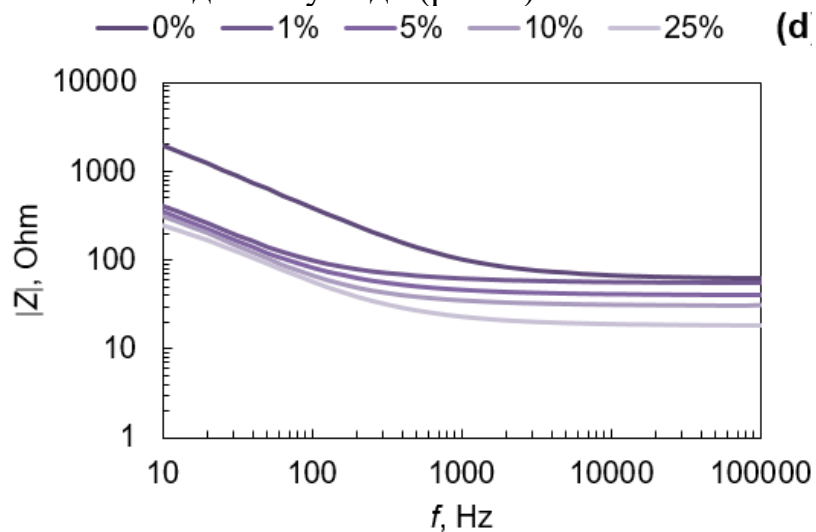
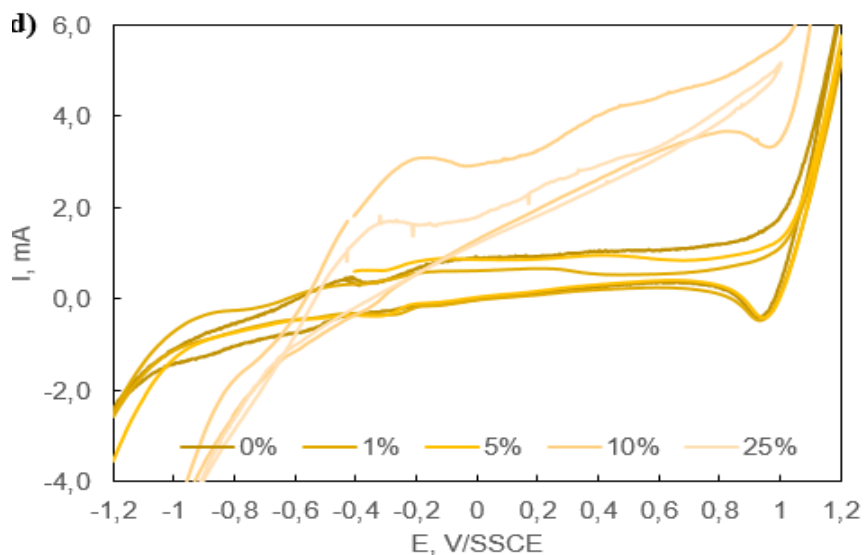


Рисунок 2 – Вплив вмісту води на електричний опір хлориду – пропандіолу

Дослідження вікон електрохімічної стабільності та вплив на його ширину вмісту води в системі наведені на рисунку 3.

Ширину вікна визначали в межах потенціалів коли струм не перевищував 10-100 мкА в залежності від провідності розчину. Вікна електрохімічної стабільності наведені в таблиці 2. Додавання води призводить до звуження електрохімічного вікна.



**Рисунок 3 – Вплив вмісту води на вікно електрохімічної стабільності холін хлориду – пропандіолу**

**Таблиця 2 – Вікна електрохімічної стабільності холін хлориду : пропандіолу залежно від вмісту води в їх складі**

Вміст води, % мас.				
0	1	5	10	25
1,05	1,0	0,95	-	-

Таким чином, отримані результати досліджень показують, що дані сполуки є придатними для утворення НЕР.

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

1. Воробйова В., Скїба М., Трус І., Кирїй С., Сїренко С. Дослїдження компонентного складу та антиоксидантних властивостей екстракту продукту переробки томата // *Технїчні науки та технологїї*. 2021. № 1(23). С. 145–151. [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2021-1\(23\)-145-151](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2021-1(23)-145-151)
2. Воробйова В. І., Скїба М. І., Трус І. М., Васильєв Г. С. Екстракція жмиху томату «зеленим» розчинником та оцїнка антиоксидантних властивостей // *Вїсник Нацїонального технїчного унїверситету України «Київський полїтехнїчний інститут іменї Ігоря Сїкорського» Серїя «Хїмїчна інженерїя, екологїя та ресурсозбереження»*. – 2021. №2. С. 59–65. <https://doi.org/10.20535/2617-9741.2.2021.235866>
3. Воробйова В., Васильєв Г., Трус І., Лїнючева О. Визначення електрохімічних властивостей природних їонних рїдин нового поколїння // *Технїчні науки та технологїї*. 2022. № 2(28). С. 88–95. [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2022-2\(28\)-88-95](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2022-2(28)-88-95)

УДК 656.13.017"401.4"(477.63)

*Галактіонов М. С., аспірант, Ганошенко О. М., к. т. н., доцент  
Національний університет «Полтавська політехніка  
імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна*

## **СТАН АВТОМОБІЛЬНОГО ПАРКУ УКРАЇНИ У РОЗРІЗІ ТЕРМІНУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ (НА ПРИКЛАДІ м. КРИВИЙ РІГ)**

У сучасному світі є реальна потреба злагодженої роботи транспортної системи, яка, окрім основної функції – надання швидких, безпечних, та якісних транспортних послуг різних форм, останнім часом акцентує увагу на підвищенні екологічності транспортної інфраструктури, що включає зменшення впливу на довкілля та пов'язаного з цим здоров'я населення.

Масова автомобілізація давно стала альтернативою громадському транспорту, адже вона дає автовласникам такі суттєві переваги, як комфорт і свободу пересування, економію часу, та при цьому додатково створює відчуття незалежності, успішності.

Проте сучасний стан міст, особливо мегаполісів, наразі демонструє негативні наслідки не раціональної організації транспортних потоків. Окрім того, що транспорт є джерелом підвищеної небезпеки для життя і здоров'я людей, не менш важливою проблемою є постійне нарощування споживання природних ресурсів, насамперед нафтопродуктів. Крім того, автотранспорт є потужним джерелом надходження забруднювальних речовин у навколишнє середовище, насамперед, викидів в атмосферне повітря, а також – утворення відходів.

Так, із метою регулювання вмісту шкідливих речовин у вихлопних газах, Європейською економічною комісією ООН ще на початку 90-х років минулого століття були введені екологічні стандарти «Євро» («Євро-1», «Євро-2», «Євро-3», «Євро-4», «Євро-5», «Євро-6»). Європейські стандарти викидів визначають допустимі межі для викидів вихлопних газів нових автомобілів. Норми викидів визначені в ряді директив Європейського союзу, і націлені на поступове введення більш жорсткіших стандартів [1].

Екологічний стандарт «Євро-1» запроваджено у Європейському Союзі з 1992 року, «Євро-2» – з 1995, «Євро-3» – з 1999, «Євро-4» – з 2005, «Євро-5» – з 2009, «Євро-6» – з 2015 року.

Україна почала впроваджувати ці стандарт лише з «Євро-3», який запрацював у 2013 році (до цього з 2006 року вже діяла заборона на ввезення авто без каталізаторів, що відповідало «Євро-2», проте продовжувався випуск вітчизняних авто, які не відповідали євростандартам). Стандарт «Євро-4» почав діяти з 2014 року, «Євро-5» – з 2016 року. Запровадження «Євро-6» в Україні кілька разів переносилося і наразі відкладено до 2025 року.

Як бачимо, наша держава по запровадженню стандартів екологічної безпеки відстає від світу, що негативно позначається на якості автопарку та на загальній екологічній ситуації в країні.

Згідно даним Федерації автопрому України (ФАУ) станом на початок 2022 року близько 80% зареєстрованих легкових автомобілів в Україні вживані. Середній вік імпортованих автомобілів у 2019 році склав 11 років [2].

Внаслідок масового ввезення з-за кордону автомобілів, що були у користуванні, виникає висока вірогідність того, що значна їх частина має великий пробіг, і, відповідно, є потенційним джерелом надмірної кількості викидів забруднювальних речовин у повітряне середовище.

Зі збільшенням пробігу автомобіля відбувається зношення вузлів та агрегатів, що призводить до збільшення токсичних викидів в атмосферне повітря. Тільки у перші три роки їх експлуатації можна підтримувати гранично допустимий вміст забруднювальних речовин у відпрацьованих газах [3].

Загалом, проблема старіння автопарку є критичною для України. За даними звітів Національних доповідей про стан навколишнього природного середовища в Україні відомо, що станом на 2011 рік середній вік транспортних засобів в Україні склав 17,7 років, у 2012 році – 18,2 роки, у 2014 – 18,8 років. Починаючи з 2015 року у звітах вказується, що середній вік транспортних засобів складає 10-20 років [4].

За даними ФАУ станом на початок 2019 року середній вік автомобілів склав 22,2 роки, а на початок 2020-го – 22,4 роки [5]. Як бачимо, спостерігається постійна тенденція старіння автопарку України. При цьому в ЄС цей показник віку вдвічі менший і у 2019 році становив 10,8 років [6].

Також відомо, що станом на 2012 рік понад 60% автомобілів в Україні мали експлуатаційний термін понад 10 років [7].

За відомостями, наведеними у [8], у м. Кривий Ріг станом на 2008 рік 60% автотранспортних засобів знаходилися в експлуатації більше 10 років. (рис. 1).

За даними Єдиного державного реєстру транспортних засобів станом на початок 2022 року кількість зареєстрованого в м. Кривий Ріг автотранспорту з 2008 до 2022 року збільшилась на 65% [9]. Також можна відмітити, що рівень автомобілізації (кількість автомобілів на тисячу жителів) також виріс (рис. 2).

Автотранспортний комплекс України і зокрема у місті Кривий Ріг, з року в рік старішає, що є доволі загрозливим фактором для екологічної безпеки навколишнього середовища.

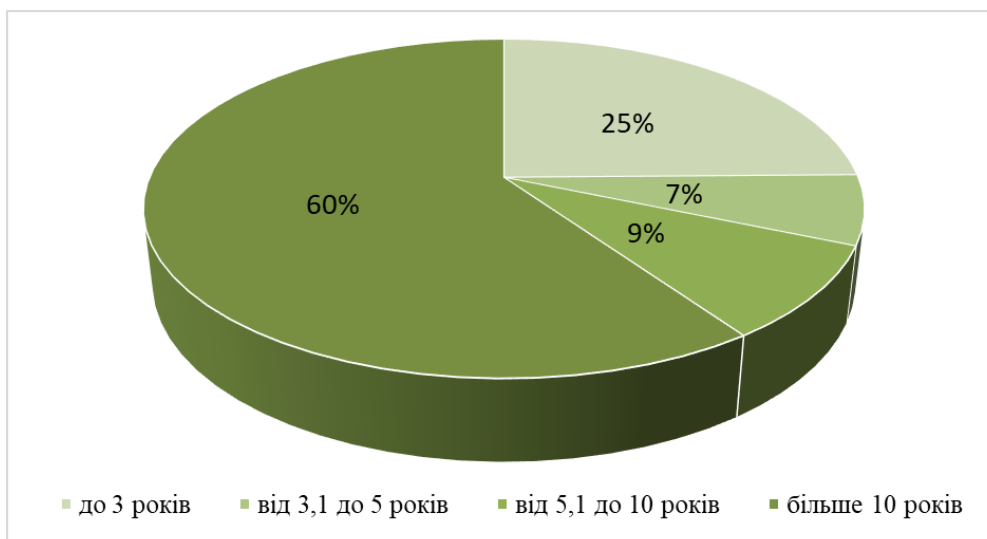


Рисунок 1 – Термін експлуатації автотранспорту м. Кривий Ріг

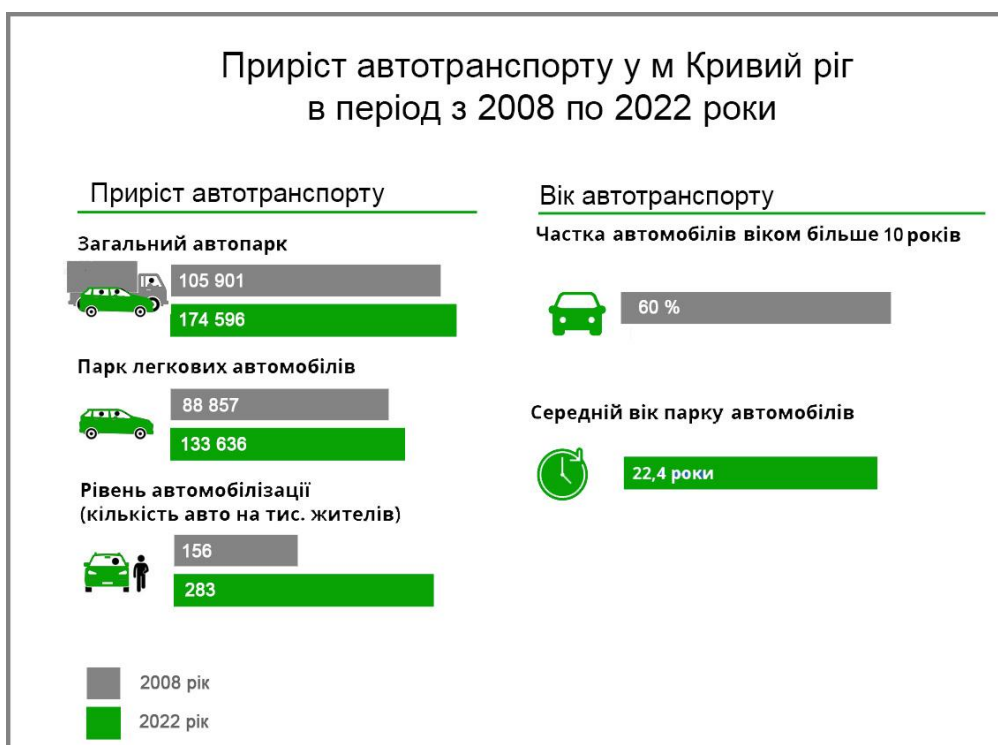


Рисунок 2 – Інфографіка приросту автотранспорту м. Кривий Ріг

Це спричинено, насамперед, прогалинами у законодавстві України, відсутні механізми стимулювання населення по утилізації старих авто та купівлі нових, а також неякісним обслуговуванням рухомого складу та відсутністю технічного огляду для автомобілів, що належать населенню. Проте основною причиною старіючого автопарку є низька купівельна спроможність українців.

Таким чином, проблема старіння рухомого складу є загальнодержавною проблемою, для вирішення якої необхідно не лише впровадження законодавчих реформ і підвищення рівня життя українців, а й розроблення та впровадження раціональної організації транспортних потоків міст.

### **Використані інформаційні джерела:**

1. Екологічні норми «Євро» ©Пропозиція - Головний журнал з питань агробізнесу [Електронний ресурс]. –

URL: <https://propozitsiya.com/ru/ekologichni-normi-ievro>  
<https://propozitsiya.com/ru/ekologichni-normi-ievro>

2. Новий законопроект №7466 щодо розмитнення автомобілів - позиція ФАУ. Федерація роботодавців автомобільної галузі [Електронний ресурс]. – URL: <https://fra.org.ua/uk/pc/priess-tsientr/ofitsial-nyie-soobshchienia/novii-zakonoproiekt-shchodo-rozmitnennia-avtomobiliv-pozitsiia-fau>

3. Азуреев И.Е. Конспект лекцій дисципліни «Транспортная экология». Тула, 2008. 156 с.

4. Національні доповіді про стан навколишнього природного середовища в Україні. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України [Електронний ресурс]. – URL: <https://mepr.gov.ua/timeline/Nacionalni-dopovidi-pro-stan-navkolishnogo-prirodnogo-seredovishcha-v-Ukraini.html>

5. Три факти про автопарк України. Федерація роботодавців автомобільної галузі [Електронний ресурс]. – URL: <https://fra.org.ua/uk/st/statistika/infoghrafika/tri-fakti-pro-avtopark-ukrayini>

6. ACEA (2018) ACEA Report: Vehicles in use — Europe 2018. European Automobile Manufacturers Association [Електронний ресурс]. – URL: [https://www.acea.auto/uploads/publications/ACEA\\_Report\\_Vehicles\\_in\\_use-Europe\\_2019.pdf](https://www.acea.auto/uploads/publications/ACEA_Report_Vehicles_in_use-Europe_2019.pdf)

7. Рекомендації до транспортного законодавства України з урахуванням практик ЄС [Електронний ресурс]. – URL: [https://ua.boell.org/sites/default/files/2021-02/Doslidzhennia\\_transport\\_23.02\\_v.2.pdf](https://ua.boell.org/sites/default/files/2021-02/Doslidzhennia_transport_23.02_v.2.pdf)

8. 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.

9. Лист головного сервісного центру МВС України №31/10зі від 17.01.2022 р.

УДК 541.13: 504.064.4

*Гапон Ю. К., к. т. н., Трезубов Д. Г., к. т. н., докторант,  
Пономаренко Р. В., д. т. н., професор, Слепужніков Є. Д., к. т. н.,  
Чиркіна М. А., к. т. н., доцент*

*Національний університет цивільного захисту України, м. Харків, Україна*

## **СИНТЕЗ КАТОДНОГО МАТЕРІАЛУ З ПІДВИЩЕНИМИ ФУНКЦІОНАЛЬНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ ДЛЯ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД**

Електрохімічні технології дозволяють очищати стічні води від різних домішок (ціанідів, амінів, спиртів, альдегідів, нітросполук, сульфідів), які розпадаються з утворенням  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ , води або інших простих і нетоксичних сполук. Така обробка може використовувати анодне окиснення, катодне відновлення, електрокоагуляцію, електрофлотацію й електродіаліз. Ці впливи виникають як на електродах, так і в об'ємі забрудненої води при пропусканні через неї постійного електричного струму. У міжелектродному просторі відбуваються електроліз води, поляризація частинок, електрофорез, окислювально-відновні процеси, взаємодія продуктів електролізу між собою.

Властивості матеріалу електродів є визначальними для ефективності як електрохімічної обробки взагалі, так й процесів електрохімічного очищення стічних вод. До матеріалу електроду можна застосувати вимоги за економічністю виготовлення, щодо необхідності забезпечення потрібного електрохімічного режиму та стійкості в умовах агресивних середовищ стічних вод. Зазвичай на практиці для електродів використовують покриття з цільовими властивостями. З одного боку, ці покриття повинні бути міцними, твердими та добре зчепленими з основою, з іншого – процес їх формування повинен бути економічним та більш безпечним із точки зору застосованих електролітів, а також зменшення побічного утворення водню.

У якості анодів застосовують нерозчинні матеріали: платину, магнетит, діоксиди свинцю, марганцю та рутенію на титановій основі, графіт. Катоди виготовляють з молібдену, сплаву вольфраму з металами родини заліза, графіту, нержавіючої сталі та інших металів та сплавів. Більш дешеві електроди швидко витрачаються та забруднюють додатковими речовинами воду. Так, мікророзрядна обробка розчинів на графітових електродах забруднює воду аквадагом – стійкою суспензією графіту у воді [1]. До покриттів застосовують технологічні вимоги: міцність, твердість й добре зчеплення з основою, а при виготовленні – безпечність застосованих електролітів та мале виділення водню [2].

Розробка методів синтезу багатофункціональних покриттів, що мають

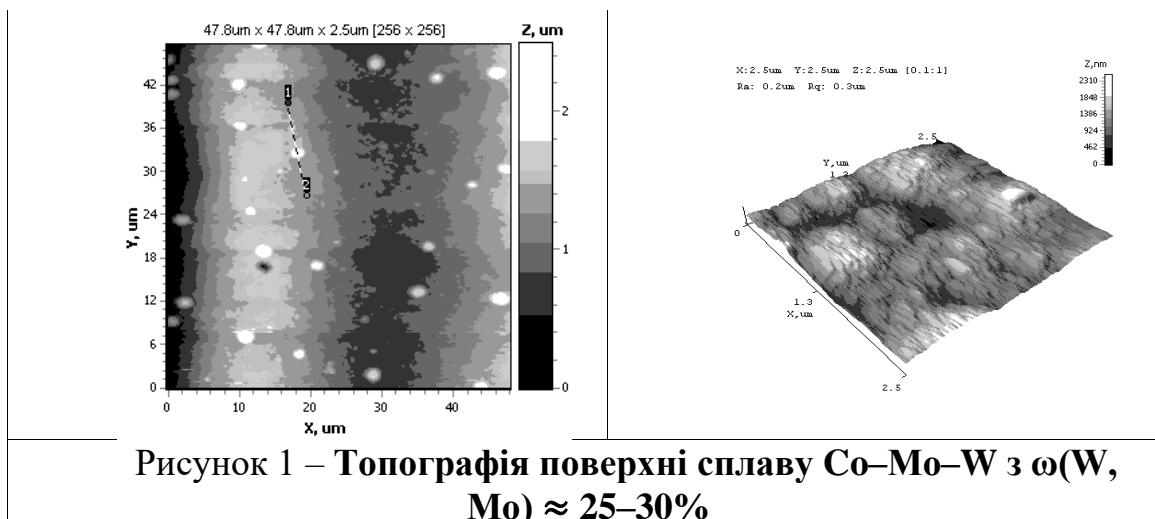


велику кількість корисних технологічних властивостей, таких як корозійна тривкість, твердість, зносотривкість і каталітична активність, є вирішальним напрямом для створення новітніх прогресивних матеріалів. Але синтезувати на основі тривіальних біметалевих композицій актуальні аморфні сплави, нанорозмірні, нанокристалічні й наноламінатні структури, тонкошарові матеріали з великим магнітним опором, високотемпературні надпровідники, мультифероїки виявилось неможливим. Це викликало у гальванотехніці перехід до тернарних (потрійних) і синергетичних сплавів, які забезпечують нададитивне посилення функціональних властивостей у залежності від масового співвідношення сплавотвірних компонентів [3-5].

Існує багато суттєвих відмінностей не тільки в структурі і властивостях металургійних та гальванічних сплавів, а й у співвідношеннях концентрацій їх компонентів. Під час електролітичного осадження формуються сплави, які відрізняються фазовим складом і властивостями від одержаних стандартним шляхом. Тому технологічні можливості електролітичних сплавів виявляються значно ширшими. Таким чином, існує взаємопов'язаний ланцюг технічних заходів, що дозволяє цілеспрямовано формувати властивості поверхні сплаву: технологічні параметри електроосадження → склад сплаву → морфологія → функціональні властивості → галузь застосування [3].

Електролітичний синтез потрійного сплаву кобальт-молібден-вольфрам проводили за допомогою потенціостату ПИ-50-1.1, програматора ПР-8 й уніполярних імпульсів з амплітудою катодної густини струму 4-12,5 А/дм<sup>2</sup>, тривалості імпульсу  $1 \cdot 10^{-3}$ – $20 \cdot 10^{-3}$  с та паузи  $2 \cdot 10^{-3}$ – $20 \cdot 10^{-3}$  с. Співвідношення тривалості імпульсу і паузи змінювали залежно від технологічних вимог до покриттів, їх призначення і напрямку використання. Верхня межа інтервалу амплітуд густини струму відповідає граничній дифузійній густині катодного струму, перевищення якої суттєво погіршує якість покриття внаслідок появи включень оксидів та гідроксидів сплавотвірних металів [6].

Дослідження морфології покриттів із застосуванням атомно-силової мікроскопії (АСМ) дозволило оцінити розмір зерен і асоціатів, а також ступінь розвинення поверхні сплаву. Так, при забезпеченні загального вмісту тугоплавких компонентів у тернарному електролітичному сплаві Со–Мо–W на рівні  $\omega(W, Mo) \approx 25-30$  мас. % (рис. 1), розмір сфероїдів, що складаються зі зрощених кристалітів і фіксуються на зображеннях, становить до 600 нм. Більш точно відображає властивості кластерів, з яких побудована речовина, мікротвердість за Вікерсом. Так, для окремих сплавів з Со, Мо та W параметр  $H_V$  (МН/м<sup>2</sup>) становить 130, 150 та 350 відповідно; для покриттів Cr – 700–850 МН/м<sup>2</sup>; сплавів Со–Мо–W залежно від співвідношення 280 до 1150 МН/м<sup>2</sup>.



Найбільшу міцність сплаву отримано для співвідношення Co–Mo–W (60, 22,1 та 17,9% або мольне співвідношення 10:2:1), що дозволило сформувати кластер у формі ікосаедру з атомом W у центрі [7]. Такий сплав дозволяє отримати найбільш щільну упаковку атомів. Тобто, загальною тенденцією є зростання твердості покриттів, які сформовано сплавами на основі системи Co–Mo–W, зі збільшенням загального вмісту тугоплавких компонентів. Існує й інша закономірність – більшу твердість отримано для покриттів, які утворено сплавом з кластерів з меншою молярною масою.

Але для електрохімічного очищення стічних вод й інших технологічних процесів важливим параметром, крім твердості та зносостійкості, є корозійна активність електродів. Корозійну поведінку покриттів потрійною системою Co–Mo–W у широкому діапазоні вмісту сплавотвірних металів оцінювали за допомогою глибинного показника швидкості корозії в середовищах різної кислотності на фоні присутності 1М натрію сульфату (рис. 2). Для даних покриттів корозійна поведінка залежить від складу та структури поверхні, морфології та кислотності середовища, оскільки покриття отримані з електролітів різного компонентного складу, мають різну структуру поверхні.

Встановлено, що отримані покриття тернарним сплавом в умовах різної кислотності виявляють вищу корозійну стійкість ніж матеріал основи (Ст.3) на 2–3 порядки. Значення глибинного показника швидкості корозії дозволяють віднести сплави Co–Mo–W до стійких матеріалів в кислих середовищах ( $pH = 3$ ,  $k_h = 0,01\text{--}0,08$  мм/рік при вмісті тугоплавких металів від 30 мас. %) та вельми стійких в нейтральних і лужних ( $pH = 7$  і  $12$ ,  $k_h = 0,001\text{--}0,01$  мм/рік) і розглядати їх як перспективні матеріали для корозійностійких електродів для електрохімічного знешкодження стічних вод.

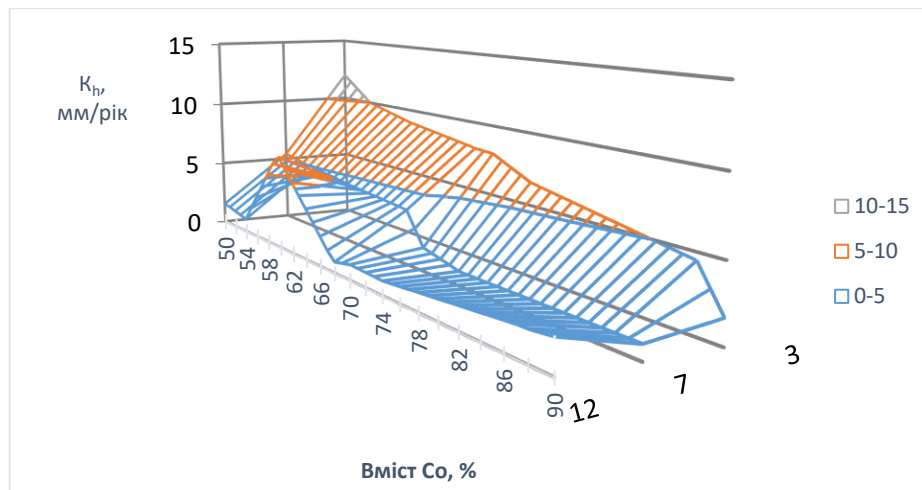


Рисунок 2 – Залежність швидкості корозії сплаву Co–Mo–W за pH 3, 7 та 12

Дані рис.2 показують, що меншу корозійну активність у нейтральному та лужному середовищі мав не найбільш твердий сплав, а система Co–Mo–W з вмістом компонентів 74,3, 10,6, 15,1 % (мольне співвідношення 46:4:3), що передбачає базис кластеру у вигляді трикутної призми.

#### Використані інформаційні джерела:

1. Tregubov D., Slobodskoj S. The study of microarc discharge electric characteristics in wastewater treatment. *Koks i Khimiya*. 1997. №9. P. 32–34.
2. Гапон Ю. К., Трегубов Д. Г. та ін. Підвищення пожежної безпеки гальванічного виробництва. *Проблеми пожежарної безпеки*. 2020. №47. С. 23–28. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/10919>.
3. Sakhnenko M. D., Ved M. V., Ermolenko I. Yu., Hapon Yu. K. Design, synthesis, and diagnostics of functional galvanic coatings made of multicomponent alloys. *Materials science*. 2017. №52. P. 680–688.
4. Yar-Mukhamedova G., Mukashev K. et al. Corrosion resistance of chrome-silox-carbon nano-composition electrolytic coatings. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM*. 2016. №1. P. 71–77.
5. Hapon Y., Chyrkina M., Tregubov D., Romanova O. Co-Mo-W galvanochemical alloy application as cathode material in the industrial wastewater treatment processes. *Materials Science Forum*. 2021. №1038. P.251–257.
6. Патент на винахід № 112040, Україна, МПК C25D 3/56 (2006.01) Електроліт для електрохімічного синтезу покриттів сплавом кобальт-молібден-вольфрам / Сахненко М. Д., Ведь М. В., Гапон Ю. К., Ненастіна Т.О.; Заявник та власник патенту НТУ «ХПІ», опубл. 11.07.2016, Бюл.№ 13.
7. Hapon Y., Tregubov D., Slepuzhnikov E., Lypovyi V. Cluster Structure Control of Coatings by Electrochemical Coprecipitation of Metals to Obtain Target Technological Properties. *Solid State Phenomena*. 2022. №334. P. 70–76.

## **ІНСИНЕРАЦІЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ ЯК ПРОЦЕС ОТРИМАННЯ ПАЛИВА**

Питання оптимального поводження з відходами є актуальною в усьому світі. Зобов'язання України в сфері управління відходами вимагають внесення змін у національне законодавство та докорінного змінення поводження з відходами, в тому числі з ТПВ.

Одна з проблем, що пов'язана із складуванням твердих побутових відходів на полігонах, – біохімічне розкладання з утворенням звалищного газу, компонентами якого є парникові гази:  $\text{CH}_4$  (до 60%) та  $\text{CO}_2$  [1,3]. Варто відмітити, що  $\text{CH}_4$  має потенціал глобального потепління в 21 раз більше, ніж  $\text{CO}_2$ . Накопичення  $\text{CH}_4$  у товщі полігону може призвести до самозаймання ТПВ. Некероване горіння супроводжується утворенням токсичних речовин, зокрема діоксинів.

Розглядаючи основні принципи керування відходами, потрібно відзначити, що найголовнішим є попередження утворенню відходів, потім повторне використання та рециклінг відходів, біологічні методи переробки компостування або зброджування, спалювання, а також інші методи термічної утилізації ТПВ з утворенням енергії. Захоронення на полігонах є заключним етапом у наведеному переліку, до того ж будівництво на полігонах систем збирання та енергетичного використання біогазу, який утворюється внаслідок довільного або організованого розкладання біогенних відходів, також може супроводжуватися виробництвом енергії [4].

На сьогодні в світі найбільш широко застосовують три основні види термічної обробки відходів: інсинерація (найбільш поширений процес); піроліз – термічна деструкція органічного матеріалу при відсутності кисню; газифікація – часткове окиснення. Інсинерація – це спалювання відходів або RDF у контрольованому процесі на установках спалювання відходів. Температура в цих установках спалювання коливається від 800 до 1450 °C [7]. Для інсинерації можна використовувати тільки ТПВ та RDF з теплотою згоряння більше ніж 6,0 МДж/кг. Інсинерація дозволяє суттєво зменшити об'єм (на 90%) та масу (на 75%) ТПВ [2]. При спалюванні твердих побутових відходів утворюється зола (близько 3,5–4% від початкової маси ТПВ), оскільки містить небезпечні компоненти. Інсинерація дозволяє вловлювати шкідливі речовини, які утворюються при спалюванні ТПВ, та/або зменшувати їх викид. Крім того, інсинерація дає можливість отримання мінералів і металів із відходів [3].

Для різних видів відходів застосовуються різні види термічної обробки. При спалюванні ТПВ утворюється енергія, яка може бути використана для виробництва електроенергії та теплоти («Відходи в Енергію»). Технологія «Відходи в Енергію» є однією з найбільш надійних та ефективних альтернативних шляхів економії органічного палива та зменшення викидів парникових газів. Термін «Відходи в Енергію» («Waste-to-Energy», WtoE, інколи W2E) включає різні види технологій обробки відходів для отримання електричної та теплової енергії або альтернативного палива, тобто термічну переробку змішаного потоку ТПВ на сміттєспалювальних заводах, або виробництво та спалювання палива з побутових відходів (Refuse Derived Fuel, RDF) [3]. Інсинерації може передувати роздільне збирання та/або сортування ТПВ, механіко-біологічне оброблення відходів. Такі сировини як папір, скло, пластик і метал ідуть на переробку. Фракції ТПВ, що біологічно розкладаються, можуть бути відправлені на компостування і анаеробне зброджування.

Всі інші фракції, а це близько третини ТПВ, є сировиною для твердого відновленого палива. RDF – це паливо, отримане при видаленні вторинної сировини та негорючих матеріалів із ТПВ. Перевагами цього підходу до переробки ТПВ є те, що відходи перетворюються на товарну продукцію, яка може накопичуватись, складуватись, транспортуватись. Якісні характеристики RDF можуть варіюватися. Залежно від морфологічного складу ТПВ і технології виробництва може бути отримано паливо різної якості та виду – у вигляді порошку або гранул різного розміру та щільності.

Для спалювання ТПВ застосовують такі технології: спалювання на решітках, включаючи зворотньо-поступальну решітку, рухому решітку, ланцюгову решітку, решітку, що охолоджується водою, обертові печі та спалювання в різних модифікаціях киплячого шару [4].

У Європі та світі близько 90% заводів WtoE для спалювання оброблених ТПВ і RDF широко використовують технології спалювання на рухомих решітках [4]. Технологія киплячого шару потребує певного діапазону розмірів частинок ТПВ. Це можна досягти роздільним збиранням відходів та/або застосуванням попередньої обробки, тому інсинератори з киплячим шаром переважно застосовуються для спалювання RDF.

Склад ТПВ є одним з найбільш важливих факторів, що впливають на вибір технологій їх термічної переробки. Отже, ТПВ складаються з: харчових відходів, відходів, що утворюються в садах, дворах і парках, паперу і картону, деревини, текстилю, гуми та шкіри, пластмаси, металу, скла, глини і фарфору, великогабаритних відходів – предметів, які вийшли з ужитку: побутової техніки, меблів, інших видів відходів, наприклад, жужелю, бруду, пилу, ґрунту, електронних відходів. Усереднений морфологічний склад ТПВ по Україні згідно з Національною стратегією поводження з відходами такий: органічні відходи – 30%, целюлозомісткі матеріали (папір, картон, газети, обгортка та ін.) – 17%; метали – 3%;

полімери – 11%; скло, кераміка – 6%; небезпечні відходи – 1%, інше – 32%. Частка відходів з органічною складовою складає 70–78%. Морфологічний склад ТПВ суттєво змінюється протягом року, влітку та восени збільшується частка органічних відходів, взимку – неорганічної речовини. Треба зазначити, що вимоги до викидів при інсінерації більш жорсткі порівняно з вимогами до ТЕС на вугіллі. Вимоги Директиви № 2010/75/ЄС [1] є визначальними для вибору технологій спалювання ТПВ та обробки димових газів.

Основна тенденція в управлінні ТПВ в країнах ЄС полягає у їх комплексній переробці – окремому збиранні, сортуванні, механіко-біологічній обробці, компостуванні/анаеробному зброджуванні фракцій ТПВ, що біологічно розкладаються, та виробництві RDF-палива з фракцій ТПВ, що залишилися. Перевагою цього підходу є перетворення відходів на товарну продукцію, яка може накопичуватись, складуватись, транспортуватись, якісні характеристики якої можуть варіюватись. Виробництво та використання в енергетиці RDF здатне частково замінити дефіцитні в Україні органічні палива при виробництві електроенергії та теплоти з дотриманням вимог ЄС до питань управління відходами.

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

1. *Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control). Official Journal of the European Communities. 2010. L 334. P. 17–119. URL: <http://data.europa.eu/eli/dir/2010/75/oj>.*

2. *Скрипник А. П. Аналіз морфологічного складу твердих побутових відходів України як складова підходу до вирішення проблеми відходів. Вісник Одеського державного екологічного університету. 2007. Випуск 04. С. 78–86.*

3. *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.*

4. *Третьяк Т. О. Вимога використовувати найкращі з доступних технологій та методів керування як умова видачі дозволу на викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами // Часопис Академії адвокатури України. 2013. № 18 (1). С. 1–7. URL: <http://e-pub.aau.edu.ua/index.php/chasopys/article/viewFile/183/205>.*

*Горносталь С. А., к. т. н., доцент,  
Горбань Д. Г., здобувач вищої освіти  
Національний університет цивільного захисту України*

## **АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД У РЕГЕНЕРАТОРІ АЕРОТЕНКА**

Однією з причин інтенсивного забруднення водойм є потрапляння в них суміші неочищених або недостатньо очищених побутових та промислових стічних вод. Негативний антропогенний вплив на якість води поверхневих та підземних водойм, які в подальшому використовуються як джерела водопостачання, впливає на здоров'я людей та тварин, призводить до неможливості використання водойм для рибальства, відпочинку, в цілому негативно відображається на якості життя. До негативних змін призводять значні обсяги органічних та мінеральних забруднень, що надходять в водойми через низьку якість очищення стічних вод [1].

На протікання процесу біологічного очищення впливають різні фактори, сумісна дія яких визначає якість води в водоймі. Тому вважаємо дослідження особливостей процесу біологічного очищення стічних вод актуальною науковою задачею.

Метою роботи є дослідити вплив подачі та концентрації зворотнього мулу (надходить з вторинних відстійників на регенерацію) на перебіг процесів очищення стічних вод в регенераторі аеротенка.

Після проведеного аналізу особливостей процесу біологічного очищення стічних вод, встановлено, що значення дози мулу на виході з регенератора (першого коридору) аеротенка залежить від витрати і концентрації активного мулу, якій повертається з вторинних відстійників. Аналіз лабораторних даних за вказаними параметрами дозволив визначити межі варіювання факторів. Значення цих меж наведено в табл. 1.

За результатами аналізу особливостей процесу біологічного очищення стічних вод в регенераторі аеротенку та після обробки результатів лабораторних досліджень отримано рівняння [2]:

$$Y_{\text{мулу}} = 3.61333 + 0.08833 \cdot x_1 + 1.05167 \cdot x_2 - 0.065 \cdot x_1^2 - 0.025 \cdot x_2^2 - 0.225 \cdot x_1 \cdot x_2, \quad (1)$$

Рівняння (1) описує залежність концентрації мулу по сухій речовині від витрати зворотнього мулу, що подається в регенератор аеротенка, та від дози мулу, що надходить на регенерацію.

Таблиця 1 – Рівні варіювання факторів

Інтервал варіювання та рівень факторів	Витрата активного мулу, $\text{м}^3 \cdot \text{хв}^{-1}$	Доза мулу, що подається в регенератор, за вагою, $\text{г} \cdot (\text{дм}^3)^{-1}$
Нулевий рівень $x_i=0$	0,75	4,0
Інтервал варіювання $\delta_i$	0,25	0,45
Нижній рівень $x_i=-1$	0,5	3,55
Верхній рівень $x_i=+1$	1,0	4,45
Кодове позначення	$x_1$	$x_2$

На рис. 1-2 наведено результати розрахунків за допомогою рівняння (1) для різних варіантів подачі зворотнього мулу в регенератор аеротенка.

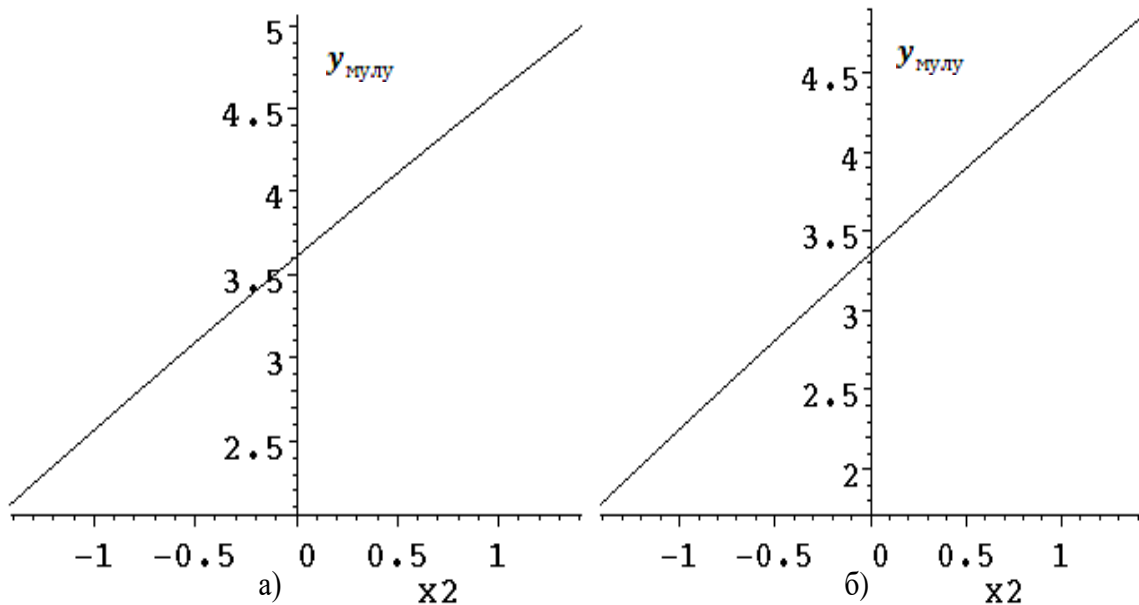
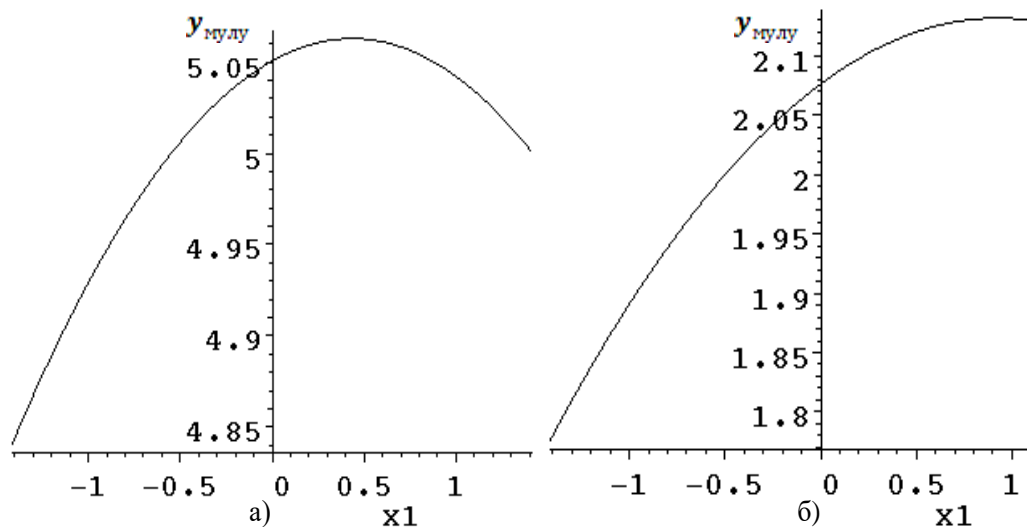


Рисунок 1 – Залежність дози мулу ( $y_{\text{мулу}}$ ) в регенераторі аеротенка від дози мулу ( $x_2$ ), що надходить на регенерацію, при значеннях витрати мулу ( $x_1$ ): а) максимальній, б) мінімальній





**Рисунок 2 – Залежність дози мулу ( $y_{\text{мулу}}$ ) в регенераторі аеротенка від витрати ( $x_1$ ) при значеннях дози мулу ( $x_2$ ), що надходить на регенерацію: а) максимальній б) мінімальній**

Аналіз результатів показав, що саме від дози мулу, що надходить на регенерацію, залежить концентрація мулу на виході з регенератора. Зміна витрати мулу практично не впливає на протікання процесу. Так, різниця між значеннями (рис. 1) дози мулу на виході з регенератора при мінімальній та максимальній витраті складає  $0,2 \text{ г/дм}^3$ . Натомість різниця між значеннями (рис. 2) дози мулу на виході з регенератора при мінімальній та максимальній дозі мулу, що поступає на регенерацію, досягає близько 3-х  $\text{г/дм}^3$ .

Проведений аналіз процесу біологічного очищення стічних вод в регенераторі аеротенка дає змогу стверджувати, що для підтримання необхідного рівня активного мулу в регенераторі необхідно контролювати концентрацію зворотнього мулу, що надходить після вторинних відстійників.

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

1. Національна доповідь про стан навколишнього середовища в Україні у 2020 році. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <https://mepr.gov.ua/news/38840.html>
2. Gorban D., Molchan A., Gornostal S. Proposals to improve the technology of urban wastewater treatment facilities. Sectoral research XXI: characteristics and features: collection of scientific papers «SCIENTIA» with Proceedings of the III International Scientific and Theoretical Conference, Chicago, 2022. 22 April, 2022. Chicago USA : European Scientific Platform. Vol. 2. P. 72–75.

*Горобець Н. В., провідний інженер, Гальченко З. С., аспірант,  
Інститут геотехнічної механіки ім. М. С. Полякова НАН України,  
м. Дніпро, Україна*

## **МОНІТОРИНГ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ГІРНИЧОДОБУВНИХ РЕГІОНІВ – ІНФОРМАЦІЙНА ОСНОВА УПРАВЛІННЯ ЇХ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ**

Гірничодобувні регіони України характеризуються високим ступенем ураженості геологічного середовища, що зумовлено як масштабною діяльністю з видобутку корисних копалин, так і значним техногенним навантаженням на довкілля, спричиненим складуванням великих об'ємів відходів добувної та переробної промисловості.

Створення ефективного управління регіональною екологічною безпекою не представляється можливим без розробки й впровадження моніторингу навколишнього середовища для гірничодобувних регіонів. Особливості впливу порушень геологічного середовища внаслідок видобутку корисних копалин на довкілля говорить про те, що моніторинг повинен бути комплексним, функціонувати на всій території зони впливу гірничого підприємства та на всіх стадіях освоєння родовища (проектування, відпрацювання, ліквідація гірничого підприємства).

Із точки зору екологічної безпеки техногенними ризиками, що обумовлені атмосферним повітрям та геологічним середовищем, є забруднення пилогазове атмосфери і пилове ґрунтів. Цим обумовлена необхідність проведення моніторингу атмосферного повітря [1] з метою отримання, збирання, оброблення, збереження та аналізу інформації про рівень забруднення атмосферного повітря, оцінки та прогнозування його змін і ступеня небезпечності та розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень у галузі охорони атмосферного повітря.

Загальні засади створення моніторингу атмосферного повітря гірничого підприємства мають ґрунтуватися на таких позиційних положеннях:

- система повинна бути відкритою для використання її в якості елемента системи більш високого рівня і у той же час допускати використання у своєму складі підсистем більш низького рівня;

- створення і функціонування моніторингу має будуватися на дотриманні єдиних з системою державного моніторингу довкілля принципів і виконанні спільних для суб'єктів цієї системи основних завдань;

- моніторинг у районах діяльності гірничого виробництва має бути динамічною системою, що враховує стадії розвитку гірничого підприємства;

- моніторинг небезпечних природно-техногенних процесів повинен охоплювати всі гірничі підприємства, що знаходяться в межах регіону. Це надає ряд переваг як в організації збору необхідної інформації про сумарний вплив цих підприємств на навколишнє середовище, так і в ефективності реалізованих природоохоронних заходів;

- інформаційною основою моніторингу небезпечних природно-техногенних процесів на території гірничодобувних регіонів повинний бути банк даних про природокліматичні умови гірничопромислового регіону (з виділенням тих елементів, що визначають екологічну обстановку на території регіону) і характер впливу гірничого виробництва на навколишнє середовище, у тому числі:

- фізико-географічної характеристики району із вказівкою особливостей рельєфу місцевості в межах зони впливу гірничого підприємства, наявності водних об'єктів, рослинних масивів;

- опис особливостей кліматичних умов поширення домішок в атмосфері на основі даних про повторюваність слабких і небезпечних швидкостей вітру, застійних явищ у повітрі, приземних і висхідних інверсій, їхньої потужності й інтенсивності, середніх і максимальних значень коефіцієнта турбулентного обміну, тривалості туманів, інтенсивності опадів і кількості сумарної радіації;

- геологічні умови території, що визначають спосіб відпрацювання родовища, а отже і технологічні операції та об'єкти, які призводять до забруднення атмосфери;

- створення моніторингу повинно відбуватись при дотриманні таких принципів:

- *принцип єдності мети* – уніфікація понятійного базису, науково-методичних і практичних розробок у рамках єдиної цільової програми;

- *принцип ієрархічності* – розв'язання конкретних питань вивчення геологічного середовища (входить до ієрархії загальної системи моніторингу і відповідним чином координується);

- *принцип комплексності* – комплексна розробка науково-методичних програм і їхньої практичної реалізації;

- *принцип альтернативності* – єдина концепція моніторингу здійснюється з урахуванням декількох шляхів розвитку техногенного навантаження;

- *принцип системності* – геологічне середовище і система моніторингу розглядаються як системи двох різних рівнів і класів;

- *принцип специфіки* – як усякий природний об'єкт геологічне середовище має специфічні особливості, врахувати які необхідно при створенні моніторингу;

- в основу моніторингу атмосферного повітря гірничодобувних регіонів прокладено принцип зонування території моніторингу за фактором інтенсивності впливу:

I – зона перетворення – безпосередньо територія гірничого відводу;

II – зона підвищеного впливу – територія, забруднення на якій можуть перевищувати ГДК (в межах санітарно-захисної зони);

III – зона зниженого впливу – контрольна, яка не порушена впливом гірничого підприємства, проте для цієї території існує вірогідність забруднення атмосфери, що перевищують фонові значення (поза межами санітарно-захисної зони).

Особливості моніторингу (цілі, задачі, структура) для кожної зони свої:

I зона – це моніторинг джерел забруднення;

II зона – моніторинг граничної зони гірничого виробництва (кризовий);

III зона – моніторинг контрольної зони впливу.

Основним завданням моніторингу атмосферного повітря для:

I зони є оцінка якісного та кількісного складу викидів безпосередньо на джерелі;

II зони – забезпечення зворотного зв'язку у системі технологічної роботи → прогнозування забруднення атмосфери → рекомендації для прийняття управлінських рішень → корегування протікання технологічного процесу → технологічний процес. Завдяки моніторингу цієї зони буде вибрано екологічно сприятливий режим проведення технологічних операцій;

III зони – контроль безпечності повітря для населення прилеглих до гірничого підприємства територій.

До переліку забруднюючих речовин, що підлягають контролю в гірничодобувних регіонах включаються забруднюючі речовини у відповідності з [1], специфічні забруднюючі речовини гірничого виробництва, які визначається наявністю шкідливих мікродомішок в рудах та розкривних породах родовища, структурою підприємства (шахта чи кар'єр, наявність збагачувальної фабрики та інше), особливостями технологічних процесів (наприклад, вид вибухових речовин, що застосовуються) а також речовини, для яких за даними спостережень зареєстровані концентрації, що перевищують ГДК.

Основними факторами, які визначають просторове розміщення точок спостереження за станом атмосфери є: кліматичні умови; ландшафтні умови; геологічні умови території, що визначають спосіб відпрацювання родовища, а отже і технологічні операції та об'єкти, які призводять до забруднення атмосфери.

Принципи вибору точок спостереження:

I зона (територія промислової зони та територія де перетворення навколишнього середовища не підлягають відновленню хоча б по одному з компонентів) – а) визначаються місцем розташування джерел забруднення гірничого підприємства; б) розміщення точок спостереження повинно забезпечити повноту й достовірність інформації необхідної для

моделювання процесу переносу забруднення; в) уточнюються за результатами розрахунків розсіювання;

II зона (в якій здійснені перетворення підлягають частковому чи повному відновленню) – а) визначаються місцем розташування технологічних об'єктів I зони; б) встановленими ізолініями максимальних концентрацій забруднювачів за результатами моделювання з урахуванням впливу на компоненти природного середовища; в) місцем знаходження еколого- та соціально-значимих об'єктів;

III зона (контрольна, не порушена впливом гірничого підприємства) – а) визначаються місцями, де існує вірогідність прояву впливу гірничого підприємства; б) вимогами системи державного моніторингу; в) місцем знаходження еколого- та соціально-значимих об'єктів.

При створенні моніторингу ґрунтів необхідно враховувати забруднення ґрунтів викидами в атмосферне повітря гірничодобувних підприємств. Перелік показників стану техногенно забруднених ґрунтів, які підлягають спостереженню, окрім переліку основних показників, які передбачені системою державного моніторингу, доповнюється ще й переліком специфічних, характерних для даного гірничодобувного району, які обумовлені геохімічними властивостями руд та розкривних порід. Для визначення техногенних викидів, що потрапляють у ґрунтовий покрив через атмосферу, основну долю точок спостереження необхідно розташовувати в напрямку двох екстремальних румбів троянди вітрів. Час відбору ґрунтових зразків не має істотного значення, оскільки ґрунти мають здатність акумулювати забруднення.

Таким чином, створення системи моніторингу атмосферного повітря, що враховує специфіку гірничого виробництва, зокрема режим проведення технологічних операцій, дозволить регулярно отримувати інформацію про забруднення довкілля викидами гірничих підприємств та загрозу стану здоров'я населення, своєчасно прийняти необхідні управлінські рішення з екологічної безпеки гірничодобувних регіонів та сприятиме проведенню ефективних заходів щодо запобігання і мінімізації наслідків забруднення атмосферного повітря.

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

*1. Порядок здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря: затверджено Постановою КМУ № 827 від 14.08.2019.*

*Драниця Л. М., студентка, Кофанова О. В., професор  
Національний технічний університет України «Київський  
політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,  
м. Київ, Україна*

## **АНАЛІЗ СТАНУ ТА ПЕРСПЕКТИВНІ ТРЕНДИ РОЗВИТКУ ВІТЧИЗНЯНОГО РИНКУ ДЕЯКИХ ВИДІВ БІОПАЛИВ**

Сьогодення супроводжується суттєвими трансформаціями в нашому суспільстві і особливо кардинальні зміни відбуваються саме в сферах взаємодії суспільства і природи, забезпечення екологічної безпеки людства. А це, у свою чергу, спричинює значні зміни щодо ставлення людини до якості довкілля, до проблем охорони здоров'я людей, проблем транспорту і енергетики.

Останніми роками світ помітив, що за час використання людством нафти, газу та їхніх похідних як енергоносіїв у біосфері значно зріс рівень вмісту одного з найнебезпечніших парникових газів – вуглекислого газу. А це, у свою чергу, створює передумови до значних і, можливо, необоротних змін клімату на планеті – так званого глобального потепління.

Отже, світова спільнота в цілому і її окремі представники вкрай зацікавлені в тому, щоб значно зменшити загрозу для життя людей, зберегти навколишнє природне середовище для нашого та наступного поколінь.

Загальновідомо, що екологічна безпека є невід'ємною складовою національної безпеки країни і, відповідно до Закону України «Про основи національної безпеки України», забезпечує захищеність життєво важливих інтересів людини й громадян України, суспільства й держави, довкілля тощо від реальних та/або потенційних загроз, що створюються антропогенними і природними чинниками відносно навколишнього природного середовища [1-3].

Наша країна, спираючись на засади концепції сталого, збалансованого розвитку, намагається не відставати від світового співтовариства і у цьому питанні. З 2016 року в Україні почалися запроваджуватись законодавчі акти і важливі нормативно-правові засади для активного розвитку біоенергетики; починають розроблюватись спеціальні програми заохочення малого і середнього бізнесу в цій сфері.

Цей напрямок набув особливого значення у 2022 році, коли внаслідок російської агресії Україна має забезпечити максимальну незалежність від імпорту нафти і природного газу, причому, не тільки з точки зору збереження довкілля, а й через те, що внаслідок російських ракетних ударів пошкоджені багато вітчизняних нафтопереробних заводів, виходять з ладу інші об'єкти традиційної енергетики.

Отже, метою даної роботи є дослідити і проаналізувати стан розвитку біоенергетики в Україні; на прикладі виробництва таких важливих енергоносіїв, як біодизель і біоетанол прослідкувати перспективи покращення ситуації у вітчизняній енергетичній галузі.

В українських реаліях при використанні біопалив потрібно звернути увагу на те, що воно є відновлюваним і майже нескінченним ресурсом. Окрім того, застосування різноманітних видів біопалив значно скорочує викиди Сульфуру (приблизно на 40–50 %), парникових газів тощо.

Завдяки використанню потенціалу біопалива Україна може стати менш імпортозалежною країною і від країн Європейського Союзу, особливо якщо ми будемо заміщувати біопаливом нафту та її похідні енергоносії. Крім того, це дозволить підвищити національний ВВП практично на 1,5 млрд доларів США [4].

Проте в Україні для розвитку ринку біоенергетики є значні бар'єри, серед яких, наприклад, варто назвати такі, як:

- обмежений доступ компаній до залишків деревини, з якої можна виготовляти деревну тріску;

- із боку держави відсутні конкретні цілі для підприємств малого і середнього бізнесу, узгоджені відповідно до Енергетичної стратегії України до 2035 року [5];

- на час військових дій унаслідок російської агресії значно обмежений доступ до лісових ресурсів;

- споживачі природного газу неохоче підключають, наприклад, біогаз в будинки з центральним опаленням, оскільки його тепловий потенціал значно менший від теплового потенціалу традиційного природного газу;

- у країні недостатньо площ для вирощування такої важливої енергетичної культури, як міскантус (її ще називають «слонова трава»), яку вирощують, в основному, тільки на північному заході держави та у Поліссі. Серед переваг вирощування саме цієї біоенергетичної культури те, що ґрунт для її вирощування не потрібно підживлювати добривами; крім того, міскантус дає добрі врожаї і на ґрунтах для кукурудзи.

В Україні щорічно споживається біля 2 млн. тонн бензинів на суму близько 50 млрд. грн.; приблизно 55% цього обсягу – імпорт [4]. Починаючи з 1 липня 2021 року Верховна Рада України встановила квоту 5% для біоетанолу у суміші із бензинами. Протягом року відбувався аналіз, чи потрібно збільшити цю квоту до 8%.

Бензини можна змішувати з біоскладовими, наприклад, у лабораторіях чи підприємствах, які мають відповідні сертифікати або ліцензії на торгівлю, розповсюдження і зберігання нафтопалив (у даному випадку – біоетанолу чи біодизелю).

Проте в країні з 2015 року через введення акцизу на палива залишилось працювати на біоетанолі тільки два заводи [7]. Під час російсько-української війни обсяги споживання тільки бензину скоротилися вдвічі. Це

зумовлено тим, що бензин в країну постачається з ЄС, зокрема, з Бельгії, а це спричинює значне підвищення цін на енергоносії. Отже, країні вкрай потрібно залучати і біоетанол, і біодизель у вітчизняне виробництво моторних палив. Потрібно виготовляти, наприклад, сумішеві біопалива, що мають більше 30 % вмісту біокомпонентів [6]. І ця суміш повинна бути стійкою, якісною і надійною.

У свою чергу, собівартість виробництва біодизельного пального, в основному, залежить від вартості сировини. А щоб бути конкурентоспроможним на ринку моторних палив, і біодизель, і біоетанол повинні коштувати на 5-10% дешевше порівняно із традиційним паливом.

Сьогодні світ отримує біоетанол із кукурудзи, а біодизель із рослинних олій (з олії ріпаку, з соєвої або пальмової олії). Асортимент технічних енергетичних культур, без сумніву, потрібно розширяти, тим більше, що Україна має в цьому значний потенціал.

### **Використані інформаційні джерела:**

1. Закон України про основи національної безпеки України. Відом. Верховної Ради України. 2003. № 39. Ст. 351. (Нормативний документ Верховної Ради України).

2. Качинський А. Б. Екологічна безпека України: системний аналіз перспектив покращення: монографія. URL:

<http://www.niss.gov.ua/book/Kachin/index.htm>.

3. Петрук В. Г., Клименко М. О., Мудрак О. В. Вступ до фаху: підручник [для студ. напряму підготов. 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування»]. Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2011. 203 с.

4. Зелена книга регулювання виробництва рідких моторних біопалив. URL: <https://saf.org.ua/wp-content/uploads/2019/06/regulation-of-production-of-liquid-motor-biofuels-2019.pdf>.

5. Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність», схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 18 серпня 2017 р. № 605-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80#Text>.

6. Кофанов О. Є. Багатопараметричні моделі прогнозування складу і властивостей модифікованих біокомпонентом паливних систем. Енергетика : економіка, технології, екологія. 2017. № 4 (50) С. 176–183. DOI : <https://doi.org/10.20535/1813-5420.4.2017.128483>.

7. Укрбіоетанол (Українська асоціація виробників біоетанолу). URL: <https://ukrfuel.org/about/>.



*Жовнір В., студент, Юхимчук Ю. П., викладач математичних  
дисциплін ВСП «Рівненський фаховий коледж  
Національного університету біоресурсів і природокористування  
України» м. Рівне, Україна*

## **ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ ОСВІТИ ТА ЇЇ ЕФЕКТИВНІСТЬ У СУЧАСНИХ РЕАЛІЯХ УКРАЇНИ**

Сьогодення характеризується катастрофічною екологічною ситуацією в світі, в цілому, та в Україні, зокрема. Це пов'язане з інтенсивним зростанням масштабів забруднення ґрунтів, повітря, води тощо [3]. Неабиякого негативного впливу на довкілля додали активні воєнні дії на території нашої держави. Усе це призводить до погіршення якості життя та здоров'я українців.

У зв'язку з цим, роль екологічної освіти населення є вирішальною у світі суспільного та індустріального розвитку. Вона повинна бути спрямована на гармонійне поєднання суспільства і природи, впровадження нових норм поведінки людини у природі, розв'язання екологічних проблем та виховання повної відповідальності перед майбутніми поколіннями. Без корінного підвищення екологічної культури усіх без винятку верств населення неможливо сподіватися на позитивні зміни в навколишньому середовищі навіть при максимальному залученні матеріальних ресурсів.

На сьогодні, на жаль, суспільство ще не достатньо готове, виховане для реалізації природоохоронних заходів. У людей відсутня елементарна екологічна грамотність і культура, не сформоване стійке екологічне мислення. Тому роль екології в освіті та екологічне виховання людей є особливо важливим. Екологічна освіта в Україні стала необхідною складовою гармонійного, екологічно безпечного розвитку нації [2].

Освіта моделюватиме наше екологічно безпечне майбутнє, якщо значна увага приділятиметься екологічній культурі і свідомості, інформованості людей про екологічну ситуацію в тому чи іншому регіоні, обізнаності з можливими шляхами вирішення екологічних проблем, з концептуальними підходами до збереження біосфери і цивілізації [5].

Одним із найголовніших завдань екологічного виховання та екологічної культури є, перш за все, формування у громадян раціонального природокористування та вміння бачити екологічні наслідки. Позитивні зміни у цьому напрямку можуть відбутися лише при здійсненні екологізації освіти.

Під екологізацією освіти розуміють систему заходів, спрямованих на одержання на всіх рівнях навчально-виховного процесу належних екологічних знань та їх практичного застосування. Це означає, що

екологічні дисципліни слід вивчати фундаментально при здобутті початкової, середньої та вищої освіти. Необхідно забезпечити розвиток освіти й науки з глибокою екологізацією навчальних предметів та курсів [1].

Процес екологізації навчальних дисциплін, які вивчаються у закладах освіти, стосується як навчальної, так і позанавчальної діяльності учнів і студентів, що вибудовується на принципах цілісності, єдності і наступності всіх ланок.

На нашу думку, потрібно вводити не лише відповідні предмети, а й окремі теми, які стосуються екології та проблем, пов'язаних з нею. Практичне впровадження екологізації освіти в Україні повинно здійснюватися поступово. Спочатку потрібно здійснити фахову підготовку вчительського та викладацького складу, підвищувати їх кваліфікацію у галузі екології, долучати до проведення тематичних семінарів у сфері міжнародної екологічної співпраці тощо. Адже для покращання рівня екологічної освіти вагоме значення мають міжпредметні, міжвузівські, регіональні й міжнародні контакти викладачів та здобувачів освіти, їх зв'язки з міжнародними організаціями, постійний обмін досвідом, стажування, виконання спільних програм, видання підручників, посібників у галузі екологічної освіти.

Вважаємо, що екологізація освіти повинна стосуватися не лише всіх навчальних програм, але й усього позанавчального життя. Екологічна освіта повинна стати основою громадянського виховання суспільства.

Отже, оскільки екологічна ситуація сьогодення в Україні є надзвичайно небезпечною, ми вважаємо, що система екологічної освіти потребує суттєвого реформування. Її ефективність буде досягнута лише через впровадження принципово нової екологічної освітньо-виховної системи. Така система повинна включати розвиток та підвищення екологічної культури всіх верств населення, усвідомлення того, що природні блага не безмежні. Сучасний люд не має права жити за рахунок майбутніх поколінь. Повинна відбуватися зміна громадської свідомості засобами виховання та освіти, що створює сприятливі передумови для ефективної програми екологічного розвитку в Україні. Наша держава гідна займати провідне місце у світовому екологічному просторі з кваліфікованими і талановитими кадрами, з новим екологічним мисленням, заснованим на найсучасніших досягненнях науки. Від якості та швидкості впровадження екологізації освіти в Україні й світі, а також від формування громадської екологічної свідомості залежить збереження нашої планети. Екологічна освіта третього тисячоліття повинна стати необхідною складовою гармонійного екологобезпечного існування людства.

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

*1. Дубович І. А. Особливості та перспективи екологізації освіти та екологічного виховання населення в Україні // Збірник науково-технічних*

*праць Національного лісотехнічного університету України, 2006 р. С. 244–248.*

2. Іваненко В. С. *Окремі поняття екологічної безпеки // Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності : матеріали XVI міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених, курсантів та студентів, м. Львів, 25-26 березня 2021 р. Львів : ЛДУ БЖД, 2021. С. 192–194.*

3. Паламарчук В. О., Коренюк П. І. *Економіка природокористування. Запоріжжя, 2003. С. 3–17.*

4. Федоренко О. І., Тимочко Т. В., Ткач В. Н. *Питання екологічного виховання та освіти населення // Екологічний вісник. 2005. №3. С. 16.*

5. Шевель А. О. *Роль освіти у формуванні екологічної культури // Гуманітарний вісник ЗДІА, 2008 р. Випуск 33. С. 33–41.*

УДК 502/504

<sup>1</sup>*Зіараті Паріса, PhD, <sup>2</sup>Савицька Барбара, д-р хабіл., професор,*

<sup>3</sup>*Крохмаль-Марчак Барбара, д-р хабіл., професор,*

<sup>4,5</sup>*Вамболь В. В., д. т. н., професор, <sup>6</sup>Вамболь С. О., д. т. н., професор*

<sup>1</sup>*Центр харчових та сільськогосподарських досліджень,*

*Pars Arya LTD, Тегеран, Іран*

<sup>2</sup>*Люблінський університет природничих наук, Люблін, Польща*

<sup>3</sup>*Карпатський державний коледж у Кросно, Кросно, Польща*

<sup>4</sup>*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»,*

*м. Полтава, Україна*

<sup>5</sup>*Люблінський університет природничих наук, Люблін, Польща*

<sup>6</sup>*Національний технічний університет «Харківський політехнічний університет», м. Харків, Україна*

## **ВИДАЛЕННЯ ТОКСИЧНИХ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ БІОСОРБЕНТАМИ З МУНІЦИПАЛЬНИХ, ПРОМИСЛОВИХ І ФАРМАЦЕВТИЧНИХ СТІЧНИХ ВОД**

Забруднення води поділяють на три категорії, які включають промислове, міське та сільськогосподарське. Забруднення міської води фактично містить стоки з будинків і підприємств. Окремо варто звернути увагу на очищення медичних та фармацевтичних стічних вод [1, 2]. Поки що основною метою досліджень таких стоків було зменшення твердих частинок, твердих матеріалів, розчинності неорганічних сполук тощо [3]. Стале видалення важких металів із стічних вод все ще є серйозною проблемою для вчених та інженерів, незважаючи на наявність багатьох технологій очищення.

У наш час забруднення води важкими металами стало серйозною проблемою для здоров'я людини, з якою стикаються країни, що розвиваються, і промислово розвинені країни. Важкі метали є однією з їхніх проблем зі здоров'ям через серйозні та небезпечні ускладнення та проблеми, які вони завжди мали для навколишнього середовища та людей [4]. Накопичення металів у тваринах і рослинах, окрім серйозної шкоди та негативного впливу на здоров'я цих організмів, зробило споживання їх продукції небезпечним для кінцевого споживача, а саме людини. До них відносяться розлади нервової, ниркової та кровоносної систем. Важкі метали, як небезпечна проблема різного масштабу, можуть серйозно загрожувати життю людини та іншим живим організмам і викликати гострі та хронічні отруєння. Вони мають здатність накопичуватися, при цьому їхня кількість не зменшується і залишається в ґрунті тисячоліттями [5].

Після потрапляння в організм важкі метали більше не виводяться з організму, а накопичуються в таких тканинах, як жир, кістки, суглоби, м'язи, і зрештою спричиняють неврологічні розлади, різні види раку,

пошкодження печінки, захворювання нирок і мозку, артрит, випадання волосся, респіраторні розлади та остеопороз. Важкі метали, такі як нікель, свинець і ртуть, є небезпечними токсинами навколо нас. Ці метали потрапляють у природний кругообіг через воду, ґрунт і повітря через різні природні та штучні джерела та викликають небезпечні наслідки. Тому вони вважаються серйозною небезпекою для виживання живих істот [6].

Очищення природних і стічних вод від важких металів ефективно вирішується за допомогою різноманітних сорбентів. Джерела сировини для отримання таких матеріалів дуже різноманітні. Особливу групу складають відходи переробки біомаси. Активні пористі матеріали з рослинних відходів становлять значний практичний інтерес для вирішення низки екологічних проблем промислово насичених регіонів: очищення стічних вод, газових викидів, ґрунту тощо. Відомо, що такі сорбенти здатні вилучати важкі метали зі стічних вод, тим самим зменшення антропогенного навантаження на об'єкти гідросфери. Використання сорбентів з відходів біомаси економічно виправдано для малих виробництв, наближених до джерел доступної сировини.

Дослідження показали, що відходи фруктів дуже ефективно поглинають важкі метали завдяки целюлозі, вуглецю та кремнезему, що забезпечує високу здатність поглинати іони металів. Сільськогосподарські відходи у великій кількості та доступні, і не мають спеціального використання. З кінця 32-х років використання природних біосорбентів, таких як сирі рослинні залишки, розвинулося, і метод хімічної модифікації (з використанням фруктових відходів) замінив метод фізичної активації (активоване вугілля), який має такі переваги, як вища адсорбційна здатність і час рівноваги. Через те, з метою отримання ефективних і особливо дешевих адсорбентів змінився шлях досліджень адсорбції важких металів природними матеріалами (такими як деякі відходи промислових і сільськогосподарських операцій), які відомі як біомаса [7]. Так наприклад, м'якоть помідорів є рослинними залишками, і було досліджено її адсорбційну здатність для окремих забруднюючих речовин у воді.

Біосорбенти мають властивість видаляти метал із розчинів, а також можуть використовуватися для зниження концентрації [8]. Вони є ідеальним кандидатом для очищення стічних вод з великим об'ємом і низькою концентрацією важких металів. Деякі переваги біосорбції перед звичайними методами очищення включають низьку вартість, високу ефективність для розчинів з низькими концентраціями важких металів, мінімальну кількість хімічного або біологічного осаду, відсутність потреби в поживних речовинах і можливість реактивації адсорбенту та відновлення металу.

У 2020 році Шахсаван і Зіараті досліджували адсорбційні властивості шкірки грейпфрута для видалення миш'яку, кобальту, свинцю, кадмію та хрому з фармацевтичних стоків на факультеті фармацевтичних наук

Тегеранського медичного університету в Азад таким чином, що зі збільшенням розміру біочастинок сорбенту, поглинання зменшується, а зі зменшенням початкового рН, часу контакту розчину з адсорбентами та температури істотно зростає відсоток токсичних металів. Біосорбенти, оброблені 1% винною кислотою на максимальній потужності, видалили 10,01 мг/л кадмію в стоках і швидко видалили його з водного розчину, а термодинамічні дослідження показали, що адсорбція кадмію на Грейпфрут-біосорбенті є спонтанним і екзотермічним процесом. Результати показали, що шкірку грейпфрута можна вважати ефективним адсорбентом [9]. Також в 2018 році досліджували ефективність видалення свинцю, нікелю та кадмію з їстівних овочів за допомогою абрикосової шкаралупи.

Однією з перспективних технологій – є адсорбування токсичних та важких металів дешевими та доступними відходами томатної вичавки. Ці відходи як екологічний залишок, який може бути зіпсований швидко, і сам по собі вважається шкідливим для довкілля. Свіжі побічні продукти від томатів протягом тривалого часу вважалися екологічною неприємністю [10]. У деяких країнах відходи скидають у водойми поблизу заводу або залишають накопичуватися на місці виробництва. Матеріал швидко псується і стає місцем розмноження різноманітних шкідників, які є господарями хвороботворних організмів [11]. Завдяки своєму господарському значенню ця рослина є предметом багатьох досліджень і відома в генетиці як одна з модельних рослин. Дослідження цієї рослини в 1990 році призвело до виробництва перших трансгенних видів, дозволених для споживання та торгівлі в Сполучених Штатах. Томатні вичавки є одним із побічних продуктів виробництва томатної пасти, який, залежно від методу обробки та характеристик сирих томатів, включає різні пропорції шкірки, насіння та невелику кількість томатної м'якоти. Томатна м'якоть є одним із побічних продуктів, які отримують у процесі виробництва томатного соусу та пюре. Існує думка, що томатні вичавки багатьма функціональними групами, ймовірно, можуть бути дуже цінним адсорбентом, який здатний зменшити вміст небезпечних важких металів нікелю та кобальту зі стоків фармацевтичних лабораторій.

Наприкінці слід зазначити, що використання нових методів та технологій на основі біосорбентів, а також допомога урядових установ у вирішенні проблем сільськогосподарських/харчових відходів може значно допомогти зменшити забруднення вод важкими металами.

Намір використовувати біосорбенти може бути корисним у розробці доступної «зеленої екологічної технології» для очищення питної води, забрудненої важкими металами, яка може дати можливість громадам з низьким рівнем доходу насолоджуватися питною водою без важких металів, щоб захистити їх від небезпеки для здоров'я та токсичні речовини.

### **Використані інформаційні джерела:**

1. Khan, N. A., Vambol, V., Vambol, S., Esrafil, A., Yousefi, M. (2021). *Hospital effluent guidelines and legislation scenario around the globe: A critical review. Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2021, 9(5), 105874.
2. Khan, N.A., Ullah Khan, S., Ahmed, S., Vambol, S., Vambol, V. (2019a). *Smart ways of hospital wastewater management, regulatory standards and conventional treatment techniques: A short review. Smart and Sustainable Built Environment* this link is disabled, 2020, 9(4), p. 727–736.
3. Ziarati, P., Moslehishad, M., Mohammad-Makki, F.M., (2016). *Novel adsorption method for contaminated water by wild endemic almond: Amygdalus scoparia. Biosciences Biotechnology Research Asia*, 13, 147–153, <http://dx.doi.org/10.13005/bbra/2017>.
4. Ziarati, P., Mirmaohammad Makki, F.S., (2015). *Removal of Nitrate and Nitrite from Tomato Derived Products by Lemon Juice. Biosciences Biotechnology Research Asia*, 12 (Spl. Edn. 2), 767–772.
5. Badr, N. B., Al-Qahtani, K. M., & Mahmoud, A. E. D. (2020). *Factorial experimental design for optimizing selenium sorption on Cyperus laevigatus biomass and green-synthesized nano-silver. Alex Eng J*, 59(6), 5219–5229.
6. Garadaghli, L.Ch., (2021). *Influence of gray-brown soils contaminated with waste of sumgayit synthetic rubber plant on life activity of earthworms. Advances in Biology & Earth Sciences*, 6, 96–100 <http://jomardpublishing.com/UploadFiles/Files/journals/ABES/V6N1/GaradaghliL.pdf>.
7. Ziarati, P., Moradi, D., Vambol, V. (2020). *Bioadsorption of heavy metals from the pharmaceutical effluents, contaminated soils and water by food and agricultural waste: a short review. Labour Protection Problems in Ukraine*, 36(2), 3-7. DOI: 10.36804/nndipbop.36-2.2020.3–7.
8. Shir Khan, 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.
9. Shahsavan-Davoudi, A.H., Ziarati, P., (2020). *Green Method for Cadmium Removal from Pharmaceutical Effluent Laboratories by Grapefruit Peel. J Med Discov.* ,5(3). jmd20035; DOI:10.24262/jmd.5.3.20035.
10. Del Valle, M., Camara, M., Torija, M. E. (2006). *Chemical characterization of tomato pomace. J. Sci. Food Agric.*, 86, 1232–1236. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2474.74> .
11. León-García, E., Vela-Gutiérrez G., Del Ángel-Coronel, O.A., Torres-Palacios, C., La Cruz-Medina, J., Gómez-Lim, M.A., García, H.S., (2017). *Increased Postharvest Life of TomLox B Silenced Mutants of Tomato (Solanum lycopersicum) Var. TA234. Plant Foods Hum Nutr.*, 72(4). 380–387. doi: 10.1007/s11130-017-0629-y. PMID: 28918545.

**ЕКОЛОГІЧНА І ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ  
ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ**

Масштабне впровадження електричного транспорту є невід'ємною складовою декарбонізації економіки України та ефективного використання викопного палива. Звичайно електроенергія частково також виробляється за рахунок спалювання органічного палива і відповідно призводить до викидів парникових газів та забруднюючих речовин в атмосферу. Але слід зазначити, що Об'єднана енергетична система України включає низку джерел енергії, які не супроводжуються спалюванням палива, такі як атомні електростанції, гідроелектростанції, вітрові і сонячні електростанції тощо. В Україні такі джерела енергії виробляють до двох третин від усього обсягу електроенергії.

Метою роботи було провести аналіз екологічної та економічної ефективності експлуатації електромобілів (ЕМ) в Європейському Союзі та Україні.

Для того, щоб коректно оцінити екологічну і економічну доцільність експлуатації ЕМ, необхідну врахувати цілу низку факторів, а саме ціну конкретних автомобілів, вид енергоресурсів, питомі витрати енергоресурсів на 1 км, ціну енергоресурсів, а також кілометраж конкретної подорожі. Для того, щоб розрахувати приблизну оцінку зробимо деякі спрощення, а саме не будемо враховувати ціну на автомобілі і розглядати автомобіль з двигуном внутрішнього згоряння, який працює на бензині.

Економічна доцільність експлуатації ЕМ в розрахунку на 1 км враховує питоме споживання енергоресурсів та їх ціну:

$$EC = CONS_p^a \cdot COST_p - CONS_{ee}^{ea} \cdot COST_{ee},$$

де  $EC$  – економічна доцільність експлуатації ЕМ в розрахунку на 1 км, €/км;  $CONS_p^a$  – питоме споживання бензину автомобілем з ДВЗ, л/км;  $CONS_{ee}^{ea}$  – питоме споживання електроенергії електромобілем, кВт·год/км;  $COST_p$  – вартість бензину, €/л;  $COST_{ee}$  – вартість електроенергії €/кВт·год.

Екологічна доцільність експлуатації ЕМ в розрахунку на 1 км враховує питоме споживання енергоресурсів та питомі види парникових газів (ПГ) на одиницю енергоресурсів:

$$EE = CONS_p^a \cdot EF_p - CONS_{ee}^{ea} \cdot EF_{ee},$$

де  $EE$  – економічна доцільність експлуатації ЕМ в розрахунку на 1 км, €/км;  $EF_p$  – питомі викиди ПГ від споживання бензину, кг CO<sub>2</sub>/кг;  $EF_{ee}$  – питомі викиди ПГ від виробництва електроенергії, кг CO<sub>2</sub>/кВт·год.



Питомі викиди ПГ від споживання бензину визначаються згідно з Постановою КМУ «Про затвердження Порядку здійснення моніторингу та звітності щодо викидів парникових газів» від 23 вересня 2020 р. № 960 (табл. 1) [1].

Таким чином, питомі викиди вуглекислого газу від споживання бензину складають 3,07 кг CO<sub>2</sub>/кг бензину або 2,15 кг CO<sub>2</sub>/л бензину. Таке ж значення можна використовувати і для інших країн ЄС, оскільки він визначений за міжнародними методологіями.

Питомі викиди ПГ від виробництва електроенергії визначаються на основі обсягів виробництва електроенергії в країні і викидів ПГ при виробництві електроенергії, які містяться в Національних кадастрах викидів ПГ з джерел і абсорбції поглиначами:

$$EF_{ee} = \frac{EMISSIONS_{ee}}{PROD_{ee}},$$

де  $EF_{ee}$  – питомі викиди ПГ від виробництва електроенергії, кг CO<sub>2</sub>/кВт·год;  $EMISSIONS_{ee}$  – викиди ПГ від виробництва електроенергії в країні, кг CO<sub>2</sub>;  $PROD_{ee}$  – виробництво електроенергії в країні, кВт·год.

При цьому питомі викиди ПГ в електроенергетиці залежать від структури виробництва електроенергії, тобто чим більше її виробляється джерелами з «нульовими» викидами (АЕС, ГЕС, ВЕС СЕС тощо), тим питомі викиди ПГ є меншими.

Слід зазначити, що за умови використання сонячної електроенергії станціями зарядки, питомі коефіцієнти викидів ПГ вважаються нульовими, тобто зниження викидів складає 100%.

У таблиці 1 наведено вихідні дані і оцінку екологічної і економічної ефективності експлуатації ЕМ в країнах ЄС в розрахунку на 1 км. Середнє споживання електроенергії електромобілями в ЄС складає 0,2 кВт·год/км [2], бензину 0,094 кг CO<sub>2</sub>/кг бензину [3].

**Таблиця 1 – Вихідні дані та оцінка екологічної і економічної ефективності експлуатації ЕМ в країнах ЄС в розрахунку на 1 км**

	Ціна на електроенергію [4], Євро/кВтгод	Викиди CO <sub>2</sub> , кг/кг бензину	Ціна бензину [5], Євро/л	Викиди CO <sub>2</sub> при виробництві електроенергії [6], кг/кВтгод	«Кліматична» ефективність, кг CO <sub>2</sub> /км	Економічна ефективність, €/км
Бельгія	0,20	3,07	1,95	0,1982	<b>0,16</b>	<b>0,14</b>
Болгарія	0,09	3,07	1,43	0,3274	<b>0,14</b>	<b>0,12</b>
Чехія	0,19	3,07	1,69	0,3973	<b>0,12</b>	<b>0,12</b>
Данія	0,15	3,07	2,21	0,1887	<b>0,16</b>	<b>0,18</b>
Німеччина	0,19	3,07	2,01	0,3325	<b>0,14</b>	<b>0,15</b>
Естонія	0,13	3,07	1,95	0,4403	<b>0,11</b>	<b>0,16</b>
Ірландія	0,28	3,07	1,82	0,3128	<b>0,14</b>	<b>0,12</b>
Греція	0,15	3,07	1,94	0,3877	<b>0,12</b>	<b>0,15</b>

Іспанія	0,19	3,07	1,75	0,1995	<b>0,16</b>	<b>0,13</b>
Франція	0,16	3,07	1,93	0,0675	<b>0,19</b>	<b>0,15</b>
Хорватія	0,11	3,07	1,52	0,3341	<b>0,14</b>	<b>0,12</b>
Італія	0,19	3,07	1,95	0,3367	<b>0,13</b>	<b>0,14</b>
Кіпр	0,15	3,07	1,43	0,6186	<b>0,08</b>	<b>0,10</b>
Латвія	0,13	3,07	1,84	0,2238	<b>0,16</b>	<b>0,15</b>
Литва	0,11	3,07	1,85	0,2627	<b>0,15</b>	<b>0,15</b>
Люксембург	0,18	3,07	1,66	0,1967	<b>0,16</b>	<b>0,12</b>
Угорщина	0,08	3,07	1,22	0,247	<b>0,15</b>	<b>0,10</b>
Мальта	0,14	3,07	1,34	0,4481	<b>0,11</b>	<b>0,10</b>
Нідерланди	0,20	3,07	2,11	0,3941	<b>0,12</b>	<b>0,16</b>
Австрія	0,17	3,07	1,69	0,1425	<b>0,17</b>	<b>0,13</b>
Польща	0,10	3,07	1,18	0,6473	<b>0,07</b>	<b>0,09</b>
Португалія	0,13	3,07	1,92	0,2518	<b>0,15</b>	<b>0,15</b>
Румунія	0,12	3,07	1,48	0,2449	<b>0,15</b>	<b>0,12</b>
Словенія	0,14	3,07	1,55	0,2457	<b>0,15</b>	<b>0,12</b>
Словакія	0,12	3,07	1,61	0,1592	<b>0,17</b>	<b>0,13</b>
Фінляндія	0,17	3,07	2,06	0,1419	<b>0,17</b>	<b>0,16</b>
Швеція	0,18	3,07	2,11	0,0424	<b>0,19</b>	<b>0,16</b>
Ісландія	0,13	3,07	1,99	0,0288	<b>0,20</b>	<b>0,16</b>
Ліхтенштейн	0,20	3,07	2,18	0	<b>0,20</b>	<b>0,16</b>
Норвегія	0,23	3,07	2,48	0,031	<b>0,20</b>	<b>0,19</b>
Великобританія	0,17	3,07	1,88	0,2457	<b>0,15</b>	<b>0,14</b>
Монтенегро	0,09	3,07	1,58	0,4012	<b>0,12</b>	<b>0,13</b>
Македонія	0,08	3,07	1,46	0	<b>0,20</b>	<b>0,12</b>
Албанія	0,08	3,07	1,58	0,0245	<b>0,20</b>	<b>0,13</b>
Сербія	0,07	3,07	1,45	0,5979	<b>0,08</b>	<b>0,12</b>
Турція	0,07	3,07	1,2	0,4113	<b>0,12</b>	<b>0,10</b>
Боснія і Герцеговина	0,08	3,07	1,45	0,522	<b>0,10</b>	<b>0,12</b>
Косово	0,06	3,07	н/д	0,7766	<b>0,05</b>	н/д
Україна	0,05	3,07	1,09	0,2792	<b>0,15</b>	<b>0,09</b>

Таким чином, економічна ефективність експлуатації ЕМ в Європі складає від 9 до 18 євроцентів на 1 км. Екологічна ефективність експлуатації ЕМ в Європі складає від 5 до 20 г CO<sub>2</sub> на 1 км.

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

1. ПОСТАНОВА КМУ «Про затвердження Порядку здійснення моніторингу та звітності щодо викидів парникових газів» від 23 вересня 2020 р. № 960, Київ. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-%D0%BF#Text>

2. Electric Vehicle Database. <https://ev-database.org/cheatsheet/energy-consumption-electric-car>

3. IEA. *Tracking Fuel Consumption of Cars and Vans 2020*.  
<https://www.iea.org/reports/tracking-fuel-consumption-of-cars-and-vans-2020-2>

4. EUROSTAT. *Data Browser*.  
[https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg\\_pc\\_204/default/table?lang=en](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg_pc_204/default/table?lang=en)

5. European Commission. *Oil Weekly Bulletin*.  
[https://energy.ec.europa.eu/data-and-analysis/weekly-oil-bulletin\\_en](https://energy.ec.europa.eu/data-and-analysis/weekly-oil-bulletin_en)

6. EMBER. *Data Explorer*. <https://ember-climate.org/data/data-explorer/>

УДК 550.3

<sup>1,2</sup>*Ігнатишин В. В., к. ф.-м. н., с. н. сп.,* <sup>2</sup>*Іжак Т. Й., к. географ. н., PhD,*  
*доцент,* <sup>1</sup>*Ігнатишин М. Б., провідний інженер,*  
<sup>1</sup>*Ігнатишин А. В., інженер II категорії*

<sup>1</sup>*Відділ сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики*  
*ім. С. І. Субботіна НАН України, м. Львів, Україна,*

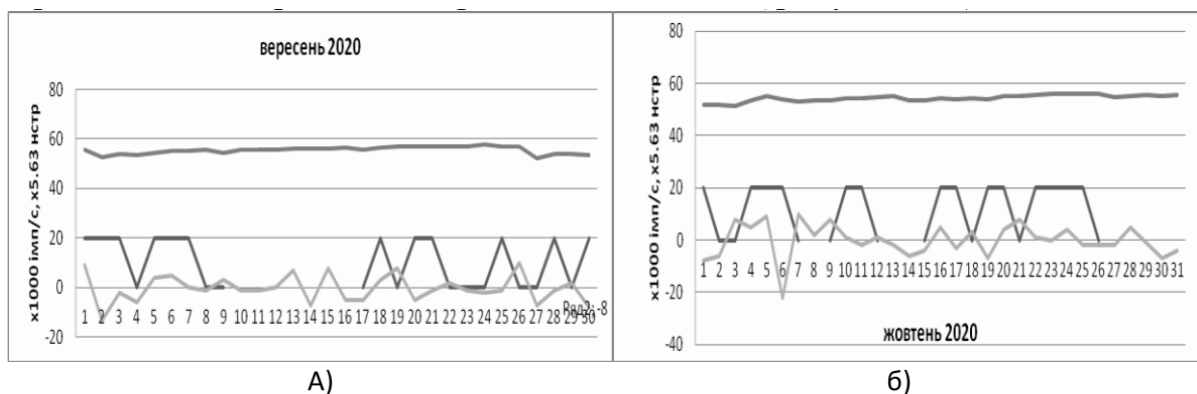
<sup>2</sup>*Закарпатський угорський інститут ім. Ференца Ракоці II,*  
*м. Берегове, Україна*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ЗВ'ЯЗКІВ ГЕОФІЗИЧНИХ ПОЛІВ У ЗАКАРПАТСЬКОМУ ВНУТРІШНЬОМУ ПРОГІНІ: ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ**

Екологічний стан Закарпаття залежить від декількох чинників, серед яких необхідно підкреслити гідрологічний, геофізичний, який представлений сейсмічними подіями в регіоні. Періодичність сейсмічної активності регіону виявляються в чергуванні підвищеної сейсмічності та сейсмічного затишшя. Період від середини 2015 року до початку 2020 року можна розглядати як інтервал часу підготовки та акумуляції енергії пружно-деформованого стану. Січень 2020 року характерний тим, що після тривалого періоду сейсмічного затишшя, було зареєстровано відчутний місцевий землетрус. Відомо, що сеймотектонічні процеси викликають зміни фізичних характеристик гірських порід, які представлені аномальними величинами спостережуваних геофізичних полів, зокрема магнітного поля Землі, радіоактивного фону середовища та недавно відкритої електромагнітної емісії. Розглянуто сучасні горизонтальні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому, просторово-часовий розподіл місцевої сейсмічності, та варіації електромагнітної емісії за 2020 рік. Відмічено аномальні величини електромагнітної емісії за невеликий період часу до реєстрації місцевого землетрусу. Важливо продовжити дослідження з метою виділення аномальних величин геофізичних полів, що слугуватимуть при майбутньому прогнозуванні сейсмічних явищ. Для вирішення поставлених задач використано результати геофізичних спостережень у Закарпатті на пунктах геофізичних, сейсмологічних та деформометричних спостережень Інституту геофізики ім. С. І. Субботіна НАН України.

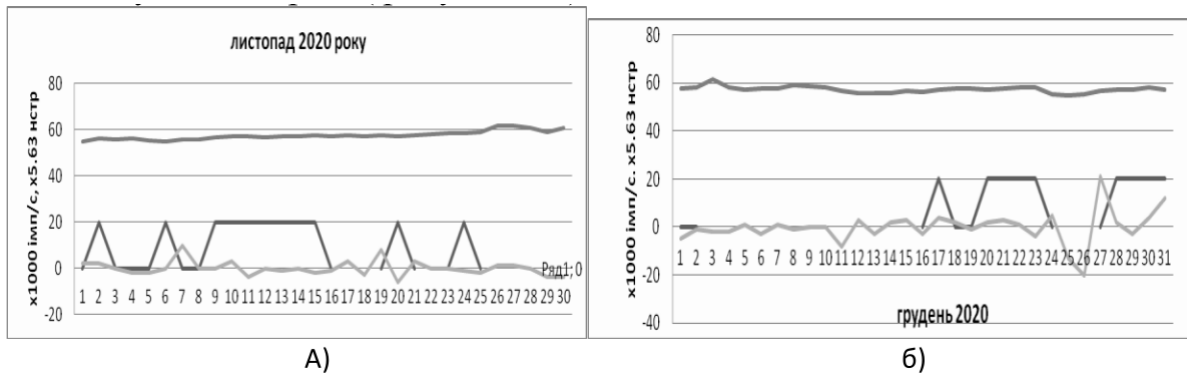
На РГС на території Закарпаття проводяться гідрологічні та метеорологічні спостереження для вивчення їх зв'язку з сучасними горизонтальними рухами кори та сейсмічною активізацією в ці періоди, відмічено суттєвий вплив рівня води в річках на геодинамічний стан регіону [1, 4]. Дослідження зв'язку варіацій аеродинамічних параметрів та сеймотектонічних процесів на Закарпатському внутрішньому прогині привели до висновків щодо впливу варіацій швидкостей вітрів та їх

напрямоків на протікання сеймотектонічних процесів у цей період [2]. Проведено аналіз варіацій параметрів електромагнітної емісії та сучасних горизонтальних рухів кори із сейсмічними процесами в Закарпатті, виявлено зв'язок отриманих параметрів із проявами місцевої сейсмічності. В інтервалах підвищеної сейсмічності відмічено аномалії електромагнітної емісії низькочастотного діапазону, що може бути викликано як геодинамікою земної кори так і як результат швидких рухів кори [3]. Розглянуто просторово-часовий розподіл місцевої сейсмічності за 2020 рік, динаміку сучасних горизонтальних рухів у зоні Оашського глибинного розлому та варіації електромагнітної емісії в діапазоні частот: 2-50 кГц у центральній частині Закарпатського внутрішнього прогину в місячних інтервалах. Вересень 2020 року характерний сейсмічною активністю: зареєстровано 12 місцевих землетрусів, рухи кори – розширення порід величиною: +500 нстр. Варіації електромагнітної емісії представлені на рисунку 1,а. Рухи кори корелюються із сейсмічністю в регіоні, електромагнітна емісія за місяць зменшилася. В жовтні відбулося 14 місцевих землетрусів, стиснення порід величиною: -292 нстр. Представлено варіації електромагнітної емісії (рисунок 1,б).



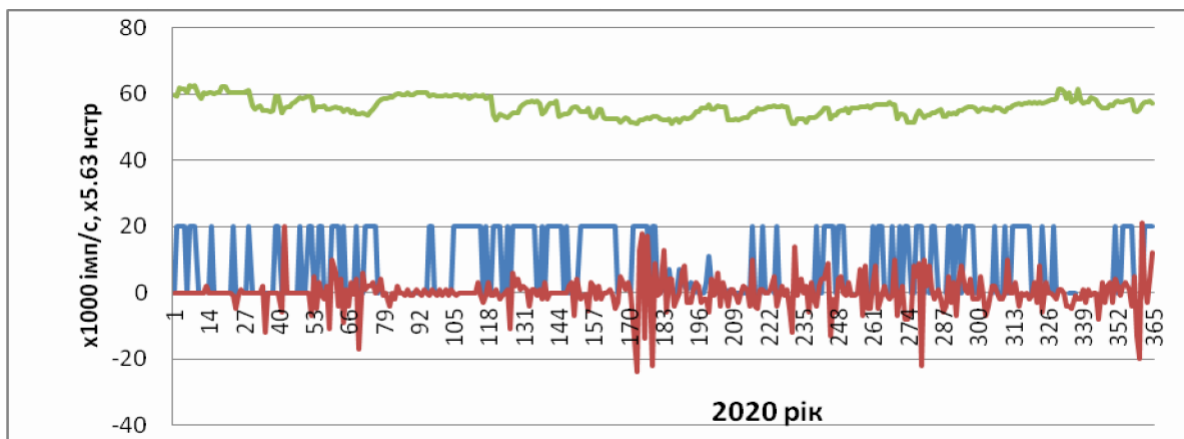
**Рисунок 1 а – Сейсмічна активність (крива чорного кольору), рухи кори (крива світло-сірого кольору), електромагнітна емісія (крива сірого кольору). Вересень 2020 року; б) Сейсмічна активізація (діаграма чорного кольору), рухи кори (крива світло-сірого кольору), електромагнітна емісія (крива сірого кольору). Жовтень 2020 року. Закарпатський внутрішній прогин.**

Електромагнітна емісія зростає в періоди сейсмічної активізації, яка реєструється в періоди інтенсивних рухів кори. В листопаді 2020 року відмічено розширення кори величиною: 600 нстр, зареєстровано 11 місцевих землетрусів, показано зміни електромагнітної емісії за досліджуваний термін( рисунок 2,а).



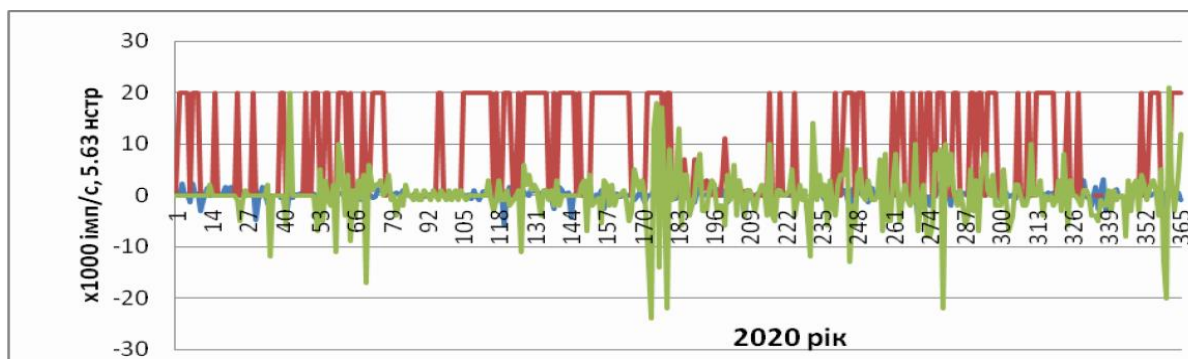
**Рисунок 2а – Сейсмічність регіону (крива чорного кольору), рухи корккрива світло-сірого кольору), електромагнітна емісія (крива сірого кольору). Листопад 2020 року; б – Електромагнітна емісія (крива сірого кольору), сейсмічність регіону (крива чорного кольору), рухи кори (крива світло-сірого кольору). Грудень 2020 року.  
Закарпатський внутрішній прогин**

У листопаді 2020 року сейсмічність регіону супроводжується ростом електромагнітної емісії. Швидкі зміни рухів кори зв'язані в часовому режимі із реєстрацією місцевої сейсмічності. В грудні 2020 року зареєстровано 7 місцевих землетрусів, стиснення порід величиною: -73 нстр. Електромагнітна емісія представлена на рисунку 2,б. Інтервал часу, коли реєструються місцеві землетруси, відгукуються варіаціями електромагнітної емісії в діапазоні частот 2-50 кГц. Представлено варіації електромагнітної емісії за 2020 рік, динаміку сучасних горизонтальних рухів кори в зоні Оашського глибинного розлому, просторово-часового розподілу місцевої сейсмічності (рисунок 3).



**Рисунок 3 – Варіації електромагнітної емісії за 2020 рік (крива зеленого кольору), сейсмічний стан регіону (діаграма синього кольору), динаміка сучасних рухів кори (крива червоного кольору). 2020 рік. Закарпатський внутрішній прогин**

Аналіз представленого комплексного графіку приводить до висновків: за річний період електромагнітна емісія зменшилася, відмічено коливання величини електромагнітної емісії з різними часовими періодами; динаміка сучасних горизонтальних рухів кори представлена періодами підвищених величини прискорення зміщення земної кори: перша половина року, коли відмічено такий період (лютий – березень 2020 року); друга половина року – відмічено підвищення величини прискорення рухів кори; сейсмічність регіону також підлягає періодичності, виділяють три інтервали підвищеної сейсмічної активності регіону: січень-лютий, квітень-червень, серпень-листопад; інтервали підвищеної сейсмічної активності корелюються із інтервалами інтенсивних рухів кори, відмічених підвищеними величинами прискорення; відчутному місцевому землетрусу 23.01.2020 року передують геодинамічний стан, характерний рухами кори із сталими швидкостями та прискореннями; динаміка рухів кори корелюється із варіаціями електромагнітної емісії – інтенсивні рухи кори відбуваються в періоди понижених величин електромагнітної емісії в досліджуваному діапазоні частот; сейсмічність регіону корелюється із варіаціями електромагнітної емісії. Електромагнітна емісія представлена як періодична функція від часу, період становить 2-3 місяці. Представлено зв'язок просторово-часового розподілу місцевої сейсмічності, динаміки рухів кори та варіації електромагнітної емісії (рисунок 4).



**Рисунок 4 – Динаміка електромагнітної емісії (крива синього кольору), сейсмічність регіону (діаграма червоного кольору), динаміка рухів кори (крива зеленого кольору). 2020 рік. Закарпатський внутрішній прогин.**

Параметри динамічних характеристик геофізичних полів корелюються між собою. Рухи кори корелюють із електромагнітною емісією в регіоні, причому електромагнітна емісія залежать від частоти сейсмічної активності: підвищена електромагнітна емісія відмічена в інтервалах низькочастотної сейсмічної активності, підвищена сейсмічна активність із високою частотою супроводжується низькими величинами електромагнітної емісії.

### **Використані інформацій джерела:**

1. Ігнатишин В. В., Ігнатишин М. Б., Ігнатишин А. В. Зв'язок гідрогеологічного та геодинамічного станів Закарпатського внутрішнього прогину. Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія «Географічні науки». 2017. №7. С.127–135. ISSN 241-73-91

2. Ігнатишин В. В., Іжак Т. Й. Дослідження зв'язку варіацій аеродинамічних параметрів та сейсмотектонічних процесів на геологічних структурах. Науковий вісник Херсонського Державного Університету, серія «Географічні науки». 2018. №8. С. 177–184. ISSN 2413-7391

3. Ігнатишин В. В., Іжак Т. Й., Ігнатишин А. В., Ігнатишин М. Б. Зв'язок електромагнітної емісії низькочастотного діапазону з геодинамічним та сейсмічним станами Закарпаття в 2017 році. Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія «Географічні науки». 2018. №9. С.115–122. ISSN 2413-7391

4. Ігнатишин В. В., Малицький Д. В., Іжак Т. Й., Вербицький С. Т., Ігнатишин А. В., Ігнатишин М. Б. Гідрогеологічний аспект екологічного стану Закарпаття за 2020 рік. Екологічні науки : науково-практичний журнал / Головний редактор Бондар О.І. К. : Видавничий дім «Гельветика», 2021. №4 (37). 200 с. С.114–120. ISSN: 2306-9716 (Print) ISSN: 2664-6110 (Online) УДК 550.34 DOI



*Існюк С. Ю., магістрантка, Трембус І. В., к. т. н., доцент  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»  
Київ, Україна*

## **БІОІНДИКАЦІЯ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА**

Індикатори – види рослин і тварин, у тому числі і риби, за допомогою яких можна оцінити ступінь забруднення навколишнього середовища та здійснювати постійний контроль його якості та змін.

Біоіндикація це методи діагностики, які проводяться на об'єктах, що знаходяться в зразках, відібраних в природних умовах. Це спосіб оцінки антропогенного навантаження за реакцією на неї живих організмів і їх спільнот. Вона дозволяє констатувати, пояснювати реакцію біоти на зміни якості середовища та прогнозувати її.

Біоіндикація дозволяє отримати інтегральну оцінку стану водойми, яка відображає ступінь концентрації важких металів та екологічний стан водойми в цілому. Тому визначення оптимальних біоіндикаторів з-поміж видів, що поширені у водоймах, не лише дасть змогу виявляти забруднення гідроекосистеми, але й вживати заходів по детоксикації водойми на ранніх етапах, що може бути більш економічно доцільно [1].

Виявити присутність небезпечної забруднюючої речовини у водоймі можна за допомогою проявів її токсичного ефекту на рибах. Щодо стійкості до органічних забруднень і дефіциту кисню існують такі індикаторні групи організмів [2, 3]:

- полісапроби – організми, що витримують сильний ступінь дефіциту кисню (личинки комара *Chaoborus*, мухи-бджоловидки *Fristalis tenax*);
- мезосапроби – витримують лише середній ступінь забруднення (інфузорія парамеція, карась, короп, лин);
- олігосапроби – здатні витримати лише слабкий ступінь забруднення, вимогливі до кисню (форель, личинки мошок).

У якості біологічних індикаторів забруднення водойми важкими металами використовуються практично всі групи організмів, що населяють водойми, наприклад: бактерії, планктонні і бентосні безхребетні, найпростіші, водорості, макрофіти та риби [4]. Кожна з цих груп, виконуючи функції біологічного індикатора, має свої переваги і недоліки, тому немає як універсальних, так і угруповань біоти водойми, що не використовуються. Якість води визначають, оцінюючи реакцію гідробіонтів на забруднення. Індикатори гідробіонти – це зообентос, перифітон, зоопланктон і фітопланктон.

Зообентос – сукупність донних тварин, що живуть на дні або в ґрунті морських і прісних водойм. Стан зообентосу характеризує зміни водного середовища протягом тривалого часу.

Перифітон – поселення водних рослин і тварин на підводних скелях, камінні, річкових суднах, палях та інших об'єктах. Дослідження перифітону застосовують для оцінювання усередненої якості води водного об'єкта протягом довготривалого періоду часу.

Зоопланктон – сукупність тварин, що населяють водну товщу та пасивно переносяться течіями. Він є досить надійним індикатором якості води в мало проточних річках, озерах, водосховищах та ставках. Його досліджують для отримання характеристик якості води в пунктах спостереження за порівняно короткий період часу.

Фітопланктон – сукупність рослинних організмів, які населяють товщу води морських та прісних водоймищ і пасивно переносяться течіями. Він характеризує якість водних мас. Тому на водотоках забирають його проби, які використовують для одержання інформації про рівень забруднення на ділянках, розміщених за течією вище від пунктів спостережень.

Водорості є чи не найбільш звичним компонентом водних екосистем і звичайно ж використовуються в біоіндикації. Наприклад, родина хлорелових (*Chlorellaceae* Brunnthaler) є представником одноклітинних зелених водоростей, які поширені в ґрунтах і воді. Для неї характерна дуже вразлива пігментна система. За наявності важких металів в екосистемі вона припиняє свій ріст та втрачає забарвлення [3].

Загалом, як біоіндикатори забруднення важкими металами водойм використовують наступні види водоростей: *Chlorella vulgaris*, *Chlorella pyrenoidosa*, *Dunabiella tertiolecta*, *Isochrysis galbana*, *Thalassiosira rotula*, *Scenedesmus quadricauda*, *Anlostrodesmus falcate*, *Selenastrum capricornutum*.

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

1. Брагинский Л. П., Щербань Э. П. Острая токсичность тяжелых металлов для водных беспозвоночных при различных температурных условиях/ Гидробиол. журн. 1978. Т. 14, № 1. С. 86–97.

2. Брагинский Л. П., Величко И. М., Щербань Э. П. Пресноводный планктон в токсичной среде. К. : Наук. думка, 1987. 199 с.

3. Колесник Н. Л. Розподіл важких металів серед компонентів прісноводних екосистем [огляд]. Рибогосподарська наука України. 2014. 3.С. 35–54.

4. Мухина А. А. Насекомые как объект биоиндикации / Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах : Матеріали IV Міжнародної наукової конференції. Дніпропетровськ : Вид-во ДНУ, 2007. С. 276–277.

## **МАГНІТОКЕРОВАНІ СОРБЕНТИ НА ОСНОВІ ХІТИНУ КОМАХ ДЛЯ ОЧИСТКИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ВІД ЗАБРУДНЮВАЧІВ РІЗНОЇ ПРИРОДИ**

Хітин є природним біополімером, який широко поширений на Землі (це другий за поширеністю в біосфері полісахарид після целюлози). Це лінійний полімер N-ацетил-D-глюкозаміну, структурно подібний до целюлози, від якої він відрізняється наявністю ацетамідних груп в С2 положенні ланки глюкози. За допомогою процедури деацетилювання з хітину можна отримати кислоторозчинний хітозан. Хітозан і композити на його основі є широко вживаними зеленими сорбентами, вони біосумісні, здатні до біодеградації, нетоксичні та мають високу сорбційну здатність щодо ряду сполук [1, 2]. Традиційним джерелом хітину і хітозану є ракоподібні. В той же час, зростаючий попит на хітин і хітозан стимулював ринок до пошуку більш стійких альтернатив поточному комерційному джерелу (ракоподібним). Комахи-біоперетворювачі є найбільш відповідними кандидатами, оскільки хітин є побічним продуктом «комашиних ферм». Приблизно на 80% європейських комашиних ферм вирощується чорна львинка *Hermetia illucens* через її чудову здатність до біоконверсії. Личинки чорної львинки здатні харчуватися гниючими органічними субстратами, перетворюючи їх на біомасу високої біологічної цінності, що містить високу долю білка. Личинка *H. illucens* може розвиватися на відходах сільського господарства і використовуватися не тільки як джерело білка і ліпідів, але і для отримання хітину. Процедура виділення хітину з личинок чорної львинки не складна. На відміну від хітину ракоподібних, хітин комах не потребує тривалої демінералізації.

Магнітні матеріали можна використовувати як сорбенти для аналізу мікроелементів в екологічних і біологічних зразках [3], а також для очищення промислових стічних вод від барвників і важких металів [4, 5]. Особливий інтерес у цьому плані представляє магнітна модифікація біополімерів. Методи такої модифікації постійно вдосконалюються [6].

У нашій роботі різні зразки хітозану/сорбентів (Литва) були отримані з оболонки *H. illucens* і охарактеризовані методами SEM, XRD і TPDMS. Проведено їх магнітну модифікацію (за допомогою нанокристалічного магнетиту). Нашою метою було дослідження можливості і перспективи їх використання для очищення води від органічних/неорганічних забруднювачів.

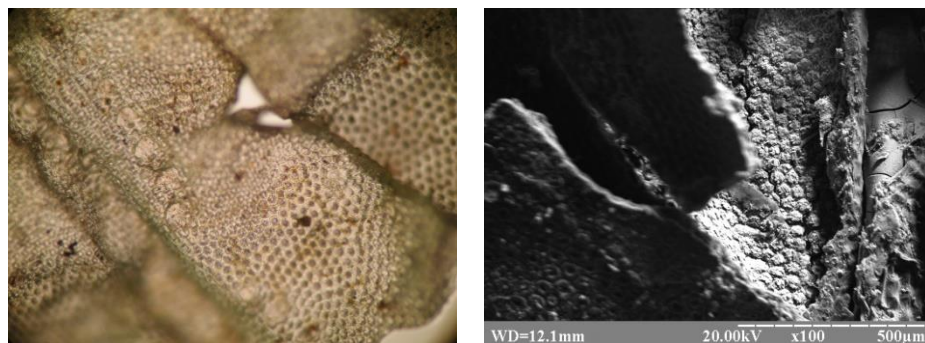
У роботі використовували оболонки личинок *H. illucens*, отриманих із інсектарію Харківського національного педагогічного університету, та оболонки личинок промислового виробника *H. illucens* («Insectum», Литва).

Використовували також два сорбенти (FLS1 та FLS2) на основі оброблених кислотою оболонок личинок *H. illucens*, виготовлених у Центрі фізико-технічних наук, Вільнюс, Литва, які відрізняються процедурою деацетилювання.

Наночастинки магнетиту були отримані з гептагідрату сульфату заліза при високому рН, як описано в [6]. Для магнітної модифікації хітинові матеріали були змішані з охолодженою суспензією магнітних наночастинок в органічному розчиннику, а потім висушені при 60 °С.

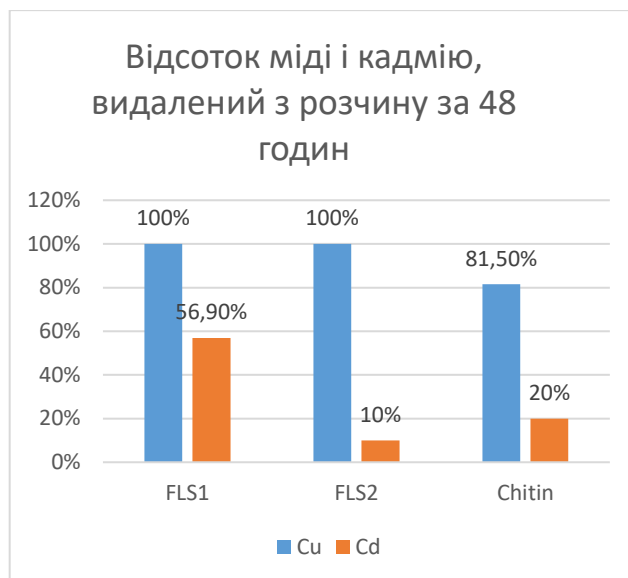
Кристалічна структура матеріалів досліджена методом рентгенівської дифракції (XRD), морфологія – методом скануючої електронної мікроскопії (SEM). Електронно-мікроскопічні дослідження проводили на скануючому мікроскопі РЕММА-102 (ВАТ «СЕЛМІ», Україна). Рентген-дифракційні дослідження проводили на дифрактометрі ДРОН-4-07, випромінювання  $\text{CoK}\alpha$  (довжина хвилі 0,179 нм), фокусування Брегга-Брентано. Температурно-програмована десорбційна мас-спектрометрія (ТПДМС) була використана для вивчення виділення води та карбонатів. Вміст  $\text{Cu}$  та  $\text{Cd}$  у сорбційних дослідках вимірювали методом атомно-абсорбційної спектроскопії (КАС-120, ВАТ «СЕЛМІ», Україна).

Електронно-мікроскопічні дослідження свідчать про те, що хітин комах певною мірою зберігає структуру панцирів. Обробка нанорозмірним магнетитом істотно не впливає на структуру хітинового матеріалу, але надає йому магнітних властивостей (рис. 1).



**Рисунок 1 – Сорбент FLS2 на основі хітину, модифікований магнетитом (ліворуч, світлова мікроскопія, 10x) та хітин, отриманий із пупаріїв *H. illucens* (праворуч, електронна мікроскопія, 100x)**

В експериментах із сорбції важких металів сорбенти та хітиновий матеріал піддавалися дії 0,1 мг/л водного розчину  $\text{Cu}$  та  $\text{Cd}$ . Результати через 48 годин наведені на рисунку 2.



**Рисунок 2 – Сорбція міді і кадмію матеріалами FLS1, FLS2 та хітином**

Матеріали показують значно кращі результати щодо Cu, сорбенти адсорбують всю Cu в розчині через 48 год, хітин демонструє гіршу активність. Однак у випадку Cd найкращий результат показує сорбент FLS1, але навіть цей результат не можна вважати хорошим. Сорбційна активність щодо важких металів потребує подальших досліджень.

Дифракційну картину, яку видно на дифрактограмах, можна віднести до магнетиту (JCPDS 88-315). Розмір кристалітів магнетиту оцінюється в 20-30 нм згідно з формулою Шеррера.

Метод ТПДМС використовувався для вивчення термічно індукованого вивільнення газоподібних речовин із зразків. За низьких температур його можна використовувати для дослідження місць сорбції в зразках, більш високі температури дають інформацію про різні стадії піролізу, що корелює з молекулярним складом матеріалу. Наші зразки виділяють тільки речовини, що відповідають піролізу органічної частини композитів, і адсорбовану воду. Найцікавішими є профілі водовіддачі.

Дані ТПДМС демонструють різні профілі десорбції води спеціальними сорбентами FLS1 і FLS2, виготовленими з оболонок личинок *H. illucens* і хітинового матеріалу з цих оболонок. Вода з хітинових матеріалів виділяється при 200 °C, тоді як сорбенти демонструють два піки виділення води, один при 200 °C і другий високотемпературний пік ближче до 300 °C, що вказує на різний зв'язаний стан води в цих матеріалах. і тому суттєва різниця в місцях поверхневої сорбції.

Отримані результати показують можливість отримання дешевих та ефективних сорбентів на основі природного хітинового матеріалу з чорної львинки *Hermetia illucens* та можливість дешевої та простої магнітної

модифікації цих сорбентів, що дозволяє легко видаляти їх із середовища, коли це необхідно, за допомогою зовнішнього магнітного поля.

**Подяки.** Ми вдячні спільному чесько-українському проекту «Дешеві та прості у виготовленні магнітні композити на основі хітозану для іммобілізації хітину, ферментів, біосорбції, біосенсорів та біомедицини» та особливо проекту EUREKA E!13636 «Flychitin» та нашим колегам з Литви (Центр фізичних наук і технологій, Вільнюс) за підтримку цієї роботи.

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

1. A. Khan, N. Ali, S. Malik, M. Bilal, H. Munir, L. Fernando, R. Ferreira, H. M. N. Iqbal Chapter 13 - Chitosan-based green sorbents for toxic cations removal, *Sorbents Materials for Controlling Environmental Pollution Current State and Trends*, pp. 323–352, 2021, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820042-1.00014-6>

2. D.C. da Silva Alves, B. Healy, L.A.A. Pinto, T.R.S. Cadaval Jr, C.B. Breslin Recent developments in chitosan-based adsorbents for the removal of pollutants from aqueous environments, *Molecules*, vol. 26(3), art. 594, 2021, <https://doi.org/10.3390/molecules26030594>

3. M. He, Zh. Chen, Ch. Xu, B. Chen, B. Hu, *Magnetic nanomaterials as sorbents for trace elements analysis in environmental and biological samples*, *Talanta*, vol. 230, art. 122306, August 2021, <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2021.122306>

4. S.K. Panda, I. Aggarwal, H. Kumar, L. Prasad, A. Kumar, A. Sharma, D.-V.N. Vo, D.V. Thuan, V. Mishra Magnetite nanoparticles as sorbents for dye removal: a review, *Environ. Chem. Lett.*, vol. 19, pp. 2487–2525, 2021, <https://doi.org/10.1007/s10311-020-01173-9>

5. M.I.A. Abdel Maksoud, R.A. Fahim, A.G. Bedir, A.I. Osman, M.M. Abouelela, G.S. El-Sayyad, M.A. Elkodous, A.S. Mahmoud, M.M. Rabee, A.H. Al-Muhtaseb, D.W. Rooney Engineered magnetic oxides nanoparticles as efficient sorbents for wastewater remediation: a review, *Environmental Chemistry Letters*, vol. 20(1), pp. 519–562, 2022, <https://doi.org/10.1007/s10311-021-01351-3>

6. Safarik, J. Prochazkova, K. Pospiskova Rapid magnetic modification of diamagnetic particulate and high aspect ratio materials, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, vol. 518, art. 167430, January 2021, <https://doi.org/10.1016/j.jmmm.2020.167430>

## **ДЕКАРБОНІЗАЦІЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО СЕКТОРУ**

На сьогодні 70% викидів парникових газів (ПГ) у світі припадає на енергетичну галузь (видобуток і споживання вуглеводнів та викопних видів палива). 62 % ПГ виробляють Китай, США, ЄС, Індія, РФ та Японія [1].

Для вирішення глобальної кліматичної проблеми у 2015 р. прийнято Паризьку угоду до Рамкової конвенції ООН про зміну клімату, яка є продовженням Кіотського протоколу, починаючи з 2021 року. Сьогодні її підписали 190 країн світу. Україна ратифікувала Паризьку угоду у 2017 році [2].

Багато країн на рівні національних законів закріпили ініціативи з протидії змінам клімату, більше 90 держав, які продукують 65% ПГ, активно впроваджують заходи з декарбонізації. Їх оцінюють за індексом ССРІ (Climate Change Performance Index 2021), який враховує: емісію ПГ; частку ВДЕ; рівень енергоефективності; кліматичну політику.

Прогнози декарбонізації 15 найбільших економік світу свідчать, що викиди CO<sub>2</sub> будуть зростати до 2030 р., а потім має бути скорочення. Але за оцінками Міжнародного енергетичного агентства (МЕА) значна кількість вуглеводнів у світовому паливно-енергетичному комплексі гарантована до 2050 року [3]. Основними напрямками декарбонізації сьогодні є: використання ВДЕ; обмеження видобутку корисних копалин; відмова від вугільної генерації; уловлювання, використання та зберігання CO<sub>2</sub>; а у перспективі – воднева енергетика.

Політика декарбонізації економіки Великобританії «Clean Growth Strategy» затверджена у 2017 р., прийняті стратегія адаптації фінансового сектора для досягнення кліматичних цілей та концепція чистого повітря. Застосовано заходи для стимулювання інвестицій у виробництво електроенергії із низьким вмістом вуглецю: імплементація стандартів щодо ефективного спалювання корисних копалин; контракти на різницю цін для ВДЕ; впровадження штучного інтелекту; підтримка виробництва біометану. На початку 2021 р. введена британська система торгівлі квотами «UK ETS» на викиди ПГ за участю більше 1000 підприємств з різних секторів [1].

У США екологічність буде одним із пріоритетних напрямів діяльності Уряду. Програма «Clean Energy Revolution» має 9 ключових пріоритетів: розробка законодавчої бази, яка сприятиме виходу США на нульовий рівень викидів ПГ до 2050 року; посилення відповідальності за забруднення довкілля; інвестиційна програма на 10 років у сектор альтернативної енергетики.

ЄС проводить послідовну політику вуглецевої нейтральності, прийнято концепцію енергетичної дипломатії ЄС, головна ціль якої – прискорити глобальний енергетичний перехід шляхом зниження викидів вуглецю, поширення енергоефективних ініціатив і розвитку та впровадженню новітніх технологій. Серед завдань – завершення переходу від викопних видів палива до нейтральних щодо вуглецю джерел енергії; підвищення вимог до прямих іноземних інвестицій в енергетику ЄС; запобігання імпорту електроенергії з атомних об'єктів країн, які не відповідають рівням безпеки у ЄС. Наприклад, Греція спростила вимоги в частині ліцензування виробників енергії із ВДЕ, Іспанія та Франція підтримують виробників біогазу, у Хорватії стимулюють розвиток когенераційних технологій [1].

За останні п'ять років енергобаланс країн ЄС дуже змінився, у 2020 році частка вугільної та атомної генерації порівняно з показниками 2015 року знизилась на 20% і 10% відповідно. Частка електроенергії, виробленої з природного газу, зменшилась лише на 4%, а частка електроенергії з альтернативних джерел зросла, що призвело до зниження вуглецевої ємності виробництва електричної енергії з 317 г CO<sub>2</sub>/кВт·год (2015 р.) до 226 г CO<sub>2</sub>/кВт·год (2020 р.). Таким чином, електроенергія у європейських державах стала на 30% чистішою [1].

Міжнародні «зелені» сертифікати (I-REC) застосовують для моніторингу переміщення електроенергії, яка вироблена із альтернативних джерел. Цей інструмент поширюється лише на ВДЕ і обмежує можливості фінансового стимулювання для атомних електростанцій та гідроелектростанцій.

Обмеження видобутку корисних копалин, у тому числі викопного палива, на законодавчому рівні закріплено в ряді країн світу. Наприклад, в Данії – відмова від видобутку нафти і газу до 2050 року, з 2020 р. – заборона видачі ліцензій на видобуток вуглеводнів у Північному морі; в Іспанії – відмова від видобутку нафти і газу до 2042 року; у Франції – відмова від видобутку нафти і газу до 2040 року, а з 2017 р. – заборона видачі ліцензій на видобуток вуглеводнів [1].

Плани щодо відмови від вугільної генерації докладно описано нижче. На думку експертів ООН прискорити декарбонізацію виробництва електроенергії можна завдяки впровадженню технології CCUS (Carbon Capture, Utilization, and Storage), що полягає у видаленні CO<sub>2</sub> з промислових і енергетичних джерел, транспортуванні до місця зберігання і довгостроковій ізоляції від атмосфери. На початок 2021 року реалізовується лише 50 комерційних проєктів з CCUS, загальний бюджет яких становить майже \$5 млрд., а собівартість складає від \$20/т CO<sub>2</sub> до \$150/т CO<sub>2</sub> [1].

Один із реалізованих проєктів CCUS у вугільній генерації – реконструкція ТЕС Boundary Dam в Канаді, де енергоблок потужністю близько 130 МВт був модернізований і оснащений установкою CCS (частка уловлювання 90%), а вуглекислий газ використовується на найближчому



нафтовому родовищі для інтенсифікації видобутку. Вартість проекту близько \$1,4 млрд. [1].

Європейська Комісія у вересні 2020 року оголосила введення транскордонного вуглецевого податку (ТВП) в рамках Європейського зеленого курсу з метою зниження викидів ПГ на 55% до 2030 року, що передбачає введення мита на імпорتنі товари, поширення дії мита й на електроенергію. Розрахунок ТВП здійснюватиметься з урахуванням вуглецевого сліду імпортованої продукції. Існує три його варіанти: 1) облік прямих викидів ПГ при виробленні товару; 2) часткове урахування непрямих викидів, наприклад емісії ПГ при генерації електроенергії для виготовлення товару для ЄС; 3) повне урахування непрямих викидів по всьому виробничому ланцюгу, який проходить імпорتنий товар. ТВП у ЄС має бути запроваджено з 2023 року і орієнтовно він складатиме \$30/т CO<sub>2</sub> [4]. За даними Світового Банку ставки податку на вуглець в ЄС становлять (\$/т CO<sub>2</sub>): 1 у Польщі; менше ніж 10 – у Португалії, Латвії та Естонії; 55 у Франції; 64 у Норвегії; 77 у Фінляндії; 101 у Швейцарії та Ліхтенштейні; 139 у Швеції [4].

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

1. Білявський Максим. Україна і глобальна політика декарбонізації. [https://razumkov.org.ua/article/2021\\_Ukraine%20and%20the%20Global%20Policy%20of%20Decarbonisation.pdf](https://razumkov.org.ua/article/2021_Ukraine%20and%20the%20Global%20Policy%20of%20Decarbonisation.pdf)

2. Проект аналітичного огляду другого національно визначеного внеску України до паризької угоди. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. Квітень 2021.

[https://mepr.gov.ua/files/docs/klimatychna\\_polityka/](https://mepr.gov.ua/files/docs/klimatychna_polityka/)

3. Степанов О. А., Степанов А. О. Об экономико-правовых аспектах декарбонизации, связанных с отказом от ископаемых углеводородов как источника энергии // Уголь. 2021. №6. С. 23–24. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-6-23-24.

4. Прикордонне вуглецеве коригування ЄС та виклики для української економіки/енергетики. Разумков-центр. 07.04.2021.

<https://razumkov.org.ua/statti/trykordonne-vugletseve-koryguvannia-yes-ta-vyklyky-dlia-ukrainskoi-ekonomiky-energetyky>

<sup>1</sup>Коваленко С. А., аспірантка, <sup>1</sup>Пономаренко Р. В., д. т. н., професор,  
<sup>2</sup>Дармофал Е. А., к. т. н., доцент

<sup>1</sup>Національний університет цивільного захисту України, м. Харків, Україна

<sup>2</sup>Харківська державна академія фізичної культури, м. Харків, Україна

## **ВИЗНАЧЕННЯ НАЙБІЛЬШ ЙМОВІРНИХ ПРИЧИН ЗАБРУДНЕННЯ ПОВЕРХНЕВОГО ВОДНОГО ОБ'ЄКТУ**

На сьогоднішній день досить суттєвою є проблема забруднення водних об'єктів, у тому числі від техногенного впливу. Вона потребує проведення ретельних дослідження з аналізу якості та ступеня забрудненості. У роботі [1] було проведено інтегральну оцінку екологічного стану Дніпровського водосховища та встановлено забруднення поверхневого водного об'єкту обумовлено значним впливом антропогенної діяльності. У дослідженні [2] автори створили геоінформаційну систему екологічного моніторингу з додатковими функціями аналізу часових рядів результатів спостережень для прогнозування зміни якості води у водних об'єктах. Згідно з отриманими результатами даної системи було визначено, що з 2004 по 2017 рік за більшістю показників спостерігається тенденція до поліпшення якості води річок Дунай та Сіверський Донець. Авторами [3] було досліджено екологічний стан річки Уди за значеннями екологічного індексу та встановлено, що якісний стан річки Уди в межах Харківської області погіршується від кордону до гирла.

Ворскла є лівою притокою Дніпра та бере свій початок у Белгородській області, територією України протікає у Сумській та Полтавській областях Площа водозабору річки у межах України складає 12,59 тис. км<sup>2</sup>. Дані для проведення аналізу було взято на основі даних Державного агентства водних ресурсів України з 4 постів спостереження : смт. Велика Писарівка Сумської обл. – пост №1; с. Климентове Охтирського р-ну Сумської області – пост №2; м. Полтава – пост №3; 63 км, м. Кобеляки Полтавської області – пост №4.

До основних джерел потрапляння іонів амонію до водних об'єктів відносять тваринницькі ферми, господарсько-побутові стічні води, поверхневі стоки із сільськогосподарських угідь у разі застосування амонійних добрив, стічних вод підприємств харчової, коксохімічної, лісохімічної і хімічної промисловості. Його підвищений вміст свідчить про погіршення санітарного стану поверхневого водного об'єкту. Нітриту – це проміжний ступінь у ланцюгу бактеріальних процесів окиснення амонію до нітратів. Підвищений вміст слугує вказує посилення процесів розкладання органічних речовин в умовах більш повільного окиснення нітритів до нітратів, що, у свою чергу, вказує на забруднення водних об'єктів. Наявність у воді сполук азоту дає можливість аналізувати момент забруднення води.

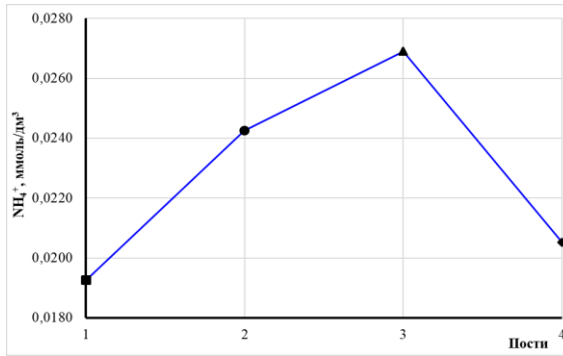


Рисунок 1 – Загальний вміст  $\text{NH}_4^+$ , ммоль/дм<sup>3</sup> у річці Ворскла у 2020 році

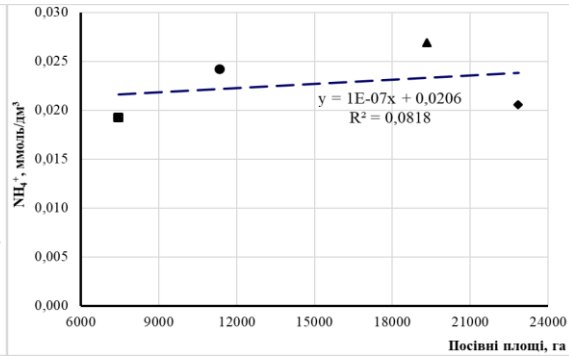


Рисунок 2 – Графік залежності вмісту іонів амонію, ммоль/дм<sup>3</sup>, від посівної площі, га

Рисунки 1 та 2 свідчать, що вміст іонів амонію підвищуються зі збільшенням посівної площі сільськогосподарських угідь у Сумській [4] та Полтавській [5] областях. Регресійне рівняння виявленої залежності на рисунку 2  $y=1\text{E}-07x+0,0206$ , достовірність апроксимації  $R^2=0,0818$ .

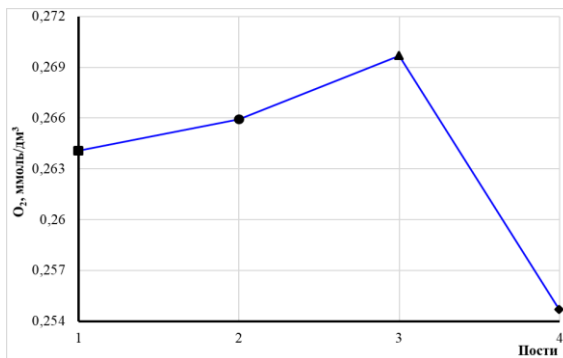


Рисунок 3 – Загальний вміст  $\text{O}_2$ , ммоль/дм<sup>3</sup> у річці Ворскла у 2020 році

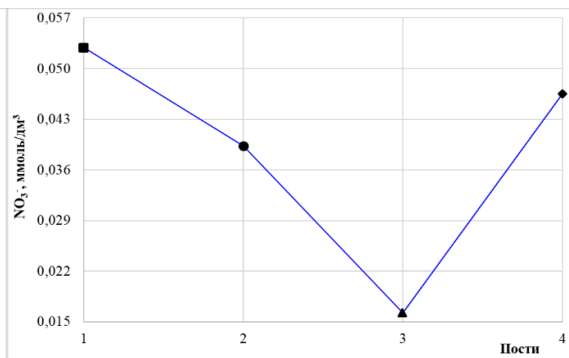


Рисунок 4 – Загальний вміст  $\text{NO}_3^-$ , ммоль/дм<sup>3</sup> у річці Ворскла у 2020 році

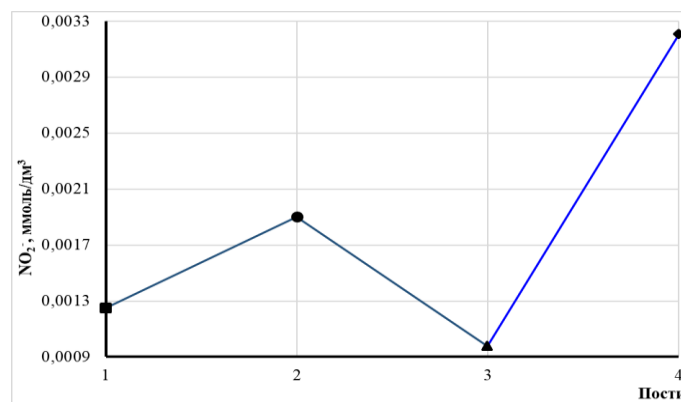
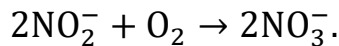


Рисунок 5 – Загальний вміст  $\text{NO}_2^-$ , ммоль/дм<sup>3</sup> у річці Ворскла у 2020 році

Проаналізувавши рисунки 1, 3-5 можна припустити, що між постами 3-4 відбувається 1 та 2 стадії нітрифікації. На першій стадії відбувається окиснення аміаку до нітрит-іонів амонійокислюючими бактеріями:



Також перша стадія нітрифікації відбувається між постами 1-2 на рисунку 5. На другій стадії вони окиснюються до нітрат-іонів нітритоокислюючими бактеріями:



Різке збільшення вмісту іонів амонію на посту 3 (м. Полтава) може бути пов'язане саме із забрудненням побутовими стічними водами населених пунктів та підприємств, що розташовані поблизу. Вздовж річки Ворскла на території Сумської та Полтавської областей розташовані населені пункти (селища Велика Писарівка, міст Охтирка, Полтава, Кобеляка) та підприємства (Полтавський завод порошкової металургії, ТОВ «УКРОЛІЯ», Полтавський турбомеханічний завод, ПрАТ «Охтирський пивоварний завод»). Вони слугують однією з причин забруднення досліджуваного поверхневого водного об'єкту. Іони амонію, нітрати та нітрити потрапляють до річки Ворскла разом із побутовими стічними водами, неочищеними та недостатньо очищеними стічними водами з підприємств, а також зі стоками сільськогосподарських угідь. Також для детального дослідження екологічного стану вод річки можна встановити додаткові пункти спостереження.

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

1. Безсонний В. Л., Пономаренко Р. В., Третьяков О. В., Іванов Є. В., Бородич П. Ю., Луценко Т. О. Інтегральна оцінка екологічного стану Дніпровського водосховища. Проблеми надзвичайних ситуацій. Харків. 2022. №1(35). С. 209-227. DOI: 10.52363/2524-0226-2022-35-16.

2. Васенко О. Г., Брук В. В., Карлюк А. А., Свиридов Ю. В. Прогнозування якості води в річках Дунай та Сіверський Донець за допомогою геоінформаційних технологій. World Science. 11(51), Том 1. doi: 10.31435/rsglobal\_ws/30112019/6766.

3. Рибалова О. В., Ільїнський О. В., Бондаренко О. О., Макаров Є. О., Жук В. М. Визначення екологічних нормативів для басейну річки Уди в межах Харківської області. World Science. 1(41), Том 1. doi: 10.31435/rsglobal\_ws/31012019/6296.

4. Головне управління статистики у Сумській області. URL: [http://sumy.ukrstat.gov.ua/?menu=957&article\\_id=12531](http://sumy.ukrstat.gov.ua/?menu=957&article_id=12531).

5. Головне управління статистики у Полтавській області. URL: <http://www.pl.ukrstat.gov.ua/>.

*Ковальчук А. В., магістр, Ковальчук А. В., магістр,  
Дяченко Н. О., к. геол. н., доцент, Улицький О. А., д. геол. н., професор  
Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління,  
м. Київ, Україна*

## **СТАТИСТИЧНИЙ ІНСТРУМЕНТАРІЙ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВУГІЛЬНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ НА ДОВКІЛЛЯ**

Основний концепт створення екобезпечного середовища – докорінні зміни у способах взаємодії середовища та існування людей. Сучасний стан екологічної безпеки не можливо уявити без досліджень із оцінки впливу виробничої діяльності на довкілля з метою розроблення запобіжних заходів для забезпечення здоров'я населення.

Основним завданням екологічних досліджень (ЕД) є формування гіпотез про наявність зв'язків між досліджуваним впливом та результатом цього впливу. У науці існують дві форми ЕД – описові або аналітичні дослідження [1]. Перша форма являє собою опис поширеності впливу чи результату, друга – вивчення зв'язку між впливом та результатом.

**Ідея роботи** полягає у дослідженні кількісного впливу підприємства гірничої промисловості на довкілля.

Існує багато методичних прийомів з оцінки впливу на навколишнє середовище (НС), які мають свої переваги та недоліки.

Наприклад, метод експертних оцінок (метод Дельфі), який широко використовується в екологічному прогнозуванні, ґрунтується на підставі знань та досвіду група кваліфікованих експертів. Цім методом зазвичай складаються прогнози змін НС, загальні тенденції впливу виробничого об'єкту на довкілля.

Наступний метод – метод аналогії. При виборі аналога можна орієнтуватися на вирішальні вузлові моменти та ігнорувати другорядними деталями. Головні обов'язкові умови - об'єкт порівняння та його природний аналог повинні мати ідентичні характеристики, тобто фактори, що впливають на об'єкт та аналог.

Досить часто дослідники використовують матричні моделі – один із найбільш вивчених та широко застосовуваних методів екологічного прогнозування. Пряма матриця відбиває характер і масштаби наслідків, які виявляються у НС під антропогенним впливом. У цьому випадку використовуються зафіксовані показники, що характеризують НС та передбачувану антропогенну діяльність. Отриманий результат аналізу надає якісну інформацію про взаємини причин та наслідків.

**Методика досліджень.** Найбільш коректними, незалежними від суб'єктивних оцінок експертів, або недооцінці другорядних деталей є статистичні методи які сприяють виявленню зв'язку між досліджуваним

фактором і результатом. Особливо це стосується методів заснованих на проведенні кореляційного аналізу, що дозволяє визначити сили та напрямки зв'язку між впливом і результатом. Маючи результати спостережень минулих та поточних станів або показників виробництва за великий період часу, статистичний зв'язок надає можливість дослідити та врахувати потенційний вплив одного фактора на інші.

Використання статистичного інструментарію для дослідження ступеня впливу будь-якого виробництва на НС, на нашу думку, дуже ефективний прийом для науково-обґрунтованого аналізу екологічної шкоди. Саме тому, в наведеному дослідженні запропоновано виявляти вплив підприємства на НС за допомогою коефіцієнтів кореляції (R).

**Результати досліджень.** Виявлення впливу вугільного виробництва на НС потрібне проводити за двома напрямками: визначення показників, що характеризують темпи розвитку галузі та формування екологічної шкоди. Концепція досліджень – діагностика і опис зв'язків між показниками розвитку і показниками забруднення НС. Показники, які відображають негативний вплив розрізняються за напрямками: вилучення земель, їх забруднення відходами; зміна гідрологічного режиму, виснаження водних ресурсів; забруднення повітряного басейну тощо.

В якості показника роботи шахти оперуємо обсягом видобутку вугілля. Мірою впливу видобутку вугілля на забруднення НС слугуватимуть коефіцієнти кореляції в системі обсягу видобутку – показник забруднення.

Як приклад, для дослідження обрано Волинський вугільно-промисловий район, шахта «Бужанська». Хронологія дослідження – 2017-2021 роки.

При визначенні показників, що впливають на НС, приймалася аксіома, що вугільна промисловість впливає на довкілля за напрямками:

-літосфера (Л) – вилучення земель та забруднення їх відходами (породні відвали або вилучення земель);

- гідросфера (Г) – виснаження водних ресурсів або забруднення водних об'єктів (скид шахтних вод, скид забруднюючих речовин (ЗР) у водні об'єкти та стічні води;

- атмосфера (А) – забруднення повітряного басейну (загальний викид у повітряний басейн ЗР, викиди парникових газів.

Тобто, ми окремо враховуємо показники забруднення літосфери, атмосфери та гідросфери (табл. 1). Графічне зображення впливу видобутку вугілля на забруднення НС за показниками R додано на рис. 1.

Було б доцільним до ПЗ включити «обсяги метану», але шахта «Бужанська» по газу віднесена до першої категорії (вугільні пласти межох шахтного поля викидодобезпечні і не є небезпечними по гірським ударам). Саме тому цей показник не має сенсу. Але в інших гірничо-геологічних умовах розробки вугілля він є обов'язковим.

Таблиця 1 – Результати розрахунку коефіцієнтів кореляції (R) в системі «обсяг видобутку – показник забруднення»

НВ	Показник / рік	од. вим.	2017	2018	2019	2020	2021	R
0.Л	Видобуток вугілля,	тис.т/рік	48,89	46,22	39,55	18,77	11,347	
1.Л	Видобуток породи	тис. т	39,30	39,59	28,52	25,52	20,45	0,9314
А	Викиди ЗР	т/рік	18,97	18,40	17,30	16,25	14,50	0,9681
3.А	Викиди пилу вуглепородного	т	7,54	7,89	6,42	4,37	3,425	0,9897
4.А	Обсяг викидів парникових газів	тис т/рік	15,22	15,48	14,90	13,20	7,27	0,8685
5.Г	Об'єм шахтної води, що скинута у поверхневі водні об'єкти	тис. куб. м	1457	1449	1458	1448	1393	0,7751
6.Г	Скинута в поверхневі водні об'єкти ЗР.	т	14,21	14, 31	14,41	14,11	13,9	0,7833
7.Г	Об'єм використання води (крім шахтної), всього	тис. куб. м	17,50	18,10	17,90	17,91	16,75	0,5753
8.Г	Об'єм господарсько-побутових стоків	тис. куб. м	15,35	15,88	15,22	15,57	14,79	0,5524

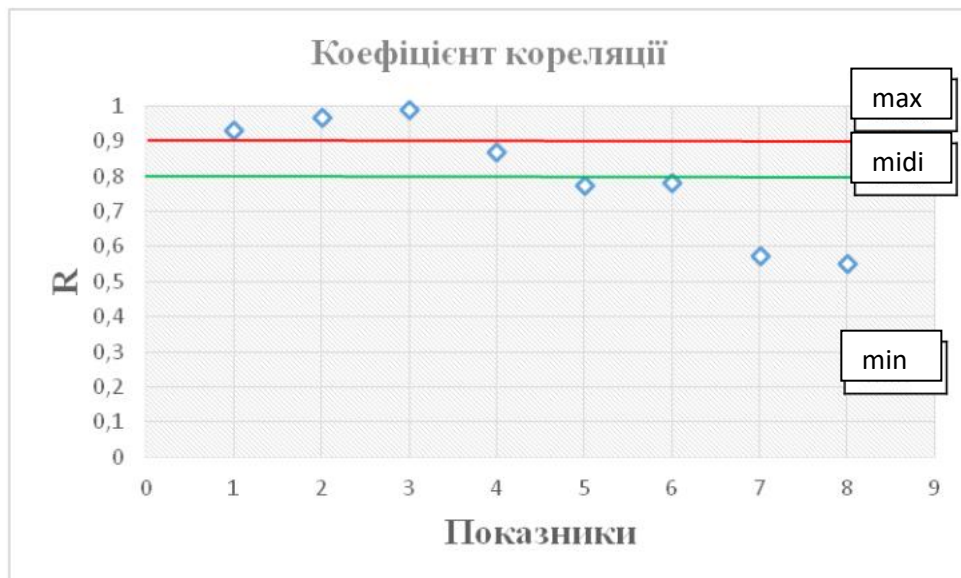


Рисунок 1 – Графічне зображення впливу видобутку вугілля на забруднення НС за показниками R

Отримані розрахунки свідчать про те, що найбільш впливовій ПЗ (має значний кореляційний зв'язок з обсягом видобутку) стосується атмосфери –

«Викиди пилу вуглепородного» ( $R=0,9897$ ), тому що видобуток вугілля передбачає виїмку породи як у підготовчих так і в експлуатаційних виробках, та підняття всіх отриманих обсягів на поверхню. Викиди ЗР в атмосферу теж мають великий коефіцієнт зв'язку ( $R=0,9681$ ). Викиди парникових газів менш залежать від видобутку ( $R=0,8685$ ), бо пласти вугілля викидодобезпечні (не мають метану), тобто залежать більшою мірою з виробничими процесами (спалювання моторного палива, робота котельної та ін.). Тобто, повітряний басейн в зоні діяльності шахти «Бужанська» забруднюється при навантаженні вугілля та розвантаженні гірничої породи у відвал (і вивезенні її). Крім того, на території шахти розміщено інші виробничі об'єкти та джерела викидів в атмосферу шкідливих речовин, у тому числі: вентилятор провітрювання шахти, які викидають у повітря пил вугілля, метан; виробнича котельня (обігрів шахтних стволів, підігрів води для використання в лазні і опалення приміщень); механічний цех, який працює на твердому паливі. Забруднюючі речовини – діоксид азоту, сірки, оксид вуглецю, пил, важкі метали, парникові гази. Ще одна діяльність – місце електро- та газозварювання, від якого в атмосферу виділяються оксид заліза, марганцю, азоту, вуглецю. Найбільш вагомий вплив на землю надає «видобуток породи» ( $R=0,9314$ ), який потребує великий обсяг земель під складування відвальної породи.

Що стосується впливу вугільної промисловості на водний басейн, то з отриманих даних, маємо, що показники забруднення та споживання води мають недостатній зв'язок з показниками видобутку: «Об'єм шахтної води, що скинута у поверхневі водні об'єкти» ( $R=0,7751$ ) та «Скинута в поверхневі водні об'єкти ЗР» ( $R=0,7833$ ). При осушенні гірничих виробок притік води майже постійний, тому об'єми скинутих шахтних вод залежать не від видобутку, а від притоку. Останній залежить від гірничо-геологічних умов (зони тріщинуватості, локального заміщення та ін.). Збільшення видобутку практично не корелює з обсягом забору свіжої води ( $R=0,5753$ ), тому що остання не використовується у процесі видобутку, а тільки у технологічно-обслуговуючих процесах (бані, водопостачання). Така ж саме ситуація з об'ємом господарсько-побутових стоків ( $R=0,5524$ ).

Проведений аналіз дозволяє зробити висновок про тісноту зв'язків обсягів видобутку вугілля та показників впливу на СР. Для покращення результатів аналізу надалі необхідно проаналізувати регресійну модель – парну лінійну регресію між видобутком вугілля та розглянутими показниками, де дані про статистичну залежність будуть задані у вигляді кореляційної таблиці.

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

1. Резнікова Н. В. Глобальні екологічні проблеми в сучасному світі: екологічна детермінанта міжнародних економічних відносин. К. : Вістка, 2016. 216 с.



УДК 504.064.4 : 621.431 : 389.14 : 528.088

<sup>1</sup>*Кондратенко О. М., д.т. н., доцент, <sup>1</sup>Бабакін В. М., д. ю. н., доцент,*

<sup>1</sup>*Краснов В. А., магістр, ад'юнкт,*

<sup>2</sup>*Семикін В. М., головний інженер відділу,*

<sup>1</sup>*Національний університет цивільного захисту України ДСНС України,*

*м. Харків, Україна,*

<sup>2</sup>*Інститут проблем машинобудування ім. А. М. Підгорного НАН України,*

*м. Харків, Україна*

## **АКТУАЛЬНІСТЬ РОЗРОБКИ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ВІД ВПЛИВУ ЕНЕРГОУСТАНОВОК З ПОРШНЕВИМ ДВЗ НА ОСНОВІ РІДИННОГО ФІЛЬТРУ ТВЕРДИХ ЧАСТИНОК**

**Актуальність досліджень** щодо розробки технології захисту навколишнього середовища (ТЗНС) від негативного техногенного впливу поршневих двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ) у складі енергоустановок (ЕУ) – як нових, так і таких, які перебувають у експлуатації та характеризуються у зв'язку з цим різним ступенем фізичного і морального зносу, у першу чергу зумовлюється тим фактом, що одним із найбільш багаточисельних, мобільних, потужних видів джерел чинників екологічної небезпеки (ЕНБ) техногенного характеру, різноманітних за номенклатурою, складом і фізичною природою, є такий складний та наукомісткий технічний об'єкт, як поршневий ДВЗ у складі ЕУ. Саме тому розробка технології захисту навколишнього середовища (ТЗНС) та її виконавчих пристроїв для комплексного вирішення проблеми підвищення рівня захисту компонентів довкілля від хімічних та фізичних чинників ЕНБ, джерелом яких є вказаний технічний об'єкт, та подальше комплексне критеріальне оцінювання отриманого ефекту, є найбільш перспективним шляхом забезпечення нормативно встановленого рівня екологічної безпеки (ЕБ) атмосферного повітря (АП) у місцях експлуатації означених ЕУ.

Актуальність досліджень щодо підвищення рівня ЕБ експлуатації одиниць парку автотранспортних засобів (АТЗ), пожежної та аварійно-рятувальної техніки (ПАРТ), що перебуває на оперативному чергуванні органів і підрозділів Державної служби України з надзвичайних ситуацій (ДСНС України) підтверджується у першу чергу вмістом «Положення про організацію екологічного забезпечення ДСНС України», затвердженого наказом № 618 (з основної діяльності) від 20.09.2013 р., особливо зважаючи на перспективи введення у дію законодавчо встановлених вимог Правил ЄЕК ООН R-49 рівня EURO V і для одиниць вживаної техніки, у тому числі й АТЗ і ПАРТ.

Зокрема, екологічне забезпечення ДСНС України визначається як комплекс організаційно-технічних заходів, що здійснюються у ДСНС

України і спрямовані на охорону та відновлення навколишнього природного середовища (НПС) в процесі своєї діяльності. Метою такого забезпечення є досягнення екологічної безпеки усіх видів діяльності органів та підрозділів ДСНС України, а також охорона навколишнього природного середовища у місцях їх дислокації та розташування. З числа завдань такої діяльності особливо слід відмітити наукове забезпечення основних завдань екологічного забезпечення ДСНС України, у тому числі й у повсякденній діяльності органів та підрозділів. Це має виконуватись завдяки додержанню гранично допустимих норм викиду в АП шкідливих речовин, виконання заходів щодо їх скорочення, зниження токсичності відпрацьованих газів (ВГ) техніки, а також контроль за обладнанням складів пально-мастильних матеріалів, автопарків, пунктів технічного обслуговування та ремонту техніки.

**Метою** такого наукового дослідження є розробка комплексної технології захисту АП від впливу хімічних і фізичних чинників, джерелом яких є поршневі ДВЗ у складі ЕУ, як новий, так і зі значним ступенем фізичного і морального зносу, та її окремих виконавчих органів.

**Об'єктом** такого наукового дослідження є ЕБ АП у місцях експлуатації ЕУ з поршневим ДВЗ, як новим, так і зі значним ступенем фізичного і морального зносу.

**Предметом** такого наукового дослідження є ТЗНС, що комплексно забезпечує законодавчо встановлені значення показників рівня об'єкту дослідження.

Мети такого наукового дослідження планується досягати із застосуванням таких **методів** дослідження: аналіз літературних джерел, фізичне і математичне моделювання, експериментальні дослідження діючих зразків, комплексне критеріальне оцінювання.

Як результат аналізу літературних джерел та доробку провідних вчених у галузі техногенно-екологічної безпеки, виконаному авторами у роботі [1] у продовження і розвиток такого аналізу з монографії [2], розроблено наступний **план** дослідження щодо розробки фільтра ВГ комплексної дії з рідинним робочим тілом як матеріальної основи для побудованої ТЗНС для оснащення одиниць парку АТЗ і ПАРТ, що буде застосовуватись у період повоєнної відбудови об'єктів критичної інфраструктури, виробничого і агропромислового комплексу, житлового фонду країни.

Крок 1. Аналіз впливу ЕУ з поршневими ДВЗ на компоненти НПС. Він передбачає: 1.1. аналіз науково-технічної, довідникової, патентної та нормативної літератури за темою дослідження; 1.2. вдосконалення класифікації конструкції та принципів дії ФТЧ та класифікації способів та засобів регенерації ФТЧ; 1.3. формулювання мети, об'єкту, предмету та задач дослідження.

Крок 2. Розробка технології захисту АП від впливу хімічних і фізичних чинників при експлуатації ЕУ з поршневим ДВЗ з урахуванням ступеня його

фізичного і морального зносу. Він передбачає: 2.1. побудова схеми ТЗНС; 2.2. описання ієрархічних зв'язків у розробленій ТЗНС; 2.3. надання кількісної та якісної оцінки чинникам ЕНБ від ДВЗ з урахуванням ступеня їх фізичного і морального зносу.

Крок 3. Розробка раціональної конструкції фільтра ВГ з рідинним робочим тілом та комплексною дією для фізично і морального зношеного поршневого ДВЗ. Він передбачає: 3.1. аналіз переваг і недоліків існуючих конструкцій ФТЧ з рідинним робочим тілом; 3.2. розробка вдосконаленої конструкції ФТЧ з рідинним робочим тілом; 3.3. аналіз особливостей конструкції та вибір моделі експлуатації ЕУ з поршневим ДВЗ

Крок 4. Дослідження робочих процесів та показників роботи розробленого виконавчого органу технології захисту АП. Він передбачає: 4.1. теоретичні дослідження робочого процесу ФТЧ з рідинним робочим тілом; 4.2. розробка діючого макетного зразка ФТЧ з рідинним робочим тілом; 4.3. експериментальні дослідження показників роботи ФТЧ з рідинним робочим тілом.

Крок 5. Критеріальне оцінювання ефективності розробленої технології захисту АП та її виконавчого пристрою. Він передбачає: 5.1. аналіз, вибір та вдосконалення математичного апарату для критеріального оцінювання ефективності розробленої ТЗНС; 5.2. критеріальне оцінювання ефективності розробленої ТЗНС і аналіз його результатів; 5.3. розробка рекомендацій щодо практичного застосування результатів дослідження.

**Наукова новизна** передбачуваних результатів дослідження полягає у тому, що вперше буде розроблено комплексну технологію захисту АП від впливу хімічних і фізичних чинників, джерелом яких є поршневий ДВЗ у складі ЕУ, як новий, так і зі значним ступенем фізичного і морального зносу, на матеріальній основі фільтра ВГ з рідинним робочим тілом як її виконавчого органу.

**Практична цінність** передбачуваних результатів дослідження полягає у тому, що реалізація принципу побудови розробленої технологію захисту та застосування розробленого її виконавчого пристрою дозволить забезпечити підвищення рівня ЕБ процесу експлуатації ЕУ з поршневим ДВЗ у різному технічному стані, у тому числі й АТЗ і ПАРТ, до значення, яке максимально близьке до нормативно встановленого.

Виконавчим пристроєм у такій ТЗНС буде виступати вдосконалений за конструкцією, принципом роботи та кількісними і якісними показниками ефективності роботи двоступінчастий дизельний рідинний нейтралізатора ВГ, описаний у роботах [2–5].

**Висновки.** Актуальність дослідження за обраною темою зумовлюється нагальною практичною проблемою захисту АП як компонента НПС від фізичних і хімічних чинників ЕНБ, які продукують при своїй нормальній роботі ЕУ, оснащені поршневими ДВЗ, у тому числі й одиниці АТЗ і ПАРТ, яка перебуває на оперативному чергуванні підрозділів ДСНС України.

Такий напрям досліджень обрано з урахуванням даних щодо кількісного та якісного складу парку таких ЕУ у нашій країні, їх технічного стану, що визначається ступенем їх морального і фізичного зносу, типу та якості споживаного палива, особливостей моделей експлуатації, рівня законодавчо встановлених нормативів ЕБ і перспектив його зростання та інших впливаючих факторів.

Також враховано коло задач, які постають перед підрозділами ДСНС України як у повсякденній діяльності, так у перспективі залучення до повоєнної відбудови об'єктів критичної, транспортної та соціальної інфраструктури, промислових, сільськогосподарських і торговельних підприємств, закладів вищої освіти, наукових установ й об'єктів житлового фонду країни.

### **Використані інформаційні джерела:**

1. *Передумови побудови комплексної технології захисту атмосферного повітря при роботі поршневих двигунів внутрішнього згорання* / О. М. Кондратенко, В. М. Бабакін, В. А. Краснов, В. М. Семикін // *Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення* : зб. наук. статей XVIII Міжнародної науково-практичної конференції (м. Харків, 15–16 вересня 2022 р.). Х. : УКРНДІЕП, 2022. С. 191–198.

2. *Сучасні способи підвищення екологічної безпеки експлуатації енергетичних установок: монографія* / С. О. Вамболь, О. П. Строков, В. В. Вамболь, О. М. Кондратенко. Х. : Стиль-Издат (ФООП Бровін О.В.), 2015. 212 с.

3. Семикін В.М. *Дизельний рідинний нейтралізатор відпрацьованих газів* / В. М. Семикін // *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. – Х.: Держ. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харк. авіац. ін-т», 2001. – Вип. 23. – С. 83 – 86.

4. Семикін, В. М., Васильченко Н. П. *Система рідинної нейтралізації відпрацьованих газів дизелів* // *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. Х. : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харк. авіац. ін-т», 2002. Вип. 31. С. 56–58.

5. Семикін В. М. *Анализ области применения жидкостной нейтрализации отработавших газов дизелей* // *Автомобильный транспорт* : сб. науч. тр. Х. : ХНАДУ, 2008. Вып. 22. С. 128–130.

*Копач П. І., к. т. н, с. н. с., Данько Т.Т., пров. інженер,  
Інститут геотехнічної механіки ім М. С. Полякова НАН України,  
м. Дніпро, Україна*

## **ПОКАЗНИК ІНТЕГРАЛЬНОЇ ЕКОЛОГІЧНОЇ РЕСУРСОЄМНОСТІ, ЯК ІНСТРУМЕНТ ОПТИМІЗАЦІЇ ТА ГАРМОНІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**

Проблема створення гармонізованих із довкіллям технологій загострюється в усьому світі і визнана найактуальнішою в міжнародних документах, ратифікованих Україною: Порядок денний на ХХІ століття, Рамкова Конвенція ООН про зміну клімату, Конвенція про ядерну безпеку та ін. Якщо раніше основні зусилля направлялися на експлуатацію екосистем для отримання прибутків, то сьогодні стала очевидною необхідність створення технологій гармонізованих з природою.

Сучасні технології характеризуються великою кількістю показників. За результатами цих показників, які відрізняються між собою, оцінити та порівняти різні технології неможливо. Тому для гармонізації технологій природокористування варто знайти спосіб оцінювання за єдиним показником.

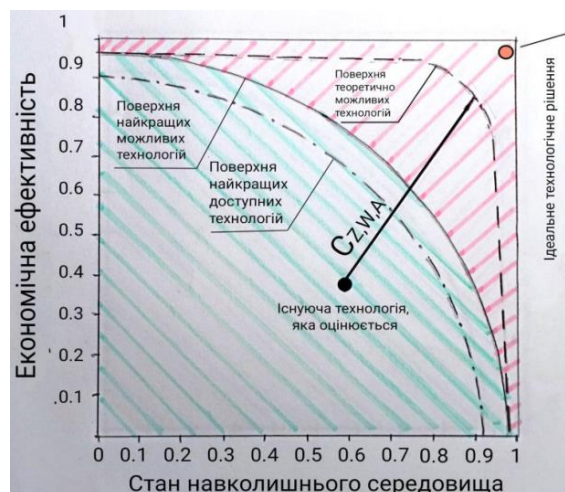
Гармонізація техноекосистем здійснюється шляхом представлення технології у вигляді об'єкта чи системи за голографічним принципом. Суть цього принципу – це об'єднання інформації, яка відтворює і описує різні аспекти, часові етапи, просторові особливості функціонування ресурсоємних технологій як єдиної інтегрованої інформаційної системи, що характеризує технологію природокористування одним числовим показником.

Для обґрунтування показника ефективності технологій найбільшою мірою підходить методика екологічних оцінок, яка б дозволила за рахунок використання спеціальних оціночних критеріїв отримувати однозначні числові значення оціночних показників. Нами розроблена система екологічних оцінок із використанням критерію інтегральної екологічної ресурсоємності.

Оптимізація стосується, перш за все, ситуації, коли виникає конфлікт інтересів між економічним зростанням і необхідністю збереження якості навколишнього середовища. У зв'язку з цим для оцінки показників ефективності різних природоохоронних технологій встановлюється залежність ресурсоспоживання в системі «витрати ресурсів – екологічний ефект». Економічні збитки від забруднення навколишнього середовища зростають зі збільшенням навантаження на нього. При цьому перші порції забруднення поглинаються навколишнім середовищем, і збиток природі, хоча й існує, але, як правило, не враховується в економічних показниках.

Кожна наступна порція забруднення зазвичай приносить непропорційно більшу шкоду, тому залежність збитків середовищу від забруднення є нелінійною. Збитку можна запобігти, якщо вкласти кошти в технологічні заходи, що знижують викиди забруднень. Функція цих витрат є нелінійною, оскільки витрати на технологічні поліпшення зростають непропорційно швидко порівняно зі зниженням викидів. Домогтися ж повної ліквідації забруднення можливо лише за рахунок безкінечно великих витрат, що практично є нереальним.

Відповідно до сучасних уявлень, умовою оптимальності є рівність екологічного збитку і витрат на зниження забруднення, тобто коли сумарні грошові витрати на вирішення проблеми контролю забруднення досягають мінімуму. Це називається точкою економічного оптимуму забруднення навколишнього середовища, і в ній теоретично досягається рівність витрат і збитків. Однак, в дійсності, враховуючи, що величина екологічного збитку у вартісному вираженні істотно занижена, даний економічний оптимум не є оптимумом екологічним, а скоріше еколого-економічним оптимумом (рис. 1).



**Рисунок 1 – Знаходження оптимального рішення, яке найкращим можливим чином задовольняє інтересам як екології, так і економіки**

У теоретичному плані процес оптимізації природокористування розглядається, з урахуванням концепції «найкращих можливих» та «найкращих доступних технологій», де оптимальні рішення, найкращим чином задовольняють інтересам як екології, так і економіки, знаходяться на кривій, позначеній суцільною лінією, менш вигідні рішення знаходяться всередині області, що обмежена цією лінією і осями координат, а рішення в області, яка обмежена лінією оптимуму і точкою з координатами поки є неможливими.

У проблемах екології на сучасному етапі механізми оцінки і планування недосконалі, тому що багато природних ресурсів, особливо ресурси спільного користування, ціни не мають. Крім того, в процесі оцінки необхідно порівнювати непорівнянні показники, а не всі їх можна виразити

у грошовому вимірі. Особливо це стосується гірничодобувного регіону, де відбувається масштабний, тривалий у часі, інтенсивний вплив на усі компоненти природного середовища. Тому, пропонується витрати ресурсів на впровадження природоохоронних заходів та екологічні збитки враховувати в одних і тих же натуральних показниках, які відображають втрати природних ресурсів, а саме, в одиницях екологічної ресурсоємності. Для вирішення цієї проблеми розроблено методику приведення показників ресурсоспоживання та впливу технологій на компоненти довкілля до єдиного показника інтегральної екологічної ресурсоємності, основні положення якої наведено нижче (рис.2).

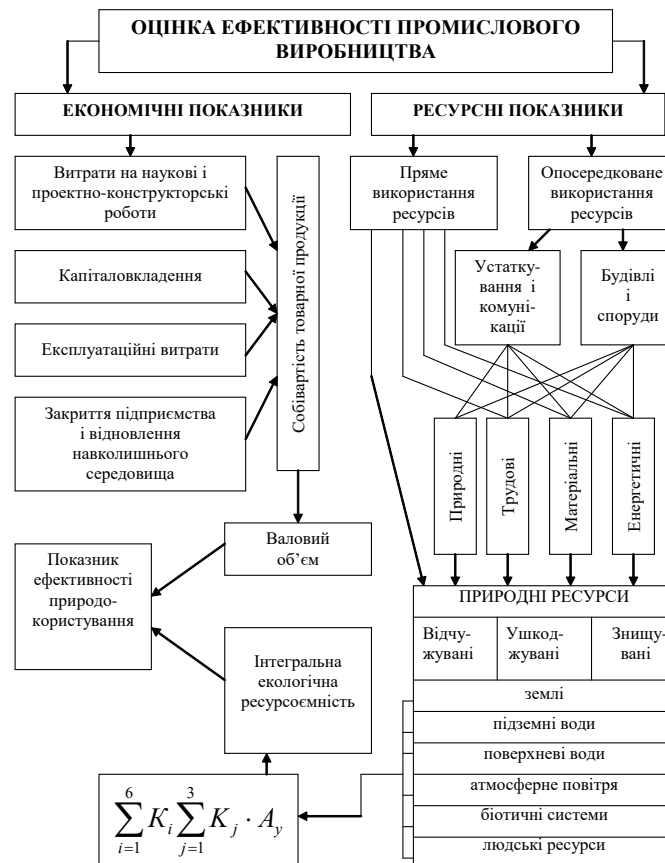


Рисунок 2 – Схема екологічної оцінки ефективності промислових технологій

Функціонування технологій слід розглядати в рамках конкретної техноекосистеми, під якою мається на увазі сукупність технічних, технологічних та природних структур і елементів (об'єктів) на усіх стадіях функціонування. Основним принципом гармонізації ресурсоємних технологій промислових виробництв є мінімізація використання природних ресурсів.

За еколого-економічними параметрами всі ресурси поділяються на дві групи: ресурси, які мають свою економічно визначену вартість і які використовуються у технологічних процесах промислових виробництв

(атмосферні, земельні, водні ресурси, надра і трудові ресурси); ресурси, які мають соціальну та обраховану екологічну цінність і на які здійснюється екологічний вплив (атмосфера, підземні і поверхневі води, ґрунти, біота, стан здоров'я населення).

Методологічно оцінка технологій базується на визначенні та врахуванні показника інтегральної екологічної ресурсоемності. Критерієм оцінки ефективності технології промислового виробництва є наскрізна повна ресурсоемність конкретного виду діяльності, яка приведена до природних ресурсів і позначена як «інтегральна екологічна ресурсоемність», що враховує витрати ресурсів як прямі, так і опосередковані (у вигляді устаткування, будівель і споруд, соціальної інфраструктури тощо).

Розроблена методика оцінки технологій природокористування базується на застосуванні інтегрального показника екологічного впливу, визначення якого відбувається у два етапи: шляхом приведення показників якості компонентів довкілля за ступенем їхнього пошкодження до нормативних системоутворюючого компоненту техноекосистеми та зведення їх до єдиного показника інтегральної екологічної ресурсоемності з урахуванням вартісних витрат можливого повного відновлення природних компонентів в рамках конкретної природної екосистеми функціонування цієї технології. При цьому природні ресурси за ступенем екологічного впливу на них технологій поділяються на три групи: 1 – використані; 2 – пошкоджені; 3 – знищені.

Найбільш ефективною і гармонізованою з довкіллям є технологія з найменшим значенням показника інтегральної екологічної ресурсоемності.

Апробація розробленої методики застосування інтегрального критерію здійснена для умов залізорудних гірничодобувних підприємств Кривбасу. Вибір критерія оцінки здійснюється, виходячи з системоутворюючого фактора техноекосистеми. Так, наприклад, для ЦГЗК в якості показника оцінки, прийнято СО-еквівалент, що обумовлено близькістю житлової забудови і фактору здоров'я населення.

Для виконання порівняльної оцінки технологій природокористування двох гірничодобувних технологій підземного видобутку залізної руди: технологія з закладкою виробленого простору і технологія з обваленням виробленого простору за критерій оцінки прийнято показник ар-еквіваленту, виходячи із масштабності порушення земель. Такий же показник прийнято для порівняльної оцінки енергогенеруючих виробництв на прикладі Бурштинської ТЕС і Каховської ГЕС.

Розроблена методика дозволяє об'єктивно оцінювати і порівнювати будь-які технології природокористування, що забезпечує ефективне вирішення проблем управління техноекосистемами на регіональному рівні.



УДК 504:349.417

*Копач П. І., к. т. н., ст. наук. співр., Мормуль Т. М., к. т. н., ст. наук. співр., Гурська В. Т., провідний інженер,  
Інститут геотехнічної механіки ім. М. С. Полякова НАН України,  
м. Дніпро, Україна*

## **СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ОЧИЩЕННЯ ШАХТНИХ ВОД**

Упродовж ряду століть людство одержувало метали з багатих руд і концентратів. Однак існуючі застарілі технології нині вже не вирішують проблеми комплексного і раціонального використання природних ресурсів та охорони навколишнього середовища. Також існуючі технології не дозволяють комплексно та економічно вигідно переробляти складні руди і концентрати. Очевидним уже є й те, що в недалекому майбутньому кондиційні руди взагалі будуть вироблені і згодом постане питання про видобуток металів з бідних руд, відвальних порід, техногенних родовищ та різноманітних відходів. Тому на сьогодні постає нагальна проблема щодо розробки більш досконаліх технологічних схем отримання металів із руд, концентратів, гірських порід та розчинів. Існуючі схеми виробництва та споживання потребують удосконалення або заміни тими, які успішно і гармонійно взаємодіють із усім живим, сприяють біологічному різноманіттю, забезпечують достойне життя суспільства, що включає достатню кількість продовольства, житла, охорону здоров'я та задовольняє засоби існування для усіх людей.

Проблема екологічності гірничодобувних робіт наразі є однією з найбільш актуальних та складних у вирішенні, враховуючи просторові та часові масштаби перетворення природного середовища. І хоча у нас ще недостатньо знань та навиків, щоб виправити помилки минулого, ми можемо зробити все для того, аби не повторювати їх у майбутньому. Ми не в змозі сьогодні перетворити гірничу справу на абсолютно безпечний вид виробництва, але в наших силах, щонайменше, розробити стратегії розвитку економіки із застосуванням новітніх технологій, які б допомогли пом'якшити екологічні та соціальні збитки, завдані видобутком корисних копалин із земних надр.

Екологізація технологій природокористування характеризує спосіб взаємодії технологій з компонентами природного середовища, і полягає в оперативному та достовірному виборі комплексу технологічних заходів із захисту природного середовища та зниження негативного техногенного впливу на нього.

Можливості, які відкриваються перед нами, можуть принести зміни вже сьогодні і це мусить відбутись сьогодні. Незважаючи на те, що ми почали усвідомлювати важливість збалансованих процесів, мало хто знає,

як зробити їх економічно вигідними. Постає завдання навчитися розуміти та використовувати довершеність природи, її економічність та структурну простоту, враховувати функціональність, яка закладена в логіку екосистем, і це стане кроком до досягнення результатів, що будуть суттєво відрізнятися від результатів масштабної промислової глобалізації.

Проблема шахтних вод Криворізького залізрудного басейну формувалася протягом досить тривалого часу (більш ніж століття) та наразі є однією з найактуальніших і найскладніших регіональних екологічних проблем у плані її вирішення. В цілому по Кривбасу кількість відкачуваних з гірничих виробок вод з розрахунку на 1 т добутої руди становить: для відкритих гірничих робіт – 0,106 м<sup>3</sup>/т; для підземних гірничих робіт – 1,26 м<sup>3</sup>/т. Кількість солей мінералізованих вод з розрахунку на 1 т добутої руди складає: для відкритих гірничих робіт – 0,7 кг/т; для підземних гірничих робіт – 56,0 кг/т. Таким чином, основний акцент проблеми охорони навколишнього середовища від негативного впливу високомінералізованих підземних вод слід віднести на шахтні води [1].

На сьогодні до найбільш поширених способів поводження з високомінералізованими шахтними водами належать такі: розбавлення шахтних вод прісними водами з подальшим скиданням у поверхневі водотоки; закачування їх у глибокі геологічні структури; транспортування у солоні лимани і моря; очистка їх за допомогою мембранних фільтрів; випарювання природним шляхом і дистиляція за рахунок техногенного підігріву та виморожування. Кожен з цих напрямів має свої переваги і недоліки, які передусім залежать від ступеню мінералізації вод, кліматичних умов території, об'єму очистки, енергоємності технологій та екологічних наслідків їхнього застосування. Загалом по Кривбасу в навколишнє природне середовище за рік надходить 15,9 млн. м<sup>3</sup> шахтних вод. Ці води містять 4,145 млн. т солей в перерахунку на стан насиченого розчину або 0,6 млн. т солей в перерахунку на абсолютно сухий стан.

На даний час єдиним загальнопринятим способом «вирішення» проблеми шахтних вод як в Кривбасі, так і в Західному Донбасі є періодичне скидання «надлишків» мінералізованих вод в міжвегетаційний період у річки. Так, у 2017 році для вирішення проблеми з шахтними водами Кривбасу Кабінетом Міністрів України було прийнято рішення про залучення в басейн р. Інгулець близько 100 млн м<sup>3</sup> дніпрової води для забезпечення розбавлення надлишків шахтних вод під час їхнього скидання та промивки русла р. Інгулець після завершення скидання.

Проблема демінералізації шахтних вод на сучасному етапі природокористування має вирішуватися шляхом максимального вписування запропонованих технологій у природні процеси екосистем з використанням природних явищ і ефектів та урахуванням особливостей геологічних умов території конкретної шахти в межах її земельного (гірничого) відводу з максимальним застосуванням місцевих і регіональних

ресурсів – просторових, матеріальних та енергетичних. Використання просторових ресурсів полягає в залученні порушених гірничими роботами земель для розміщення технологічних об'єктів демінералізації шахтних вод та захоронення (на перших етапах) відходів цієї діяльності. Технології демінералізації шахтних вод мають бути забезпечені регіональними енергетичними ресурсами із застосуванням відновлюваних джерел енергії.

Загальна схема демінералізації шахтних вод включає такі етапи (рисунок 1):

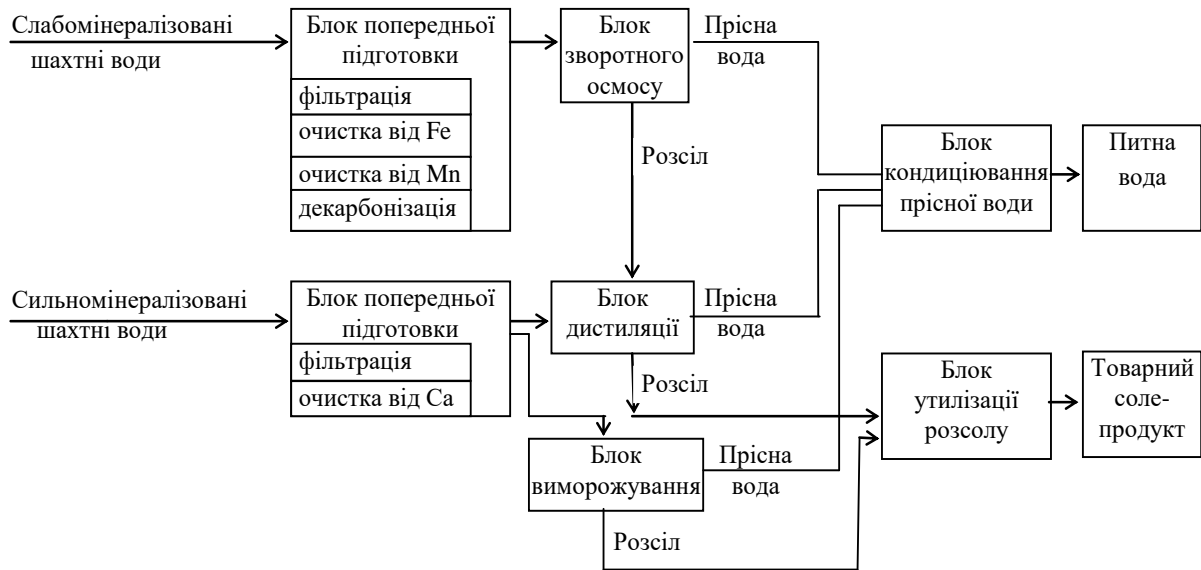


Рисунок 1 – Схема демінералізації шахтних вод

- попередню підготовку, яка включає фільтрацію, очистку від заліза і марганцю та пом'якшення шахтних вод;
- зворотний осмос, що базується на використанні мембран, які пропускають чисту воду і затримують концентрати;
- дистиляція концентрату зворотного осмосу може бути здійснена за рахунок випарювання чи виморожування;
- висушування відходів дистиляції здійснюється в закритому випарному басейні.

При розрахунку балансу матеріальних та енергетичних ресурсів було враховано наступне:

- 100% слабомінералізованих вод шахти переробляється за технологією зворотного осмосу, при цьому утворюється 75% прісної води та 25% концентрату;
- 50% сильномінералізованих вод очищуються за методом виморожування та 50% – за методом дистиляції. При цьому утворюється концентрат в розмірі 10% від обсягу дистиляції та 20% від обсягу виморожування;

- концентрат, отриманий після зворотного осмосу, дистиляції та виморожування, очищається у випарювальному басейні. Цей метод добре себе зарекомендував із давніх давен. Чумаки ефективно його використовували, забезпечуючи всю Україну сіллю. З використанням цього методу вирішена проблема шахтних вод на Запорізькому ЗРК. Застосування цього методу можна сумістити з формуванням техногенного родовища кам'яної солі, яке може стати цінним подарунком нашим нащадкам. Розміщення солей після знесолення шахтних вод можливе на площах гірничого відводу.

Враховуючи принципи еколого-економічної доцільності, пропонуємо використання відновлюваних джерел енергії, які дозволяють частково або повністю задовольнити потреби в електроенергії комплексу демінералізації на шахтах за рахунок функціонування сонячних електростанцій на основі фотоелектричних панелей (СЕС) та вітроенергетичних установок (ВЕУ).

Для виробничих умов демінералізації запропоновано застосування вертикальних вітроенергетичних установок потужністю 500 кВт, кожна з яких дозволить отримати 786 тис. кВт-годин електроенергії на рік, у випадку їх розташування на високих відвалах, цей показник може досягти 1257 тис. кВт-годин. На площі в 1 га можна розмістити три ВЕУ енергопотенціал яких становить 3771 тис. кВт-годин.

Аналіз усереднених даних по середньомісячній енергії сонячного випромінювання з урахуванням кліматичних умов (частоти і сили хмарності) для нерухомих панелей, орієнтованих на південь показав, що на площі 1 га можна розмістити 1334 панелі, які можуть генерувати 973 тис. кВт-годин електроенергії на рік.

На гірничозбагачувальних комбінатах Кривбасу площі відпрацьованих земель, які не використовуються в сільському господарстві, становлять 587 га. Їх використання для потреб відновлюваної енергетики дозволить отримати більше 570 млн. кВт-годин електроенергії.

Таким чином встановлено, що демінералізаційні комплекси більшості шахт Кривбасу можуть бути повністю забезпечені електроенергією за рахунок відновлюваних джерел.

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

*1. Здійснення технічних вишукувань та пошук технологічних рішень із очистки високо-мінералізованих шахтних вод на території області в 2016-2026 рр. / Звіт по договору № 1085/72 від 17.10.2016 року ІППЕ НАН України // Дніпро : ІППЕ НАНУ, 2017. 134 с.*

*Кочмар І. М., викладач, Карабин В. В., д. т. н., доцент,  
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності,  
м. Львів, Україна*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ МІНЕРАЛІЗАЦІЇ ВОДНИХ ВИТЯЖОК ВІДВАЛЬНИХ ПОРІД ОБ'ЄКТІВ ВУГЛЕВИДОБУТКУ ЧЕРВОНОГРАДСЬКОГО ГІРНИЧОПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ**

Інтенсивний розвиток гірничодобувної промисловості, як правило, призводить до суттєвого погіршення якості навколишнього природного середовища як у локальному, так і в регіональному рівнях. Виробнича діяльність, пов'язана з підземним видобутком кам'яного вугілля та його збагачення в межах Червоноградського гірничопромислового району (ЧГПР) Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну (ЛВБ) супроводжується нагромадженням на поверхні землі значних мас пустої відвальної породи, що призводить до утворення породних відвалів (териконів) біля копалень. Крім того, видобуте вугілля збагачують, відтак крупні фракції відходів (більше 50 мм) складують у відвалі, а тонкі (0,1-0,2 мм) – у хвостосховищах. Оскільки дані відходи відносяться до 4 класу небезпеки, їх зберігають на відкритому просторі, а їх властивості змінюються під впливом екзогенних процесів. У результаті на тілі відвалу формуються вимоїни, провали, щілини, якими стікають атмосферні опади, що несуть у собі розчинені хімічні компоненти з поверхні відвалу, проникаючи крізь їхню товщу, перетворюється на кислі інфільтрати, а тверді речовини змиваються у вигляді дрібнодисперсних часток [1,2].

Кліматичні зміни та температурні коливання провокують процеси фізичного, хімічного та біологічного вивітрювання породних мас. Під вплив факторів навколишнього середовища терикон чинить негативний вплив на перебіг фізико-хімічних, біологічних та екологічних процесів на місці свого розташування [3]. Терикони є екологічно небезпечними об'єктами, які негативно впливають на довкілля та призводить до порушення природної рівноваги, а саме можуть впливати на хімічний склад підземних та поверхневих вод [4,5], а також ґрунтів [6]. Варто зазначити, що територія гірничовидобувного регіону знаходиться в межах басейну річки Вісла, гідромережа регіону створена річкою Західний Буг та її лівими найбільшими притоками Ратою та Солокією, та піддаються впливу гірничих підприємств, териконів, водонакопичувачів, мулонакопичувачів, хвостосховищ, котрі є потенційним джерелом забруднення поверхневих та підземних вод регіону [7].

Аналіз наукових праць [3,4,8] дозволяє припустити, що відбувається міграція шкідливих речовин з поверхні териконів, яка в подальшому продовжується з ґрунтовим стоком і зумовлює забруднення ґрунтів та

підземних вод. Слід акцентувати увагу, що основний вплив на їх склад чинить саме хімічний склад породи, яка формує відвал, адже на своєму шляху стічна вода збагачується продуктами руйнування гірських порід (сульфати та солі лужноземельних елементів) та вугілля, тобто набуває нових фізико-хімічних властивостей, які своєю чергою сильно впливають на якісні показники навколишнього середовища.

Аналіз водних витяжок з відходів вуглевидобутку є одним із методів визначення кількості забруднюючих речовин, що потрапляють у навколишнє середовище та рекомендований у країнах Європейського Союзу в дослідженнях з екологічної оцінки стану навколишнього природного середовища [9-11]. Як зазначалось вище, потрапляючи в терикони, породи зазнають значних перетворень з процесами вивітрювання, а вода є мінералоутворюючим середовищем для більшій частині новостворених мінералів: сульфатів, гідрокарбонатів, карбонатів, фосфатів та ін. Мінералізація є одним з найбільш досліджуваних показників вод [12] та водних витяжок з ґрунтів і застосовується як для оцінювання рівня екологічної безпеки, так і для оцінювання ризиків виникнення надзвичайних ситуацій [13].

Мінералізація водних витяжок із порід терикону шахти «Візейська» та ЦЗФ «Червоноградська» коливається в межах 188,1-1741,3 мг/дм<sup>3</sup> і в середньому становить 781,8 мг/дм<sup>3</sup> (рис.1).

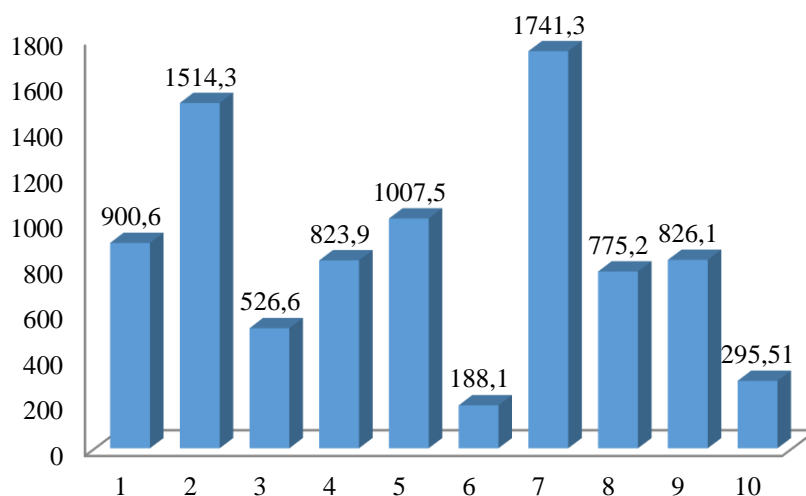


Рисунок 1 – Мінералізація водних витяжок із породного відвалу шахти «Візейська» та ЦЗФ «Червоноградська», мг/дм<sup>3</sup>:

**1 – негорілий аргіліт, 2 – перегорілий аргіліт, 3 – негорілий алевроліт, 4 – перегорілий алевроліт, 5 – слабо перегорілий пісковик, 6 – вугілля (породи терикону шахти «Візейська»); 7 – негорілий аргіліт, 8 – негорілий алевроліт, 9 – негорілий пісковик, 10 – негорілий кременистий алевроліт (породи терикону ЦЗФ «Червоноградська»)**

[14]

За значенням загальної мінералізації досліджувані породи чітко групуються за літологічним складом. Мінералізація водних витяжок з аргілітів є найвищою і коливається від 900 до 1741 мг/дм<sup>3</sup> і в середньому становить 1385 мг/дм<sup>3</sup>, мінералізація водних витяжок з алевролітів є суттєво нижчою і коливається від 295 до 824 мг/дм<sup>3</sup> за середнього значення 605 мг/дм<sup>3</sup>. За збільшенням мінералізації водних витяжок відвальні породи ЧГПР можна розташувати у такий ряд: вугілля – алевроліт – пісковик – аргіліт.

За значенням рН водних витяжок породи поділяються за ступенем окисненості. Породи з терикону шахти «Візейська», яка не діє з 2009 року є більш окиснені й характеризуються слабокислими та кислими (аргіліт) водними витяжками. Середнє значення рН у водних витяжках із порід терикону шахти «Візейська» становить 6,08, а з відвалу ЦФЗ «Червоноградська», який постійно поповнюється свіжими породами становить 7,19.

Слід зазначити, що відходи вуглевидобутку можуть впливати на якість поверхневих і підземних вод на досліджуваній території, адже атмосферні опади потрапляють на техногенні об'єкти і проходячи через них, змінюють свій хімічний склад та стають забрудненими.

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

1. Бучацька Г. М. Закономірності формування хімічного складу вод Червоноградського гірничопромислового району за результатами гідрогеологічного моделювання. Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Сер. Біологія / редкол.: М. М. Барна, К. С. Волков, В. В. Грубінко [та ін.]. Тернопіль : ТНПУ, 2015. Вип. 3/4 (64) : Спеціальний вип.: Гідроекологія. С. 70–74.

2. Кочмар І. М., Карабин В. В. Екологічні проблеми розробки родовищ камяного 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. Павличенко С. Л., Кулина С. Л. Екологічна небезпека гірничих відходів ліквідованих шахт Червоноградського гірничопромислового регіону. Збірник наукових праць Національного гірничого університету. Д. : Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», 2015. № 48. С. 216–222.

4. Czernaś K., Sawicki B., Zawiślak J. Właściwości fizyczno-chemiczne wody z rowu opaskowego wokół składowiska odpadów przywęglowych w Bogdance w aspekcie jej gospodarczego wykorzystania. Acta Agrophysica 1. 2003. S. 55–60.

5. Stefaniak S., Twardowska I. Zmiany jakości wód podziemnych i powierzchniowych w wyniku kontaktu wód infiltracyjnych i zalewowych z

obwałowaniem nasypu hydrotechnicznego wykonanego z odpadów górnictwa węglowego. *Biuletyn państwowego instytutu geologicznego*, 2009. 436. S. 483–488.

6. Popovych V., Voloshchyshyn, A. Features of temperature and humidity conditions of extinguishing waste heaps of coal mines in spring. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences*, 2019. 4(436). P. 230–237. <https://doi.org/10.32014/2019.2518-170X.118>

7. Starodub Y., Karabyn V., Havrys A., Shainoga I., Samberg A. Flood risk assessment of Chervonograd mining-industrial district. *Proc. SPIE 10783, 107830P. Event SPIE. Remote Sensing. 2018, Berlin, Germany (10 October 2018)*. URL: <https://doi.org/10.1117/12.2501928>

8. Брик Д., Гвоздевич О., Кульчицька-Жигайло Л., Подольський М. Техногенні вуглевмісні об'єкти Червоноградського гірничопромислового району та деякі технічні рішення їх використання. *Геологія і геохімія горючих копалин*, 2019. № 4 (181) С. 45–65.

9. Bojarska K., Bzowski Z. Wyniki badania wyciągów wodnych odpadów wydobywczych z kopalń węgla Górnośląskiego Zagłębia Węglowego w aspekcie wpływu na środowisko. *Górnictwo i Geologia*, 2012. 7, 2. S. 101–113.

10. Chudy K., Marszałek H., Kierczak J. Impact of hard-coal waste dump on water quality – a case study of Ludwikowice Klodzkie (Nowa Ruda Coalfield, SW Poland). *J. Geochem. Explor.*, 2014. 146. P. 127–135 <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2014.08.011>

11. Grabowska K., Sowa M. Ekologiczna ocena wykorzystania odpadów pogórnicznych z kopalń GSW S.A. dla celów inżyniersko-rekultywacyjnych. *Zesz. Nauk. Politech. Śl., Górnictwo*, 1999. 241. P. 73–87.

12. Loboichenko, Valentyna M., Vasyukov, Aleksandr E., and Tishakova, Tatyana S. 'Investigations of Mineralization of Water Bodies on the Example of River Waters of Ukraine', 2017. 1 Jan. P. 37–41. <https://doi.org/10.3233/AJW-170035>

13. Loboichenko V., Strelec V. The natural waters and aqueous solutions expressidentification as element of determination of possible emergency situation // *Water and Energy International*, 2018. Volume 61/RNI, № 9. P. 43–51.

14. Iryna Kochmar, Vasyl Karabyn. Water Extracts from Waste Rocks of the Coal Industry of Chervonograd Mining Area (Ukraine). *Problems of Environmental Safety and Civil Protection. Ecological Engineering & Environmental Technology* 2023. 24(1), 247–255. <https://doi.org/10.12912/27197050/155209>



*Кремньов В. О., Беляєв Г. В., к. т. н., Жуков К. Л.,  
Корбут Н. С., Стецюк В. Г., Тимощенко А. В., д. т. н.  
Інститут технічної теплофізики НАН України, Київ, Україна*

## **СУЧАСНЕ ЛІСІВНИЦТВО УКРАЇНИ І МОЖЛИВОСТІ ЙОГО СИНЕРГІЙНОЇ ВЗАЄМОДІЇ З ЕНЕРГЕТИКОЮ**

Доповідь є черговою у серії присвяченій організації у межах об'єднаних територіальних громад системи постійної інтеграції і координації державних лісгосподарських підприємств (ДЛГП) з тепло- та електрогенеруючими об'єктами територіально наближеними до них. Ми прагнемо розглянути у стислій формі сучасне лісівництво України з позицій його придатності для організації сталої системи взаємодії з енергетикою і зокрема привернути увагу до факторів, які об'єктивно утруднюють таку взаємодію [1].

Залучення до паливно-енергетичного комплексу додаткових видів твердого палива, якому притаманний низький вміст шкідливих речовин, які можуть потрапляти у довкілля є виключно актуальною задачею.

До уваги були взяті наступні міркування:

1. Деревне паливо має низький вміст сірки і є вельми привабливим з огляду на екологічні наслідки його використання за призначенням.

2. Виробництво деревного палива не тільки не повинно перешкоджати лісо-рослинницькій діяльності, а навпаки, мусить сприяти поліпшенню її фінансування завдяки залученню до комерційно-господарчого обороту ресурсів, які на сьогодні належать до категорії відходів і підлягають знищенню у лісгоспах відповідно до існуючих правил протипожежної безпеки при веденні лісового господарства.

3. Наша увага при дослідженнях і розробках, в першу чергу, спрямована саме на ресурси, які не використовуються через те, що останнім часом багатократно збільшився попит населення, яке проживає у індивідуальних домогосподарствах, а, також, з боку об'єктів бюджетної сфери (школи, лікарні, будинки пристарілих, клуби, санаторії, дитячі садки тощо) на дров'яну деревину. Це пояснюється багаторазовим збільшенням ціни на природний газ. Слід очікувати подальше зростання попиту на дрова. Цей прогноз базується на тому, що на сьогодні користувачі ще не встигли відновити опалення, яке працює на деревному паливі. Всі вони нещодавно активно відмовлялись від використання деревного палива внаслідок газифікації домогосподарств та вищезгаданих об'єктів бюджетної сфери. В першу чергу задовольняти попит населення. Можна надійно прогнозувати його надійне зростання на найближчі роки. Лісорослинницькі відходи непридатні для цієї групи користувачів.

4. Згадані лісорослинницькі відходи представлені тонкоміром (хворост і хмиз) та деревиною пнів та коренів. На наш погляд виробництво деревного палива для об'єктів енергетики територіально наближених до лісгоспів слід базувати саме на відходах. У першу чергу доцільно використовувати тонкомір, а деревину пнів та коренів вважати резервом (через збільшення витрат на переробку у порівнянні з тонкоміром).

5. При виконанні робіт прийнято для застосування патент на корисну модель № 48790 «Спосіб забезпечення деревним паливом об'єктів теплопостачання, оснащених твердопаливним теплогенеруючим устаткуванням з ручною та механічною системою подачі твердого палива», який зокрема передбачає використання також пнів і коренів.

#### ***Стислі відомості з історії лісівництва України.***

Лісові ресурси служать основою економічної системи ведення лісового господарства, а обсяги їх використання встановлюються такі, що забезпечують безперервність виконання лісами еколого-економічних функцій (захисних, санітарно-гігієнічних, оздоровчих, ресурсних).

Українські землі історично належали до складу різних держав, тому склалися значні регіональні відмінності в ході становлення правового регулювання використання лісів і відповідно ведення лісового господарства, що призвело до знищення (втрати) лісів.

Наслідками знищення лісів стали:

- активізація ерозійних процесів, що спричинило безповоротну втрату значної частини українських чорноземів та родючих ґрунтів;
- зміління великих та пересихання багатьох малих річок;
- масова поява рухомих пісків, пилових бур, засух та інших негативних природних явищ, як наслідок голодних років у степових і лісостепових регіонах тощо.

Усвідомивши, що лісовий потенціал країни підірвано і потребує відновлення, було створено у 1966 році Міністерство лісового господарства України, основним завданням якого було відновлення лісів, розведення їх на непридатних для сільського господарства землях, забезпечення невиснажливого, науково обґрунтованого лісокористування.

Пів століття планового професійного, відносно стабільного ведення лісового господарства дало позитивні результати. З 1966 року на 1,8 млн. га збільшилася загальна площа вкритих лісовою рослинністю земель, на 1,4 млрд.куб.м зріс загальний запас деревини, здебільшого за рахунок цінних порід. Закріплено практично всі сипучі піски, створено на значних площах пожезахисні лісові смуги та протиерозійні насадження на ярах.

Діяльність Держлісагентства України та його підвідомчих підприємств сьогодні спрямована на збереження лісів, нарощування їх ресурсного потенціалу, посилення державної лісової служби, недопущення розвитку процесів споживацького ставлення до лісів.

### ***Основна діяльність лісового господарства і утворення ресурсоцінних неліквідних відходів – потенційної паливної сировини.***

Основним видом догляду за лісом, що вирощується, є так звані рубання догляду. Вони полягають в періодичній вирубці частки дерев та проводяться з моменту виникнення насадження до рубання головного користування – від 40 до 100 років в залежності від умов росту. Рубання головного користування на відповідній ділянці є суцільним.

Рубання догляду є основним методом цілеспрямованого відбору найкращих дерев для подальшого росту. Ці роботи проводяться у кожному лісгоспі у відповідності до затвердженого проекту лісорослинницької діяльності, що розробляється для кожного лісгоспу Головним проектним інститутом на десятилітній період. Такий проект готується у чотирьох примірниках: по одному – у лісгоспі, обласному управлінні лісового господарства, Держкомлісгоспу України і у проектному інституті.

Крім планових рубань догляду проводяться вимушені санітарні рубання. Це пов'язано з усуненням наслідків пожеж, ураження шкідниками, хворобами рослин, буреломів, вітровалів, обмерзань.

Необхідні обсяги планових рубань догляду та вимушених планових рубань кожен рік істотно недовиконується. Джерела фінансування лісового господарства України, які існують, покривають не більше 50% потреби. Відсутність належного догляду перешкоджає розвитку лісу, призводить до його захаращеності, підвищенню пожежної безпеки та істотному зниженню природоохоронних можливостей.

Побічними результатами вирішення основної господарської задачі - вирощування стиглого лісу шляхом рубок догляду, є заготівля ділової деревини, технологічних дров, паливних дров і виникнення відходів: хворосту, хмизу та пнів.

Цілком очевидно, що лісорослинницькій діяльності притаманні об'єктивні протиріччя: об'єктивно обсяги рубок догляду визначаються завданнями лісоводства, а ліквідні продукти, що при цьому виникають, повинні бути реалізовані у відповідності до ринкового попиту. Природно, що співпадіння пропозицій та попиту може бути тільки випадковим. Особливо це стосується дров.

Поводження з відходами наступне: хворост і хмиз в певний період року (по протипожежним вимогам) доставляють на відкриті місця (галявини, узлісся і тощо) і спалюють. Ліквідні продукти, що не знайшли збуту, після збереження впродовж деякого часу також вибраковують та спалюють.

Потенційно ліквідні продукти, а саме, технологічні і паливні дрова, що не знайшли своєчасного попиту – псуються, після чого вони вибраковуються та знищуються як і хмиз тому, що створюють пожежну небезпеку і потребують значних витрат на організацію збереження з дотриманням правил протипожежної безпеки. Щорічне спалювання лісових

ресурсів в лісгоспах є вимушеним, але закономірним при існуючій організації справи.

При відновленні насаджень після суцільної вирубки на ділянку висаджують саджанці у кількості 8-10 тис. шт. на га. Оптимальна густина насаджень стиглого лісу, сформованого лісовим господарством в результаті багаторічної лісорослинницької діяльності, залежить від району зростання, складу насаджень і складає від 300 до 500 дерев на 1 га. Таким чином, за період вирощування лісу до його передачі у головне користування у середньому підлягає вирубці більше ніж 90% дерев без прямого зв'язку з попитом на продукти, що при цьому виникають.

Водночас, деревина може бути основою високоякісного палива для комунальної теплоенергетики, а за умов безпосередньої близькості цих об'єктів до лісу і основою високоекономічного теплопостачання за рахунок скорочення витрат на транспортування.

Отже, при забезпеченні додаткових джерел фінансування догляду за лісом виникає і додатковий відновлюваний паливний ресурс.

За часів каденції Президента В.Ющенка сталася величезна пожежа у лісах Херсонської області, які закріплюють рухливі піски найбільшої на території Європи пустелі. Ці ліси були закладені ще до революції 1917 р. і вважаються значним досягненням вітчизняного лісівництва.

Президент В. Ющенко особисто взяв участь у гасінні цієї пожежі. Після цього він ініціював розробку і введення спеціального лісового кодексу України, який істотно посилив законодавчий захист лісових ресурсів і лісівництва, як такого. Наприклад, на сьогодні будь-яка зміна територіальних, меж кожного лісгосподарського підприємства потребує спеціальної постанови Кабінету Міністрів.

Середня площа території, яку займає кожне лісгосподарське підприємство становить 30 тис.га.

У подальшому ми будемо розглядати кожне ДЛГП, як потенційного сталого постачальника деревних паливно-енергетичних ресурсів. Загальна кількість державних лісгоспів України – 290.

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

1. *Кремньов В.О., Тимощенко А.В., Беляєв Г.В., Беляєва І.П., Жуков К.Л., Корбут Н.С., Стецюк В.Г. Системна інтенсифікація тепло- і біотехнологічних процесів при утилізації ресурсоцінних відходів біологічного походження на території об'єднаних територіальних громад/ Подолання екологічних ризиків та загроз для довкілля в умовах надзвичайних ситуацій – 2022: колективна монографія Полтава – Львів : НУІП імені Юрія Кондратюка, НУ «Львівська політехніка» – Дніпро : Середняк Т.К., 2022. С. 326–339. <https://nupp.edu.ua/page/opis-kolektivnoi-monografii.html>*

*Кривуля О. В., ст., Крючкова В. В., викладач,  
Державний вищий навчальний заклад «Харківський коледж текстилю  
та дизайну», м. Харків, Україна*

## **ВПЛИВ ВУГІЛЬНИХ ТЕС НА ПОВІТРЯНИЙ БАСЕЙН**

У теперішній час у світі промислові підприємства здійснюють викиди понад 1 млрд. т шкідливих речовин. Значна доля в цьому належить паливо – енергетичному комплексу.

Основою сучасної енергетики є теплові електростанції (ТЕС), які виробляють майже 50% всієї електроенергії, та теплоелектроцентралі, що також є основними виробниками тепла, тому їх розташовують поблизу великих міст та промислових центрів. На сьогоднішній день у світі має місце різке зменшення запасів рідкого та газоподібного палива, що поступає на ТЕС, які працюють на твердому паливі. Це має погану перспективу, адже запасів кам'яного вугілля при теперішньому рівні споживання повинно вистачити на 400-450 років.

Коефіцієнт корисної дії при роботі ТЕС є невисоким і на сучасних теплоелектростанціях сягає 40%, а на ТЕС, які побудовані 30-40 років тому, цей коефіцієнт не перевищує 30-35 %. Разом з тим, ТЕС у кожному регіоні України належать до потенційно небезпечних об'єктів із точки зору охорони навколишнього середовища. Крім того, по зношеності основного технологічного устаткування, яке здебільшого вичерпало свій нормативний ресурс, вони є не тільки лідерами по викидам величезної кількості шкідливих інгредієнтів в атмосферу, але й джерелами теплового забруднення. Такі станції також забруднюють ґрунти на території свого розташування. Газоподібні продукти згорання органічного палива, що використовується на ТЕЦ, ТЕС та котельнях, спричиняють парниковий ефект та призводять до кліматичних змін.

В останні роки в Україні, як і у всьому світі, спостерігається стійка тенденція збільшення використання в теплоенергетиці частки вугілля. В розрахунку на 1 т вугільного палива на етапі вилучення утворюється 20 м<sup>3</sup> метано-повітряної суміші, 0,25 т шахтної породи, 7 т породи розкриву на розрізах і 2,79 м<sup>3</sup> стічних вод. При переробці вугілля виходить 0,23 хвоста збагачення, а при спалюванні – 0,25 т золи.

На теплоелектростанціях України, загальна потужність яких складає 36,4 млн. кВт (68,8% сумарної встановленої потужності електростанцій), із 104 енергоблоків 96 працюють на вугільному паливі. Прогнозовані запаси вугілля в Україні (117,3 млрд. т) і зростаючі ціни на природний газ, що експортується, дають привід розглядати сучасну теплоенергетику як пріоритетну галузь, а вугілля – як основний первинний енергетичний ресурс. При цьому має місце погіршення якості вугілля. За останні 15-20

років зольність твердого палива зросла від 26 до 38%. Використання такого вугілля для потреб енергетики, в умовах, коли 62% пиловугільних потужностей ТЕС оснащені електрофільтрами, ефективність золоуловлювання ( $\eta$ ) яких складає 92-99%, 35% – мокрими золоуловлювачами ( $\eta=92-96\%$ ) і 3% – циклонами ( $\eta\leq 90\%$ ), призводить до того, що викиди золи в атмосферу складають більше ніж 500 тис. т на рік.

Близько 60% загальної кількості аерозолів, що попадають в атмосферне повітря з підприємств енергетичного комплексу, складають тверді частинки, які надходять при спалюванні вугілля. Це головним чином зола, пил, сажа, важкі метали. На сьогоднішній день концентрація твердих частинок на деяких ТЕС, що працюють на вугіллі, доходить до 800-2500 мг/м<sup>3</sup> і становить у викидних газах до 50 мг/м<sup>3</sup>.

Станом на 2021 рік усі шкідливі викиди є регламентовані за показниками гранично допустимих концентрацій у вигляді максимально разових і середньодобових значень (табл. 1).

Таблиця 1 – Гранично допустимі концентрації шкідливих викидів в атмосферному повітрі

Назва речовини	Гранично допустимі концентрації, мг/м <sup>3</sup>	
	Максимально разова	Середньо-добова
Діоксид азоту NO <sub>2</sub>	0,085	0,085
Окис азоту NO	0,25	0,25
Зола	0,5	0,15
Сажа, кіпоть	0,15	0,05
Діоксид сірки SO <sub>2</sub>	0,5	0,05
Окис вуглецю CO	3,0	1,0
Сірководень H <sub>2</sub> S	0,008	0,008
Бенз(а)пірен C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>	–	1,0·10 <sup>-6</sup>
Формальдегід	0,005	0,012
Нітробензол C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NO	0,008	0,008
П'ятиокис ванадію V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	–	0,002
Хлор	0,1	0,03

Норматив по твердим частинкам для існуючих котлів складає 50 мг/м<sup>3</sup> і для нових 30 мг/м<sup>3</sup>. При прогнозованому зростанні виробництва електроенергії зорієнтацією на переважне спалювання на ТЕС вугілля, незабаром Україна встане перед проблемою невиконання своїх міжнародних зобов'язань. Це може призвести до непередбачених санкцій, тому мають бути досягнуті суттєві зрушення в скороченні вмісту твердих частинок у димових газах ТЕС.

Крім того, ТЕС є активним споживачем повітря. Продукти згоряння, які утворюються, передають основну частину теплоти робочому тілу енергетичної установки, частина теплоти розсіюється в навколишнє середовище, а частина виноситься з продуктами згоряння крізь димову трубу в атмосферу.

При спалюванні твердого палива в атмосферу надходять летюча зола з частками недопаленого палива, сірчистий і сірчаний ангідриди, оксиди азоту, деяка кількість фтористих сполук, а також газоподібні продукти неповного згоряння палива (табл. 2.)

**Таблиця 2 – Структура викидів забруднюючих речовин у повітря ТЕС**

Забруднююча речовина	Частка %
Діоксид сірки SO <sub>2</sub>	78,0
Діоксид азоту NO <sub>2</sub>	9,0
Тверді речовини	11,2
Оксид вуглецю CO <sub>2</sub>	0,8
Інші	1,0
Всього	100

Українські ТЕС продовжують викидати в атмосферу щорічно понад 1,5 млн. тонн SO<sub>2</sub>. При викиді сірчистих газів з димової труби, волога газів конденсується і утворюється сірчиста кислота H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> у вигляді аерозолу, який поглинає з димових газів дрібну золу, важкі метали і вуглеводні. Саме ці мільйони тонн викидів на рік найбільш токсичні, і не тільки для регіонів ТЕС.

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

1. *Карабасов, Ю. С. Сталь на рубеже столетий [Текст]/научн.пособие. М.: МИССИС, 2001. 664 с.*

2. *Інформація щоденного стану накопичення вугілля на складах ТЕС та ТЕЦ станом на 06.09.2018.[Електронний ресурс] / Міністерство енергетики та вугільної промисловості. -Режим доступу: <http://naftogaz.europe.com/article/ua/vidobutokgazi20162017> – 06.09.2018 г. – Загл. з екрану.*

3. *Видобуток газу в Україні в 2016-2017 роки.[Електронний ресурс]/ Міністерство енергетики та вугільної промисловості. – Режим доступу:*

*Naftogaz/Europe*[http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/article?art\\_id=245299354&cat\\_id=245183254](http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/article?art_id=245299354&cat_id=245183254)— 01.02.2018 г. — Загл. з екрану.

УДК 664.1-047.37:551.510.42

*Крот О. П., д. т. н., доцент, Косенко Н. О., к. т. н., доцент, Левашова Ю. С., к. т. н., доцент, Лебедева О. С., к. т. н., Строгіна Т. С., завідувач навчальною лабораторією, Крот О. Ю., д. т. н., професор, Харківський національний університет будівництва та архітектури, м. Харків, Україна*

## **БЕЗПЕКА ПРАЦІ ТА ЇЇ ПРОДУКТИВНІСТЬ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ АЕРОІОНІЗАЦІЇ**

Результати експериментальних досліджень параметрів аероіонного режиму в приміщеннях, проведених в Україні, можна знайти в роботах [1, 3-6].

Виміри рівня іонізації повітря проводяться у виробничих приміщеннях, повітряне середовище яких підлягає спеціальному очищенню, що задається технологічним регламентом: у приміщеннях, де є джерела іонізації повітря (УФ-випромінювачі); на робочих місцях операторів відеотерміналів; на робочих місцях персоналу підстанцій і високовольтних ліній постійного струму ультрависокої напруги тощо.

Гігієнічну оцінку фактора здійснюють відповідно до «Санитарно-гигиенических норм допустимых уровней ионизации воздуха производственных и общественных зданий», затверджених заступником Головного державного санітарного лікаря СРСР від 12 лютого 1980 року №2152-80 (далі – СН № 2152-80).

Важливими задачами наукової роботи є визначення оптимального розміщення іонізатора в деяких приміщеннях. Численними дослідженнями показано, що іонний баланс в повітрі офісних приміщень зі штучним мікрокліматом, оснащених системами центральної примусової вентиляції, очищення і кондиціонування повітря характеризується яскраво вираженим дефіцитом легких негативних аероіонів.

Методика досліджень полягає в :

- обробці та аналізі літературних джерел;
- проведенні дослідів для уточнення та перевірки теоретичних даних.

Експериментальні дослідження ставили за мету підтвердити цілі та задачі наукових досліджень.

Експериментальні дослідження проводилися при використанні детектора повітря КТ-401/Р міні-іонного тестера та іонізатора повітря Airnasa KJF03. Вимірювання швидкості повітряного потоку здійснювалось за допомогою анемометра.

Модель КТ-401 Р – це нова конструкція міні-іонного тестера. Він може зберігати пікове значення (максимальне значення) негативного повітряного іона на РК-дисплеї. Таким чином, читання стає більш стабільним і більш



легким. Цей тестер підходить для всіх видів генератора іонів позитивних або негативних. Концентрація іонів становить від 10000 до  $1,999 \times 10^7$  (іонів /  $\text{см}^3$ ).

Концентрація негативних іонів вимірюється в ряді точок на конкретній висоті (на рівні органів дихання при сидячій роботі). В ході експерименту проводилося вимірювання концентрації негативних іонів поблизу діючого іонізатора та на деякій відстані (на робочих місцях), а також без роботи іонізатора. Відстань від іонізатора на якій проводилися заміри обумовлювалася розташуванням робочих місць в даному приміщенні та можливим розташуванням іонізатора. Метою експерименту було встановлення оптимального місця розташування іонізатору в визначених приміщеннях, відносно органів дихання людини, при досягненні нормативної концентрації аероіонів в повітрі.

Всі експериментальні дані проводилися у два етапи: на першому етапі проводилися заміри без іонізатора повітря, на другому етапі – з іонізатором на різній відстані від нього.

Всі експериментальні дані занесені да таблиці 1.

Найменування приміщення	Відстань від іонізатора, м	Концентрація іонів, іон/ $\text{см}^3$
Комп'ютерний читальний зал	0.5	$(1,34-1,44) 10^7$
	1.0	$(0,77-0,83) 10^7$
	1.5	$(0,47-0,49) 10^7$
Навчальна аудиторія обчислювального центру	1	$(0,60-0,62) 10^7$
	2.5	$(0,21-0,28) 10^6$
	3	$(0,05-0,03) 10^5$
Комп'ютерний клас	1	$(0,72-0,70) 10^7$
	1.5	$(0,47-0,49) 10^7$
	2	$(0,30-0,32) 10^6$

Результати експериментальних досліджень концентрації  $C_w$  негативних аероіонів для кожної зони свідчать про те, що варіюючи місцем розміщення іонізатора в приміщенні, можна забезпечити нормативні значення концентрацій аероіонів у місці розташування органів дихання працівника.

Для офісних співробітників основними недугами на робочому місці є головний біль, підвищена стомлюваність, розлади нервової системи, що, як зазначалося вище, є наслідком браку легких негативних аероіонів в повітрі приміщення. Таким чином, роботодавцю вигідно створювати на наявних робочих місцях здоровий мікроклімат, повітря якого наповнено необхідною

концентрацією легких негативних аероіонів, як із точки зору турботи про здоров'я співробітників, так і з економічної (збільшення працездатності і зниження ризику профзахворювань).

Вважається, що тканина мозку володіє найбільшою чутливістю до дії аероіонів, при цьому негативні аероіони виявляють тенденцію до стимулювання, а позитивні – до уповільнення психічних процесів. Крім того, існує думка, що за допомогою аероіонів можна підвищити здатність до навчання. Форноф і Гільберт відзначили, що поведінкові реакції і характеристики пізнавальної діяльності дітей залежали від рівня аероіонів в оточуючому їх повітряному середовищі, притому неоднаково у дітей різного нервового статусу [2]. Тому не варто забувати про необхідність аероіонів в кліматі і в навчальних закладах.

Проведені експериментальні дослідження показали невідповідність іонного режиму нормативним вимогам у повітрі. Тому для нормалізації іонного складу повітря рекомендуємо застосовувати іонізатори, що збільшать концентрацію легких аероіонів.

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

1. *Державні санітарні норми та правила «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», затверджені наказом Міністерства охорони здоров'я України N 248 від 08 квітня 2014 року.*

2. *Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень: ДНАОП 0.03-3.06-80.*

3. *Лившиц М. Н. Аэроионификация: Практическое применение. Москва : Стройиздат, 1990. 168 с.*

4. *Черный К. А. Современное представление о природе аэроионов и их классификация // Безопасность жизнедеятельности. 2011. №7 (127). С. 15-20.*

5. *Чураков А. Я., Сторокань О. В. Визначення однакової концентрації аероіонів в робочій зоні // Энергосбережение, энергетика, энергоаудит. – Харьков : НТУ ХПИ, 2010. №9. С. 57–60.*

6. *Левашова Ю. С., Коваленко А. В., Косенко Н. А. Наслідки підвищеної чи зниженої іонізації повітря в робочому просторі приміщень // Науковий вісник будівництва. Х. : ХНУБА, ХОТВ, АБУ, 2018. Вип. 3(93). С.253.*

**Крючкова С. В.**

*Інститут геотехнічної механіки ім. М. С. Полякова  
Національної академії наук України (ІГТМ НАН України)  
м. Дніпро, Україна*

## **ДО ПИТАННЯ ЩОДО ОСНОВ ЕКОЛОГІЧНОЇ ОСВІТИ**

Отримання сучасних екологічних знань неможливе без розуміння сьогоденних умов існування країни: 1) екологічної ситуації загальної та в окремих регіонах; 2) стану економіки та ресурсокористування, тенденцій розвитку основних галузевих наповнювачів бюджету країни; 3) соціально-політичних реалій. Україна за тридцять років незалежності пройшла багато кризових ситуацій: різкий спад в економіці (особливо у гірничо-металургійному комплексі, енергетиці, машинобудуванні); деградацію оборонно-промислового комплексу; значну нестабільність в різних сферах: а) соціальній (високий рівень безробіття, різке падіння життєвого рівня населення), б) політичній (корупційні та олігархічні прояви, оксамитові революції та нелегітимні режими, анексія Криму і територій Донбасу, втягування у військове протистояння), в) фінансовій (не одноразові дефолти, втрата контролю над стратегічними регіонами); пандемію COVID-19 із сумнозвісними наслідками. Та все перевершило повномасштабне військове вторгнення РФ на територію України 24 лютого 2022 року. З вірою в непереможність сили духу та військової потужності України (за відчутної підтримки багатьох країн світу), необхідно вже зараз думати про відновлення держави у післявоєнний період та ліквідацію екологічних та інших катастрофічних наслідків, спричинених військовими діями, про укріплення її економічного потенціалу, соціально-політичної стабільності, а також про забезпечення національної та ресурсної незалежності з урахуванням загальноєвропейських принципів сталості розвитку, раціонального природокористування й гармонізованих із довкіллям технологій.

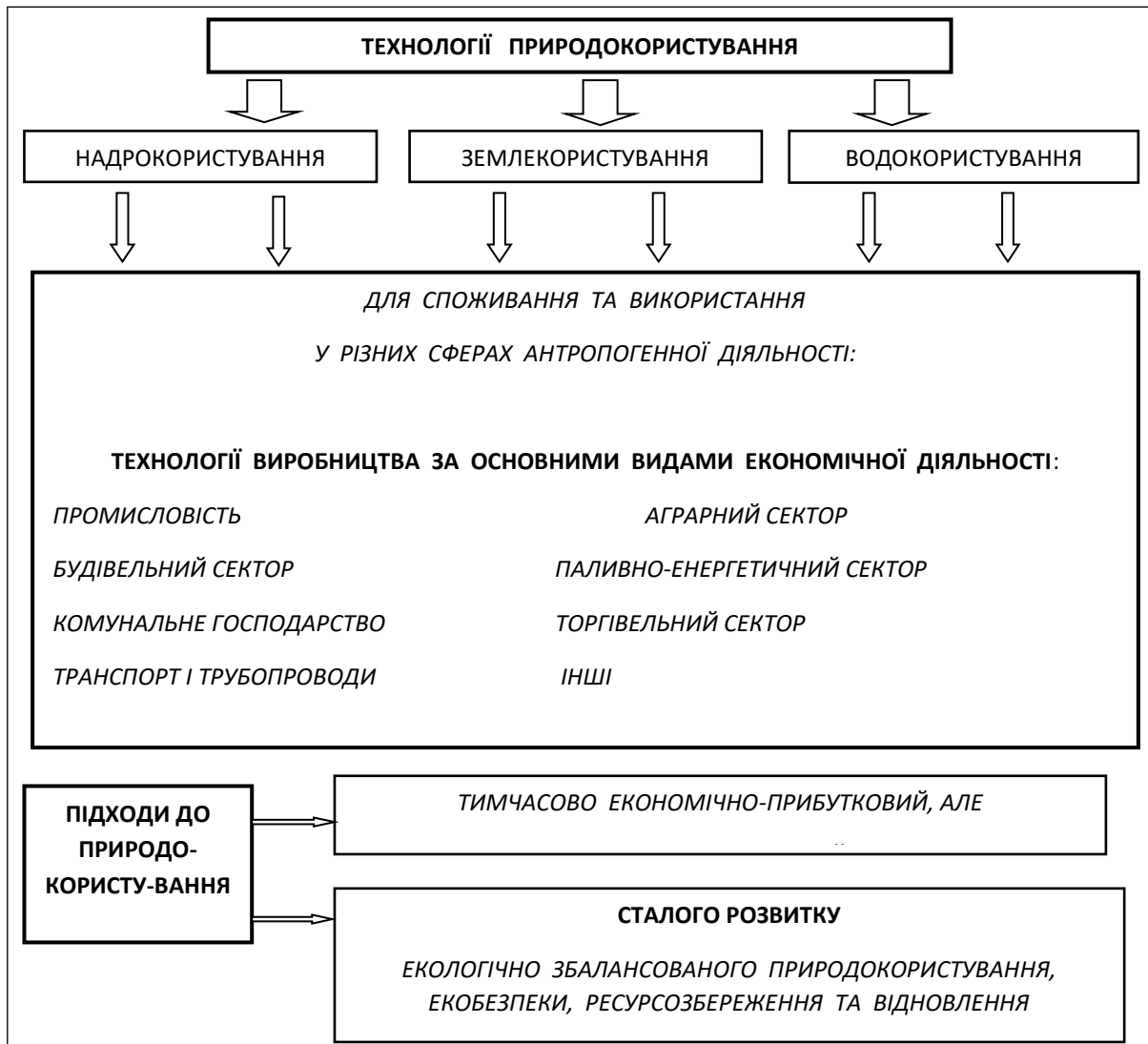
За основу таких принципів, безсумнівно, треба обрати орієнтовні сім принципів із Декларації, затвердженої на Конференції з відновлення України в швейцарському місті Лугано (05-07 липня 2022 р.), які визначають початок, критерії та методи відновлення: **1. Партнерство (Partnership)**. Припускається, що Україна буде очолювати процес відновлення та реалізовувати його спільно з міжнародними партнерами; регулярно буде відстежувати прогрес та фінансові потоки процесу відновлення. **2. Фокус на реформах (Reform focus)**. Взаємозалежними речами є відновлення, *сталий розвиток*, тривалість, а також продовження й поглиблення необхідних реформ. **3. Прозорість, підзвітність та верховенство права (Transparency, accountability and rule of law)**. Цей

процес, включаючи забезпечення незалежної судової системи, а також невинна боротьба з корупцією, повинні включати підзвітність та дотримання правових норм. **4. Демократична співучасть** (*Democratic participation*). Процес відновлення буде не централізованим, а ґрунтуватиметься на демократичній участі та на участі місцевих громад.

**5. Залучення широкого переліку стейкхолдерів** (*Multi-stakeholders engagement*). Передбачає залучення численних зацікавлених сторін та сприяти участі міжнародних гравців зі сфер бізнесу, громадянського суспільства, наукових кіл та місцевих громад. **6. Інклюзивність та гендерна рівність** (*Gender equality and inclusion*). Процес має включати всіх і кожного, зокрема представників меншин. **7. Стійкість** (*Sustainability*). Реформи не обмежуються змінами інфраструктури й установ, а охоплюватимуть соціальні, економічні, екологічні аспекти, витримуючи принцип «побудувати краще, ніж було» [1].

Основи сучасної екологічної освіти не потребують надто складних формулювань (прислів'я «що надто складно, то не ладно») – достатньо зосередження на двох наріжних каміннях: безпека (і для природи, і для людини) та масштаби антропогенного забруднення довкілля (згадаємо мудрість Антуана де Сент-Екзюпері: «прокинешся вранці – умийся сам і приберися на своїй планеті»). На сьогодні людська спільнота підтримує напрямок до гармонізації техногенезу й природних процесів шляхом впровадження сталого розвитку, принципи якого започаткували Міжнародні Саміти в Ріо-де-Жанейро (1992) і Токіо (2002). Розбіг між технологіями III-го (індустріального), IV-го (інформаційного), V-го (генної інженерії) та започаткованого VI-го покоління (впливу на нервово-мозкову діяльність людини – симбіоз технологій IV-го та V-го, створення природоподібної техносфери на основі формування конвергентних НБІКС-технологій) у наш час тільки посилюється, що відбивається глобально не тільки на екологічному, але й на економічно-політичному стані, наслідки чого спостерігаються на сьогодні у світі. Враховуючи вище викладені факти, основною складовою раціонального природокористування вважається екологічна, на якій повинен базуватися техногенний (особливо промисловий) розвиток, тобто технології видобутку ресурсів та поводження з відходами, в першу чергу. Вибір еколого орієнтованих технологій вимагає концептуального розуміння сутності процесів дестабілізації їх екологічної складової під дією антропогенних чинників, визначення причин виникнення та розвитку таких процесів, механізмів і закономірностей їх здійснення, що характеризують ступінь такої дестабілізації [2]. При переведенні техноекосистем до стану сталого функціонування розроблено узагальнену систематизацію технологій та підходів до природокористування (рис. 1). При концептуальному формуванні стратегії гармонізованого з довкіллям функціонування техноекосистем у різних аспектах (для підсистем та субсистем природокористування) виникає необхідність у розробці кількох

стратегії ефективного їх досягнення за умов поетапного екоцаргетування, яке відповідає конкретизованим аспектним цілям системної стратегії в цілому.



**Рисунок 1 – Узагальнена систематизація технологій та підходів до природокористування**

Для оцінки екологічних наслідків реалізації сценаріїв переходу техноекосистем до сталого стану при ресурсному забезпеченні необхідно застосування принципу пріоритетності вибору екоорієнтирів для певної техноекосистеми окремо, з урахуванням стану її субсистем. Відповідно, оцінка соціальних наслідків повинна розраховуватись на душу населення конкретної техноекосистеми, а оцінка економічних наслідків – на одиницю території. В структурованому вигляді на рисунку 2 показано місце й взаємозв'язок таких понять, як: стратегія використання ресурсів; технології; інновації; ефективність; оцінки ризиків, екологічно-соціально-економічних

збитків та небезпек; етапи екоцаргетування стратегій та досягнення екоорієнтирів.

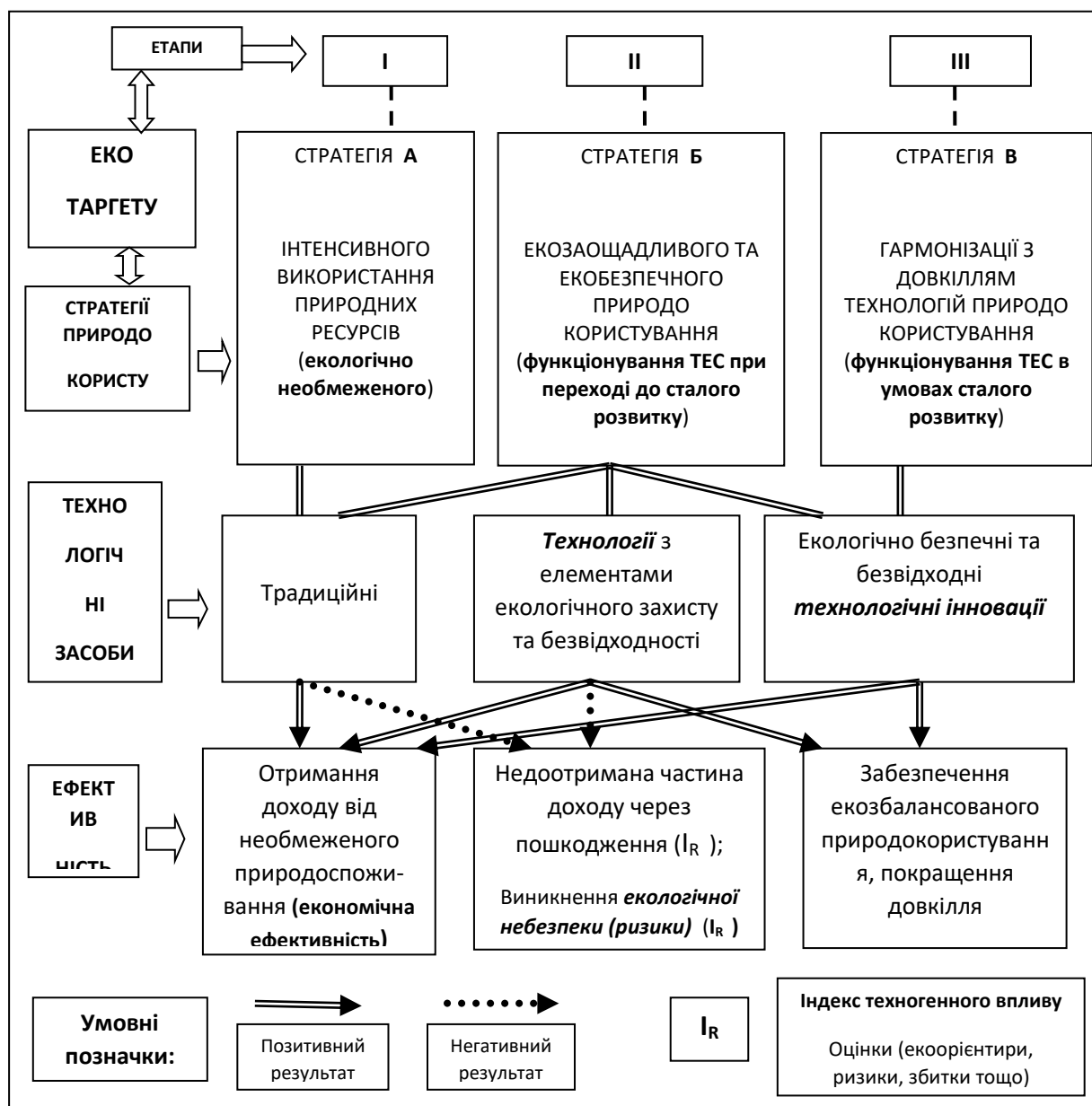


Рисунок 2 – Узагальнена структура поетапного досягнення ефективності стратегій гармонізації з довкіллям технологій природокористування з урахуванням необхідних оцінок

**Використані інформаційні джерела:**

1. [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://www.dw.com/ru/nakonftrencii-v-lugano-soglasovany-principiy-vosstanovltnija-ukrainy/a-62366485>
2. Новітня парадигма вилучення природних ресурсів з навколишнього середовища / Під загальною редакцією чл.-кор. НАН України А. Г. Шапара. Дніпро, ІППЕ НАН України, 2018. 128 с.

УДК 504.4.054;622.323:519.6(043.2)

*Кузик А. Д., д. с.-г. н., професор, Шуригін В. І., ад'юнкт,  
Карабин В. В., д. т. н., доцент*

*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності,  
м. Львів, Україна*

## **МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ МІГРАЦІЇ ЗАБРУДНЮВАЛЬНИХ РЕЧОВИН ВУГЛЕВОДНЕВОГО СКЛАДУ ВНАСЛІДОК ЇХ ОДНОРАЗОВОГО СКИДУ У ГІРСЬКУ РІЧКУ**

Із розвитком нових гірничих технологій, а також при збільшенні об'ємів транспортування нафти та нафтопродуктів зростає кількість небезпек, пов'язаних із надходженням вуглеводневих сполук у водні об'єкти та на поверхню ґрунту [1,2].

Особливо небезпечні розливи вуглеводневих сполук утворюються в річках поблизу (над) водозаборами питної води. Тоді без питного водопостачання можуть бути залишені одночасно кілька населених пунктів [3,4]. Зокрема, нафтопровід «Броди-Держжордон» на ділянці км 157 – км 165 проходить вздовж русла річки Стрий та частково проходить у межах другої зони санітарної охорони Стрийського водозбору прісних підземних вод. Водозабір забезпечує питною водою понад 500 тис. споживачів – частину жителів у Львові, жителів Трускавця, Моршина, Стрия та Дрогобича. У випадку пошкодження нафтогону на цій ділянці існує ризик виходу нафти та забруднення річки із потраплянням нафти у споруди водозбору [5]. Тому постійний моніторинг якості води річкових систем є необхідною умовою попередження надзвичайних ситуацій пов'язаних із забрудненням питних вод.

Математичні моделі міграції вуглеводнів у річкових системах є важливим інструментом запобігання подібним надзвичайним ситуаціям. Основними вимогами до такої математичної моделі є її адекватність та ефективність.

Однією з перших моделей масопереносу забруднюючих речовин у водному потоці була одновимірна модель Фролова-Родзіллера, яка широко використовувалася при розрахунку лімітів підприємств на скидання стічних вод у річку, ступеня розбавлення цих стічних вод перед скидом і для вирішення інших подібних завдань [6].

Серед інших вже існуючих математичних моделей вже відомі камерна модель масопереносу, розв'язування задач дифузії методом Монте-Карло та диференціальні рівняння розподілу забруднень [7].

Проблема описаних вище математичних моделей полягає у тому, що вони не враховують вплив донних відкладів на масоперенесення забруднювача у воді. Особливо значним такий вплив буде у водах гірських річок, які характеризуються невеликими розмірами поперечного перерізу,

значними швидкостями та турбулентністю руху води, а відтак більшим контактом річкової води з донними осадами, аніж в умовах великої рівнинної ріки. Автори вважають, що вплив донних осадів на масоперенесення забруднювача є вагомим, а відтак похибки оцінок швидкості та концентрації масоперенесення речовин у воді гірської річки без врахування впливу донних осадів можуть бути суттєвими.

Прийmemo, що на зміну концентрації забруднювача вуглеводневого складу у річці внаслідок його одноразового скиду будуть впливати процеси дифузії, фізичного перенесення забруднювача внаслідок руху води у річці та параметри розподілу забруднювача у системі «вода – донні відклади».

Тоді зміну концентрації забруднюючої речовини в річці в певний момент часу ( $t$ ) можна описати формулою:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D_w \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} - v_w \frac{\partial c}{\partial x} - k_r C + k_w c \quad (1),$$

де:  $C = C(x, t)$  – концентрація забруднювача у воді річки, мг/дм<sup>3</sup>,

$c = c(x, t)$  – концентрація забруднювача у донних відкладах річки,

$x = 0$  – точка початку відліку в момент часу  $t = 0$ , с,

$x(t)$  – відстань від точки початку відліку, м,

$D_w$  – коефіцієнт дифузії забруднювача у воді, м<sup>2</sup>/с,

$k_w$  – коефіцієнт розподілу забруднювача у системі «вода – донні відклади»,

$k_r$  – коефіцієнт розподілу забруднювача у системі «донні відклади – вода»,

$v_w$  – швидкість руху води у річці, м/с.

Зміну концентрації забруднювача у донних відкладах річки у певний момент часу ( $t$ ) опишемо формулою:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D_r \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + k_r C - k_w c \quad (2),$$

де:  $D_r$  – коефіцієнт дифузії забруднювача у донних відкладах.

Комбiнуючи рівняння 1 і 2, ми отримуємо математичну модель міграції забруднюючих речовин у річковій системі з урахуванням впливу донних відкладень у вигляді системи диференціальних рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{\partial c}{\partial t} = D_w \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} - v_w \frac{\partial c}{\partial x} - k_r C + k_w c \\ \frac{\partial c}{\partial t} = D_r \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + k_r C - k_w c \end{cases} \quad (3).$$

Перше рівняння описує процеси дифузії забруднювача у воді, сорбції та десорбції у системі «вода – донні відклади» з урахуванням швидкості течії річки. Друге рівняння описує процеси дифузії забруднювача у донних відкладах та сорбції – десорбції у системі «донні відклади – вода».



Розроблена математична модель зміни концентрації забруднювача вуглеводневого складу у річці внаслідок його одноразового скиду створює надійну наукову основу для моделювання дифузійного переносу.

### **Використані інформаційні джерела:**

1. Lazaruk Y., Karabyn V. (2020). *Shale gas in Western Ukraine: Perspectives, resources, environmental and technogenic risk of production. Pet Coal*, 62(3), 836–844.

2. Shuryhin V., Rak Yu., 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. DOI:10.21303/2313-8416.2020.001484

3. 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.

4. Loboichenko, V., Leonova, N., Shevchenko, R., et al. (2021). *Assessment of the impact of natural and anthropogenic factors on the state of water objects in urbanized and non-urbanized areas in Lozova district (Ukraine). Ecological Engineering & Environmental Technology*, 22(2), 59–66. DOI:10.12912/27197050/133333

5. Українська енергетика. (2021). *Укртранснафта введе в експлуатацію ділянку нафтопроводу «Дружба»*. Взято з: <https://ua-energy.org/uk/posts/ukrtransnafta-vvede-v-ekspluatatsiiu-dilianku-naftoprovodu-druzhba>

6. Родзіллер І. Д. (1984). *Прогноз якості води водойм-приймачів стічної води. Стройиздат*, 263 с.

7. Кучмент Л. С., Демідов В. Н., Мотовілов Ю. Г. (1983). *Формування річкового стоку. Фізико-математичні моделі. Наука*, 61–178.

*Курепін В. М., канд. екон. наук, доцент  
Миколаївський національний аграрний університет,  
м. Миколаїв, Україна*

## **ВПЛИВ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН НА ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ ТА БІОРІЗНОМАНІТТЯ**

Принцип, згідно з яким екологічна безпека є складовою національної безпеки держави покладено в основу формування державної екологічної політики. Державна природоохоронна діяльність полягає в досягненні оптимального балансу між шкідливими для довкілля наслідками і можливостями природних ресурсів до самовідтворення [1]. Неможливо рухатися вперед, не використовуючи наукові досягнення, не впроваджуючи нові технології, але при цьому важливо передбачити, як природа відреагує на діяльність людини, наскільки раціонально ми використовуємо її багатства, які є альтернативи тієї чи іншої діяльності.

Перше місце за ступенем хімічної небезпеки для людини посідає забруднення атмосферного повітря [2]. Людина споживає за добу і в цілому за життя в об'ємному відношенні повітря набагато більше, ніж води і їжі.

Маючи природні захисні бар'єри, які певною мірою захищають людину від потрапляння шкідливих речовин до організму через шлунково-кишковий тракт, організм людини не має таких бар'єрів та надійних природних механізмів від потрапляння шкідливих речовин через дихальні шляхи. Через це, не викликає сумніву про наявність ризиків для здоров'я людини від забруднення повітря [3], більшість яких й досі недостатньо визначені. Невизначеність відбувається внаслідок того, що:

- забруднення повітря широко розповсюджене і важко підібрати неекспоновані групи населення для контролю;
- існують проблеми в оцінці розмірів індивідуального впливу;
- концентрації атмосферних домішок надзвичайно залежні від метеоумов;
- хвороби, у виникненні і перебігу яких забруднення повітря може відігравати значну роль, є, головним чином, хвороби дихальної системи.

Разом з тим, хвороби неспецифічні і можуть викликатися іншими факторами, наприклад, палінням, або професійним впливом; значну роль при цьому може відігравати дія внутрішніх алергенів.

Домінуюча проблема сьогодення, це постійне зростання кількості автомобільного транспорту у містах та його вплив на стан повітряного середовища [4], і відповідно, на стан здоров'я населення. Викиди автомобільного транспорту є одним із основних факторів, що формують експозицію населення, яке проживає у районі автомагістралей чи щодня пересувається маршрутами вздовж автодоріг.

Стан атмосферного повітря є найгірший в мікрорайонах, прилеглих до автомагістралей. У теперішній час це відповідає стану речей: за останні роки викиди стаціонарних джерел забруднення атмосферного повітря значно скоротилися [5], а викиди від пересувних джерел – прогресують.

Дослідження останніх років довели наявність взаємозв'язку між різними проявами респіраторних захворювань, включаючи погіршення стану хворих на астму, що проживають чи проводять значну частину часу у близькості до автодоріг з інтенсивним рухом транспорту.

Важливим для прогнозування захворюваності, зниження ризиків розвитку респіраторних захворювань та розробки профілактичних програм є оцінка потенційних негативних ефектів для здоров'я населення, що перебуває поблизу завантажених автомобільних доріг. Дослідження дозволять оцінити вплив викидів автомобільного транспорту на здоров'я населення, що перебуває в зоні впливу автодоріг міста.

Результати досліджень можуть слугувати підґрунтям для розробки профілактичних програм оздоровлення населення [6], подальших досліджень з вивчення впливу викидів автомобільного транспорту на здоров'я населення.

Забруднення атмосферного повітря є одним із провідних елементів оцінки якості середовища проживання людини, що спричиняє шкідливий вплив на її здоров'я. Сьогодні в Україні, незважаючи на певний спад виробництва, стабільно високим залишається забруднення повітряного середовища великих міст і промислових центрів. В результаті практично дві третини населення країни проживає на територіях, де стан атмосфери не відповідає гігієнічним нормативам. Проте, питання щодо ступеня ризику за умов постійної тривалої дії шкідливих чинників повітряного середовища, якому піддається населення великих міст з різним профілем промисловості, залишаються відкритими.

Сумарний канцерогенний ризик для здоров'я міського населення, що створюється сполуками, розглядається як високий, незалежно від промислового профілю міст, і потребує заходів до його зниження. При цьому сумарний канцерогенний ризик забрудненого повітряного середовища міст із переважно хімічним спрямуванням виробництв дещо вищий у порівнянні з містами, на території яких превалюють підприємства металургійної галузі промисловості, хоча різниця і незначна. Найбільший внесок у сумарне канцерогенне навантаження, що формує канцерогенний ризик, дають нітрозаміни, хром, бензол.

Загрозливі демографічні тенденції, зростання захворюваності та смертності серед населення вимагають детального вивчення ситуації, аналізу, оцінки і прогнозу стану здоров'я населення та середовища життєдіяльності людини, виявлення причинно-наслідкових зв'язків між станом здоров'я населення та впливом на нього факторів довкілля для

розробки й впровадження профілактичних заходів щодо покращення загального стану здоров'я населення.

Довготривале дослідження ступеню забруднення атмосферного повітря в населених місцях є одним з важливих завдань санітарно-епідеміологічної служби України з метою розробки ефективних заходів з профілактики захворювань населення, спричинених впливом шкідливих речовин в атмосферному повітрі.

Основними заходами, що мінімізують ризики з цього питання є:

- удосконалення технологічних процесів [7];
- будівництво та введення в дію нових газоочисних установок та споруд;
- підвищення ефективності існуючих очисних установок;
- ліквідація джерел забруднення.

Таким чином, важливим резервом поліпшення здоров'я населення є оздоровлення довкілля, зокрема, поліпшення якості атмосферного повітря, зменшення негативної дії на здоров'я погодних та соціально-побутових умов.

### **Використані інформаційні джерела:**

1. Курепін В. М., Іваненко В. С. Механізм управління екологічною безпекою об'єктами господарювання на засадах маркетингу // Обліково-аналітичне і фінансове забезпечення діяльності суб'єктів господарювання: національні, глобалізаційні, євроінтеграційні аспекти : матеріали IV міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, м. Миколаїв, 20-21 листопада 2019 р. Миколаїв : МНАУ, 2019. С. 169–172.

URL:<http://dSPACE.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/6411>.

2. Мазур В. Є. Загальні поняття про хімічні небезпечні та шкідливі виробничі фактори // Глобальні тенденції сучасного світу: соціально-економічні та інформаційно-психологічні аспекти розвитку суспільства : матеріали тематичного «круглого столу» на обліково-фінансовому факультеті, м. Миколаїв, 18 листопада 2021 року Миколаїв : МНАУ, 2021. С. 31–34. URL:<https://dSPACE.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/10167>.

3. 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>.

4. Курепін В. М., Іваненко В. С. Альтернативні джерела енергії, як захід скорочення антропогенних викидів парникових газів у Миколаївській області // Глобальні ризики у формуванні міжнародної екологічної безпеки.

*Збережемо джерело життя – воду! [Електронний ресурс] : тези доповідей здобувачів вищої освіти спеціальностей 071 «Облік і оподаткування», 072 «Фінанси, банківська справа та страхування» та інших учасників освітнього процесу за результатами тематичного «круглого столу» на обліково-фінансовому факультеті до Всесвітнього Дня водних ресурсів, м. Миколаїв, 22 квітня 2020 року. Миколаїв : МНАУ, 2020. С. 26–29.*

*URL: <http://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/7057>.*

5. Піндера М. В. Екологічна безпека територій у зоні бойових дій // Молодь, наука, бізнес : матеріали Всеукр. інтер.-конф. здоб. вищ. освіти і мол. учених, м. Миколаїв, 5-6 жовтня 2022 р. Миколаїв : МНАУ, 2022. С. 81–84.

6. Іваненко В. С. Зміна клімату: причини та наслідки // Інформаційно-психологічна та техногенна безпека: історичні аспекти, особливості захисту суспільства та особистості: матеріали доповідей за результатами проведеного спільного «круглого столу» обліково-фінансовий факультет, інженерно-енергетичний факультет, м. Миколаїв, 9 грудня, 2021 р. Миколаїв : МНАУ, 2021. С. 45–48.

*URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/10685>.*

7. Курепін В. М., Горбунова К. М., Веліховська А. Б. Пріоритети екологоорієнтованого економічного розвитку аграрного сектору. *Modern Economics*. 2020. № 23(2020). С. 80–88.

*DOI: [https://doi.org/10.31521/modecon.V23\(2020\)-13](https://doi.org/10.31521/modecon.V23(2020)-13).*

- <sup>1</sup>*Лахорі Альтаф Хусейн, д. філос., доц.,*  
<sup>2</sup>*Міжва-Герштек Моніка Анна, д-р. хаб. інж.,*  
<sup>3,4</sup>*Вамболь В.В., д.т.н., професор, <sup>5</sup>Вамболь С.О., д. т. н., професор,*  
<sup>1</sup>*Ісламський університет Сінда Мадрессатул, Карачі, Пакистан,*  
<sup>2</sup>*Університет науки й технологій, м. Краків, Польща,*  
<sup>3</sup>*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»,*  
*м. Полтава, Україна,*  
<sup>4</sup>*Люблінський університет природничих наук, Люблін, Польща*  
<sup>5</sup>*Національний технічний університет «Харківський політехнічний*  
*університет», м. Харків, Україна*

## **АНАЛІЗ МЕТОДІВ І ТЕХНОЛОГІЙ ВИДАЛЕННЯ ТОКСИЧНИХ МЕТАЛІВ ІЗ ЗАБРУДНЕНИХ ҐРУНТІВ**

Метою дослідження є аналіз та оцінка ефективності індивідуальних і комбінованих ефектів в технологіях видалення токсичних металів із забруднених ґрунтів. Глобальна індустріалізація та діяльність людини, така як виплавка, видобуток руд, сучасні методи сільського господарства та методи утилізації відходів, швидко забруднюють ґрунти токсичними металами (ТМ) [1-3]. Оскільки ТМ повільно розкладаються у ґрунті в інші форми, їх стійкість у довкіллі може вплинути на продуктивність сільського господарства та екосистему ґрунту. Результатом є значний негативний вплив на здоров'я людей та живі організми. Зокрема, проблеми зі здоров'ям, такі як нудота, біль в епігастральній ділянці, млявість і втома, виникають через потрапляння Zn в організм у значних кількостях. До того ж Zn негативно впливає на розвиток рослин [4]. Існує багато методів і технік для видалення ТМ із забрудненого ґрунту, але вони мають багато недоліків. Впровадження більшості звичайних підходів до рекультивації, наприклад фітореMediaції, засипання землі, електрокінетики, поверхневого покриття, вітрифікації та промивання ґрунту, є неможливим у великих масштабах, бо є екологічно небезпечними і занадто коштовними [5].

Серед різноманітних способів відновлення ґрунтів від забруднення ТМ слід відзначити використання технологій з додатковими біологічними компонентами. Основний механізм фіксації ТМ у ґрунті з додатковим біологічними компонентами залежить від (ад)сорбції, рН, електростатичного притягання, температури, окисно-відновного потенціалу та опадів [6]. Біологічні компоненти як добавки до ґрунту мали б високу іммобілізуючу здатність, були б легкодоступними на ринку, мали б низьку вартість і були б екологічно чистими для відновлення найбільш забруднених місць [7]. Відомо, що іммобілізуючий агент може бути ефективним для іммобілізації одного токсину, однак може збільшити розчинність іншого ТМ [8]. У науковому дослідженні Naiya та ін. [9]

використовували фуллерову землю у водних розчинах для зниження розчинності Pb (II). Mohammed та ін. [10] застосували місцеві червоноземні та чорноземні ґрунти для утримання Cd<sup>2+</sup> та Ni<sup>2+</sup> із водного середовища. Крім того, виявлено, що фосфатні сполуки активні у фіксації свинцю, кадмію та цинку [11]. Основним процесом фіксації вважається осадження фосфатів металів [12]. Наприклад, СаО та ін. [13] підтвердили, що фосфорит знижує біодоступність Pb через утворення піроморфітоподібних мінералів.

Як додатковий компонент слід розглядати і біовугілля. Біовугілля – це насичений вуглецем матеріал, утворений шляхом піролізу, термохімічного перетворення вихідної сировини за відсутності або за обмеженої кількості O<sub>2</sub> [14]. Це є надійним і найкращим варіантом до зниження концентрації ТМ із забруднених ґрунтів, оскільки структурно він є макро/мікропористим і має велику площу поверхні. Протягом останніх кількох років попередні дослідження показали, що різні біовугілля мають великий потенціал для зменшення ТМ у ґрунті, а також поглинання рослинами через їх економічно доцільний варіант відновлення [15].

Виробництво біомаси призводить до утворення великої кількості відходів, тому сировину можна оцінити як хороший метод управління та оброблення великої кількості біологічних відходів, а саме побутових твердих і напівтвердих відходів, відходів сільськогосподарських культур, харчових відходів, гній тварин і промислові відходи. Mohan та ін. [16] виявили, що біовугілля як доповнення до ґрунту можна розглядати як економічно ефективну та екологічно чисту біотехнологію, яка має потенціал для стабілізації органічних і неорганічних забруднювачів у забруднених ґрунтах. Він має мікропори, які також необхідні для деградації розчинної органічної речовини та зниження розвитку мікробів, таким чином сприяючи розчиненню біологічних забруднювачів у ґрунтах [17]. Moghal та ін. [18] оцінили реакцію хімічно модифікованих ґрунтів на сорбцію хрому та ртуті з водних розчинів. Було відзначено, що витрати на рекультивацию з використанням біологічних компонентів у кілька разів менші, ніж стандартні підходи, такі як фізична обробка, біологічна рекультивация та фіторемедіація [19].

Неофіційна утилізація великої кількості фруктових відходів, які щодня виробляються в мегаполісах, може спричинити економічні та екологічні проблеми. Перетворення відходів плодової шкірки в біологічні компоненти за допомогою піролізу могло би стати ефективною добавкою до ґрунту [20]. Zhang та ін. [21] застосували біовугілля, виготовлене зі шкірки грейпфрута, як доповнення для покращення видалення Cu(II) із водного розчину. Анає та ін. [6] виявили, що біологічні компоненти розроблений з гідрогелю, дигестату та мікроорганізмів дають більше можливостей у біоремедіації для очищення забруднених ґрунтів.

Зважаючи на заявлену відсутність даних і прогалини в дослідженнях, життєво важливо побудувати нове розуміння наступних наукових питань:

1) Який вплив мають біологічні компоненти на хімічні властивості ґрунту, стабільність та поглинання Cu, Zn, Fe та Cd.

2) Яке індивідуальне та комбіноване застосування цих компонентів вплине на зростання рослин в ґрунтах, забруднених багатьма металами?

До теперішнього часу жодних досліджень не проводилося для вивчення відновлення Cu, Zn, Fe та Cd окремо та з комбінованим застосуванням, фосфоритів і шкірки грейпфрута, виготовлених на виробництві.

Виходячи з цього аналізу можна зробити висновок, що застосування індивідуальних і комбінованих біологічних компонентів для відновлення ґрунтів (на основі фосфоритів і біовугілля) мають перспективу для стабілізації забруднювачів ґрунтів, забруднених кількома металами, а також для безпечного вирощування сільськогосподарських культур.

Наукова гіпотеза полягає в тому, що застосування нового біовугілля, виготовленого з шкірки грейпфрута, окремо та в суміші, може стабілізувати розчинність Cu, Zn, Fe та Cd у ґрунтах для безпечного вирощування сільськогосподарських культур.

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

1. Ashraf, S.; Ali, Q.; Zahir, Z.A.; Ashraf, S.; Asghar, H.N. *Phytoremediation: Environmentally sustainable way for reclamation of heavy metal polluted soils. Ecotox. Environ. Safe.* **2019**, 174, 714–727.

2. Hussain, A.; Rehman, F.; Rafeeq, H.; Waqas, M.; Asghar, A.; Afsheen, N.; Iqbal, H.M. *In-situ, Ex-situ, and nano-remediation strategies to treat polluted soil, water, and air—A review. Chemosphere* **2022**, 289, 133252.

3. Lahori, A.H.; Zhang, Z.; Guo, Z.; Mahar, A.; Li, R.; Awasthi, M.K.; Huang, H. *Potential use of lime combined with additives on (im) mobilization and phytoavailability of heavy metals from Pb/Zn smelter contaminated soils. Ecotox. Environ. Safe.* **2017**, 145, 313–323.

4. Kumar, A.; Tsechansky, L.; Lew, B.; Raveh, E.; Frenkel, O.; Graber, E.R. *Biochar alleviates phytotoxicity in Ficus elastica grown in Zn-contaminated soil. Sci. Total Environ.* **2018**, 618, 188–198.

5. Kulikowska, D.; Gusiatin, Z.M.; Bulkowska, K.; Kierklo, K. *Humic substances from sewage sludge compost as washing agent effectively remove Cu and Cd from soil. Chemosphere* **2015**, 136, 42–49.

6. Anae, J.; Ahmad, N.; Kumar, V.; Thakur, V.K.; Gutierrez, T.; Yang, X.J.; Coulon, F. *Recent advances in biochar engineering for soil contaminated with complex chemical mixtures: Remediation strategies and future perspectives. Sci. Total Environ.* **2021**, 767, 144351.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.1443>.

7. Mahar, A.; Wang, P.; Li, R.; Zhang, Z. *Immobilization of lead and cadmium in contaminated soil using amendments: A review. Pedosphere* **2015**, 25, 555–568.



8. Hartley, W.; Lepp, N.W. Remediation of arsenic contaminated soils by iron-oxide application, evaluated in terms of plant productivity, arsenic and phytotoxic metal uptake. *Sci. Total Environ.* **2008**, *390*, 35–44.
9. Naiya, T.K.; Singha, B.; Bhattacharya, A.K.; Das, S.K. Removal of Pb (II) from Aqueous Solutions using Fuller's Earth. *Int. Scholarly. Sci. Res. Innov.* **2012**, *6*, 452–456.
10. Mohammed, S.A.S.; Sanaulla, P.F.; Moghal, A.A.B. Sustainable use of locally available red earth and black cotton soils in retaining Cd<sup>2+</sup> and Ni<sup>2+</sup> from aqueous solutions. *Int. J. Civ. Eng. Techno.* **2016**, *14*, 491–505.
11. Park, J.H.; Bolan, N.; At. all. Comparative value of phosphate sources on the immobilization of lead, and leaching of lead and phosphorus in lead contaminated soils. *Sci. Total Environ.* **2011**, *409*, 853–860.
12. Basta, N.T.; McGowen, S.L. Evaluation of chemical immobilization treatments for reducing heavy metal transport in a smelter-contaminated soil. *Environ. Pollut.* **2004**, *127*, 73–82.
13. Cao, X.; Ma, L.Q.; Rhue, D.R.; Appel, C.S. Mechanisms of lead, copper, and zinc retention by phosphate rock. *Environ. Pollut.* **2004**, *131*, 435–444.
14. Figueiredo, C.C.D.; Chagas, J.K.M.; Silva, J.D.; Paz-Ferreiro, J. Short-term effects of a sewage sludge biochar amendment on total and available heavy metal content of a tropical soil. *Geoderma* **2019**, *344*, 31–39.
15. Ahmad, M.O.Y.S.; Rajapaksha, A.U.; Lim, J.E.; Kim, B.Y.; Ahn, J.H.; Lee, Y.H.; Al-Wabel, M.I.; Lee, S.E.; Lee, S.S. Lead and copper immobilization in a shooting range soil using soybean stover-and pine needle-derived biochars: Chemical, microbial and spectroscopic assessments. *J. Hazard. Mater.* **2016**, *301*, 179–186.
16. Mohan, D.; At. all., C.U.J.R. Organic and inorganic contaminants removal from water with biochar, a renewable, low cost and sustainable adsorbent-a critical review. *Bioresour. Technol.* **2014**, *160*, 191–202.
17. Kasozi, G.N.; Zimmerman, A.R.; Nkedi-Kizza, P.; Gao, B. Catechol and humic acid sorption onto a range of laboratory produced black carbons (biochars). *Environ. Sci. Technol.* **2010**, *144*, 6189–6195.
18. Moghal, A.A.B.; Reddy, K.R.; Mohammed, S.A.S.; Al-Shamrani, M.A.; Zahid, W.M. Sorptive response of chromium (Cr<sup>+6</sup>) and mercury (Hg<sup>+2</sup>) from aqueous solutions using chemically modified soils. *J. Test Eval.* **2017**, *45*, 105–119.
19. Mahmoud, E.; El-Kader, N.A. Heavy metal immobilization in contaminated soils using phosphogypsum and rice straw compost. *Land Degrad. Dev.* **2015**, *26*, 819–824.
20. Liu, M.; Almatrafi, E.; Zhang, Y.; At. all. A critical review of biochar-based materials for the remediation of heavy metal contaminated environment: Applications and practical evaluations. *Sci. Total Environ.* **2022**, *806*, 150531.
21. Zhang, W.; Song, J.; He, Q.; At. all. Novel pectin based composite hydrogel derived from grapefruit peel for enhanced Cu (II) removal. *J. Hazard. Mater.* **2020**, *384*, 121445.

## **ДЖЕРЕЛА ШУМОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ МАЛИХ МІСТ**

Урбанізація міст супроводжується інтенсифікацією шумового навантаження, котре спричинене в основному техногенними факторами. У зв'язку із зростанням кількості автотранспорту (який є найпоширенішим джерелом шуму), індустріалізацією міст, зростанням маятникових міграцій населення, ростом технічного оснащення міського господарства зростає шум в міському середовищі і житлових будинках. Проблема шумового забруднення особливо є актуальною для вузьких магістральних вулиць зі старою забудовою в центральних районах сучасних міст, адже на міських магістралях і в прилеглих до них зонах рівні звуку можуть досягати 70 ... 80 дБА, а в окремих випадках 90 дБА і більше [1,2].

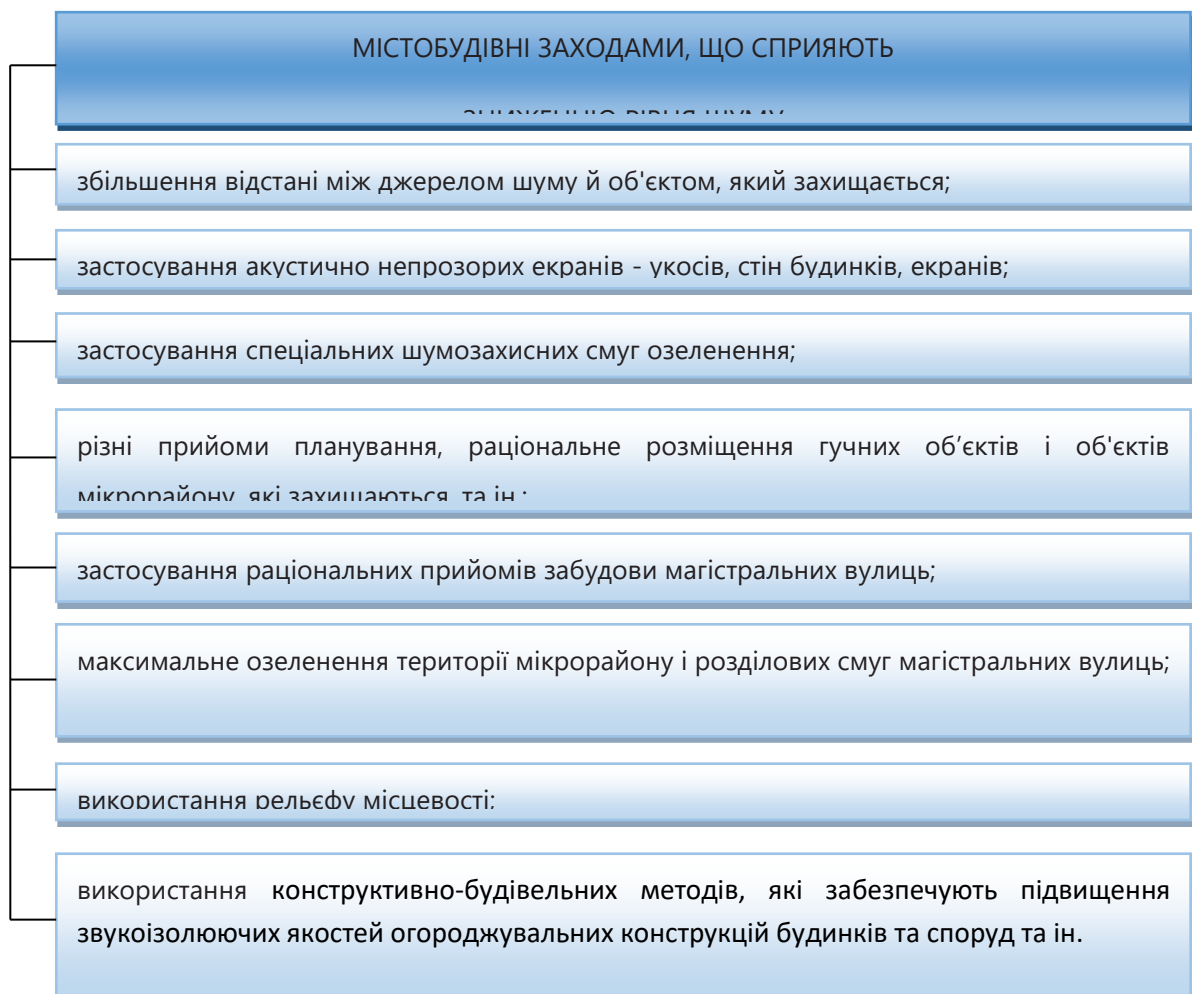
Шумове забруднення часто стосується автомобільних шляхів міжнародного значення, а також вулиць і доріг міст та інших населених пунктів, по яких вони пролягають. У зв'язку з інтенсивним зростанням кількості автотранспортних засобів можна відзначити збільшення шумового забруднення довкілля. Це призводить до того, що населення, яке проживає в будинках, розташованих уздовж автомобільних доріг, знаходиться в стані шумового дискомфорту. За відсутності постійного контролю шумового забруднення в міських екосистемах, створюється ряд загроз для здоров'я мешканців. Тому систематичне дослідження рівнів шуму та впровадження заходів по його зменшенню на таких територіях є актуальним.

Шумове навантаження у м. Городок Львівської області спричинене в основному міжнародною автодорогою державного значення М-11 (Е-40) Львів – Шегині. Автошлях починається у м. Львів, проходить через м. Городок та м. Мостиська і закінчується на пропускному пункті Шегині, на території Польщі продовжується як автошлях 28, що прямує на Перемишль. Окрім цього в місті можна відзначити наступні джерела шуму: залізнична станція, автостанція, промислові підприємства та об'єкти будівництва. Місто має недосконале планування, так як джерела шуму знаходяться в безпосередній близькості до житлової забудови.

Зазвичай, найвищий рівень шуму спостерігається на регульованих автомагістралях із найбільшим рівнем транспортного навантаження. Шум від автотранспорту залежить від багатьох факторів: інтенсивності руху транспорту, співвідношення вантажних і легкових автомобілів, покриття дороги, типу забудови житлового мікрорайону, стану озеленення, наявності спеціальних засобів для поглинання чи відбивання шуму. Місто Городок

характеризується тенденціями до ущільнення забудови, зменшення площ зелених насаджень та збільшення автотранспортного навантаження вулиць. Особливо актуальною дана проблема є для житлових мікрорайонів, які знаходяться на окраїні міст, та зумовлена маятниковою міграцією. Один із таких репрезентативних мікрорайонів знаходиться в межах вул. Львівська, яка є найбільшою вулицею м. Городок, та одночасно частиною міжнародної автодороги державного значення М-11.

Санітарні норми допустимого шуму, обумовлюють необхідність розробки технічних, архітектурно-планувальних та адміністративних заходів (рис. 1.), спрямованих на створення відповідального гігієнічним вимогам шумового режиму, як в місті, і за його межами.



**Рисунок 1 – Містобудівні заходами, що сприяють зниженню рівня шуму [3]**

Транспортний шум – це головна складова шумового режиму в місті, що спричинює 80-90% рівня вуличного шуму. Його вплив виходить за межі вулиць і поширюється на територіях житлових районів, проникаючи в місця перебування людини. На багатьох вулицях великих міст, а також міст, у

межах яких проходить автодороги державного значення шум від транспорту перевищує допустимий рівень на 25-35 дБА.

Відомо, що найрадикальнішим заходом зниження транспортного шуму є удосконалення транспортних засобів (двигунів, викидних систем, амортизаторів, шин). На сьогодні актуальне поліпшення якості доріг, обмеження руху вантажних автомобілів у житлових районах.

Оскільки м. Городок, є містом що розширюється, тому слід застосовувати основні містобудівні заходами, що сприяють зниженню рівня шуму, пов'язані із застосуванням в проектних рішеннях елементів міського середовища, які сприяють зниженню рівня шуму.

Значний розвиток транспорту обумовив необхідність вирішення проблеми зниження шуму від транспортних потоків, а не тільки від акустичного випромінювання окремого автомобіля. Варто зазначити, що від джерела шуму до житлової забудови звук долає певну відстань, зустрічаючи на своєму шляху різні екрануючі перешкоди. Одним з методів зниження транспортного шуму є застосування акустичних. Акустичні екрани встановлюються між джерелом шуму і зоною (точкою) контролю шуму. Зниження шуму за допомогою екранів має базуватися на наступних загальних екологічних принципах: джерело шуму повинне бути розташовано якомога далі від зони прийому шуму; рівень шуму у конкретному випадку повинен бути знижений до мінімального досяжного рівня [4].

Зменшення шумового забруднення є важливою екологічної проблемою, тому застосування екранів дозволяють зменшити рівні звукового тиску на території житлової забудови, а їх використання разом із іншими методами має забезпечити зниження шуму відповідно до вимог нормативних документів. Вибір параметрів екрану здійснюється на основі аналізу джерел шуму з урахуванням інших методів зменшення шуму.

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

1. Дідковський В. С., Акименко В. Я., Запорожець О. І. та ін. *Основи акустичної екології*. Кіровоград : Імпекс ЛТД, 2001. 520 с.
2. Гринчишин Н. М., Шуплат Т. І., Жоріна О. О. *Шумове забруднення магістральних вулиць центральної частини міста Львова*. Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, 24, (2021). С. 6–11. <https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20784643.24.2021.01>
3. Безлюбченко О. С., Завальний О. В., Черноусова Т. О. *Планування і благоустрій міст : навч. посібник. для студентів усіх форм навчання та слухачів другої вищої освіти за напрямом підготовки 0921 (6.060101) – «Будівництво»*. Х. : ХНАМГ, 2011. 191 с.
4. *Елементи сучасної урбоекології : Навчальний електронний посібник / О. Запорожець та ін. К. : НАУ, 2015. 265 с.*

УДК 502.7 : 581.55 (477.51)

<sup>1</sup>Лобань Л. О., к. б. н., доцент,

<sup>2</sup>Дідик Л. В., молодший науковий співробітник

<sup>1</sup>Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя,  
м. Ніжин, Україна

<sup>2</sup>КЗ «РЛП «Міжрічинський», Україна

## РЕГІОНАЛЬНІ ЛАНДШАФТНІ ПАРКИ ЯК ОСНОВА КЛЮЧОВИХ ТЕРИТОРІЙ ЕКОМЕРЕЖІ ЧЕРНІГІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Важливим напрямом роботи науковців усіх країн є формування Європейської екологічної мережі, метою якої є забезпечити виживання і відновлення популяцій, збереження і захист середовища їх існування. У зв'язку з цим особливе значення має розробка проектів інтеграції екомереж великих за площею сегментів Європи в загальну екомережу [1].

Регіональна екомережа Чернігівської області нараховує 19 ключових територій (із них 6 – національного значення). Серед цієї групи є Міжрічинська та Ніжинська ключові території [2].

Найбільшою за площею є Міжрічинська (загальною площею 102472,9 тис. га), яка розташована у південно-західній частині Чернігівської області та має статус національної. Її основою стала територія регіонального ландшафтного парку «Міжрічинський» (далі – РЛП). Даний об'єкт був створений згідно рішення Чернігівської обласної ради від 20 червня 2002 року та займає площу 78753,95 га [3].

Згідно фізико-географічного районування України (1968) РЛП розташований у області Чернігівського Полісся (Дніпровсько-Нижньодеснянський район). А геоботанічного районування України та суміжних територій (2003) – територія об'єкту належить до Східноєвропейської провінції, Поліської підпровінції (Чернігівсько-Новгородсіверський (Східнополіський) геоботанічний округ дубово-соснових та соснових лісів). До складу РЛП «Міжрічинський» входить 17 територій ПЗФ Чернігівського району. Серед них 1 загальнодержавного значення – гідрологічна пам'ятка природи «Озеро Святе», а решта – місцевого значення [4].

Цінність даної території полягає в тому, що вона характеризується різними типами ландшафтів: піщаними боровими терасами із сосновими зеленомоховими та сосновими лишайниковими лісами, менш поширеними є мішані – дубово-соснові ліси, ділянками широколистяних лісів; комплексом евтрофних чагарникових та осокових боліт і справжніх лук представлених у заплавах річок Десни та Дніпра. Значні площі займає різноманітна за ценотичним складом водна рослинність [5].

Флора РЛП характеризується чисельною групою рідкісних видів. Це види міжнародної, державної та регіональної охорони. Види, які

охороняються на міжнародному рівні і внесені до Європейського Червоного списку (2 види): *Tragopogon ucrainicus* Artemcz., *Silene lithuanica* Zapał.; до Додатку I Бернської конвенції (5 видів): *Trapa natans* L. s.l., *Ostericum palustre* (Bess.) Hoffm., *Salvinia natans* L., *Pulsatilla patens* (L.) Mill. (*P. latifolia* Rupr.), *Jurinea cyanoides* Klokov.

Серед видів державної охорони (30 видів), які занесені до Червоної книги України (2009), найбільше представників належить до родини *Orchidaceae* (10 видів) [3, 5, 6].

Досить чисельною складовою раритетної компоненти флори РЛП є група видів регіонального рівня охорони (50 видів), серед яких варто виділити дуже рідкісні (відомі з 3-5 місцезнаходжень): *Polystichum aculeatum* (L.) Roth, *Ophioglossum vulgatum* L., *Oxycoccus palustris* Pers., *Carex limosa* L. та *Peucedanum cervaria* (L.) Lapeyr. [7].

Регіональний ландшафтний парк (РЛП) «Ніжинський» площею 6122,7 га є основою Ніжинської ключової території регіонального рівня (6900 га). РЛП був створений згідно рішення Чернігівської обласної ради від 28 травня 2015 року. За фізико-географічним районуванням України (1968) об'єкт досліджень знаходиться на межі двох областей: Чернігівського Полісся – зоні мішаних лісів (Куликівсько-Козелецький район) та лісостепової зони – Північної області Дніпровської терасової рівнини (Ніжинсько-Бахмацький район). Згідно геоботанічного районування України та суміжних територій (2003) – належить до Східноєвропейської лісостепової провінції Української лісостепової підпровінції (Лівобережнодніпровський геоботанічний округ липово-дубових, грабово-дубових, соснових (на терасах) лісів, лук, галофітної та болотної рослинності).

Ця ключова територія у складі екологічної мережі області має досить вагоме значення, оскільки саме в центрі Чернігівської області даний об'єкт ПЗФ вирізняється значною площею, великою різноманітністю ландшафтів та складом рослинного та тваринного світу. Крім того, у цій частині області знаходиться невелика кількість ключових територій. Найближчими до Ніжинської регіональної ключової території є Ічнянська ключова територія національного значення та Сосинська локальна територія, з якими досліджуване ядро з'єднане Смолянсько-Вересоцькою, Остерсько-Удайською регіональними сполучними територіями та В'юницькою сполучною територією місцевого значення [8].

До складу РЛП «Ніжинський» входять наступні об'єкти природно-заповідного фонду Чернігівської області: один загальнодержавного значення – ботанічний заказник «Середовщина», 8 – місцевого значення [9].

Даний біоцентр хоча і менший за площею, але його територія характеризується різноманітними ландшафтами: терасові рівнини під сосновими та дубово-сосновими лісами; терасові рівнини під вологотравними осоково-болотяними та вільховими угрупованнями; прохідні долини під вологотравно-осоковими луками та вільшняками;

заплавні під осоково-болотнотравними та волого-різнотравними угрупованнями [8].

У фітоценозах досліджуваного об'єкту відмічено популяції 19 видів, які охороняються на різних рівнях. До списку видів міжнародного рівня (Додаток I Бернської конвенції) входять *Ostericum palustre* (Bess.) Bess. та *Jurinea pseudocyanoides* Klok. Група видів державної охорони (11 видів), які занесені до Червоної книги України (2009) представлена популяціями: *Galanthus nivalis* L., *Lilium martagon* L., *Platanthera bifolia* (L.) Rich., *Listera ovata* (L.) R. Br., *Dactylorhiza incarnata* (L.) Soó, *D. majalis* (Reichenb) P. F. Hunt et Summerhayes, *Epipactis palustris* (L.) Crantz, *Neottia nidus-avis* (L.) Ric., *Botrychium multifidum* (S.G.Gmel.) Rupr., *Lycopodium annotinum* L. та *Diphasiastrum complanatum* (L.) Holub. 6 видів входить до категорії регіонально рідкісних: *Pyrola minor* L., *Anemone nemorosa* L., *Scilla bifolia* L., *Potentilla alba* L., *Inula helenium* L., *Fragaria moschata* Duch. Особливо рідкісними для даного регіону є: *Ostericum palustre*, *Galanthus nivalis*, *Epipactis palustris*, *Lycopodium annotinum* та *Diphasiastrum complanatum* [6, 7, 10].

Отже, території регіональних ландшафтних парків «Міжрічинський» та «Ніжинський» займають основне місце у складі ключових територій регіональної екомережі Чернігівської області, маючи відповідно статуси національної та регіональної. Вони є об'єднуючою ланкою Прип'ятсько-Деснянської (Деснянської) та Дніпровської сполучних територій і виконують важливі завдання: збереження біологічного та ландшафтного різноманіття; підтримання екологічної рівноваги та забезпечення сталого розвитку території. Необхідний постійний моніторинг стану цих територій з метою запобігання факторам та явищам, що можуть порушити їх екологічну рівновагу.

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

1. Шеляг-Сосонко Ю. Р., Ткаченко В. С., Андрієнко Т. Л., Мовчан Я. І. Екомережа України та її природні ядра. Укр. ботан. журн. 2005. Т.62, №С. 142–158.
2. Регіональна схема екологічної мережі Чернігівської області <https://eco.cg.gov.ua/index.php?id=22805&tp=1&pg=> (дата звернення Листопа 18, 2022).
3. Дідик Л. В., Лобань Л. О. Місце території регіонального ландшафтного парку «Міжрічинський» у складі екологічної мережі Чернігівської області. II Всеукраїнські науково-практичні читання пам'яті професора І.І. Гордієнка. Збірник статей. Ніжин : НДУ імені Миколи Гоголя, 2022. С.40–42.
4. Перелік об'єктів природно-заповідного фонду Чернігівської області <https://eco.cg.gov.ua/index.php?id=16893&tp=1&pg=> (дата звернення Листопа 18, 2022).

5. Прядко О. І. *Ценотичне та флористичне різноманіття РЛП «Міжрічинський» (Чернігівська область). Вісник Запорізького державного університету. 2004. № 1. С.190-195.*
6. Червона книга України. Рослинний світ. К. : Глобалконсалтинг, 2009. 900 с.
7. Перелік регіонально рідкісних видів Чернігівської області [https://eco.cg.gov.ua/web\\_docs/2145/2016/03/docs/2021\\_02\\_08\\_Perelik%20ridkisnih%20vidiv%20roslin.pdf](https://eco.cg.gov.ua/web_docs/2145/2016/03/docs/2021_02_08_Perelik%20ridkisnih%20vidiv%20roslin.pdf) (дата звернення Листопад 18, 2022).
8. Лобань Л. О., Дідик Л. В. *Регіональний ландшафтний парк «Ніжинський» як ключова регіональна територія екологічної мережі Чернігівської області. Сучасні фітосозологічні дослідження в Україні. Зб. статей з нагоди вшанування пам'яті видатного фітосозолога, д.б.н., проф. Т. Л. Андрієнко-Малюк (1938-2016 рр.). Вип. 3. Ботанічний сад ім. акад. О. В. Фоміна. К. : Талком, 2019. С. 222-6.*
9. Лобань Л.О., Дідик Л.В. *Оптимізація природно-заповідного фонду як основа регіональної екологічної мережі Чернігівщини. Актуальні питання біологічної науки. Матеріали I Міжнародної заочної науково-практичної конференції. Збірник статей. Ніжин: НДУ імені Миколи Гоголя, 2015. С. 17-21.*
10. Куліш К. А., Лобань Л. О. *Diphysastrum complanatum (L.) Holub на території Ніжинського району (Чернігівська обл.). Сучасні проблеми природничих наук. Матеріали II Всеукраїнської конференції молодих науковців. Ніжин, Наука-сервіс, 2017. С. 3–4.*



УДК 581.5

<sup>1</sup>Лукаш О. В., д. б. н., професор, <sup>2</sup>Давиденко А. А., д. пед. н., професор,  
<sup>1</sup>Пирожков Є. П., студент

<sup>1</sup>Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка,  
м. Чернігів, Україна

<sup>2</sup>Чернігівський обласний інститут післядипломної педагогічної освіти  
імені К. Д. Ушинського, м. Чернігів, Україна

## **БДЖІЛЬНИЦТВО ЯК ТРАДИЦІЙНА ЕКОЛОГІЧНА ГАЛУЗЬ ПОЛІСЬКОЇ ЧАСТИНИ ЧЕРНІГІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ ТА ЧИННИКИ ЗАГРОЗИ ЇЙ ВНАСЛІДОК ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ**

Із Чернігівщиною пов'язаний початок періоду екологічного продуктивного бджільництва. Петром Івановичем Прокоповичем був винайдений рамковий (як він його називав «втулковий») вулик 14 січня 1814 року. Завдяки цьому з'явилася можливість добування чистого меду без навмисного знищення бджолиних сімей, яким не передбачалось навмисне знищення корисних комах перед відбиранням в них меду. Для поширення ідей продуктивного бджільництва ним була організована перша в Європі школа, у якій він навчав виготовляти рамкові вулики та ефективним методом догляду за корисними комахами. Упродовж 52-х років в ній було підготовлено до 1000 кваліфікованих пасічників, які працювали не тільки в Україні, а й по всій Московській імперії і в ряді зарубіжних країн [4].

Поліська частина Чернігівської області, охоплює північно-західну частину Придніпровської низини (Чернігівське Полісся) та знижений південно-західний край Середньо-Руської височини (Новгород-Сіверське Полісся). Клімат території відрізняється від клімату західних областей більшою континентальністю, холоднішими зимами, більшою річною амплітудою температур, більшою тривалістю періоду з сніговим покривом, коротшим безморозним періодом, дещо меншою кількістю опадів. Кліматичні умови, достатня різноманітність медоносних рослин природної флори були і є сприятливими для розвитку бджільництва у регіоні.

Традиційно бджільництво поліської частини Чернігівської області, як і інших територій, є важливим екологічним чинником. Значення бджільництва для утримання екологічного балансу природно-територіальних комплексів поліської частини Чернігівської області виявляється через низку опосередкованих впливів. Висівання та підсівання медоносів у місцях ерозій та суфозій запобігає розвитку цих руйнівних процесів. Підсівання медоносних рослин на луках, пасовищах у садах є важливим агротехнічним заходом для підвищенні родючості ґрунту, врожайності сільськогосподарських та лісових культур (за рахунок їх ефективного запилення) і нектаропродуктивність угідь (рис.). Нектар

медоносів сприяє розмноженню корисних комах, які знищують шкідників плодових та овочевих культур.



Рисунок – Сад із підсіяними медоносним різнотрав'ям  
(фото А.А. Давиденка)

Екологічне значення бджільництва у регіоні полягає також у тому, що місцеве населення забезпечується медом та іншими бджолопродуктами для здорового харчування. Низка є лісових та узлісних медоносів (насамперед, це *Robinia pseudoacacia* L., *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop., види родів *Crataegus* та *Thymus* та ін.) дають не так багато нектару та квіткового пилку, проте мед з них має надзвичайно цілющі властивості.

У поліській частині Чернігівської області, як і в Україні в цілому, з початком війни потенціал бджільництва скоротився. Через воєнні дії відбулися певні втрати в галузі: значне руйнування пасік та виробничої бази, скорочення виробництва, оскільки на непідконтрольних територіях не можна отримувати продукцію [2]. Військові дії спричинили появу низки факторів, які деструктивно вплинули на стан та розвиток бджільництва в поліській частині Чернігівської області. Ми їх розподіляємо на дві групи: фактори безпосередньої дії та фактори опосередкованого впливу на бджільництво.

До групи факторів безпосередньої дії належать фізичні (механічне знищення пасік, шумове забруднення місць утримування бджіл та територій медозбору) та агробіологічні (знищення та зменшення кормової бази бджільництва).

Під час обстрілів у поліській частині Чернігівської області було знищено частину господарств, у яких були пасіки. Для порівняння, бджільництво на сході України взагалі опинилося під загрозою подальшого існування як галузі [3].

Шумове забруднення під час обстрілів є дуже небажаним, дратівливим звуком, який негативно впливає на поведінку бджіл, наприклад, під час весняного очисного обльоту, діяльності робочих бджіл, власне процес медозбору тощо.

Під час обстрілів у поліській частині Чернігівської області були знищені не лише окремі дерева та групи дерев, а й лісові ділянки, що були кормовою базою для бджільництва. Значна частина сільгоспугідь (полів), що зазнали обстрілів, не досліджена мінералами і тому не використовується за призначенням, тобто не засівається культурами, які належать до медоносів. З іншого боку, незасіяні поля заросли бур'янами, серед яких є медоноси. безпосередній близькості до ліній бойових дій (загалом потенційно небезпечна лінія зіткнення з Росією та Білоруссю становить 1200 км) заборонено сіяти соняшник. Це пояснюється тим, що у заростях цієї культури легко ховати ворожу техніку. Як наслідок, скорочення посіву цього року оцінюється у 30%. Але ж ця культура є і основним предметом експорту (соняшникова олія) та основним медоносом України. Водночас, у деяких областях значно збільшилися посіви гречки (до війни 50% цієї культури імпортувалася з Росії) [1]. Але, як показали наші спостереження, квітки деяких сучасних сортів гречки бджоли не відвідують взагалі.

Серед факторів, які опосередковано негативно вплинули на бджільництво у поліській частині Чернігівської області, ми виділяємо соціальні (покинутість чи обділених належним доглядом пасік внаслідок переселення господарів з місць бойових дій чи мобілізації господарів до ЗСУ), економічні (порушення логістики та маркетингу у бджолярстві), техногенно-хімічні (забруднення місцезростань медоносів, спричинені негативними подіями техногенного походження бід час бойових дій) фактори та фактори прогнозованої небезпеки територій для ведення бджільництва. Здійснимо їх огляд.

Із перших тижнів війни гостро постала проблема пасік (у зоні ведення бойових дій), які покинули господарі. Частина пасік обділена належним доглядом. У зв'язку з мобілізацією до ЗСУ частина пасік залишилась без господарів, які виконували низку важливих у бджільництві робіт, зокрема: ремонт та обладнання вентиляцією вуликів, надання допомоги бджолам під час весняного очисного обльоту, проведення весняної ревізії (тобто детальний огляд усіх сімей пасіки), здійснення племінної роботи, догляд за бджолиними сім'ями після головного медозбору тощо.

Великих труднощів бджолярам завдають логістичні проблеми, пов'язані з військовими діями. У зв'язку з порушенням маркетингової мережі у бджолярстві України під час військових дій бджолярі регіону не завжди мають змогу придбати препарати для боротьби з шкідниками бджіл.

За даними санітарно-гігієнічної лабораторії ДУ «Чернігівський ОЦКПХ МОЗ» в зразках ґрунту, відібраних у квітні – травні 2022 р. з територій, де локалізувалися загарбницькі війська та велися військові дії,

містяться значні кількості нафтопродуктів та важких металів. За ланцюгами живлення вони через рослини можуть потрапити до продукції бджільництва. Крім того, у неякісній вошині, там де є похідні нафтопродуктів, такі, як парафін, бджоли живуть у чужому, отруйному для них, середовищі. І лише після того, як бджола такий віск очистить, запрополісує комірочки, вона починає працювати. Скорочується і тривалість життя таких бджіл: від 30 днів до 18 [5].

Частина екосистем, які є кормовою базою бджільництва, насамперед ліси та узлісся, прогнозовано забруднена вибухонебезпечними пристроями, які не розірвалися або свідомо залишені військовими. В Чернігівській області заборонено перебувати у лісах, тому території, куди можна було кочувати з пасіками, обмежені. Це значно звужує потенційні площі територій для медозбору, не дозволяючи вивозити пасіки на відповідні (раніше обжиті) місця.

У поліській частині Чернігівської області, насамперед прикордонних територіях, окреслені нами фактори є визначальними у зниженні екологічних ефектів бджільництва. Аналіз результатів опитування бджолярів поліської частини Чернігівської області дозволить зробити висновки стосовно негативного впливу зазначених чинників на обсяги зібраної продукції бджільництва, зокрема різних типів меду, бджолиного воску, прополісу, перги, пилку, забрусу, маточного молочка тощо.

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

1. Бджільництво України під час війни. URL: <https://pasika.news/bdzhilnyctvo-ukrayiny-pid-chas-vijny/> (дата звернення: 26.11.2022).

2. Війна та відсутність медоносів скоротили виробництво меду в Україні. URL: <https://agroportal.ua/publishing/lichnyi-vzglyad/viyna-ta-vidsutnist-medonosiv-skorotili-virobnictvo-medu-v-ukrajini> (дата звернення: 22.11.2022).

3. В Україні формують реєстр постраждалих через війну пасік. URL: <https://zemliak.com/news/gospodarstvo/2836-v-ukrajini-formuyut-reyestr-postrazhdalih-cherez-viynu-pasik> (дата звернення: 24.11.2022).

4. Іванова В.Д. Технологія виробництва продуктів бджільництва: Курс лекцій. Миколаїв : МДАУ, 2009. 245 с.

5. Кулаков Ю. Основа бджільництва, то є віск. URL: <https://pasika.news/yurij-kulakov-osnova-bdzhilnyctva-to-ye-visk/> (дата звернення: 26.11.2022).

## ПРИЧИНИ ТА ТЕНДЕНЦІЇ ЗМІНИ РОСЛИННОГО ПОКРИВУ БОЛДИНИХ ГІР (ЧЕРНІГІВ)

Окреслюючи тенденції антропогенних змін рослинного покриву Землі, П.Л. Горчаковський [1] зазначає, що наша планета знаходиться під загрозою збіднення флори і рослинності, навали синантропних видів, уніфікації, зниження продуктивності та стійкості рослинного покриву, зменшення контрасту між рослинним світом навіть дуже віддалених регіонів. Найбільш чутливими до антропогенних змін є нетипові до тієї чи іншої природної зони рослинні угруповання, потерпаючи від збіднення та уніфікації.

Болдини гори у м. Чернігові – це остепнений схил (південно-східної експозиції) борової тераси р. Десни. Ця територія є цікавим об'єктом для ботаніко-географічних та фітоценотичних досліджень. З ботаніко-географічних позицій ця місцевість цікава як найбільш віддалений локалітет *Prunus mahaleb* L. за межами суцільного ареалу [4], а також місцезростання таких степових ксероморфних видів *Stipa capillata* L., *Elytrigia intermedia* (Host) Nevski, *Carex praecox* Schreb [3]. З фітоценотичних позицій схилова місцевість цікава як територія, на якій сформувалася вікова остепнена вікова діброва, місцями з *Prunus mahaleb* у чагарниковому ярусі. Вік *Quercus robur* L. становить 300-400 років.

Проте на сьогоднішній день на рослинний покрив Болдиних гір діє низка факторів, які визначають його зміни. У першу чергу це ерозійні процеси та антропогенний вплив: місцевість перебуває в оточенні житлової (переважно одноповерхової) забудови та рекреаційної зони. Викидання побутового сміття, опалого листя та рослинних решток (бур'янів після прополювання городів, відмерлих рослин з присадибних ділянок восени та навесні) сприяло і сприяє випаданню з травостою термофільної діброви природних видів і поширенню бур'янових, часом адвентивних, видів. Саме тому однією з тенденцій змін рослинного покриву Болдиних гір є заміна у фітоценозах природних остепнено-лучних видів синантропними та адвентивними. Так, у Маліївому яру Болдиних гір трапляється 69 синантропних видів, що належать до апофітної та адвентивної фракції. У апофітній фракції виявлені евапофіти – 21 вид, геміапофіти – 13 видів, та апофіти випадкові – 7 видів [5]. Серед інвазійних видів трапляються *Robinia pseudacacia* L., *Acer negundo* L., *Parthenocissus inserta* (A.Kern.) Fritsch (повсюдно), *Ulmus pumila* L., *Ambrosia artemisiifolia* L., *Reynoutria japonica* Houtt. *Solidago canadensis* L. (локально).

Друга тенденція змін рослинного покриву Болдиних гір, пов'язана з антропогенним впливом, – елімінація популяцій ксеротермних видів та сформованих ними природних рослинних угруповань. У західній частині Болдиних гір раніше була поширений один з видів ковили – *Stipa capillata* L., про що знаходимо відомості у праці С.О. Іллічевського [2]: «Тирса (*Stipa capillata* L.) росте на дуже крутих південних схилах над долиною Десни проти кол. Троїцького монастиря... Тирса рясно овочує; посідає вона чималу площу по всій довжині чисто-південного схилу, на якому по краях росте декілька кущів. Але, як тільки чисто-південна орієнтація схила змінюється на південно-західню чи південно-східню, на початку і в кінці цих круч тирса знову зникає; зникає вона і там, де крутий південний схил стає пологий... На тих же пагорбах Троїцького монастиря під Черніговом росте й низка інших степових рослин, трохи несподіваних в умовах «Полісся» *Agropyrum glaucum* R. et Sch, *Prunus chamaecerasus* Jacq., не кажучи вже про *Allium paniculatum* L. або *Veronica spicata* L.».

Як ми раніше зазначали [3], у 50-х – 60-х роках ХХ століття *Stipa capillata* домінувала на незаліснених схилах східного краю Болдиних гір (на рівні обеліску слави). На нашу думку, під час облаштування пагорбу слави шляхом підсипання та вирівнювання ґрунту була знищена значна частина популяції *Stipa capillata*, тобто угруповання з моно домінуванням цього виду. Зараз ця частина схилу засіяна газонними травами і підлягає систематичному сінокосінню. Решта місцезростань цього виду зникла під час заростання схилу *Robinia pseudacacia* L. На теперішній час *Stipa capillata* трапляється куртиною площею 4 м<sup>2</sup> в західній частині Болдиних гір (на рівні школи № 24).

Наступна тенденція – зміна природних фітоценозів на синантропні. Синантропні види витіснили більш, ніж на 80% площі Болдиних гір природні види з травостою термофільної діброви. *Galium aparine* L., *Impatiens parviflora* DC., *Chelidonium majus* L. та *Urtica dioica* L. є сталими домінантами трав'яного ярусу більшості фітоценозів.

У західній (на рівні нафтобази) та східній (на рівні паркової зони) частині Болдиних гір дуже поширені ерозійні процеси. У яружно-балкових комплексах у залежності від ступеня зволоження формуються різноманітні угруповання класу *Robinietaea* Jurko ex Hadač et Sofron 1980 (порядок *Chelidonio-Robinietaea* Hadač et Sofron 1980). Вони представлені кількома асоціаціями, які належать до двох союзів:

- союз *Balloto nigrae-Robinion pseudoacaciae* Hadač et Sofron 1980
- асоціація *Balloto nigrae-Robinetum pseudoacaciae* Jurko 1963
- Союз *Chelidonio-Acerion negundi* L. Ishbirdina et A. Ishbirdin 1991
- асоціація *Galio aparines-Aceretum negundi* Goncharenko & Yatsenko 2020
- асоціація *Chelidonio-Aceretum negundi* L. Ishbirdina et A. Ishbirdin 1991
- союз *Chelidonio majoris-Robinion pseudoacaciae* Hadač et Sofron ex Vítková in Chytrý 2013

асоціація *Chelidonio majoris-Robinetum pseudoacaciae* Jurko 1963  
асоціація *Impatienti parviflorae-Robinetum* Sofron 1967  
асоціація *Sambuco nigrae-Aceretum negundo* Exner in Exner et Willner  
2004.

Отже, ерозійні процеси та антропогенний вплив (засмічення території побутовими відходами та рекреаційне навантаження), що чиниться на остепнений схил (південно-східної експозиції) борової тераси р. Десна, призводять до змін рослинного покриву цієї місцевості. Основними тенденціями таких змін є синантропізація та адвентизація флористичного складу рослинних угруповань, елімінація популяцій ксеротермних видів та сформованих ними природних рослинних угруповань, а також зміна природних фітоценозів на синантропні.

### **Використані інформаційні джерела:**

1. Горчаковский П. Л. Тенденции антропогенных изменений растительного покрова Земли. *Ботанический журнал*. 1979. Т. 64, № 12. С. 1710–1719.
2. Іллічевський С. Турса (*Stipa capillata* L.) у Чернігові в зв'язку з питанням про належність Чернігова до Лісової зони. *Вісник природознавства*. 1931. № 1–2. С. 63.
3. Лукаш О. В. Остепнена діброва з *Prunus mahaleb* L. у місті Чернігові. Сучасні фітосозологічні дослідження в Україні: зб. статей з нагоди вшанування пам'яті видатного фітосозолога, д.б.н., проф. Т. Л. Андрієнко-Малюк (1938–2016 рр.). Вип. 5. Київ : Талком, 2021. С. 48–52.
4. Лукаш О. Популяція *Prunus mahaleb* L. у місті Чернігові (Україна) – найбільш віддалений локалітет за межами суцільного ареалу. *Natural Resources of Border Areas under a Changing Climate. The 3rd International Scientific Conference: the program, abstracts (Ukraine, Chernihiv, September 21–24, 2021)*. Chernihiv: Publishing House «Desna Polygraph», 2021. С. 56.
5. Шахназарян О. І., Кирієнко С. В. Перші результати досліджень рослинного покриву Малієвого яру (м. Чернігів). Популяційна екологія рослин: сучасний стан, точки росту: матеріали Другого міжнародного симпозіуму до 90-річчя з дня народження Злобіна Юліана Андрійовича, доктора біологічних наук, професора, Заслуженого діяча науки і техніки України (16 червня 2022 р.). Суми, 2022. С. 25–29.

## **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ВІДХОДІВ БІОМАСИ НА ПРИКЛАДІ ТРІСКИ ПАЛИВНОЇ**

Рівень використання відновлювальних ресурсів вологої біомаси в Україні в даний час у багато разів нижче, ніж в Європейських країнах, а в останні роки намітилася чітка тенденція до подальшого погіршення цього показника.

Одним із основних заходів лісу в період росту лісу (декількох десятків років) є так звані рубки догляду, які полягають у періодичній вирубці в насадженнях частини дерев згідно з проектом. При рубках догляду відбирають для подальшого зростання кращі дерева, а дерева, що погіршують умови їх росту, а також неперспективні - вирубуються. В результаті такої господарської діяльності в лісових та деревопереробних господарствах утворюються різні види відходів деревинної біомаси (кора, обрізки, тирса, стружка, обаполи, а також хмиз, хворост і пні), які можна використовувати, у тому числі, для отримання теплової енергії або інших потреб [1-4]. Таким чином стає питання в розробці енергоефективних способів із їх підготовки та обробки. Одним із способів є розробка енергоефективної технології сушіння тріски паливної для подальшого її використання у теперішньому господарстві України.

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.

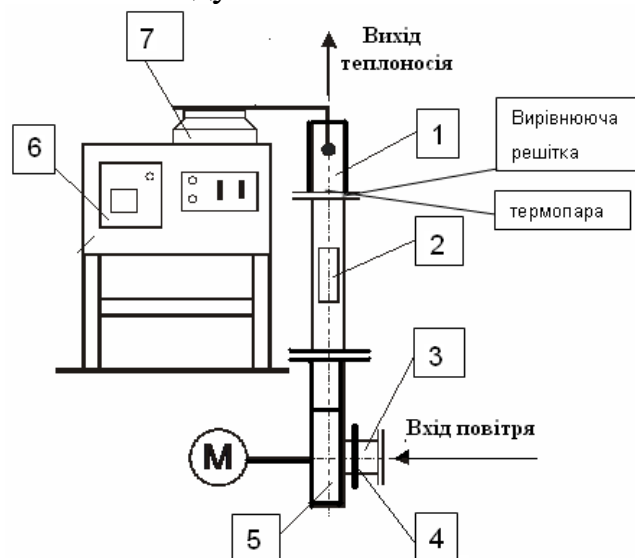
Для експериментального дослідження процесу конвекційного сушіння тріски паливної на першому етапі був використаний існуючий експериментальний стенд та розроблена методика проведення експерименту. Існуючий стенд має затверджений в ІТТФ НАНУ паспорт: «Експериментальний стенд по дослідженню сушки в киплячому стані».

При проведенні серії експериментальних досліджень використовувався матеріал з початковою вологістю  $W=46...55\%$  температура теплоносія була в межах  $t=130...180^{\circ}\text{C}$ , швидкості руху теплоносія  $v=0,3...1,2\text{м/с}$ , початкова висота шару матеріалу становила  $h=30...120\text{мм}$ .

На основі отриманих експериментальних даних були вибрані оптимальні режими швидкості руху теплоносія в експериментальній ємності та висота початкового шару матеріалу, що досліджується, а саме вологої тріски паливної. Результати роботи показали ефективність



вибраного способу сушки для даного виду матеріалу. На рис. 1 представлена схема експериментального стенду.



**Рисунок 1 – Схема експериментального стенду дослідження кінетики процесу сушіння паспорт: «Експериментальний стенд по дослідженню сушки в киплячому стані»: 1 – сушильна камера; 2 – підігрівачі повітря; 3 – вхідний патрубок; 4 – заслінка; 5 – відцентровий вентилятор; 6 – щит управління; 7 – ваги фірми «AXIS» моделі A500**

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 агенту сушіння по відношенню до шару матеріалу з періодичною зміною напрямку на протилежний.

На рис 2 представлено загальне фото камери та пристроїв для проведення другої серії експериментальних досліджень.

Запропоновані вимоги і технічні рішення щодо згаданої модернізації були проведені на існуючому стенді: «Експериментальний стенд по дослідженню сушки в киплячому стані».



**Рисунок 2 – Загальне фото пристроїв, що розроблені для проведення другої серії досліджень**

Проведена серія експериментальних досліджень із конвекційного сушіння тріски паливної на лабораторному стенді, який має назву «Стенд сушіння у киплячому шарі» при наступних теплотехнічних параметрах: температура на вході в робочу камеру змінювалась в межах від 130 °С до 180°С; швидкість теплоносія на вході у робочу камеру – 0,8 м/с; товщина шару матеріалу – 100 мм; діаметр робочої камери – 135 мм; об'єм партії матеріалу, що досліджується – 0,0143 м<sup>3</sup>; середня початкова вологість матеріалу, що досліджується (тріска паливна) – 46%; тріска паливна мала вміст подрібненого листа об'ємом – 10-20%.

Виготовлення досліджуваного матеріалу (тріски паливної) відбувалось за допомоги гілкоподрібнювача безпосередньо перед початком проведення експериментальних досліджень. В якості деревинного матеріалу використовувались листвяні породи дерев (клен та липа) діаметром стовбурів до 40 мм з листям (до 30%).

Результати експериментальних досліджень показують, що наприклад, при проектній продуктивності сушарки розрахованій по кінцевому продукту в 2000 кг/год. збільшення температури теплоносія на вході до робочої камери в 1,4 рази призводить до зменшення часу сушіння матеріалу в 1,6 разу.

Проведені початкові 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 дасть можливість отримувати якісний кінцевий продукт низької вартості з подальшим його використанням у різних сферах народного господарства. В роботі представлені експериментальні дослідження з процесу конвекційного сушіння відходів біомаси на прикладі тріски паливної. Результати досліджень необхідні для подальшої розробки енергоефективної технології та обладнання з переробки подібних термолабільних матеріалів. 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 в різних регіонах України, зокрема в її західних областях.

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

1. Лісове господарство [Електронний ресурс] / Державний комітет статистики України. – Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua>.

2. Івануса А. В. Особливості утворення, переробки та утилізації деревинних відходів // *Деревообробник*. 2006. №11 (149). С. 4–5.

3. Шершун М. Х. Аналіз діяльності лісогосподарських підприємств та ефективність використання лісоресурсного потенціалу в умовах розвитку економічної кризи // *Збірник наукових праць ВНАУ*. 2012. №4 (70, Т.1). С. 194–199.

4. Олійничук О. І. Особливості лісогосподарського виробництва та підвищення його ефективності // *Актуальні проблеми розвитку економіки регіону : науковий збірник / За ред. І. Г. Ткачук. Івано-Франківськ : Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, 2009. Вип. V. Т.2. С. 148–154.*

## **ОЦІНКА РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ТА ЯКОСТІ ВОДИ В НИЖНІЙ ЧАСТИНІ БАСЕЙНУ РІЧКИ ПІВДЕННИЙ БУГ ЯК ДЖЕРЕЛА ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ**

Питання екологічної безпеки питного водопостачання є стратегічною метою для України, що зазначено у Законі «Про національну безпеку України» [1]. Не зважаючи на це, наша держава належить до числа таких, що мають обмежені питні ресурси через підвищений рівень забруднення поверхневих і підземних джерел водопостачання. Особливо актуальною ця проблема є в містах південних областей України, де поверхневі води суші, використовувані для централізованого водопостачання, знаходяться під дуже великим антропогенним впливом. Тому дослідження рівня екологічної безпеки джерел питного водопостачання та пошук шляхів поліпшення якості питної води є актуальними і необхідними.

Метою даної роботи є оцінка рівня екологічної безпеки води р.Південний Буг як джерела централізованого питного водопостачання на території Миколаївської області.

Для оцінки стану та якості води джерел питного водопостачання було використано нормативний документ – Національний стандарт України ДСТУ 4808:2007 «Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання», відповідно до якого якість води можна оцінити за 80 показниками, які згруповані у 7 блоків [2]. Оцінку рівня екологічної безпеки води у місцях водозабору проводили за значенням блокових та загального інтегрального індексів за шкалою від «безпечного» до «небезпечного» (таблиця 1).

**Таблиця 1 – Характеристика води за рівнем екологічної безпеки**

Класи якості води	Характеристика якості води	Характеристика рівня екологічної безпеки
1	«Відмінна», бажаної якості	безпечний
2	«Добра», прийнятної якості	малонебезпечний
3	«Задовільна», прийнятної якості	помірно небезпечний
4	«Посередня», обмежено придатна, небажаної якості	небезпечний

Аналізуючи водні ресурси області необхідно зазначити, що вони є дуже обмеженими – залежать переважно від притоку з інших регіонів країни. За питомими показниками водних ресурсів (на одиницю площі і на одного мешканця) область займає одне із останніх місць серед областей України) [3]. Основним джерелом водопостачання на території Миколаївської області є річка Південний Буг та її притоки.

Згідно показників забору та використання прісної води на території Миколаївської області за останні 10 років, поверхневі води басейну використовуються як для задоволення потреб у загальних видах водокористування, так і для питного водопостачання населених пунктів області.

З поверхневих джерел у басейні р. Південний Буг (р. Південний Буг, р. Синюха, р. Інгул) здійснюється водопостачання чотирьох міст області – Первомайська, Южноукраїнського, Вознесенська, Баштанки. У сільських населених пунктах та містечках використовують підземні джерела [4].

Однак, на сьогоднішній день, на території області є значна потреба у додатковій потужності водозаборів яка складає 5,5 млн. м<sup>3</sup>/рік [5].

Такі дані свідчать про необхідність пошуку альтернативних джерел питного водопостачання та можливості використовувати поверхневі води регіону.

Оцінку якості води для потреб питного водопостачання проводили в межах трьох створів, які розташовані на р. Південний Буг у межах Миколаївської області: від м. Вознесенськ, яке знаходиться в 97 км від гирла, до м.Первомайськ, що знаходиться в 213 км від гирла. Всі досліджуванні пости розташовані вище населених пунктів.

За результатами аналізу зміни показників якості води за період з 2010 по 2020 роки чітко простежується зональність у розташуванні створів питних водозаборів при розподілі таких речовин, як сульфати, хлориди, розчинений кисень, БСК<sub>5</sub>, перманганатна окиснюваність, ХСК, азот амонійний, СПАР. У жодному створі вода не відповідає вимогам бажаної якості. Також, у всіх створах спостерігається постійне перевищення показників безпечності та якості за показниками ХСК і СПАР, а у створі м. Первомайськ додатково за хлоридами.

За результатами оцінки за органолептичними показниками встановлено, що вода була відмінної якості у всіх створах. За середніми значеннями загально-санітарних хімічних показників якість води у всіх пунктах забору води була 2 класу. Найгірша ситуація спостерігалась у пункті м. Первомайськ, де якість води погіршувалась до 4 класу, тобто небажаної якості.

Також у створі водозабору м. Первомайськ найгірші значення токсикологічних хімічних показників. Якість води за останні роки у всіх пунктах забору води погіршувалась до рівня задовільної якості.

Підсумкові результати оцінки за значеннями інтегральних індексів показали, що за середніми значеннями якості води оцінювалась другим класом протягом всього періоду спостереження. Змінювались лише підкласи якості. За найгіршими значеннями якості води в основному визначалась третім класом якості. Лише у 16,67% випадків за період спостереження вода була «Добра», чиста прийнятної якості.

В межах досліджуваної ділянки в басейні Південного Бугу переважає забруднення органічними сполуками. Найбільший внесок у сумарне забруднення води річки в межах питних водозаборів, належить еколого-санітарним показникам, найменший — компонентам сольового складу. Істотні перевищення рекомендованих значень концентрацій забруднюючих речовин за гігієнічними та екологічними критеріями відзначені за вмістом фосфатів, нітритного й нітратного азоту. Присутність таких речовин у воді не тільки прискорюють процеси евтрофікації [6], а й роблять її не придатною для питного використання.

Отримані результати оцінки фізіологічної збалансованості мінерального складу води, яка є також важливим фактором формування здоров'я населення, вказують на підвищені концентрації та незбалансованість мінерального складу води у контрольних створах, що може негативно впливати на здоров'я населення.

Отже, за результатами гігієнічної та екологічної оцінки якості води було встановлено, що в жодному створі рівень екологічної безпеки води не відповідає безпечному рівню. Постійне споживання питної води такої якості може привести до погіршення стану здоров'я людини.

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

1. Про національну безпеку України : Закон України від 21.06.2018 р. №2469-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2469-19#Text>.
2. ДСТУ 4808:2007. Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні і екологічні вимоги щодо якості води та правила вибирання. К., 2007.
3. Водні ресурси Миколаївської області. URL: <http://fishing-ua.org.ua/mykolaivska/>
4. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Миколаївській області у 2020 році. Управління екології та природних ресурсів Миколаївської обласної державної адміністрації. Миколаїв, 2021. 231 с.
5. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2020 році. Міністерство розвитку громад та територій України. Київ, 2021. 385 с.
6. Сніжко С. І. Оцінка та прогнозування якості природних вод. Київ : Ніка-Центр, 2001. 264 с.

*Маляренко О. Є., к. т. н., с. н. с., пров. наук. співроб.,*

*Майстренко Н. Ю., к. т. н., ст. наук. співроб.*

*Інститут загальної енергетики НАН України, м. Київ, Україна*

## **ОЦІНКА ПОТЕНЦІАЛУ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В СЕКТОРІ ЗАГАЛЬНОГО ДЕРЖАВНОГО УПРАВЛІННЯ ТА НЕКОМЕРЦІЙНИХ ОРГАНІЗАЦІЙ**

Достатність забезпечення країни вартісними, вичерпними й обмеженими в часі та обсягах паливно-енергетичними ресурсами (ПЕР) нині стало фактором виживання країни та її населення, в першу чергу, це стосується палива та електроенергії для економіки та палива для населення. Постійне зростання вартості ПЕР, їх недостатність через збройну агресію росії, знищення нею генерувальних та передавальних пристроїв обумовлює кардинальні зміни структури енергоспоживання, що є важливим при визначенні потреби в паливі та електроенергії в економіці взагалі та її бюджетній частині. Остання в якості інфраструктурної ланки забезпечує функціонування всього державного управління, соціальної сфери та сфери оборони.

Секції загального державного управління (О «Державне управління й оборона; обов'язкове соціальне страхування»), некомерційні організації, які об'єднують кілька секцій (М «Професійна, наукова та технічна діяльність», N «Діяльність у сфері адміністративного та допоміжного обслуговування», Р «Освіта», Q «Охорона здоров'я та надання соціальної допомоги», 94S «Діяльність громадських організацій») потребують першочергового заощадження енергоресурсів, оскільки у своїй більшості є бюджетними установами. Структуру споживання палива по зазначених секціях розглянуто за базовий для розрахунку прогнозних потенціалів енергозбереження 2017 р. для визначення напрямів можливого скорочення споживання палива за видами. Дані взято з форми статистичної звітності 4-МТП за 2017 р. Держстату України [1]. Як видно з цієї статзвітності, розглянуті секції за напрямками використання палива можна поділити на дві групи.

Перша група – більшість палива використано на перетворення в теплову енергію. До неї віднесено секції «О – Державне управління й оборона; обов'язкове соціальне страхування», «Р - Освіта», «Q – Охорона здоров'я та надання соціальної допомоги». Наприклад, у секції «О» 61% спожитого палива використано на перетворення, а 39% – на кінцеве споживання. Секцією «О» більш ніж 80% твердих видів палива (вугілля, торф, брикети з них, біопаливо, стружка і тріска деревні, ін.) та мазуту й понад 60% природного газу використовується у котельнях та інших теплогенеруючих установках. Решта видів палива, в основному

нафтопродукти, використовуються за напрямом «кінцеве споживання» у транспортних засобах. Оливи та мастила - у якості сировини. У секції «Р» більш ніж 80% палива використовується на перетворення в котельнях і теплогенеруючих установках. У секції «Q» на перетворення витрачається більше 60% палива, решта – кінцеве споживання.

До другої групи належать секції, в яких більшість палива (більше 70%) використано за напрямом «кінцеве споживання»: «М – Професійна, наукова та технічна діяльність», «N – Діяльність у сфері адміністративного та допоміжного обслуговування», та клас «94S – Діяльність громадських організацій» (більше 59%). У цих видах економічної діяльності переважають транспортні послуги, невелика частка кінцевого споживання – використання твердих видів палива у невеликих котлах для опалювання приміщень.

Виходячи з напрямів використання палива в зазначених секціях, потрібно розглядати як основні заходи зі скорочення споживання палива – модернізація та заміна існуючих опалювальних котлів та заміна парку транспортних засобів, якими користуються в цих видах економічної діяльності, на більш енергоефективні, з меншими витратами пального на 100 км пробігу.

Споживання електроенергії бюджетними установами здійснюється на потреби освітлення та функціонування офісної техніки та медичного обладнання. Відповідно заходи зі скорочення споживання електроенергії пов'язані з підвищенням ефективності систем освітлення та оновленням використаної техніки на більш сучасну з меншим електроспоживання та вищим класом енергоефективності.

Для систем освітлення рекомендовано впровадження енергоощадних ламп, зокрема світлодіодних (LED). Проведене дослідження [2] показало, що при впровадженні енергоощадних ламп на заміну існуючих у кількості 326,5 млн. одиниць, можливо щорічно економити 40 млрд. кВт\*год електроенергії. Відносно споживання електроенергії зазначені секції в базовому 2017 р. згідно даних 11-МТП [3] належать до дрібних споживачів, відсотки яких до обсягу споживання електроенергії в цілому країною (нетто) знаходяться в межах 0,7-1,7%. Обсяг споживання електроенергії зазначеними некомерційними секціями залежать від використання електроощадної офісної техніки та медичних апаратів. Остання група приладів на перспективу буде збільшуватись і підвищувати обсяги електроспоживання секцією Q.

До переліку технологічних заходів, направлених на зниження обсягів споживання електроенергії за секціями на прогнозний період до 2040 року, входять наступні [2]:

- застосування економічних схем освітлення з використанням світлодіодних ламп (ЛЕД);



- заміна діючої комп'ютерної техніки на малоспоживальні «зелені» комп'ютери;
- впровадження електроефективного технологічного обладнання та побутової техніки в лікарнях (медичне обладнання, холодильники, пральні машини, електроплити для приготування їжі та інші) замість діючих електровитратних;
- більш широке використання теплових насосів для виробництва тепла в бюджетних установах на заміщення котлів на природному газі та вугіллі;
- модернізація інженерного устаткування (в т.ч. насосів) систем опалення, вентиляції, кондиціонування та гарячого водопостачання; впровадження високоефективних технологій з прямим використанням електроенергії (електричні котли, електробойлери та інше обладнання), які можуть застосуватись як самостійні теплогенеруючі джерела для індивідуального користування;
- проведення обліку та контролю використання електроенергії.

Із урахуванням електрозберігальних технологічних заходів було проведено оцінки можливих обсягів використання електроенергії за некомерційними секціями на прогнозний період до 2040 року. За нашими оцінками їх обсяг досягне: у секції «Державне управління та оборона» – 5194,8 млн. кВт·год, у секції «Освіта» – 2728,1 млн. кВт·год, у секції «Охорона здоров'я та надання соціальної допомоги» – 44471,7 млн. кВт·год. Для таких секцій як «Професійна, наукова та технічна діяльність», «Охорона здоров'я та надання соціальної допомоги», планується збільшення обсягів споживання електроенергії на перспективу, що пов'язано з ростом та розвитком науково-технічного прогресу у їх виробничій діяльності та широке впровадження електрозберігальних видів техніки і якісних послуг. При відновленні економіки України до довоєнних показників до 2030 року загальний рівень споживання електроенергії в Україні в 2040 році досягне 252480,2 млн. кВт·год.

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

1. *Форма статистичної звітності 4-МТП за 2017 р.*
2. *Країні з доступних технологій для житлово-комунального господарства України. Проект USAID «Муніципальна енергетична реформа в Україні». Керівництво з відбору технологій. Під ред. С. Єрмілова. Київ: «Полігра ПЛЮС». 2016. 134 с. ISBN 978-966-8977-63-3.*
3. *Форма статистичної звітності 11-МТП за 2017 р.*
4. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua>, дата звернення: 10.11.2022.

## **ТЕХНОЛОГІЯ ЗНЕШКОДЖЕННЯ СУЛЬФУР(IV) ОКСИДУ РОЗЧИНОМ, ЩО МІСТИТЬ ІОНИ ФЕРУМУ**

Одною зі стратегічних цілей національної екологічної політики є поліпшення екологічної ситуації та підвищення рівня екологічної безпеки шляхом зменшення обсягу викидів загальнопоширених забруднюючих речовин стаціонарними джерелами. Це дозволить поліпшити стан навколишнього природного середовища до рівня, безпечного для життєдіяльності населення, з урахуванням європейських стандартів якості навколишнього природного середовища.

До забруднюючих речовин, що переважно викидаються в атмосферне повітря, належать оксид азоту, оксид вуглецю, діоксид та інші сполуки сірки, пил [1].

Оксид сірки (IV) може впливати на дихальну систему і функції легень і викликати подразнення очей. Запалення дихальних шляхів призводить до появи кашлю, секретії слизу, загострення астми і розвитку хронічного бронхіту, а також робить людей більш уразливими перед інфекціями дихальних шляхів. У дні з підвищеними рівнями концентрації  $SO_2$  зростає число випадків госпіталізації з хворобами серця і смертність. При з'єднанні  $SO_2$  з водою утворюється сірчана кислота, яка є основним компонентом кислотних дощів, що приводять до зникнення лісів, руйнування металевих і будівельних конструкцій, зниження врожайності сільськогосподарських культур.

Існуючи технології очистки газів від сірки (IV) оксиду не є інвестиційно привабливими [2]. Тому знешкодження сірки (IV) оксиду промислових газових викидів за допомогою каталітичної дії розчинів заліза (II, III) сполук, розробка технологічної схеми процесу отримання пігменту є актуальними як з технологічної точки зору, так і з еколого-економічної.

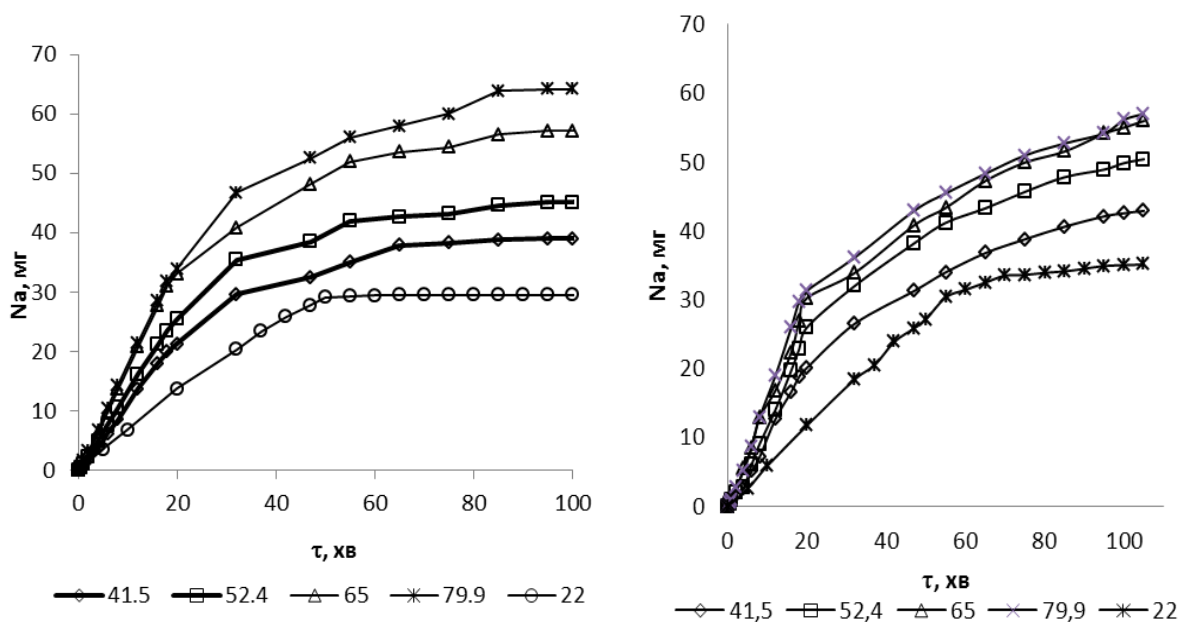
У роботі для досліджень процесу поглинання використовували: газову суміш, що містить 0,2-4 г/м<sup>3</sup> сульфур(IV) оксиду; водні розчини сполук феруму(II,III) з концентрацією по залізу 10-84 г/м<sup>3</sup> (рН=3,1-7,85), що були отримані електролітичною обробкою розчинів хлориду натрію або розчиненням відповідних сполук феруму. Процес поглинання сульфур(IV) оксиду розчинами сполук феруму(II,III) проводили на лабораторному устаткуванні, що містить пінний абсорбер-барботер.

Оксид сірки (IV) одержували розкладанням сульфїту натрію концентрованою сірчаною кислотою. Його початкова концентрація у повітрі складає 1,80-1,88 г/м<sup>3</sup>. Поглинання оксиду сірки (IV) виконували в

аспіраторі з пористою перегородкою за барботажу газоповітряної суміші, витрата якої складає 1,0 л/хв., а температура газоповітряної суміші – 22...80 °С.

Концентрацію іонів заліза у розчині визначали фотоколориметричним методом із сульфосаліциловою кислотою, а концентрацію оксиду сірки (IV) у газовій суміші і розчинах визначали турбодиметричним методом з гліколевим реагентом. Для аналізу використовували електрофотоколориметр КФК-03.

Для визначення спільного впливу іонів заліза і марганцю на процес поглинання одержували залежності концентрації оксиду сірки (IV), що абсорбували, у поглиначі від тривалості поглинання для різних початкових концентрацій іонів металу у розчині за різним рівнем температури (на рис. 1) наведено приклади залежностей для температури 22...80 °С за концентрації оксиду сірки (IV) у газі 1,88 г/м<sup>3</sup> [3-5].



а)

б)

Рисунок 1 – Кінетичні криві процесу поглинання оксиду сірки (IV) різними поглиначами за різній температурі,  $C_{SO_2} = 1,80 \text{ г/м}^3$  : а) у розчині солей заліза (III),  $C_{Fe-заг} = 18 \text{ г/м}^3$ ; б) у розчині солей Mn (II),  $C_{Mn(II)} = 18 \text{ г/м}^3$

Підвищення температури газоповітряної суміші в досліджуваному діапазоні супроводжується збільшенням кількості поглиненого оксиду сірки (IV) для всіх розчинів. Збільшення поглинальної місткості розчину з підвищенням температури вказує на протікання хімічних реакцій у реакційному об'ємі. За температури суміші більше ніж 65 °С має місце істотніше зростання поглинальної місткості розчину, що містить іони заліза (II)/(III), [ $C_{Fe-заг} = 18 \text{ мг/л}$ ] (рис 1,а). Для розчинів, що містять іони Mn (II)

[ $C_{Mn(II)} = 18$  мг/л], за температури суміші більше ніж 52 °С не спостерігається значно підвищення поглинальної ємкості розчину (рис. 1,б).

Найімовірніше, такий характер протікання процесу окислення оксиду сірки (IV) *Fe-Mn* розчинами дозволить збільшити кратність використання поглинача. В той же час, збільшення кількості поглиненого оксиду сірки (IV) розчином призводить до утворення більш концентрованих розчинів сірчаної кислоти, що полегшує їх подальшу утилізацію.

Досліджено спільне впливання іонів заліза (II), іонів заліза (III) і іонів марганцю (II) у розчині на процес рідкофазного окислення оксиду сірки (IV) [13]. Встановлено, що *Fe-Mn* розчини мають вищу сорбційну ємкість порівняно з розчинами іонів заліза (III), (II) та меншою чутливістю до температури порівняно з розчинами, що містять іони марганцю (II). Використання таких розчинів є перспективним і потрібне виконання подальших досліджень щодо визначення основних термодинамічних і кінетичних характеристик процесу.

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

1. Манідіна Є. А., Смотраєв Р. В., Троїцька О. О., Беренда Н. В. та ін. *Технологія очищення промислових газових викидів від сульфур (IV) оксиду (SO<sub>2</sub>) розчинами сполук заліза (II, III). Теорія і практика металургії. 2018. № 3-5. С. 33–36.*

2. Muzadi P., Kotze M. *New development in the oxidative precipitation of Fe and Mn by SO<sub>2</sub>/air. Base Metals Conference 2013. Southern African Institute of Mining and Metallurgy. Johannesburg. 2013. Pp. 223–233.*

3. Манідіна Є. А., Рижков В. Г., Манідін В. С. *Очищення технологічних газів агломераційного виробництва. Металургія, 2016. № 1. С.96–99.*

4. Смотраєв Р. В., Манидіна Е. А. *Определение кинетических характеристик процесса абсорбции диоксида серы электрохимически обработанным поглотительным раствором. Праці Одеського політехнічного університету. 2013. Вип. 3(42). С. 222–226.*

5. Смотраєв Р. В., Манидіна Е. А. *Исследование термодинамического равновесия процесса абсорбции диоксида серы электрохимически обработанным поглотительным раствором. Вопросы химии и химической технологии. 2013. № 2. С.17–20.*

*Медведєва О. О., д-р техн. наук, с. н. с., Гальченко З. С., аспірантка,  
Інститут геотехнічної механіки ім. М. С. Полякова НАН України,  
м. Дніпро, Україна*

## **ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В УМОВАХ ТЕХНОГЕННО ЗМІНЕНИХ ЛАНДШАФТІВ ГІРНИЧОДОБУВНИХ РЕГІОНІВ**

Сучасні ландшафти гірничодобувних районів слід розглядати як природно-техногенні системи, що розвиваються за законами природи.

Провідну роль у механізмі впливу антропогенних чинників на ландшафти відіграють енерговиробничі цикли і їх матеріально-енергетичні потоки. Рівень впливу антропогенних чинників визначається: з одного боку – первинними властивостями природного ландшафту, його віком, станом, динамічністю, стійкістю, потенціалом адаптації і самоврядування; а з іншого – структурою джерел впливу, рівнем природокористування, інтенсивністю матеріально-енергетичних потоків і зв'язків, тривалістю впливу, ступенем керованості розвитку джерел впливу.

З урахуванням впливу антропогенних чинників одночасно на генезис і динаміку ландшафтів виділяються такі типи геосистем:

- 1) природні, незмінні;
- 2) природні антропогенні модифіковані – результат обмеженого, одностороннього, неорганізованого впливу людини;
- 3) антропогенно-природні трансформовані – результат тривалого, одностороннього, стихійного і нереалізованого впливу людини (10-15% територій модифіковано);
- 4) природно-антропогенні трансформовані – результат тривалого, багатостороннього, переважно нарегульованого впливу (модифіковано 15-45% території);
- 5) перетворені антропогенні – результат тривалого, багатогалузевого, частково керованого впливу селітебно-урбанізованої і індустріально-промислової форм природокористування (45-70% площі природно-територіальних комплексів заміщені антропогенними змінами);
- 6) антропогенні культурні, оптимізовані ландшафти – результат цілеспрямованого керованого впливу людини.

За генетичним типом гірничопромислові ландшафти класифікуються на: кар'єрно-відвальні, торф'яно-кар'єрні відвальні, дренажно-відвальні, шахтні просадочно-териконові і екстрактні [1]. У зв'язку з технологіями видобутку корисних копалин, що склалися на території Дніпропетровської області, широко представлені кар'єрно-відвальні, шахтні просадочно-териконові і екстрактні техногенні ландшафти.

Рішення науково-технічних завдань, пов'язаних з управлінням станом ландшафтів, мають у своїй основі дві мети:

1) перевести ландшафт у сприятливіший для виконання соціально-економічних функцій стан;

2) утримати геосистему в цьому знайденому стані, тобто зберегти або надати їй стійкість.

В Україні існує наявний технічний, науковий, земельний, природно-ресурсний потенціал для залучення посттехногенних ландшафтів у господарчий фонд країни. Існує можливість їхнього, хай і не повного відновлення, але ефективного використання для потреб суспільства.

До перспективних видів природних ресурсів необхідно віднести потенціал посттехногенних ландшафтів, який характеризується великою площею вільних ділянок земель і аномальним підвищенням висоти нових техногенних утворень перспективних і можливістю його використання для розвитку поновлюваної енергетики, яка сприятиме відродженню вторинної екосистеми на порушених гірничими роботами територіях, забезпечить електроенергією високоенергетичні процеси демінералізації шахтних і кар'єрних вод.

Однією з найважливіших перспектив освоєння посттехногенних ландшафтів у гірничодобувних регіонах є використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), як для потреб гірничодобувних підприємств в цілому, так і з використанням техногенно змінених ландшафтів у гірничодобувних регіонах

Одним із основних характеристик відновлюваних видів енергії є порівняно низький потенціал і розосередженість по території, що обумовлює їх широке впровадження. Крім того, одним з недоліків є кидки енергетичного потенціалу в різні пори року (вітер інтенсивніший взимку, сонце – влітку і так далі). Цей чинник висуває вимоги комплексного використання різних ВДЕ, набір яких повинен диктуватися природними умовами конкретної території.

Серед проблем розвитку ВДЕ в Україні однією з основних є суттєвий дефіцит земельних ділянок для розміщення об'єктів альтернативної енергетики. В умовах гірничодобувних регіонів проблеми дефіциту земельних ділянок для розміщення ВДЕ не існує.

Дані про порушені земельні території гірничорудних підприємств та параметри зовнішніх відвалів Криворізьких гірничо-збагачувальних комбінатів наведені в таблицях 1-2 [2].

Таблиця 1 – Параметри залізорудних кар'єрів України

Назва кар'єру	Довжина (L), м	Ширина (B), м	Глибина (H), м	Потужність шару, м	Кут падіння, град.
1. Кар'єр Півд ГЗК	3000	2300	500	400	35-40
2. ЦГЗК					
а) кар'єр № 1	4000	1500	525	250-450	60-80
а) кар'єр №-2	1240	830	300	250-280	60-75
а) кар'єр № 3	2940	1240	500	250-270	60-80
3. ПівнГЗК					
а) Ганнівський кар'єр	6700	400	300	300-330	65-85
б) Першотравневий кар'єр	3600	3150	500	200-800	65-85
3. НКГЗК					
а) кар'єр № 2-біс	1800	800	430	140-200	70-80
б) кар'єр № 3	2510	1450	500	400-540	65-80
4. Кар'єр ІнГЗК	2950	2050	650	400-600	30-40
5. Кар'єр ПГЗК	7500	1900	700-300	110-200	55-90

Таблиця 2 – Інформація про відвали гірничорудних підприємств Кривбасу

№ з/п	Підприємство	Найменування об'єкта	Площа, га
1	Суха Балка	Зона обвалення і відвали порожніх порід ш. Ювілейна	145,4
		Зона обвалення і відвали порожніх порід ш. Фрунзе	59,2
		Західна частина колишнього сел. Куйбишева	14,2
		Східна частина колишнього сел. Куйбишева	20,4
		Балка «Дубова»	9,7
		Заболочена земля	1,3
<b>Разом</b>			<b>250,2</b>
2	ПівдГЗК	Частини територій «Шиманівського» і «Правобережного» відвалів	68,7
<b>Разом</b>			<b>68,7</b>
3	ЦГЗК	Кар'єр №1, Відвал №5, (Саксаганський р-н)	14
		Відвал "Східний вал" кар'єру №2 (Жовтневий р-н)	8,5
		Кар'єр № 2 (чаша кар'єру)	104
<b>Разом</b>			<b>126,5</b>
4	ПівнГЗК	Першотравневий кар'єр. Автомобільні відвали №1 і 2	90
		Відвал 3-біс	30
		Ділянка 1, 2 (р-н п/с)	44
		Ганнівський кар'єр. Автомобільні відвали на східному	45
<b>Разом</b>			<b>209</b>
5	ІнГЗК	Відвал №3	147,5
		Відвал №1	112
<b>Разом</b>			<b>259,5</b>
6	НКГЗК	Автовідвал кар'єру №3	54
<b>Разом</b>			<b>54</b>
<b>Усього</b>			<b>967,9</b>

Основні чинники, що визначають перспективність розвитку ВДЕ в Україні [3], це:

– відсутність достатніх обсягів власного органічного палива, залежність від його імпорту, зростання дефіцитності традиційних енергоресурсів, висока їх вартість на світовому ринку та проблеми із зовнішнім постачанням;

– негативний стан та тенденції у паливно-енергетичному комплексі, зокрема недостатня ефективність використання традиційних паливно-енергетичних ресурсів та зношеність основних фондів;

– екологічні проблеми, зокрема необхідність виконання міжнародних зобов'язань щодо обмеження обсягів шкідливих викидів;

– наявність порушених гірничими роботами територій, які неможливо використовувати в сільському господарстві, житловій забудові тощо.

Розвиток ВДЕ в Україні перебуває на початковому етапі та потребує значних інвестицій для нарощування їх частки в енергетичному балансі, що призводить до додаткового цінового навантаження на споживачів. Водночас, підвищення енергоефективності може забезпечити не лише скорочення прямих витрат на енергоресурси, але й зменшити обсяги інвестиції у видобувну галузь, зменшити потужності із трансформації первинних енергоресурсів у вторинні та енергетичну інфраструктуру, а також – знизити навантаження на довкілля.

Таким чином, використання ВДЕ може як поліпшити рівень енергетичної безпеки, так і зменшити антропогенний вплив на довкілля. Тому, разом з підвищенням енергоефективності, має стати одним із найважливіших напрямів енергетичної політики України.

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

1. Шапарь А. Г., Копач П. И. Принципы создания энергетически независимого и экологически чистого сельскохозяйственного производства. Конструктивная экология и бизнес. 1998. № 1-2. С. 42–46.

2. Копач П. И. Роль возобновляемых источников энергии в решении проблемы устойчивого развития территории (на примере Днепропетровской области). Екологія і природокористування: збірник наукових праць Інституту проблем природокористування та екології НАН України. 2001. № 3. С. 71–76.

3. Kopach P.I., Yakubenko L.V., Mormul T.M., Danko T.T., Gorobets N.V., Halchenko Z.S. Scientific approaches to solving a problem of highly mineralized mine waters. Geo-Technical mechanics Interdepartmental collection of scientific works. 2022. Issue 160. PP. 80–95.



## **ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДКРИТОЇ РОЗРОБКИ КРУТОСПАДНИХ РОДОВИЩ З ПОРУШЕНОЮ СТІЙКІСТЮ МАСИВУ ГІРНИЧИХ ПОРІД ПІДЗЕМНИМИ ВИРОБКАМИ**

Сучасний етап розвитку відкритого способу розробки родовищ у Кривбасі характеризується надзвичайно високими вимогами до якості сировини, яка видобувається, та її доступністю. Цим зумовлено підвищення уваги до залучення в експлуатацію техногенних родовищ у шламосховищах та повторного відпрацювання багатих «втрачених» руд у зонах обвалення підземних виробок. Перші стають привабливими завдяки тому, що вони знаходяться на раніше відчужених землях, рівень розвитку технологій збагачення істотно підвищився і ємності, що звільнилися в шламосховищах, можуть бути повторно використані. Другий напрямок стає актуальним тому, що збіднені багаті руди після обвалення верхніх ділянок родовищ при їх розробці підземним способом за вмістом корисного компонента вище в порівнянні з сучасними кондиціями на ці руди. При цьому немає потреби відчужувати землі сільськогосподарського призначення, оскільки територія зон обвалення вже відноситься до гірничого відводу. У зв'язку з тим, що гірничі роботи в даному випадку ведуться у зонах обвалення, то основною проблемою є безпека виробництва.

Крутоспадні родовища, які відпрацьовувались підземним способом, мають низку специфічних особливостей:

1. У контурі родовища раніше виконано комплекс підземних розкривних, підготовчих та експлуатаційних виробок. Масив гірських порід, що утворився в результаті видобутку руди і самообвалення в надрах, характеризується слабкою стійкістю через розпушування порід та наявність порожнин. Все це вимагає застосування таких технологічних рішень, які б забезпечили високу безпеку ведення гірничих робіт.

2. Після завершення експлуатації родовища підземним способом у контурах шахтних полів залишається значна кількість «втраченої» корисної копалини у вигляді технологічних (цілики, покрівлі тощо) та експлуатаційних (втрати та збіднення) втрат. Це завжди зумовлювало великий інтерес до цих родовищ.

3. Нестійкий або обвалений стан масиву гірських порід родовищ, відпрацьованих підземним способом, характеризується наявністю заколів, тріщин або вирв обвалення на денній поверхні. Усе це знижує стійкість масиву в разі оголення.

Попередній аналіз існуючих технологічних схем, що здійснюють відпрацювання крутоспадних родовищ, показав, що поставлені завдання вирішуються не в повному обсязі. Існуючі традиційні технологічні схеми, що передбачають видобутку гірничої маси горизонтальними шарами із зовнішнім або внутрішнім відвалоутворенням, включають різні комбінації розкривних і підготовчих виробок з різними способами формування робочих зон кар'єрів, призначені для відпрацювання стійких масивів гірських порід. Із застосуванням таких технологій складно здійснити доопрацювання родовища з нестійким масивом гірських порід у зонах обвалення, що виникли після вилучення основних запасів корисних копалин підземним способом (Патент UA № 2952, кп. E21C 41/26. «Спосіб повторної розробки круто падаючих родовищ корисних копалин відкритим способом». опубл. 11.01.2010. Бюл. №1). Такі масиви характеризуються великою ймовірністю виникнення аварійних ситуацій. Для ефективної роботи у цих умовах необхідна розробка нових технологічних схем.

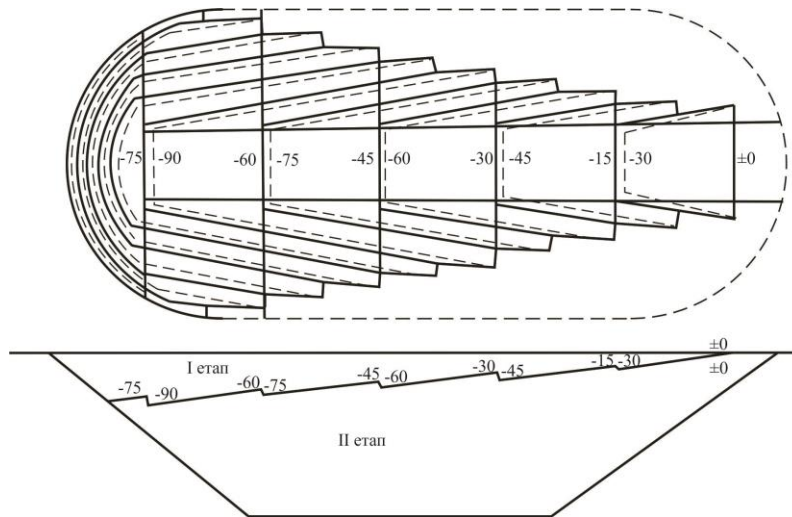
Технологічні схеми мають вирішити такі завдання:

1. Забезпечити необхідний рівень безпеки виконання відкритих гірничих робіт, плановий та безперебійний обсяг видобутку корисних копалин навіть у разі виникнення аварійної ситуації.

2. Забезпечити мінімальну концентрацію гірничого обладнання в робочій зоні кар'єру та мінімальну площу ушкоджень робочої зони кар'єру, що завдаються зсувами та обваленням гірських порід для скорочення часу проведення відновлювальних операцій.

3. Забезпечити можливість проведення відновлювальних операцій без залучення додаткового гірничо-транспортного обладнання (з іншими технічними характеристиками) при ліквідації аварійної ситуації та можливість безперешкодного проведення розвідувального буріння у робочій зоні кар'єру задля виявлення пустот і підземних виробок.

Проведені дослідження показують, що одним з найбільш прийнятних технологічних прийомів для здійснення вилучення корисних копалин з масивів з ослабленою стійкістю є доробка таких родовищ похилими шарами (рис. 1).



**Рисунок 1 – Технологічна схема відпрацювання кар'єрного поля похилими шарами з одностороннім розвитком фронту гірничих робіт (перший етап відпрацювання кар'єрного поля)**

Для забезпечення безпечної експлуатації родовища з порушеною стійкістю породного масиву гірську масу, укладену в контурах борту кар'єру, відпрацьовують похилими виїмковими шарами, які поєднують функції виїмкових шарів і транспортних комунікацій. При цьому робоча зона розконсервованого борту кар'єру формується поперечними видобувними блоками, які є верхньою основою похилих розкривних виробок і діагональними блоками, які утворюються при рознесенні бічних сторін цих виробок. У період основного терміну розробки кар'єра розкрив і підготовка похилих виїмкових шарів до їх відпрацювання здійснюється не в нижній частині борту кар'єру, як це є загальноприйнятним при існуючих способах відпрацювання крутопадаючих родовищ, а в найвищій частині кар'єра, розташованого в протилежному торці. Нарізка нового похилого шару здійснюється шляхом проходження горизонтального з'їзду та розрізної траншеї для організації руху транспортних засобів, а відпрацювання похилих шарів – поперечними блоками з горизонтальною установкою екскаваторного обладнання.

За такого формування робочої зони кар'єру досягається необхідна розосередженість гірничого устаткування. Оскільки розробка гірських порід здійснюється похилими шарами, поперечний блок по похилій площині поступово наближається до можливих порожнеч, утворених підземними роботами, внаслідок чого зсув гірських порід може відбутися не по всій площі виїмкового шару, а тільки в його найнижчій точці. В цьому випадку обсяг розвідувального буріння із встановленням датчиків спостереження за станом гірського масиву різко знижується. Також, у зв'язку з тим, що кут нахилу виїмкових шарів дорівнює керівному куту нахилу транспортних комунікацій, усувається необхідність як дублювання, так і проведення їх взагалі, оскільки вся площа похилих шарів є

транспортними комунікаціями. У цьому випадку зсув гірських порід і, як наслідок, утворення воронок обвалення не викликає повної зупинки виробничих процесів у кар'єрі. Позитивним моментом поєднання функціональності виїмкового шару з транспортними комунікаціями є також забезпечення скорочення довжини транспортних комунікацій у робочій зоні кар'єру, оскільки транспортний засіб із екскаваторного вибою до пункту розвантаження переміщується найкоротшим шляхом.

Важливою перевагою цієї технологічної схеми є те, що у разі виникнення аварійної обстановки (зсув гірських порід з утворенням воронок обвалення), виробнича діяльність не буде повністю заблокована. У цьому випадку гірничі роботи буде зупинено лише в тій частині робочої зони, де сталося утворення воронок обвалення для проведення комплексу заходів щодо ліквідації аварійної ситуації.

Таким чином, розроблені технологічні схеми для повторного відпрацювання крутопадаючих родовищ вирішують поставлені перед ними завдання. Крім того, вони є яскравим прикладом того, як можна суттєво збільшити мінерально-сировинну базу, залучаючи до розробки підроблені підземними роботами ділянки родовищ, мінеральна сировина на яких раніше вважалася безповоротно втраченою.

УДК 504.062

*Мезенцева Д. О., здобувачка середньої освіти, учениця 11-го класу,  
Мовчан В. В., вчитель географії та біології, вчитель-методист,  
Березоволуцький ліцей Петрівсько-Роменської сільської ради.  
с. Березова Лука, Миргородський район, Полтавська область, Україна*

## **ЗБЕРЕЖЕННЯ ЛІСОВИХ МАСИВІВ БІЛЯ СЕЛА БЕРЕZOVA ЛУКА**

За даними українського аналітичного порталу «Слово і Діло» внаслідок нападу росії війною охоплено близько 3 мільйонів гектарів лісу в Україні. Приблизно 23,3 тисячі гектарів лісів випалено, частину з них втрачено[2]. Зрозуміло, що відновлення лісових масивів потребуватиме як значних ресурсів, так і часу. То ж, збереження лісових екосистем в регіонах, які не потерпали від окупації, є досить актуальним, оскільки такий підхід зможе хоча б частково компенсувати втрати лісу в зоні бойових дій. Одним із заходів щодо збереження лісових площ є заповідання та невиснажливе використання. Об'єктом нашого дослідження стали ключові ділянки лісових екотопів в межах річкової долини Хоролу на території Петрівсько-Роменської сільської ради. Варто зауважити, що Петрівсько-Роменська громада, як і більшість громад Полтавщини, має незначний відсоток заповідності. То ж, потрібно активізувати цей процес у новоутворених територіальних громадах. Такої ж думки дотримуються і полтавські науковці Голік Ю.С., Смоляр Н.О., Чепурко Ю.В.. Зокрема, вони вказують на те, що доведення показника заповідності території України до показників країн Європи, що сягають рівня 12-21%, є одним із головних завдань, що зазначено у прийнятих Указом Президента України від 30.09.2019 «Цілях сталого (збалансованого) розвитку України на період до 2030 року» [4]. Також, вони розробили картосхему показників заповідності за новоутвореними територіальними громадами Полтавської області, згідно якої, доля заповідності Петрівсько-Роменської громади знаходиться в межах від 2% до 3%[1]. То ж, збільшення заповідних територій сприятиме збереженню та охороні лісових екосистем.

Мета дослідження – встановити сучасний стан ключових ділянок лісових екотопів в межах долинно-річкової системи (ДРС) Хоролу біля села Березова Лука Петрівсько-Роменської сільської ради та обґрунтувати доцільність розширення площі природно-заповідного фонду (ПЗФ) громади.

У межах ДРС Хоролу серед лісових масивів переважають листяні породи. Проте, тут також наявні фрагментарні ділянки соснових лісів віком до 100 років, які мають штучне походження. Поблизу села Березова Лука донедавна було чотири таких ділянки загальною площею близько 25 га. Однак, за даними Інтернет-ресурсу Google maps нам вдалося

проаналізувати космічні знімки південної частини села, де чітко простежується зведення одного з чотирьох соснових масивів площею близько 2 га (рис.1, рис.2).



**Рисунок 1 – Космічний знімок заплави річки Хорол біля села Березова Лука станом на 2015 рік**



**Рисунок 2 – Космічний знімок заплави річки Хорол біля села Березова Лука станом на 2022 рік**  
*(червоною лінією виділено зведений сосновий лісовий масив)*

Офіційною причиною вирубування лісу стала пожежа сухої трави в заплаві річки, яка пошкодила соснові насадження. Хоча, більш за все, пошкодження були незначні, і ліс можна було зберегти.

Також нами було проведено моніторинг лісу, який складається з хвойних і листяних масивів. Використовуючи сайт EO Browser, ми провели аналіз космічних знімків за 2017 та 2020 роки (рис.3, рис.4).



**Рисунок 3 – Космічний знімок лісового масиву біля села Березова Лука станом на 2017 рік**



**Рисунок 4 – Космічний знімок лісового масиву біля села Березова Лука станом на 2022 рік**  
*(червоною лінією виділено зведену ділянку лісу)*

Як бачимо, станом на 2022 рік частина лісового масив була вирубана. Для кращої наочності ми дослідили індекс рослинності (NDVI) за 2017–2022 даної території, використовуючи програмне забезпечення QGIS 3.16. (рис.5). На рисунку видно, що в 2017 році, в порівнянні з 2022 роком індекс NDVI був значно вищим на ділянці, яка була вирубана (обведено червоною лінією).

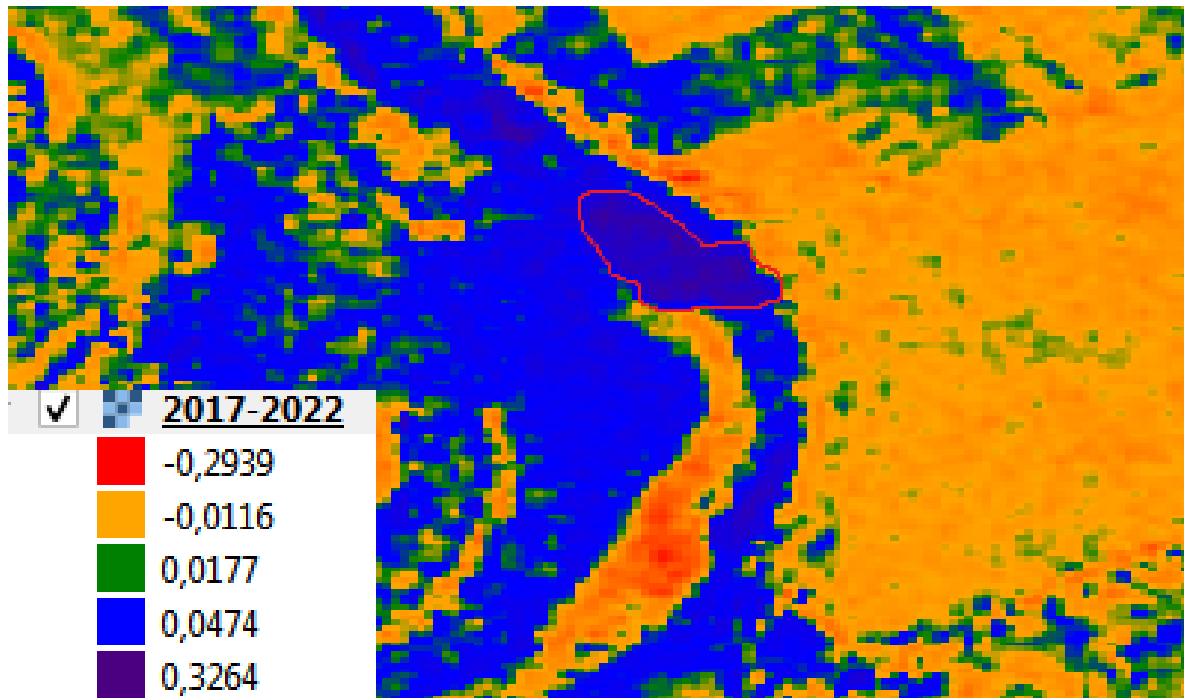


Рисунок 5 – Аналіз зміни нормалізованого індексу рослинності NDVI за 2017-2022 роки

Таким чином, можна стверджувати, що задля подальшого запобігання вирубуванню лісових масивів ДРС Хоролу доцільним буде розширення ПЗФ Петрівсько-Роменської громади. Найоптимальнішим варіантом є створення філіалу регіонального ландшафтного парку (РЛП) «Гадяцький», або ж окремого РЛП «Середньохорольський».

**Використані інформаційні джерела:**

1. Голік Ю. С., Смоляр Н. О., Чепурко Ю. В. Новий адміністративно-територіальний устрій Полтавської області та розподіл територій і об'єктів природно-заповідного фонду // Збірник матеріалів II Міжнародної науково-практичної конференції «Екологія. Довкілля. Енергозбереження», присвяченої 203-річчю Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» (2-3 грудня 2021 року). Полтава : НУПП, ПП«Астра», 2021. С. 112–115.
2. <https://www.slovoidilo.ua/2022/11/08/infografika/suspilstvo/pryroda-ta-vijna-yak-rosijska-ahresiya-vplynula-dovkillya> (дата звернення: 10.11.2022)

УДК 504.064.4

*Мирошниченко Д. В., д. т. н., професор, Малік І. Д., Мещанін В. І.  
Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна*

## **ПРОГНОЗ ТЕПЛОТИ ЗАГОРЯННЯ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ЗА ДАНИМИ ЙОГО ЕЛЕМЕНТНОГО АНАЛІЗУ**

У цій роботі виконано аналіз взаємозв'язку показників технічного (вміст вологи, зольність, вихід летких речовин, вміст нелетючого вуглецю) та елементного (вміст вуглецю, водню, азоту, сірки та кисню) аналізів різних видів рослинної сировини (362 проби) для виробництва біогазу, деревної біомаси з величиною його найвищої теплоти згоряння.

Встановлено, що найбільш тісно в органічній масі рослинної сировини пов'язані показники вмісту вуглецю та кисню ( $R^2=0.898$ ).

Розроблено математичні залежності, що дозволяють із високою точністю ( $R^2>0.849$ ) прогнозувати величину вищої теплоти згоряння рослинної сировини за вмістом у ньому вуглецю, кисню та їхнього атомного відношення.

Ключові слова: рослинна сировина, технічний аналіз, елементний склад, теплота згоряння, математичні залежності.

Теплота згоряння палива визначається як кількість теплової енергії, що виділяється при згорянні певної кількості. Теплота згоряння є важливою властивістю рослин, яка може відображати здатність фіксувати сонячну радіацію під час фотосинтезу. Теплота згоряння також є важливим показником для оцінки матеріального циклу та перетворення енергії у лісових екосистемах.

У роботі показано, що теплота згоряння хвойних порід деревини вище, ніж листяних, причому різні компоненти деревини, такі як пень, стовбур, вершина, кора, листя і гілки також мають різну теплоту згоряння.

Теплота згоряння рослинної сировини пов'язана з її елементним складом, зокрема вмістом вуглецю, водню та кисню. Різні види сировини характеризуються різним елементним складом і, отже, мають різну величину теплоти згоряння.

У роботі наведено рівняння (1) і (2), що дозволяють прогнозувати найвищу теплоту згоряння рослинної сировини за даними її елементного складу:

$$Q_s^d = 0.3491 \cdot C^d + 0.1783 \cdot H^d + 0.1005 \cdot S^d - 0.1034 \cdot O^d - 0.0151 \cdot N^d - 0.0211 \cdot A^d, (1)$$

$$Q_s^d = 0.2949 \cdot C^d + 0.8250 \cdot H^d, (2)$$

де  $Q_s^d$  – найвища теплота згоряння на сухий стан, МДж/кг;  $C^d$ ,  $H^d$ ,  $S^d$ ,  $O^d$ ,  $N^d$  – вміст вуглецю, водню, сірки, кисню та азоту на сухий стан, %;  $A^d$  – зольність, %.



Коефіцієнти в рівняннях (1) та (2) показують, що вміст вуглецю, водню та сірки має позитивний вплив на величину вищої теплоти згоряння, а вміст азоту та кисню – негативний.

У роботі в результаті аналізу понад 150 різних рівнянь, що дозволяють прогнозувати величину вищої теплоти згоряння рослинної сировини, показано, що лише 3 рівняння (3)-(5) характеризуються найменшою похибкою розрахунку, що не перевищує 5-6%:

$$Q_s^d = 0.4373 \cdot C^d + 1.6701, \quad (3)$$

$$Q_s^d = 0.00355 \cdot (C^d)^2 - 0.232 \cdot C^d - 2.230 \cdot H^d + 0.05 \cdot C^d \cdot H^d + 0.131 \cdot N^d + 20.6, \quad (4)$$

$$Q_s^d = 0.328 \cdot C^d + 1.4306 \cdot H^d - 0.0237 \cdot N^d + 0.0929 \cdot S_t^d - \left(1 - \frac{A^d}{100} - \frac{40.11 \cdot H^d}{C^d}\right), \quad (5)$$

Теплота згоряння рослинної сировини також залежить від її хімічного складу, зокрема, вмісту в ньому целюлози, лігніну, геміцелюлози та смолистих речовин.

Найвища теплота згоряння целюлози та геміцелюлози становить 18-19 МДж/кг, лігніну – 24-27 МДж/кг, а смолистих речовин – 32-38 МДж/кг.

В роботі розроблено таке рівняння (6):

$$Q_s^d = 32.3Ext + 24.5L + 18.6Cell, \quad (6)$$

де  $Q_s^d$  – вища теплота згоряння на сухий беззольний стан, МДж/кг; Ext, L і Cell – вміст смолистих речовин, лігніну та суми целюлози та геміцелюлози у рослинній сировині.

У роботі при аналізі взаємозв'язку вищої теплоти згоряння 17 проб деревного палива та вмісту в ньому лігніну та смолистих речовин було отримано рівняння (7):

$$Q_s^d = 14.3366 + 0.1228L + 0.3553Ext; R^2 = 0.915, \quad (7)$$

де  $Q_s^d$  – вища теплота згоряння на сухий беззольний стан, МДж/кг; L і Ext – вміст лігніну та смолистих речовин у рослинній сировині.

У рамках цього дослідження аналізували взаємозв'язок показників технічного ( $W^r$ ,  $A^d$ ,  $V^{daf}$ ) та елементного ( $C^{daf}$ ,  $H^{daf}$ ,  $N^{daf}$ ,  $S^{daf}$ ,  $O^{daf}$ ) аналізів, а також атомних відносин C/H, C/N, C/S та C/O різних видів рослинної сировини з величиною її вищої теплоти згоряння ( $Q_s^{daf}$ ).

Для аналізу скористалися унікальною базою даних, яка містить інформацію про склад та властивості рослинної сировини, яку можна використовувати для виробництва біогазу, деревного вугілля та торефікованої біомаси. Усього було вивчено 362 проби, серед яких були такі зразки: необроблена деревина, оброблена деревина, солома та залишки зернових культур, трава та рослини, лущиння, шкаралупа, кісточки – тверді частини різних горіхів та морські водорості.

Вміст кисню ( $O^{daf}$ ) розраховувалося за формулою (8):

$$O^{daf} = 100 - C^{daf} - H^{daf} - N^{daf} - S^{daf}$$

Необхідно відзначити, що хоча вміст кисню і є розрахунковою величиною, проте його роль у формуванні величини теплоти згоряння

рослинної сировини можна порівняти лише з вмістом вуглецю, оскільки його вміст може сягати 50% і більше.

Аналізуючи дані показників якості рослинної сировини можна констатувати, що вони характеризуються досить широким діапазоном значень. Зокрема, вміст робочої вологи варіюється від 0 до 75.3%; зольність - від 0.1 до 9.9%; вихід летких речовин – від 61,6 до 94,9%.

Показники елементного складу також схильні до сильних змін: вміст вуглецю коливається від 40.22 до 79.30 %; водню – від 4.12 до 15.16%; азоту - від 0.02 до 3.04%; сірки – від 0.01 до 2.21%; кисню – від 10.54 до 53.45%.

Зазначені зміни показників технічного та елементного аналізів відбилися на величині вищої теплоти згоряння ( $Q_{daf}$ ) вивчених проб – вона варіювалася від 16.25 до 33.82 МДж/кг.

Таблиця – Математичні рівняння та їх статистична оцінка

№	Рівняння	Статистична оцінка	
		$r$	$R^2$
(10)	$C^{daf} = -0.87110^{daf} + 87.557$	0.948	0.898
(11)	$\frac{C}{H} = -0.0003(C^{daf})^2 + 0.0397C^{daf} - 0.6564$	0.587	0.345
(12)	$\frac{C}{H} = -0.0088(H^{daf})^2 - 0.2205H^{daf} + 1.7138$	0.750	0.562
(13)	$\frac{C}{O} = 0.0058(C^{daf})^2 - 0.5051C^{daf} + 12.365$	0.973	0.946
(14)	$\frac{C}{O} = 0.0048(O^{daf})^2 - 0.4785O^{daf} + 13.175$	0.982	0.965
(15)	$Q_s^{daf} = 0.0066(C^{daf})^2 - 0.3549C^{daf} + 21.124$	0.921	0.849
(16)	$Q_s^{daf} = 0.0055(O^{daf})^2 - 0.5690O^{daf} + 42.294$	0.932	0.869
(17)	$Q_s^{daf} = -0.3215\left(\frac{C}{O}\right)^2 + 5.2847\left(\frac{C}{O}\right) + 12.53$	0.939	0.882

Встановлено, що найбільш тісно в органічній масі рослинної сировини пов'язані показники вмісту вуглецю та кисню. Показано, що залежність вмісту вуглецю від вмісту кисню носить лінійний характер ( $R^2=0.898$ ), а залежність атомного відношення вуглецю до кисню ( $C/O$ ) від вмісту вуглецю та кисню – квадратичний ( $R^2=0.946$  та  $R^2=0.965$ ).

Розроблено математичні та графічні залежності, що дозволяють з високою точністю ( $R^2>0.849$ ) прогнозувати величину вищої теплоти згоряння рослинної сировини за даними її елементного аналізу, а саме: за вмістом вуглецю, кисню та атомним відношенням вуглецю до кисню.

#### Використані інформаційні джерела:

1. Балаева Я. С., Мирошніченко Д. В., Кафтан Ю. С. // ХТТ. 2018. №5. С. 3. DOI: 10.1134/S0023117718040138 [Solid Fuel Chemistry, 2018, vol. 52, no. 5, p. 279. DOI: 10.3103/S0361521918030023].

2. Балаева Я. С., Мирошниченко Д. В., Кафтан Ю.С. // *XTT*. 2017. №3. С. 10. DOI: 10.7868/S0023117717030021 [*Solid Fuel Chemistry*, 2017, vol. 51, no. 3, p. 141. DOI: 10.3103/S0361521917030028].
3. Bao Y. J., Li Z. H., Han X. G., Song G.B., Yang X.H., Lu H.Y. // *Chinese Journal of Ecology*. 2006. V. 25. № 9. P. 1095.
4. Singh T., Kosticky M.M. // *Canadian Journal of Forest Research*. 1986. V. 16. P. 1378.
5. Demirbas A. // *Energy, Explorations and Exploitation*. 2002. V. 20. №1. P.105.
6. Gaur S., Reed T.B. *An atlas of thermal data for biomass and other fuels*. NREL/TB-433-7965. National renewable Energy Laboratory. Golden. Colorado. USA. 1995.
7. Channival S.A., Parikh P.P. // *Fuel*. 2001. V. 81. P. 1051.
8. Yin C. // *Fuel*. 2011. V. 90. № 3. P. 1128.
9. Demirbas A., Demirbas A.H. // *Energy, Exploration and Exploitation*. 2004. V. 22. № 2. P. 135.
10. Jover J., Antal K., Zsembeli J., Blasko L., Tamas J. // *Research in Agricultural Engineering*. 2018. V. 64. № 3. P. 121.
11. Bychkov A. L., Denkin A. I., Tikhova V. D., Lomovsky O .I. // *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. 2017. V. 130. № 3. P. 1399.
12. Рустамов Н. А., Зайцев С. И., Чернова Н. И. // *Энергия*. 2005. №6. С. 20.
13. White R.H. // *Wood and Fiber Science*. 1987. V. 19. № 4. P. 446.
14. Rhen C. // *Scandinavian Journal of Forest Research*. 2004. V. 19. №1. P. 72.
15. Akpinar A., Komurcu M. I., Kaukal M., Ozoker I.H., Kaygusuz K. // *Renewable Sustainable Energy Reviews*. 2008. V. 12. P. 2013.
16. *Database for the physico-chemical composition of (treated) lignocellulosic biomass, micro- and macroalgae, various feedstocks for biogas production and biochar* // <https://phyllis.nl/>

УДК 662.741.3

*Мирошниченко Д. В., д. т. н., професор, Мукіна Н. В., Мещанін В. І.  
Національний технічний університет «Харківський політехнічний  
інститут», м. Харків*

## **СИРОВИННА БАЗА КОКСУВАННЯ КХВ ПАТ «АРСЕЛОРМІТТАЛ КРИВИЙ РІГ» У ПЕРІОД ІЗ 2017 ПО 2021 РІК**

Вугільна сировинна база коксохімвиробництва ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» останні п'ять років носить стійкий міжбасейновий характер із переважанням в ній вугілля РФ, США і Казахстану.

Протягом 2017-2021 років склад і показники якості вугільної шихти для виробництва коксу на к.б. №1-4 практично не зазнали змін, в той час як у вугільній шихті для виробництва коксу на к.б. №5, 6 відбувається зниження частки високолеткого вугілля з одночасним збільшенням вмісту середньоюлетких і низьколетких компонентів.

Використання технології трамбування дозволяє отримувати доменний кокс більш високої якості ніж за традиційною технологією. Зокрема, кокс, отриманий на к.б. №5, 6 характеризується більш низькими значеннями зольності, вмісту загальної сірки та стиранням ( $M_{10}$ ), при одночасно більш високих значеннях механічної міцності за показником подрібнюваності ( $M_{25}$ ) і післяреакційної міцності (CSR).

Ключові слова: вугілля, трамбування, шихта, кокс

У роботах доведено, що сучасна сировинна база коксування коксохімічного виробництва України носить стійкий міжбасейновий характер, де, поряд з українським вугіллям, використовується імпортне вугілля ближнього і далекого зарубіжжя.

Необхідно відзначити, що українське вугілля присутнє тільки в групі високо і середньоюлетких компонентів, а в групі низьколеткого вугілля присутнє тільки вугілля РФ.

Аналізуючи наведені дані про склади вугільних шихт, що надходять на коксування на к.б. №1-4, можна зробити висновок про їх відносну стабільність: в середньому частка високолеткого вугілля становила 47,07%; вміст середньоюлеткого вугілля – 35,27%; вміст низьколеткого вугілля – 17,66%.

Варто зазначити, що протягом 2017-2021 років склади вугільних шихт, які використовувалися для трамбування, були не настільки стабільні: відбувалося поетапне зниження вмісту високолеткого вугілля з 76,01 до 60,95% при одночасному збільшенні частки середньо і низьколеткого вугілля з 23,99 до 39,05%.

Підтвердження цьому можна знайти в аналізі даних показників якості вугільних шихт, наведених у табл. 3. Якщо значення виходу летких

речовин вугільних шихт, що надходять на к.б. №1-4 коливалися від 28,9 до 30,2 -%, то значення виходу летких речовин вугільних шихт, що надходили на к.б. №5, 6 знижувалися з 32,7 до 30,0 -%.

Як і передбачає технологія трамбування, вологість, насипна густина і вміст класу менше 0,16 і менше 3,0 мм в вугільних шихтах, що надходять на к.б. №5, 6, значно вище значень аналогічних показників вугільних шихт, що надходять на к.б. № 1-4.

Одночасно з цим, в зв'язку з використанням вугілля певної якості, зольність, вміст загальної сірки і товщина пластичного шару у вугільних шихтах, що надходять на к.б. №1-4 трохи вище аналогічних показників у вугільних шихтах, що надходять на к.б. №5, 6.

У табл. 1 наведені значення показників якості одержуваного доменного коксу.

Таблиця 1 – Показники якості доменного коксу

Рік	Батарей	Технічний аналіз, %		Механічна міцність, %		Післяреакційна здатність, %
		A <sup>d</sup>	S <sup>d</sup> <sub>t</sub>	M <sub>25</sub>	M <sub>10</sub>	CSR
2017	1-4	11,5	0,57	84,9	7,9	48,4
	6	11,5	0,45	87,2	5,9	52,3
2018	1-4	11,8	0,48	85,4	8,2	49,7
	6	11,2	0,43	87,8	6,2	53,6
2019	1-4	11,8	0,53	85,6	8,1	49,1
	5, 6	11,4	0,45	88,4	5,8	53,9
2020	1-4	11,6	0,51	86,4	8,2	51,6
	5, 6	11,6	0,44	89,2	6,1	55,1
2021 (січень- травень)	1-4	11,7	0,50	86,1	8,1	55,3
	5, 6	11,4	0,45	89,4	5,8	57,0
Мінімум	1-4	11,5	0,48	84,9	7,9	48,4
	5, 6	11,2	0,43	87,2	5,8	52,3
Максимум	1-4	11,8	0,57	86,4	8,2	55,3
	5, 6	11,6	0,45	89,4	6,2	57
Середнє значення	1-4	11,7	0,52	85,7	8,1	50,8
	5, 6	11,4	0,44	88,4	6,0	54,4

Виходячи з наведених даних, можна зробити висновок, що використання технології трамбування дозволяє отримувати доменний кокс більш високої якості. Зокрема, кокс, отриманий на к.б. №5, 6 характеризується більш низькими значеннями зольності, вмісту загальної сірки та стиранням (M<sub>10</sub>), при одночасно більш високих значеннях механічної міцності за показником подрібнюваності (M<sub>25</sub>) і післяреакційної міцності (CSR).

На підставі виконаних досліджень можна сформулювати наступні основні висновки:

1. Вугільна сировинна база коксохімічного виробництва ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» останні п'ять років носить стійкий міжбасейновий характер із переважанням в ній вугілля РФ, США і Казахстану.

2. Упродовж 2017-2021 років склад і показники якості вугільної шихти для виробництва коксу на к.б. №1-4 практично не зазнали змін, в той час як у вугільній шихті для виробництва коксу на к.б. №5, 6 відбувається зниження частки високолеткого вугілля з одночасним збільшенням вмісту середньо- і низьколетких компонентів.

3. Використання технології трамбування дозволяє отримувати доменний кокс більш високої якості. Зокрема, кокс, отриманий на к.б. №5, 6 характеризується більш низькими значеннями зольності, вмісту загальної сірки та стирання ( $M_{10}$ ), при одночасно більш високих значеннях механічної міцності за показником подрібнюваності ( $M_{25}$ ) і післяреакційної міцності (CSR).

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

1. Романюк І. В., Сикан І. І., Мукина Н. В., Селин С. С., Дроздник І. Д., Мирошніченко Д. В. Особенности формирования и перспективы развития угольной сырьевой базы коксохимического производства КХП ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» // Углекимический журнал. 2016. №3–4. С. 12–17.

2. Попов Е. С., Гаврилюк В. И., Мукина Н. В., Ковалев Е. Т., Дроздник І. Д., Бидоленко Н. Б. Межбассейновая сырьевая база коксохимического производства Украины: проблемы формирования шихт, их подготовки и коксования // Углекимический журнал. 2018. №5. С. 3–7.

*Мінко О. Ю., пров. інженер, Рябко А. І., мол. наук. спів.,  
Інститут геотехнічної механіки ім. М. С.Полякова НАН України,  
м. Дніпро, Україна*

## **МЕТОДОЛОГІЧНІ ПРИНЦИПИ РАНЖИРУВАННЯ ВИРОБНИЦТВ ТЕХНОГЕННО НАВАНТАЖЕНИХ РЕГІОНІВ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ВОДНИХ РЕСУРСІВ**

Ранжирування галузей промисловості за різними критеріями є цінною інформацією при розробці комплексу заходів щодо поліпшення екологічної обстановки та оптимізації економічної діяльності підприємств.

Особливо це стосується підприємств гірничо-металургійного комплексу, які є основою промислового потенціалу України. Їхня діяльність виявляє значний комплексний вплив на екологічну та економічну обстановку в країні. Обсяг реалізованої продукції гірничодобувної промисловості за 11 місяців 2019 року становив \$14,2 млрд., або 16% від обсягів реалізації всієї промислової продукції України, 25% продукції було експортовано.

Вибір критеріїв здійснюється за кількома напрямками, в результаті визначається інтегральний критерій, який складає основу ранжирування, наприклад, за напрямком використання водних ресурсів. Це наступні критерії: використання води та водовідведення в поверхневі водні об'єкти; забруднення водою різними галузями економіки; вплив на довкілля. Вихідна інформація для визначення вищевказаних критеріїв надана у відповідній табличній формі.

Використання води та водовідведення в поверхневі природні об'єкти підприємствами різних галузей економіки (для порівняльного аналізу) наведено у табл.1, 2 [1].

Дані табл. 1 дозволяють зробити порівняльний аналіз, виділити частку та ранжувати галузі промисловості за критеріями водоспоживання та водовідведення. Аналіз вказаної інформації показує: за водоспоживанням вугільна промисловість (одна з найбільш значущих в гірничодобувної галузі) знаходиться на восьмому місці, за водовідведенням - на четвертому, із скидання забруднених стічних вод - на третьому місці, тому підприємства цієї галузі стають предметом першочергового вивчення. Видобуток вугілля залишається найбільш матеріаломістким та екологічно складним виробництвом. Значно покращити ці показники можливо, якщо поряд із сировиною використовувати, наприклад, відвали, що утворилися за попередні роки. Горючі корисні копалини на території України знаходяться у 2233 родовищах.

**Таблиця 1 – Використання води та водовідведення в поверхневій природні об'єкти підприємствами різних галузей економіки [1]**

Галузь	Використання води			Водовідведення стічних вод у поверхневій природні об'єкти	
	всього	на госп.- побутові потреби	на виробничі потреби	всього	в т.ч забруднених
Електроенергетика	3124	58	3064	2494	316
Металургійна промисловість	1557	76	1480	1450	774
Вугільна промисловість	67	20	20	548	472
Хімічна та нафтохімічна промисловість	191	21	170	218	80
Машинобудування	115	37	78	57	33
Житлово-комунальне господарство	2498	2095	352	2801	1646
Сільське господарство	2233	25	230	1074	58
Харчова промисловість	175	17	156	81	17
Транспорт	46	29	17	30	8
Промисловість будматеріалів	31	6	24	31	11
Нафтогазова промисловість	19	3	13	14	7
Інші галузі	132	22	102	102	22
Всього по Україні	10188	2400	5706	8900	3444

Більш детально аналіз водоспоживання та водовідведення виконаний на підставі вивчення узагальнених даних найбільш значних металургійних підприємств, трубних, феросплавних заводів, ГЗК, що наведено у табл.2

Дані табл. 2 підтверджують інформацію про значні обсяги водоспоживання, водовідведення та безповоротних втрат. Скидання у водоймища забруднених стічних вод гірничо-добувного комплексу разом із заводами та комбінатами чорної металургії становлять значну частку промислових стоків усіх підприємств України.

Для оцінки ефективності використання водних ресурсів запроваджується узагальнюючий коефіцієнт Кп.об. Умова високої організованості водокористування: Кп.об→1.

Оцінюючи стан водного господарства слід орієнтуватися на зміну частки зворотного водопостачання у загальному показнику водоспоживання. Збільшення цього показника свідчить про ефективну роботу енергетичних та екологічних служб підприємств.



**Таблиця 2 – Узагальнені дані із водоспоживання та водовідведення на найбільших значних підприємствах ГМК [1]**

№ п/п	Параметр	Обсяг води, млн м <sup>3</sup> /рік
1	Сумарне споживання	7414,2
2	Водоспоживання свіжої технічної води:	1557,5
	- в т.ч. на господарсько-побутові потреби	51,7
	- на виробничі потреби	1505,8
3	Водовідведення у водойми:	1269,1
	- в т.ч. недостатньо очищених стоків	487,7
	-без очищення	148,3
4	Споживання зворотної води	6133,0
5	Скидання технічної води до господарсько-побутової каналізації	13,0
6	Беззворотні втрати	236,7
7	Доля водообігу	0,83

Наступний критерій дозволяє оцінити вплив основних підприємств, у т.ч і гірничодобувних на забруднення водного середовища. Підсумкова інформація про основні підприємства, внесок яких у забруднення басейну р. Дніпро найбільший, так звані «гарячі точки» наведено в табл.3. Вказана інформація використовується за двома напрямками:

- складає основу базової вихідної інформації існуючого стану водного середовища та використовується в мережі екологічного моніторингу;
- є складовою частиною інтегрального критерію при ранжируванні галузей промисловості.

У системі екологічного моніторингу оцінку забруднення найбільш доцільно здійснювати за наступними напрямками: за ділянками ( водоймами), за джерелами, за областями, розташованими в басейні р. Дніпро. Саме за цими напрямками найбільш сконцентрована статистична інформація та дані натурних досліджень. За основу приймається найбільш несприятливий варіант, при якому припускається, що всі забруднюючі речовини водного середовища залишаються в межах означеної техноекосистеми. Але треба врахувати не менш важливий фактор. Внаслідок непередуманої в минулому екологічної політики р. Дніпро як і більшість інших великих річок перетворився на ряд водосховищ, які істотно змінили у гірший бік гідрологічних характеристики всієї системи водоймищ та ріки.

Аналіз даних табл. 3 показує, що найбільший внесок у забруднення водного середовища здійснюють 24 підприємства: з них: 4 відносяться до гірничо-металургійного комплексу 15 до та комунального господарства. Вищевказана інформація використовується при розрахунку різних інтегрального критерію забруднення водного середовища.

Таблиця 3 – Основні «гарячі точки», розташовані в басейні р. Дніпро на території України [2]

Країна	Підприємство	Місце розташування
Україна	Київський водоканал	м. Київ
	Дніпропетровський водоканал	м. Дніпро
	Завод «Криворіжсталь»	м. Кривий Ріг
	Луцький водоканал	м. Луцьк
	Чернігівський водоканал	м. Чернігів
	Запоріжський водоканал	м. Запоріжжя
	Завод «Запоріждсталь»	м. Запоріжжя
	Завод ім. Держинського	м. Кам'янське
	Житомирське ПУВКГ	м. Житомир
	Херонський водоканал	м. Херсон

Відповідно із ранжируванням за рівнем впливу наслідків гірничодобувної промисловості на перше місце слід поставити вплив на поверхневі і підземні води, наступне місце – вплив відповідно на геологічне середовище та на атмосферу. Такий підхід прийнятий і в західних країнах. Наступним за рівнем наслідків можна вважати вплив на надра і земну поверхню, особливо при відкритих гірничих роботах. Запаси значної більшості корисних копалини не поновлюються, тобто вичерпуються. Втрати і разубожіння руд призводять до необхідності розширення виробництва або до залучення до експлуатації нових родовищ і, отже, до посилення негативного впливу та наслідків. Зробивши комплексний аналіз всіх складових комплексного критерію, найбільш ретельного вивчення та уваги потребують підприємства гірничодобувної галузі.

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

1. Сталинский Д. В., Мантула В. Д., Эштейн С. И., Музыка З. С. Анализ водопотребления и водоотведения на предприятиях горно-металлургического комплекса Украины. Общие вопросы промышленной экологии. 2007. Вып.4. С.15–212.
2. Вишневський В. І., Сташук В. А., Сакевич А. М. Водогосподарський комплекс у басейні Дніпра. К. : «Інтерпрес ЛТД». 2011. С. 26–36,183–184.

УДК 502/504

<sup>1</sup>*Мозаффарі Настаран, магістр-інженер, докторант, <sup>1</sup>Мозаффарі Нілуфар, магістр дослідник, докторант, <sup>2</sup>Телу Стефан, к. т. н., доцент,*

<sup>3</sup>*Сілланья Міка, доктор наук, професор,*

<sup>4,5</sup>*Вамболь В. В., д. т. н., професор, <sup>6</sup>Вамболь С. О., д. т. н., професор*

<sup>1</sup>*Університет Лаваля, м. Квебек, Канада.*

<sup>2</sup>*Технічний університет Клуж-Напока, м. Клуж-Напока, округ Клуж, Румунія*

<sup>3</sup>*Університет Йоганнесбургу, м. Йоганнесбург, Південна Африка*

<sup>4</sup>*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна;*

<sup>5</sup>*Люблінський університет природничих наук, Люблін, Польща*

<sup>6</sup>*Національний технічний університет «Харківський політехнічний університет», м. Харків, Україна*

## **ВИКОРИСТАННЯ ВУГЛЕЦЕВИХ НАНОТРУБОК ДЛЯ БІОСЕНСОРІВ У ДЖЕРЕЛАХ ПИТНОЇ ВОДИ**

Біосенсори як аналітичні системи поєднують біологічні або біометричні матеріали з фізико-хімічним або мікросистемним датчиком [1]. Вони мають переваги перед звичайними методами або пакетними системами тестування, оскільки є дешевими, мають високий рівень здатності виявлення забруднюючих речовин [2]. Загалом існує багато різних технологій, серед яких є біосенсори для визначення кількості фармацевтичних препаратів у воді та стічних водах. Однією з головних переваг біосенсорів здатність виявляти фармацевтичні препарати і мікробні забруднювачі із використанням незначної кількості зразків і реагентів навіть якщо концентрація забруднювачів дуже низька [3].

Одним з перспективних напрямів є використання біосенсорів, що в основі мають вуглецеві нанотрубки (ВНТ), оскільки мають здатність легко з'єднуватися з різними молекулами, і мають добре ідентифіковані та оцінені характеристики електропередачі [4]. Вплив молекулярних модифікацій у ВНТ може бути використаний для відображення електричних характеристик, оскільки більшість атомів у ВНТ розташовані на поверхні [5]. Однією з переваг ВНТ є їх високий рівень чутливості завдяки великому відношенню площі поверхні до об'єму, пов'язаному з масивом місць зв'язування великої серії наночастинок і молекул [6, 7].

Активність, а також велике співвідношення площі поверхні до об'єму та висока ефективність сорбції є унікальними властивостями ВНТ, які роблять їх придатними для використання в очищенні стічних вод, а також як біосенсорів для виявлення мікробних забруднювачів, зокрема стійких до антибіотиків мікроорганізмів. у джерелах питної води [8]. Поверхнева кислотність ВНТ сприяє їх роботі як хорошого адсорбенту й сприятливого

детектора або датчика [9]. Деякі дослідники досліджували здатність ВНТ застосування як біосенсорів, оптимізувавши дві структури ВНТ як імуносенсори для визначення бактеріофага MS2 (вірусу, що існує в стічних водах). Легкість застосування біосенсорів підтверджується позитивними результатами цих досліджень із застосуванням двох методів виявлення [9, 10]. Наразі біосенсори можна застосовувати для швидкої ідентифікації вірусів і бактерій у водному середовищі (менш ніж за 1200 с).

Наступним кроком є модифікація ВНТ. Нанесення різних наноматеріалів на біосенсори може дозволити їм виявляти фармацевтичні препарати та бактеріальні забруднення у воді.

Графен як одношаровий двовимірний алотроп атомів вуглецю (двовимірне розміщення у вигляді стільників) є одним із наноматеріалів, які можуть покращити здатність біосенсорів завдяки його характерним нанокаркасам та іншим чудовим характеристикам. Це орієнтир для нових застосувань через його значне використання в наноконструкціях, наноелектроніці, оптоелектронних установках, системах електрохімічних суперконденсаторів і промислових польових транзисторах. Унікальні характеристики, включаючи спеціальні оптичні характеристики, високу електропровідність, велике відношення поверхні до об'єму, помітну щільність носія, велику рухливість носія та значну механічну міцність зробили графен популярною речовиною для використання в оптоелектронних системах, суперконденсаторах та інших датчиках [11]. Низька вартість графену, велике співвідношення площі поверхні до об'єму та однорідна структура зробили графен більш придатним для біосенсорів, ніж вуглецеві нанотрубки.

Іншим наноматеріалом на основі вуглецю є наночастинки сажі (нанопорошок), яка відома тим, що використовується у виробництві різних типів датчиків завдяки своїм унікальним властивостям, зокрема економічності, величезній площі поверхні, високій провідності та високій стабільності, а також здатності створювати плівки з однорідною структурою. Вуглецеві матеріали, які мають найбільш об'ємний каркас, виробляються шляхом спалювання вуглеводнів. Їхні композиції містять агрегацію або агломерацію сферичних частинок, у яких кожна частка має турбостратичну структуру випадкових шарів упаковки графіту.

Як правило, вуглецеві наноматеріали мають низьку провідність порівняно з металами, але вони пов'язані з металевою або напівпровідниковою ( $10^{-4}$  Ом см) поведінкою для досягнення високих швидкостей передачі електрона. Відомий досить цікавий інженерний варіант коли виготовили датчик із нанокулочок сажі і картопляного крохмалю, нанесених на скловугільний електрод, для виявлення тетрацикліну у водопровідній та річковій воді [12]. Результати показали відповідну чутливість цього датчика завдяки його підвищеній провідності та великій площі поверхні.

Іншим типом біосенсора є полімери з молекулярним відбитком (ПМВ). В роботі [13] описали ПМВ як штучні речовини з особливими порожнинами. Взаємодія між шаблонною молекулою та комплементарною функціональною мономерною групою може визначати ефективність сенсорів ПМВ [14]. Незважаючи на те, що межі виявлення іноді можуть становити менше половини дозволеної концентрації для елементів у воді, мінімальний зразок, необхідний для деяких біосенсорів МІР, часто становить 2,5 мл із часом експерименту 2 хвилини.

Отже, однією з переваг вуглецевих нанотрубок є їхній високий рівень чутливості завдяки великому відношенню площі поверхні до об'єму, пов'язаному з масивом місць зв'язування великої серії наночастинок і молекул. Чудові властивості графену, такі як особливі оптичні та електричні властивості, велика площа поверхні, велика мобільність носія та значна механічна міцність, зробили графен популярним датчиком для виявлення забруднення води фармацевтичними засобами.

Серед матеріалів на основі вуглецю технічний вуглець вважається найкращим датчиком через його низьку ціну, велику площу поверхні, хорошу провідність і високу стабільність.

Виробництво та комерційна доступність вуглецевих наноматеріалів за розумною ціною може бути легко досягнуто шляхом відносно простої переробки вуглецю, майже багатого хімічного елемента.

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

1. González-Martínez M. A., Puchades R., Maquieira A., Ferrer I., Marco M. P. and Barceló D. (1999). Reversible immunosensor for the automatic determination of atrazine. Selection of performance of three polyclonal antisera. *Analytica Chimica Acta*, 386, 201–210.
2. Onnerfjord P., Eremin S. A., Emneus J. and Marko-Varga G. (1998). Fluorescence polarization for immunoreagent characterisation. *Journal of Immunological Methods*, 213, 31–39
3. Samendra P. S., Masaaki K., Charles P. G. and Ian L. P. (2014). Rapid detection technologies for monitoring microorganisms in water. *Biosensors Journal*, 3, 109.
4. Ajayan P. M. (1999). Nanotubes from carbon. *Chemical Reviews*, 99, 1787–1800.
5. Yang W., Thordarson P., Gooding J. J., Ringer S. P. and Braet F. (2007). Carbon nanotubes for biological and biomedical applications. *Nanotechnology*, 18, 1–12.
6. Ali S. R., Ma Y., Parajuli R. R., Balogun Y., Lai W. Y.-C. and He H. (2007). A nonoxidative sensor based on a self-doped polyaniline/carbon nanotube composite for sensitive and selective detection of the neurotransmitter dopamine. *Analytical Chemistry*, 79, 2583–2587.

7. An K. H., Jeong S. Y., Hwang H. R. and Lee Y. H. (2004). Enhanced sensitivity of a gas sensor incorporating single-walled carbon nanotube polypyrrole nanocomposites. *Advanced Materials*, 16, 1005–1009.
8. Ong Y., Thai A., Abdul L., Zein S. H. and Tan S. H. (2010). A review on carbon nanotubes in an environmental protection and green engineering perspective. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 27(2), 227–242.
9. Rao A. D., Dash S., Babu S. V. and Jain I. (2007). Numerical modeling of cyclone impact on the ocean- A case study of the Orissa Supper Cyclone. *Journal of Coastal Research*, 23(5), 1245.
10. Davis R., Irudayaraj J., Reuhs B. L. and Mauer L. J. (2010). Detection of *E. coli* O157:H7 from ground beef using Fourier transform infrared (FT-IR) spectroscopy and chemometrics. *Journal of Food Science*, 75, M340–M346.
11. Adegoke A. A., Singh G. and Stenstrom T. A. (2019). Biosensors for monitoring pharmaceutical nanocontaminants and drug resistant bacteria in surface water, subsurface water and wastewater effluent for reuse. *Nanoparticles in Pharmacotherapy*, 525–559, [https:// doi.org/10.1016/B978-0-12-816504-1.00014-4](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816504-1.00014-4).
12. Delgado K. P., Raymundo-Pereira P. A., Campos A. M., Oliveira O. N. and Janegitz B. C. (2018). Ultralow cost electrochemical sensor made of potato starch and carbon black nanoballs to detect tetracycline in waters and milk. *Electroanalysis*, 30, 2153–2159.
13. Bui B. T. S. and Haupt K. (2010). Molecularly imprinted polymers: synthetic receptors in bioanalysis. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 398(6), 2481–2492.
14. Whitcombe M. J., Chianella I., Larcombe L., Piletsky S. A., Noble J., Porter R. and Horgan A. (2011). The rational development of molecularly imprinted polymerbased sensors for protein detection. *Chemical Society Reviews*, 40(3), 1547–1571.

## **ДЕГРАДАЦІЯ ҐРУНТІВ І УПРАВЛІННЯ ЇХ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ**

Людство протягом свого існування повсякденно контактує з довкіллям. Постійні антропогенні дії на неї приводять як до позитивних, так і негативних наслідків. Серед негативних наслідків особливо останніх років це забруднення атмосфери, водойм, деградація ґрунтового покриву, знищення біологічних ресурсів, порушення стабільності екологічних систем, порушення природних територіальних комплексів, особливо в сучасних умовах війни на Україні, яку розв'язала Росія.

Впровадження у виробництво сучасних досягнень науки і техніки, поява нових технологій, енергоджерел і значної кількості матеріалів сприяли сучасним революційним змінам у житті мешканців, а саме покращенню їх життя. Людство вступило в епоху науково-технічної революції, що викликало ще більший антропогенний тиск на природу.

Відомо, що під час збирання урожаю коренеплодів просапних культур, зокрема картоплі, цукрових, кормових і столових буряків та моркви, із ґрунту виноситься досить значна кількість дрібнозему. На винесення дрібнозему впливають механічний склад ґрунтотвірних порід та власне ґрунт, вологість останнього, терміни збирання урожаю та форма коренеплодів і бульб.

Деградаційні процеси в ґрунтах викликані винесенням дрібнозему поширені в сучасних умовах антропогенної діяльності. В межах Волинської області понад 20% сільськогосподарських угідь зайняті під коренеплодами. Винесення дрібнозему із коренеплодами є одним із сучасних геоморфологічних процесів, який перетворює рельєф місцевості, прискорює ерозію та дефляцію ґрунтів, що викликає негативний вплив на родючість ґрунту і погіршення умов життєдіяльності мешканців [3].

У межах області щорічно із коренеплодами виноситься десятки, а іноді, сотні тисяч тон дрібнозему, який є основою утворення гумусу та збереження і збагачення поживних речовин, які так потрібні для росту сільськогосподарських культур, поповнення яких являє собою довготривалий процес [2]. Ефективність використання земельних ресурсів необхідно розглядати у єдності із охороною та відтворенням природної родючості ґрунтів.

Підраховано, що тільки за один польовий сезон із полів області виноситься понад 105 000 т родючого ґрунту Дрібнозем, що виноситься з урожаю, утворений механічними частинками розміром 1 мм та органічних

речовин. Відчужені частинки ґрунту сприяють зменшенню пористості, зростанню щільності, порушенню водопроникності та структурних агрегатів материнських ґрунтів [1]. Врешті-решт, це зумовлює посилення змиву родючого шару ґрунту, розвитку ерозії та дефляції. Зауважимо, що згідно з, відчуження дрібнозему з коренеплодами цукрових буряків може в декілька разів перевищувати його винесення у процесі максимально інтенсивної ерозії.

Якщо врахувати, що, як правило, урожай цукрових буряків до місця його переробки перевозиться, в більшості, автомобільним транспортом, то для перевезення відміченого потрібно понад 15 тисяч семитонних автомобілів типу «ЗІЛ-130».

Економічні затрати, які направлені на перевезення урожаю цукрових буряків залежать, як відомо, від марки автомобілів та відстані, на яку перевозиться урожай. Для підрахунків економічних затрат використовувалися орієнтовні тарифи, які, при необхідності, можуть уточнюватися. При розробці тарифів використані усереднені ціни на складові собівартості перевезень на період заготівлі цукрових буряків. Зважаючи на те, що ціна автомобільного пального є головним визначальним чинником, що впливає на тариф, передбачена можливість коригування його, в залежності від коливання цін на пальне.

Підрахунки фінансово-економічних затрат на перевезення однієї тонни коренеплодів показують, що вони залежать від відстані. В межах Волинської області основна маса коренеплодів цукрових буряків довозиться на переробку із відстані до 60 км. При розширенні посівних площ, особливо у поліських районах, вона збільшується і, в окремих випадках, може становити понад 80 км. Якщо врахувати, що на транспортуванні коренеплодів задіяні різні типи автомобілів, при різній відстані перевезення урожаю, середній показник коштів, що затрачений на вивезення дрібнозему буде досить вагомим.

Винесення дрібнозему з урожаем коренеплодів має значний вплив не лише на погіршення властивостей ґрунтів, але і на фінансово-економічні затрати господарств, які, в кінцевому результаті, відображаються на собівартості продукції [4].

Наростання маси коренеплодів і підвищення цукристості триває у вересні, жовтні й за теплої погоди, навіть у листопаді. Раннє збирання зменшує вихід цукру з гектара, пізніше пов'язане з втратами врожаю внаслідок несприятливих погодних умов – тривалі дощі, сніг, морози. У вересні врожайність зростає на 15-30%, цукристість – на 1,4-1,8%. Строки збирання коренеплодів необхідно встановлювати залежно від площі, забезпечення механізмами з таким розрахунком, щоб збиральні роботи завершити до кінця жовтня.

Приріст маси цукрових буряків залежить від погодних умов не лише вересня місяця, але й усього попереднього літнього вегетаційного періоду.



Відтягувати терміни збору врожаю цукрових буряків на більш пізніший час, наприклад, жовтень, не рекомендується тому, що лишається небагато сприятливого часу для раціонального використання і дуже добрій технічній забезпеченості господарств.

При зміні температури повітря і ґрунту, пов'язаної із цим вологості, які впливають на підвищення виносу дрібнозему із врожаєм коренеплодів. Відомо, що з другої декади жовтня температура повітря знижується, а це, відповідно, впливає на випаровування ґрунтової вологи та продовження терміну встановлення мінімальної вологості ґрунтів [2]. Вважаємо, що крайнім терміном збору та вивезення врожаю цукрових буряків повинна бути друга декада жовтня. У цей період середні добові температури опускаються до  $+5-6^{\circ}\text{C}$ , що є нижньою межею збирання врожаю коренеплодів, при цьому не завдаючи шкоди родючості ґрунтів.

Пониження температури нижче  $6^{\circ}\text{C}$  сприяє зменшенню випаровування, що підвищує вологість ґрунту, навіть при незначній кількості опадів і сприяє зростанню липкості ґрунту (фізична глина, мул, гумус), це збільшує небезпеку винесення значної кількості дрібнозему. Підтвердженням цього є те, що коли у другій-третьій декаді вересня винесення дрібнозему становить 5-7%, то в листопаді воно може зрости до 4-х і більше разів і складати, відповідно, 20-28%.

Для вивезення коренеплодів із врахуванням їх дозрівання і зменшення втрат родючого шару ґрунту з урожаєм картоплі, особливо цукрових буряків є період із найсприятливішими метеорологічними умовами які в межах області спостерегаються з кінця вересня по кінець жовтня місяців коли менше всього спостерегається опадів і відсутні морози, або заморозки.

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

1. *Ґрунти Волинської області [Текст]: монографія / М. Й. Шевчук, М. І. Зінчук, П. Й. Зінчук та ін.; за ред. М. Й. Шевчука, М. І. Зінчука, П. Й. Зінчука. 2-ге вид. Луцьк : Вежа-Друк, 2016. 144 с.*

2. *Мольчак Я. О. Характеристика динаміки родючості ґрунтів України за довготривалий період спостережень (на прикладі Волинської області) / Я. О. Мольчак, Л. Ф. Бондарчук, С. П. Бондарчук Сталій розвиток- стан та перспективи Матеріали Міжнародного наукового симпозиуму SDEV '2018 Львів – Слов'янськ, Україна). / Львів, 2018. С.23–26.*

3. *Мисковець І. Я. Фактори ерозії ґрунтів та їх географія. / І. Я. Мисковець, Я. О. Мольчак The 7<sup>th</sup> International scientific and practical conference «Science, innovations and education: problems and prospect» (February 9-11, 2022) CPN Publishing Group, Tokyo, Japan. 2022. P. 278-282.*

4. *Мисковець І. Я., Мольчак Я. О. Особливості економіко-географічних умов Волинської області. Регіон 2018: Суспільно-географічні аспекти. ХНУ ім. В. Н. Каразіна. Харків, 2018. С.20–23.*

<sup>1</sup>*Нестер А. А., д. т. н., доцент, <sup>2</sup>Хоменко О. І., к. т. н., доцент*  
<sup>1</sup>*Хмельницький національний університет, м. Хмельницький, Україна*  
<sup>2</sup>*Одеська державна академія будівництва і архітектури, м. Одеса,*  
*Україна*

## СУЧАСНІСТЬ УКРАЇНИ ТА ЕКОЛОГІЧНА ОСВІТА

Екологи відмічають вісім відомих екологічних проблем України, серед яких більшість створені людиною, тобто промисловою діяльністю, використанням автомобільного транспорту, накопиченням побутових відходів, варварським винищенням лісових масивів [1].

В Україні вже давно назріває проблема питної води, оскільки за запасами доступних до використання водних ресурсів країна належить до малозабезпечених. У маловодні роки на території України формується лише 52,4 км<sup>3</sup>/рік стоку, тобто на одну людину припадає близько 1 тис. м<sup>3</sup>. Тим часом, за визначенням Європейської економічної комісії ООН, держава, водні ресурси якої не перевищують 1,7 тис. м<sup>3</sup>стоку на рік на одну людину, вважається незабезпеченою водою [2].

В Україні налічується близько **800** видів ґрунтів, понад **60%** земельного фонду країни становлять унікальні чорноземні ґрунти. Проте, як стверджують експерти в земельних питаннях та науковці, сучасне використання земельних ресурсів України не відповідає вимогам раціонального природокористування. Земельні ресурси втрачають свою родючість і деградують.

Вчені НААН України звітують, що розораність земель в Україні є найвищою в світі й досягає **57%** території країни та майже **80%** сільськогосподарських угідь. Інтенсивне сільськогосподарське використання земель впливає на зменшення родючості ґрунтів у зв'язку з їхнім переушільненням, руйнуванням структури, водопроникністю та аераційною здатністю з усіма екологічними наслідками [3].

Так, розглядаючи кожну з восьми екологічних проблем, видно всі недоліки сільського господарства, промисловості, автомобільного та авіаційного транспорту, які поглиблюються порушуючи середовище існування людського співтовариства.

Війна. Зараз навіть неможливо повністю оцінити вплив війни на довкілля через брак точної інформації. Причин цьому дві. Насамперед, навіть збирати ці дані небезпечно для фахівців, оскільки тривають активні бойові дії. По-друге, не вся інформація може бути озвучена публічно з тактичною метою. Проте точно зрозуміло: чим довше триває війна, тим більше шкоди вона завдасть довкіллю, і тим більше наслідків ми матимемо в майбутньому. Це підтвердилося, хоч і в меншому масштабі, на початку цієї війни, 8 років тому, коли Росія загарбала Крим і частини Донеччини та

Луганщини. Як безпосередньо бойові дії, так і дії окупаційної адміністрації вплинули на природу цих регіонів. За тим, як саме – можна спробувати спрогнозувати наслідки теперішнього повномасштабного вторгнення.

Сучасні екологічні проблеми України пов'язані з загальною тенденцією розвитку міст, промислового виробництва пов'язаного з використанням широкого комплексу матеріалів, хімічних сполук. Бурхливий розвиток промисловості та міст потягнув за собою широке будівництво житла, транспортних засобів та вузлів комунікацій та накоплення відходів.

*Дуже багато людей не є грамотними саме в екологічному плані. Тобто вони не слідкують за тим, що вони викидають, скільки викидають.*  
**Відсутність державної політики** можна назвати однією з причин екологічних проблем. Сюди можна віднести корупцію, відсутність ефективної системи покарань, відсутність необхідної інфраструктури для сортування і переробки сміття, неякісну роботу комунальних служб, а також відсутність підтримки екологічних ініціатив. Не краще себе веде і бізнес-не бажає впроваджувати нові екологічні технології бо це веде до підвищених витрат, а в умовах військового часу проблеми тільки загострюються через брак коштів, знищення бізнесу на його східних кордонах.

Але перекладати відповідальність на органи влади неправильно: зміни варто починати з себе, адже держава робить лише те, на що є запит від суспільства.

Екологічна освіта являє собою процес усвідомлення людиною цінності навколишнього середовища і уточнення основних положень, необхідних для отримання знань і умінь, необхідних для розуміння і визнання взаємної залежності між людиною, його культурою і його біофізичним оточенням. Екологічна освіта також включає в себе прищеплення практичних навичок у вирішенні завдань, що відносяться до взаємодії з навколишнім середовищем, вироблення поведінки, що сприяє поліпшенню якості навколишнього середовища. Екологічна освіта в наш час має стає обов'язковим елементом всього виховного та освітнього процесу, починаючи з дитячого садка, школи. Тут важливо щоб будь-яка людина, яка живе в суспільстві, повинна представляти збиток від своєї діяльності. Але для цього необхідна освіта, яка дасть можливість зрозуміти екологічні закономірності і за цей рахунок зменшити шкоду навколишній природі. Екологічна освіта та виховання в сучасній школі має охоплювати всі віки, вона повинна стати пріоритетним. Екологічними знаннями повинні володіти всі. Екологічна освіта може бути організована наступними моделями:

1. Вивчення конкретної навчальної дисципліни для всіх фахівців.
2. Введенням екологічних знань у більшість навчальних дисциплін.
3. Модель, при якій вивчається курс екології з введенням елементів екології в більшу частину предметів.

При цьому особлива увага повинна надаватись питанням повторного використання відходів у різних галузях промисловості держави, тобто можна сказати, що повинна «нав'язуватися» умова безвідходного виробництва. При проектуванні і запуску нових виробництв необхідний жорсткий контроль з боку держави з обов'язковим рішенням по утилізації, переробки відходів виробництва, за що повинен нести відповідальність виробник відходів. До вирішення подібних питань виробництво не повинно запускатися в експлуатацію [4].

Більшість навчальних організацій України віддають перевагу першій моделі, реалізація якої вимагає розробки змісту навчального курсу «Екологія». Екологічна культура недоступна людині з моменту народження, вона формується протягом життя тривалим, безперервним процесом навчання, який треба вести постійно у всіх сферах діяльності людського суспільства.

Розвиток нових технологічних процесів, матеріалів породять нові екологічні проблеми. І лише заклавши основи екологічного світогляду, виховання можна сподіватися на вирішення виникаючих ситуацій.

Для вирішення поставленого завдання при навчанні молодих людей необхідно віддавати перевагу методам, викладеним нижче:

1. Постійно поповнювати знання про навколишнє середовище і для цього використовувати радіо, телебачення, соціальні мережі, вивішувати плакати екологічного спрямування в громадському транспорті, в школах.

2. Залучати населення, студентів, учнів у практичну діяльність щодо вирішення проблем навколишнього середовища місцевого і регіонального значення (суботники для очищення берегів річок, ставків, парків).

3. Поширювати знання і практичні навички щодо збереження зелених насаджень, тваринного світу (і пташиного царства), розширенню лісопаркових зон у великих і малих містах, посадкам уздовж шосейних доріг та залізниць.

Екологічна освіта є процес усвідомлення людиною цінності довкілля та уточнення основних положень, необхідних для здобуття знань та умінь, необхідних для розуміння та визнання взаємної залежності між людиною, її культурою та її біофізичним оточенням. Екологічна освіта також включає прищеплення практичних навичок у вирішенні завдань, що відносяться до взаємодії з навколишнім середовищем, вироблення поведінки, що сприяє поліпшенню якості навколишнього середовища

Екологічна освіта в наш час має бути обов'язковим елементом всього виховного та освітнього процесу, починаючи з дитячого садка, школи. Тут важливо, щоб будь-яка людина, яка живе в суспільстві, повинна шкодити від своєї діяльності. Але для цього потрібна освіта, яка дасть можливість зрозуміти екологічні закономірності і за цей рахунок зменшити збитки навколишньої природи. Екологічна освіта та виховання в сучасній школі має охоплювати всі віки, вона має стати пріоритетною.

Екологічними знаннями повинні володіти всі. Завдання школи у тому, щоб сформувати певний обсяг знань з екології, сприяти придбання навичок наукового аналізу явищ природи, осмислення взаємодії нашого суспільства та природи, усвідомлення значимості своєї практичної допомоги природі.

Перелічені недоліки нашого промислового, сільськогосподарського виробництва та збору твердих побутових відходів ставлять перед нашим суспільством серйозні задачі, які потрібно вирішувати вже зараз, не очікуючи закінчення військових дій.

Проте насправді проблеми стану довкілля, взаємини у суспільстві, ставлення до довкілля є головними проблемами, які не можуть вирішуватися без загальної освіти окремих індивідуумів, які використовують природне середовище у всьому різноманітті. Сучасний підхід до вивчення світу, довкілля вимагає сьогодні як нового підходу, а й нової логіки міждисциплінарних досліджень.

Треба відзначити, що екологічні проблеми мали місце на порядку денному державних та урядових органів упродовж понад трьох десятиліть. І найсерйозніше до цих проблем віднеслися вчені та суспільства країн Західного світу. І все-таки, незважаючи на різноманіття сучасних досліджень з питань взаємозв'язку екологічної політики та політичної економії, вони не можуть вирішити проблеми екологічної політики самостійно, без участі держави та широкої освіти людей.

При цьому особлива увага має бути приділена питанням повторного використання відходів у різних галузях промисловості, тобто державою, суспільством має «нав'язуватися» умова безвідходного виробництва.

**Висновок.** Все викладене має стимулювати державні структури, навчальні заклади до розширення вивчення екологічних питань і прийняття рішучих заходів щодо оздоровлення навколишнього середовища.

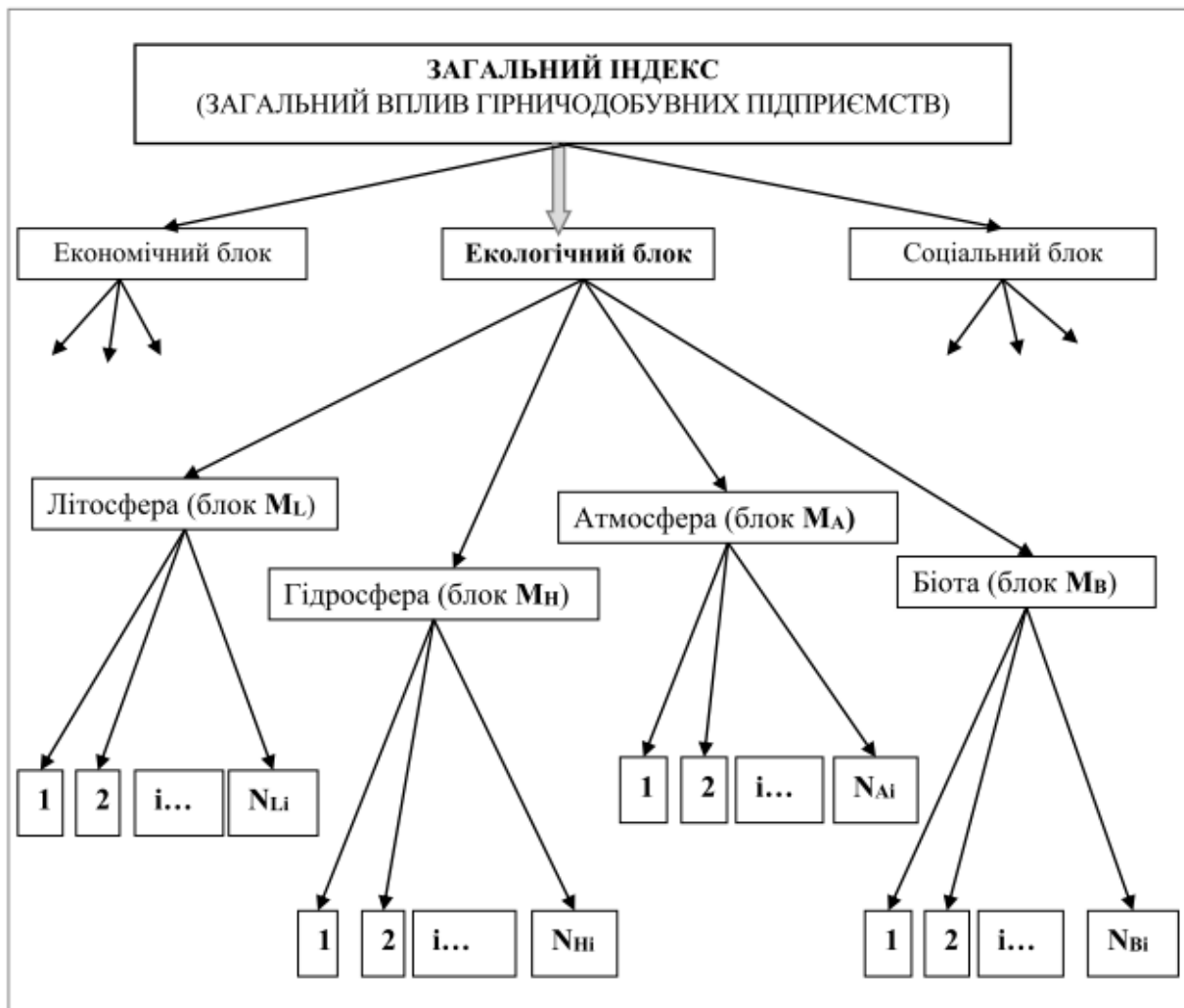
#### **Використані інформаційні джерела:**

1. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ecoburougcc.org.ua/index.php/ekolohichni-novyny/363-top-8-ekologichnih-problem-ukrayini>
2. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://aw-therm.com.ua/problema-pitnoyi-vodi-v-ukrayini/>
3. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://agropolit.com/spetsproekty/566-hto-vbivaye-ukrayinski-zemli-abo-yak-zupiniti-degradatsiyu-gruntiv>
4. Нестер А. А. Монографія. Очистка стічних вод виробництва друкованих плат. X. : Видавництво Хмельницького національного університету, 2016. 219 с.

*Остапенко Н. С., к. х. н.**Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова  
Національної академії наук України (ІГТМ НАН України)  
м. Дніпро, Україна*

## **ВИЗНАЧЕННЯ ШКІДЛИВОГО ВПЛИВУ ГІРНИЧИХ РОЗРОБОК НА ОСНОВІ РИЗИК–ФОРМАЛІЗАЦІЇ**

Із метою досягнення гірничодобувними підприємствами прогнозованих екологічних орієнтирів пропонується застосування ефективного інструменту забезпечення прийняття обґрунтованих управлінських рішень. В цілях формалізації процедури їхнього прийняття використовується доступна оцінка, що охоплює визначення таких аспектів, як ризики/збитки екологічні (в перспективі – ще й економічні та соціальні) та інтегровані показники негативного впливу діяльності гірничих розробок у порівнянні передбачуваних способів видобутку твердих корисних копалин. У районах інтенсивного ведення гірничих робіт відзначається ускладнення екологічної ситуації зі стійкою тенденцією до розвитку багатьох негативних процесів, в першу чергу – до осідань земної поверхні над гірничими виробками, активізації зсувів, збільшення площ підтоплення, появи карстопроявів на місцях розробок корисних копалин шахтним способом. Зі зростанням площ осідань над гірничими виробками пов'язано зниження інженерно-геологічної стійкості порід, розущільнення масивів порід, що залягають над підземними виробками, перерозподіл напруги навколо виробленого простору, і, як наслідок – заболочування значних територій, підтоплення будівель та їх руйнування. Для визначення ступеню техногенних впливів на складові довкілля при оцінці різних способів розробки родовищ можна скористатися поняттям ризику [1]. Ризик впливу планованої діяльності на довкілля - це ймовірність настання події, що має несприятливі наслідки для навколишнього середовища і викликана негативним впливом господарської або іншої діяльності, надзвичайними ситуаціями природного-техногенного чи військового характеру. Для цих розрахунків слід застосувати запропонований в [2] алгоритм визначення екологічної складової на прикладі методики оцінки впливу гірничих робіт при освоєнні родовищ основних твердих корисних копалин. Сутність методики полягає в розкладанні всієї сукупності можливого впливу (розроблюваного родовища на компоненти довкілля) на окремі частини, які є відносно незалежними одна від одної. Продовжуючи це розкладання до найменших частин, доходять до базових елементів впливу ( $N_i$ ), характеристики яких є досить добре вивченими за попередніми експертними оцінками (рис. 1).



**Рисунок 1 – Структурна схема екологічної складової методики оцінки техногенного впливу на основі ризик-формалізації**

Характеристиками базових елементів, які необхідно враховувати при розрахунку, є екологічні ризики ( $R_i^M$ ), створювані кожним з 4-х базових елементів (« $i$ ») в блоках:  $M_L$  – літосфера й ґрунти,  $M_H$  – гідросфера,  $M_A$  – атмосфера,  $M_B$  – біота. Екологічні ризики можна визначити, як добуток відповідної можливої шкоди на ймовірність її здійснення. Оскільки всі умови розробки родовищ є досить певними, то всі небезпечні впливи майже достовірно здійснюються, тобто можна характеризувати базові елементи їх збитками ( $Q_i^M$ ). Значення повного індексу екологічного впливу (ІЕВ), знайдені для способу розробки родовищ, що розглядається, дає, таким чином, повну системну оцінку впливу способу розробки на компоненти довкілля [2]. Знаходячи аналогічним чином повні ІЕВ для всіх способів, можна порівняти всі знайдені ІЕВ і знайти відповідний спосіб зменшення негативного впливу способу розробки (табл. 1).

**Таблиця 1 – Індекси екологічного впливу при різних способах видобутку твердих корисних копалин**

Основні техногенні порушення	Системи розробки родовищ в межах гірничих територій			
	Відкрита	Підземна (традиційна)	Підземне вилуговування	Гідро-механічна
	Відвід гірничий / земельний	Відвід гірничий / земельний	Відвід гірничий / земельний	Відвід гірничий / земельний
Вилучення земель аграрного обігу	8/7	6/5	3/1,5	2/1,5
Забруднення земель шламосховищами та відвалами	9/8	8/7	1/0,5	1/0,5
Розвиток депресійної воронки	9/8	8/7	1/0,5	1/0,5
Забруднення підземних вод	2/1	2/1	9/8	0,1/-
Зменшення дебіту поверхневих вод	9/6	6/5	0,1/-	0,1/-
Σ(ІЕВ)	37/30	30/25	14,1/10,5	4,2/2,5
Σ Σ(ІЕВ)	67	55	24,6	6,7

Таким чином, значення індексу екологічного впливу на складові навколишнього середовища, розрахованого для кожного способу розробки родовищ твердих корисних копалин, дає сукупну екологічну оцінку. Аналогічним способом можна порівнювати більш широке коло техногенних впливів, а також за цією методикою розраховуються ризики для економічної та соціальної складових та складаються певні прогностичні варіанти із обґрунтованим вибором найменш небезпечного з них.

**Використані інформаційні джерела:**

1 Лисиченко Г. В., Забулонов Ю. Л., Хміль Г. А. *Природний, техногенний та екологічний ризики: аналіз, оцінка, управління.* Київ : Наукова думка, 2008. 542 с.

2. Остапенко Н. С., Крючкова С. В., Кириченко В. А., Бондаренко Л. В. *Формалізація екологічної оцінки гірничодобувних підприємств // Геотехнічні проблеми розробки родовищ : Матеріали XX Між. конф. молодих учених (27 жовтня 2022 року, Інститут геотехнічної механіки ім. М. С. Полякова Національної академії наук України, Дніпро). ІГТМ НАН України, Дніпро, 2022. С.47–52.*



*Остапенко Н. С., к. х. н., Бондаренко Л. В., Уварова Л. І.,  
Крючкова С. В., Кириченко В. А.*

*Інститут геотехнічної механіки ім. М. С. Полякова  
Національної академії наук України (ІГТМ НАН України)  
м. Дніпро, Україна*

## **ДО ПИТАННЯ ЩОДО ПРОБЛЕМ ВІДНОВЛЕННЯ ПОРУШЕНИХ ЗЕМЕЛЬ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ**

На сучасному етапі Україна, площа якої в загальносвітовій становить лише 0,4%, залишається державою, економіка якої значною мірою базується на видобутку, переробці та використанні мінеральної сировини. В країні видобувається, переробляється і використовується у технологічних процесах майже 4% світового обсягу мінерально-сировинних ресурсів. Водночас землеємність одиниці ВВП у 3-5 разів вища ніж у розвинутих європейських країнах, водоемність – у 5-7 разів, енергоемність – у 7-9 разів, що значно посилює техногенне навантаження у гірничодобувних регіонах. Змінюються природні ландшафти; формуються техногенні ландшафтно-геохімічні системи, у межах яких суттєво порушується природний біогеохімічний кругообіг та формуються нові біогеоценози деастрованих ландшафтів. Земельний фонд України характеризується високим біопродуктивним потенціалом, у його структурі переважають землі з родючими ґрунтами. Головна база землеробства країни розміщується здебільшого на ґрунтах чорноземного типу. Ґрунт є дуже складною й уразливою системою, яка порушується комплексом деградаційних антропогенних процесів. Деградаційний напрям ґрунтоутворення зумовлює формування цілого комплексу негативних властивостей і погіршення стану й родючості ґрунту: руйнування ґрунтових структурних агрегатів під впливом інтенсивних механічних дій, переущільнення ґрунту під дією важких знарядь, підкислення і диспергація ґрунту за рахунок надмірних і неконтрольованих обсягів азотних добрив (селітри), денітрифікація в переущільнених і тимчасово перезволожених ґрунтах, дегуміфікація ґрунту при зрошуванні, посилення ерозійних процесів, забруднення агрохімікатами й важкими металами та інші наслідки (таблиця 1). Крайнім ступенем деградації є знищення ґрунтового покриву й забруднення земель, а також зменшення біорізноманіття.

За видами цільового використання земельного фонду встановлено, що 68,5% території країни складають землі сільськогосподарського призначення; 17,7% – землі лісового фонду; забудовані землі – 6,2% (в т.ч. землі промисловості, транспорту, зв'язку, енергетики та оборони – 2,8%; природоохоронного, оздоровчого, рекреаційного та історико-культурного

призначення – 0,8%); 4,0% – землі під водою; 1,6% – відкриті заболочені землі; 2% – інші [1].

Таблиця 1 – **Наслідки техногенного впливу на ґрунти**

<b>Вид впливу</b>	<b>Основні зміни ґрунтів</b>
Обробка ґрунту	Важкі механічні агрегати (при оранці, боронуванні, розпушуванні) ущільнюють структуру ґрунту, що змінює умови існування в ньому організмів; посилення взаємодії з атмосферою, вітрової та водної ерозії.
Сінокоси, збирання врожаю	Вилучення деяких хімічних елементів, збіднення ґрунтів, підвищення випаровування.
Випас худоби	Ущільнення ґрунту, знищення рослинності, яка скріплює ґрунт, ерозія, збіднення ґрунтів рядом хімічних елементів, висушування, біологічне забруднення.
Випалювання старої трави	Знищення ґрунтових організмів у поверхневих шарах, посилення випаровування.
Зрошення	Заболочення (вторинне засолення / засолення) та осолонцювання ґрунтів, зміна водно-повітряного режиму, теплового і поживного режиму ґрунту; підняття рівня ґрунтових вод і зміни їх хімічного складу.
Осушення	Зниження вологості, вітрова ерозія, зміна водно-повітряного режиму, теплового і поживного режиму ґрунту; зникнення боліт, обміління річок.
Внесення добрив	Підкислення земель і втрата ними гумусу
Застосування отрутохімікатів та гербіцидів	Загибель ряду ґрунтових організмів, комах-запилювачів, накопичення небезпечних для живих організмів отрут, зміна складу ґрунту пригнічення біологічної активності ґрунтів.
Створення промислових та побутових звалищ	Зниження площі придатної для сільського господарства землі, отруєння ґрунтових організмів на прилеглих ділянках.
Стічні води	Зволоження, зміна складу ґрунтів, отруєння ґрунтових організмів, забруднення органічними та хімічними речовинами.
Знищення лісів	Посилення вітрової та водної ерозії, випаровування.
Робота наземного транспорту	Ущільнення ґрунту при руху поза дорогами, отруєння ґрунтів відпрацьованими газами та сипучими матеріалами.
Викиди в атмосферу	Забруднення ґрунтів хімічними речовинами, зміна їх кислотності та складу.
Енерговипромінювання, шум, вібрація	Сповільнення росту рослин, загибель живих організмів

Техногенне навантаження формується гірничодобувною, металургійною і хімічною галузями промисловості, атомними і тепловими електростанціями, автотранспортом та меліоративними системами у

процесі природокористування, основним наслідком чого є зростання небезпечного забруднення навколишнього середовища.

Недосконалість сучасних технологій не дозволяє повністю переробляти мінеральну сировину. Готова продукція становить 1-2% від використаної сировини, а решта повертається у вигляді відходів до біосфери, забруднюючи її компоненти. За ступенем і характером впливу, накопичених обсягів промислових відходів, вирізняють гірничодобувний, паливно-енергетичний, металургійний, хімічний та будівельний комплекси. Землеємність основних галузей національної економіки в 2,5-2,7 рази вища, ніж у країнах із розвинутою економікою. Надвисока землеємність склалася в гірничодобувній промисловості. Незважаючи на те, що райони видобутку та переробки корисних копалин займають лише 6-10% площі таких промислових регіонів як Придніпровський, Кривий Ріг, Донбас, масштаби перетворення ландшафтів у них є вражаючими. Основними наслідками порушення ґрунтів є повна втрата земель або неможливість їх подальшої експлуатації як природного ресурсу без попереднього відновлення. Серед геомеханічних порушень, що виникли під час видобутку і переробки корисних копалин, основними є: відчуження земель під кар'єрні виїмки, хвостові і шламосховища та відвали; деформовані поверхні, зсуви, просідання, мульди зрушення; прогресуючий розвиток процесів підтоплення земель, воронки та ін. (таблиця 2) [2].

**Таблиця 2 – Площа і склад порушених земель у Дніпропетровській області**

<b>Види порушень</b>	<b>Усього, га</b>	<b>Відпрацьовані землі, га</b>
Загальна площа порушених земель	40 783	5 767
Кар'єрні землі	6 530	-
Відвали усього, у т.ч.	11 770	-
• зовнішні	5 574	-
• внутрішні	6 196	-
Хвостові і шламосховища	12 193	-
Деформовані поверхні - усього, у т.ч.:	9 363	5 767
• зони затоплення	1 308	558
• зони воронок і провалів	1543	-
• зони плавних зсувів	6 512	5 209
Об'єкти очищення і знешкодження стічних вод	927	-

На початок 2022 року стан земельних ресурсів переважної частини України, зокрема, старопромислових гірничодобувних регіонів, характеризувався як напружений із тенденцією до погіршення, та повномасштабне військове вторгнення РФ суттєво його погіршили і

призвели до практично суцільного кризового стану та втрати контролю над частиною стратегічно важливих регіонів.

Для здійснення заходів з екологічно збалансованого раціонального використання земель, відновлення втрачених під час господарської діяльності та військових дій корисних ґрунтових властивостей мають бути розроблені науково-методичні засади здійснення моніторингу земель на основі дистанційного зондування Землі та геоінформаційних технологій з урахуванням загальноєвропейських принципів раціонального природокористування й гармонізованих з довкіллям технологій (таблиця 3).

**Таблиця 3 – Основні проблеми щодо пошкодження земель та технологічні особливості їх відновлення**

<b>Проблеми</b>	<b>Вирішення проблем на основі гармонізованих з довкіллям технологій</b>
Ерозія земель	Змінення морфологічної будови поверхні, розподіл потоків атмосферних опадів, агрегування гранулометричних часток.
Фізична деградація	Ущільнення ґрунтів.
Вітрова ерозія	Торможіння вітру, змінення морфологічної будови поверхні, прикочування поверхні. Застосування рослинних укріплень.
Реабілітація порушених земель	Формування вторинної поверхні, яка забезпечить безпечні гравітаційні процеси поверхневого стоку, вітрової ерозії, сонячного опромінення. Повернення природної родючості ґрунтів за рахунок штучних насаджень
Виснаження ґрунтів	Застосування біотичних технологій відновлення природного стану ґрунтів.
Вилучення аграрних угідь	Відновлення родючості ґрунтів після їх промислового використання.
Забруднення земель важкими металами та радіонуклідами	Застосування хімічної та біологічної адсорбції/абсорбції, гідрохімічних бар'єрів та каскадних технологій.

Враховуючи велику питому вагу розораності у сільськогосподарському землекористуванні та стан антропогенного навантаження земель, необхідно приділяти більше уваги екологізації – раціональному використанню та охороні земель, збереженню природних ландшафтів, техногенно-екологічній безпеці життєдіяльності людини шляхом дотримання екологічно допустимих рівнів та режимів використання земель.

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

1. Статистичний щорічник України за 2019 рік / За ред. І. Є.Вернера. К. : Державна служба статистики України, 2020. 465 с.
2. Долгова Т. І. Екологічна безпека ґрунтів у гірничодобувних районах: Монографія. Д. : НГУ, 2009. 270 с.

*Пармонов А. В., аспірант, Сіпко І. О., аспірантка,  
Аблєєва І. Ю., к. т. н, доцент,  
Сумський державний університет, м. Суми, Україна*

## **ПРОБЛЕМА ВМІСТУ ЗАБРУДНЮВАЛЬНИХ РЕЧОВИН В АНАЕРОБНОМУ ДИГЕСТАТІ**

Виробництво біогазу як альтернативного виду палива стає дедалі актуальною проблемою у розрізі енергетичної безпеки країни, підвищення екологічної безпеки довкілля за рахунок створення гнучких схем поводження з відходами. Біогаз утворюється в результаті метанового бродіння органічних речовин. Але газ – це лише 10% від загальної біомаси, із якої він виробляється. Залишок виробництва біогазу з органічної маси отримав назву дигестат, який на сьогодні у європейських країнах досить ефективно використовується як біодобриво, що підвищує екологічну безпеку ґрунтів та заміщує мінеральні добрива, виробництво та використання яких породжує ряд екологічних проблем та забруднення довкілля.

Варто зазначити, що загальноприйнята назва для ферментованого мулу у вітчизняній та зарубіжній літературі позначена різними термінами: ефлюент [1], біодобриво [2], дигестат [3], біогазовий осад [4], біологічний шлам [4] тощо.

У результаті сепарації дигестату утворюються тверда (шлам) і рідка (концентрат) фракції.

Рідка фракція містить менше 5% сухої речовини та основну кількість азоту і калію [2]. Її розпорошують на поля або відправляють на перезавантаження в анаеробний реактор, змішуючи з твердою сировиною.

Тверда фракція компостується з іншими органічними відходами [2] або змішується із сорбентами: торфом, тирсою, ґрунтом тощо [1]. У такому вигляді шлам зручніший для зберігання та транспортування.

Після додаткового зневоднення тверді відходи використовують для розпушування та мульчування ґрунту, а також для підготування ґрунтів. У країнах Західної Європи тверда фракція використовується у виробництві композитних та енергетичних матеріалів.

Дигестат являє собою органічну масу (вологістю 87-98 % та рН 7,3-9,0 [2]) з поліпшеним складом і практично відсутнім неприємним запахом. Цінність такої маси полягає в тому, що азот зберігається в амоніачній (до 50-75 %) та органічній формі. Фосфор зустрічається у вигляді фосфатів та нуклеопротеїнів, а калій у формі засвоюваних солей (що забезпечує їх кращу засвоюваність рослинами). Є й інші макроелементи, такі як кальцій (1,0-2,3%), магній (0,3-0,7%), сірка (0,2-0,4%).

Біодобриво містить мікроелементи [5], а також амінокислоти, ферменти гідролізу, нуклеїнові, гумінові й органічні кислоти (фульвокислоти), моносахариди, фітогормони (гіберрилін, ауксин, цитокеніни), вітаміни групи В, деякі антибіотики та інші біологічно активні речовини. Таким чином, біологічний шлам – це джерело поживних речовин для рослин, що легко засвоюються.

Анаеробне збродження в метантенках не тільки впливає на доступність поживних елементів ферментованої сировини, а також на інші показники якості одержаного біоосаду.

Після процесу анаеробного зброджування міститься значно менша кількість збудників хвороб, личинок та яєць глистів [6,7], порівняно зі звичайним гноєм. Установлено, що при вищій температурі та часі знаходження субстрату в реакторі відбувається більший дезінфікуючий ефект. Загибель патогенної мікрофлори та паразитів починається вже в режимі мезофільної ферментації (33-38 °С) і досягає свого максимуму у випадку термофільної (53-55 °С) [2].

Дигестат може бути забруднений важкими металами та металоїдами, стійкими органічними забрудниками (СО<sub>3</sub>), пестицидами, фармацевтичними препаратами, гормонами, мікроорганізмами та вірусами залежно від типу сировини, що використовується (гній, харчові або сільськогосподарські відходи, стічні води, осад тощо). Крім того, вміст важких металів, включаючи Pb, Mn, Cu та Zn, у твердій фракції дигестату вищий, ніж у рідкій [8].

Для знешкодження та попередньої обробки біодобрива застосовують пастеризацію. Але існують термостійкі спори грибів, які здатні вижити після термічної обробки, що становить небезпеку у разі внесення ефлюенту в ґрунт.

Біологічне забруднення дигестату необхідно контролювати за такими показниками: контроль здоров'я худоби та вихідної сировини; відсутність небезпечних видів біомаси як сировини; пастеризація; стерилізація під тиском; контрольована санітарна обробка; контроль ефективності зниження патогенності у дигестаті [9].

У результаті паразитологічного аналізу зброженого осаду визначено відсутність життєздатних личинок глистів, яєць трихоцефалій, а також зменшення на 65% яєць гельмінтів [4]. При санітарно-бактеріологічному аналізі виявлено знищення хвороботворної мікрофлори, хоча рівень забруднення клостридідумом і коліформами знаходиться в нормі.

Загалом спостерігається докорінне зменшення загальної кількості мікробіологічного забруднення приблизно на 50-65 % [2]. Наявність полівірусів зменшується на 98,5 %, показник кишкової палички – від 10<sup>8</sup> до 10<sup>5</sup>-10<sup>4</sup>, а яйця паразитів – на 90-100 %.

Експерименти підтверджують загибель 90% збудників захворювань тварин у разі анаеробної переробки та повне чи часткове руйнування

рослинних збудників хвороб у мезофільних умовах [5, 6].

Анаеробне збродження сприяє зменшенню кількості та розповсюдження збудників і виникнення хвороб у сільськогосподарських тварин. Сільськогосподарські відходи містять значну кількість насіння з бур'янів. Це позначається на ефективності ефлюенту. Для зниження розвитку насіння (*Chenopodium album*, *Brassica napus*, *Solidago canadensis*, *Avena fatua*, *Fallopia convolvulus*, *Sinapsis arvensis*, *Amzinkia micranta*) застосовують анаеробний процес збродження в мезофільних умовах і повне його знищення на 11 день бродіння [6]. Однак при термофільному режимі загибель відбувається швидше.

Отже, дигестат – це високоефективне органічне добриво, яке проходить етапи бродіння, знищення шкідливих речовин, має корисні для рослин і ґрунту елементи, але при цьому він повинен бути попередньо обробленим та знешкодженим для попередження вторинного забруднення геосфери. Подальші дослідження будуть по'язані з дослідженням екологічної безпеки різних видів субстрату для утворення дигестату.

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

1. Abubaker J. *Biogas residues as fertilisers – effects on wheat growth and soilmicrobial activities*. *Applied Energy*. 2012. Vol. 99. P. 126–134.
2. Al Seadi T. *Quality management of digestate from biogas plants used as fertilizer*. *IEABioenergy*. 2020. 38 p.
3. Macadi M. *Digestate: A New Nutrient Source Review*. *Biogas*. 2012. P. 295–310.
4. Tiwari V. N. *Effect of crop residues and biogas slurry incorporation in wheat on yield and soil fertility*. *J. Indian Soc. Soil Sci.* 2000. Vol. 48. P. 515–520.
5. Schievano A. [et al.]. *What is digestate? Anaerobic Digestion: Opportunities for Agriculture and Anvironment*. 2019. P. 7–18.
6. Черниш Є. Ю. *Шляхи інтенсифікації анаеробної переробки осадів стічних вод [Текст] : мат. міжн. наук.-пр. конф. / Є. Ю. Черниш, Л. Д. Пляцук. К. : КНУБА. 2011. С. 153–155.*
7. Шувар І. А. *Екологічні основи збалансованого природококистування: навч. посіб. 2011. 760 с.*
8. Zhang L., Lee Y.-W., Jahng D. (2011). *Anaerobic co-digestion of foodwaste and piggery wastewater: focusing on the role of trace elements*. *Bioresource technology*. 102(8): p. 5048 –5059.
9. *Regulation (EC) No. 1774/2002 of the European Parliament and of the council of 3 October 2002 laying down health rules concerning animal by-products notintended for human consumption. Official journal of the European Union, L 273/10/10/2002.*

*Пащенко Р. Е., д.т.н., професор, Марюшко М. В., асистент,  
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»,  
м. Харків, Україна*

## **ФРАКТАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ДАНИХ ДЗЗ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ СТАНУ ЗЕМЕЛЬ**

Як свідчить світовий досвід, дані дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) все частіше використовують для рішення різноманітних агрономічних, екологічних та економічних завдань [1]. Стан ґрунтового покриву і вирощуваних на ньому культур являє собою основу ресурсного потенціалу екосистем та послуг, які вони можуть надавати суспільству. Проте надмірна інтенсифікація методів ведення господарської діяльності наносить шкоду навколишньому середовищу. Тому моніторинг є важливою частиною збереження сталого стану сільськогосподарських угідь, що дозволить, в першу чергу, органам контролю та агровиробникам розробляти науково-обґрунтовані рішення при веденні господарської діяльності та оцінювати їх ефективність.

Моніторинг сільськогосподарських земель із використанням даних ДЗЗ (космічних знімків) дозволяє регулярно отримувати інформацію про стан і структуру земельних ділянок та посівних площ, а також здійснювати виявлення ділянок землі, що заросли чагарником, або мають ерозійні порушення, збільшену вологу, заболочування та інші види деградації землі. Крім того, агроекологічний моніторинг дозволяє оцінювати (виявляти факти) вплив природних, техногенних і антропогенних факторів на посіви сільськогосподарських культур [2].

Перспективним напрямком підвищення інформативності космічних знімків, які отримуються тільки в одному діапазоні хвиль, є застосування методів фрактального аналізу зображень [3]. Різна складність поверхонь та рослинності приводить до різних форм цифрового зображення. Кількісно оцінити складність цих форм можна за допомогою величини фрактальної розмірності (ФР).

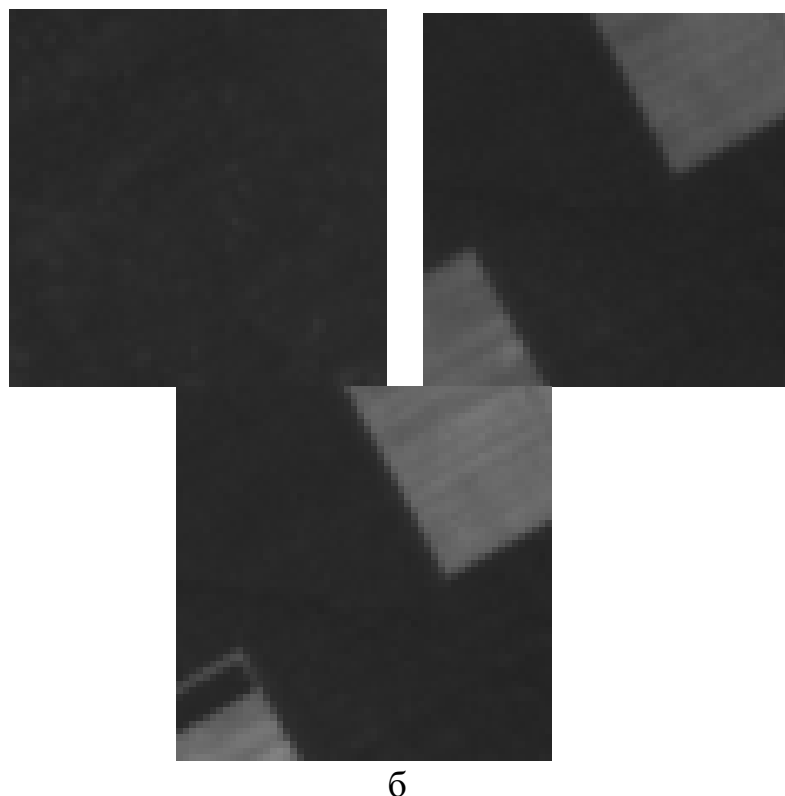
Для здійснення моніторингу змін стану сільськогосподарських земель запропоновано метод з використанням фрактального аналізу космічних знімків супутника Sentinel-2, які є у вільному доступі у мережі Інтернет. Метод містить декілька етапів.

На першому етапі отримуються космічні знімки заданої території, наприклад, з використанням сервісу Copernicus Open Access Hub.

На другому етапі здійснюється вибір сільськогосподарських земель, які необхідно досліджувати. Ці землі визначаються замовником, а користувач знаходить їх візуально на космічному знімку і після виявлення проводить



вирізання знімків заданого розміру. Приклади часткових космічних знімків супутника Sentinel-2 наведено на рис. 1.



**Рисунок 1 – Часткові космічні знімки (канал b8) поля на якому проводилися роботи, станом на: 29.06.18 (а); 29.07.18 (б); 05.08.18 (в)**

На третьому етапі методу вибирається розмір «вікна», яке буде брати участь у побудові поля фрактальних розмірностей (ПФР – матриця з фрактальними розмірностями), а також величина «стрибка».

На четвертому етапі розраховується ПФР, при цьому визначення величин фрактальних розмірностей проводиться з використанням методу покриття [3].

На п'ятому етапі проводиться візуалізація ПФР із подальшим його аналізом. Під час візуалізації ПФР вибирається кількість рівнів розбиття діапазону змін величин ФР на ПФР. Кожен з рівнів позначається певним кольором або градацією сірого. За рахунок цього здійснюється сегментація змін стану земель. Приклади візуального представлення ПФР поля на якому проводилися роботи наведено на рис. 2. Візуальний аналіз ПФР дозволяє визначити межі аномалій на знімку (проведених робіт, впливу природних чинників та ін.).

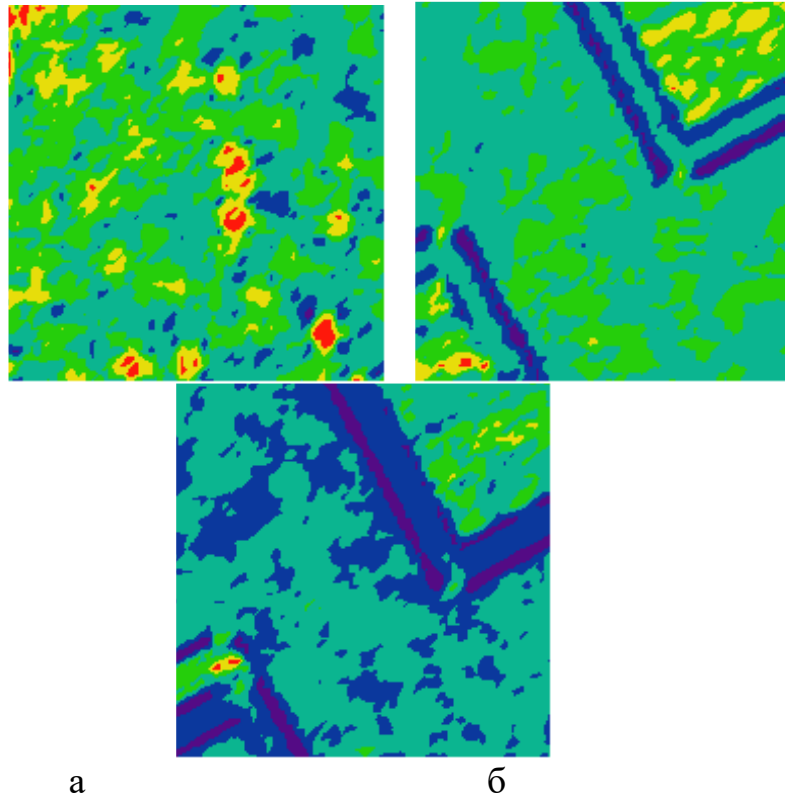


Рисунок 2 – Візуальне представлення ПФР поля на якому проводилися роботи, станом на: 29.06.18 (а); 29.07.18 (б); 05.08.18 (в)

На шостому етапі, з використанням серії космічних знімків для яких розраховуються середні, мінімальні і максимальні ФР та їх різниці, визначається початок зміни стану земель, обсяг проведених робіт, їх тривалість та аналізуються аномалії на знімку, що викликані природними або антропогенними чинниками. На рис. 3 наведено результати розрахунку мінімальних ФР космічних знімків поля на якому проводилися роботи (суцільною лінією позначені ФР, що розраховувалися у «вікні»  $4 \times 4$  пікселя, штриховою –  $16 \times 16$  пікселів, штрих-пунктирною –  $32 \times 32$  пікселя).

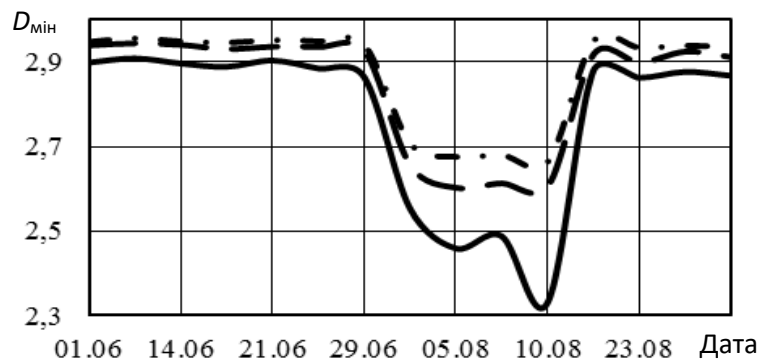
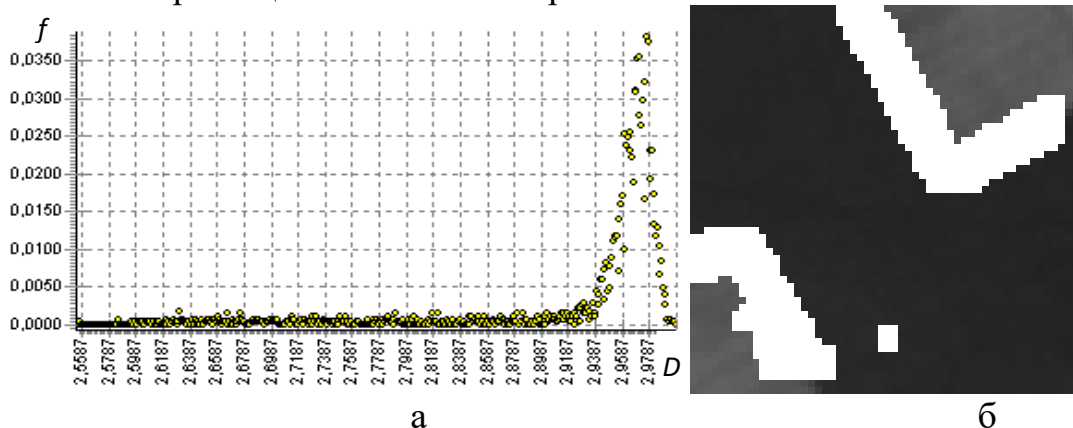


Рисунок 3 – Зміни мінімальних фрактальних розмірностей на космічних знімках поля на якому проводилися роботи

Як видно з аналізу даних, наведених на рис. 3, до початку польових робіт мінімальні ФР коливаються близько 2,9 для «вікна» 4×4 пікселя і близько 2,95 для «вікон» 16×16 і 32×32 пікселя, а з початком робіт 29.07.18 мінімальні ФР зменшуються до значень  $D_{\min 4 \times 4} = 2,554$ ,  $D_{\min 16 \times 16} = 2,654$  і  $D_{\min 32 \times 32} = 2,706$ . Під час проведення робіт мінімальні ФР для «вікон» 16×16 і 32×32 пікселя змінюються не значно і коливаються близько 2,6 і 2,68, відповідно.

Побудова і аналіз гістограми ПФР на сьомому етапі дозволяє визначити розподіл ФР на ПФР (частоту появи) і характерні діапазони змін ФР, а створення селективних зображень – визначити межі аномалій на космічних знімках (проведених робіт та ін.) і оцінити структуру земель на різних ділянках поля. На рис. 4, а наведено гістограму ПФР космічного знімка поля на якому проводилися роботи, станом на 29.07.18. По осі абсцис відкладені значення ФР, які є на ПФР, а по осі ординат – частота появи ФР на ПФР. На рис. 4, б наведено селективне зображення космічного знімка поля на якому проводилися роботи, станом на 29.07.18 для діапазону  $\Delta D = 2,54 - 2,92$ .

На завершальному (восьмому) етапі проводиться узагальнення результатів моніторингу змін стану сільськогосподарських земель. При цьому об'єднуються всі дані, що були отримані під час фрактального аналізу: візуалізація ПФР, середні, мінімальні і максимальні фрактальні розмірності та їх різниці і селективні зображення.



**Рисунок 4 – Гістограма ПФР (а) і селективне зображення (б) для діапазону  $\Delta D = 2,54 - 2,92$  (б) космічного знімку поля на якому проводилися роботи, станом на 29.07.18**

Із використанням розробленого методу:

- показано, що розрахунок і візуалізація ПФР космічних знімків сільськогосподарських земель дозволяє здійснювати їх сегментацію і виділяти межі проведених польових робіт та зміну їх у часі;
- запропоновано для автоматизації процесу сегментації різних структур на космічних знімках застосовувати гістограму ПФР і селективні зображення;

- встановлено, що за величиною змін максимальних значень ФР із збільшенням розмірів «вікна» можна оцінити однорідність підстильної поверхні, а характер зміни мінімальних значень ФР при зміні розмірів «вікна» обумовлений великою порізаністю підстильної поверхні на знімках;

- визначено, що аномальна зміна значень мінімальних ФР або різниці максимальних і мінімальних ФР дозволяє оцінити аномальні області різних розмірів на космічних знімках.

Таким чином, застосування розробленого методу дозволяє здійснювати моніторинг змін стану сільськогосподарських земель.

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

1. *Remote Sensing and Cropping Practices: A Review* / [Bégué A., Arvor D., Bellon B., Betbeder J. et al.] // *Remote Sensing*. 2018. Vol. 10, Iss. 1. P. 1–32.

2. *Агроекологічний супутниковий моніторинг* / Тараріко О. Г., Сиротенко О. В., Ільєнко Т. В., Кучма Т. Л. К. : Аграр. наука, 2019. 204 с.

3. *Фрактальный анализ процессов, структур и сигналов / коллективная монография* / [Доля Г. Н., Иванов В. К., Пащенко Р. Э., Стадник А. М. и др.]; под ред. Р. Э. Пащенко. Х. : ХООО НЭО «ЭкоПерспектива», 2006. 348 с.

## **ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ РОЗВИТКУ ЕКЗОГЕНИХ ПРОЦЕСІВ У МЕЖАХ УКРАЇНИ НА ПРИКЛАДІ НОВОВОЛИНСЬКОГО ГЕОЛОГО-ПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ**

Стан компонентів навколишнього природного середовища (НПС) є одним із важливих показників ступеню впливу антропогенного навантаження в місцях проведення відповідних видів планованої господарської діяльності. Розглянемо умови виникнення ерозійних процесів, зумовлених господарською діяльністю в межах Нововолинського геолого-промислового району (НГПР) для з'ясування поточного стану довкілля.

Нововолинський геолого-промисловий район (далі НГПР) лежить у південно-західній частині Волинської області. Різноманітні та специфічні особливості рельєфу Нововолинського геологопромислового району (НГПР), строкатість літологічної основи району сприяють розвитку на її території екзогенних геологічних процесів, таких як карст, розвіювання пісків, заболочування, бокова, площинна та лінійна (глибинна) ерозія. Формування цих процесів проходить в тісному зв'язку з неотектонічними рухами території.

Територія НГПР за схемою районування карста України розташована в межах Західно-Поліської карстової області, яка характеризується змішаним типом карсту – поверхневим та глибинним. Площа поширення карсту становить 20080 км<sup>2</sup>, що становить 99,4% площі області.

Глибинний карст належить до серії тектонічних розломів і проявляється по всій мергельно-крейдянній товщі відкладів у вигляді тріщинуватих зон з підвищеною водомісткістю. У місцях перетину тріщин утворюються воронки. Походження карстових озер також пов'язано з перетином регіональних тріщин, розломів та зон дроблення.

Поверхневий карст особливо інтенсивно розвинутий на піднятій поверхні верхньокрейдяних відкладів в центральній та північно-західній частині території області (район міст Любомль, Ковель та Турійськ). Тут в крейдяних відкладах розповсюджені воронки, розміри яких коливаються в значних межах: діаметр – від 1,5 до 40 м, глибина – від 1 до 5 м. Схили воронок в основному пологі, деколи – обривчасті. Площа розповсюдження воронок коливається від 1% до 3% в межах Волинської височини, до 20% - в межах Турійсько-Костопільської денудаційної рівнини. В руслах або в заплавах та перших надзаплавних терасах річок Турія, Стохід, Стир та ін. широко розповсюдженою формою карсту є воронки, які сформовані

виходом напірних вод. Глибина воронок сягає 10 м при глибині русла до 2 м.

Заболочування території має місце приблизно на 650 га земель. На окремих ділянках це призводить до появи на земній поверхні дзеркала ґрунтових вод, яке в ряді випадків знаходиться нижче рівня вод у постійних водотоках – річках Рата та Солокія. Це ускладнює водовідведення з підтоплених територій. Зараз понад 40 га підтоплених угідь на території Нововолинського ГПР переведено в категорію озер. На площі 260 га відзначено значне просідання ґрунту зі стійким стоянням дзеркала ґрунтових вод біля земної поверхні. Таким чином, приблизно 300 га земель досліджуваного району на сьогодні непридатні для рекультивації<sup>1</sup>.

Унаслідок антропогенного впливу на рельєф відбувається підвищення або пониження позначок земної поверхні, створюються нові мікро- й мезоформи рельєфу. У межах району досліджень утворилися породні терикони та відвали, кар'єри й відслонення різної будівельної сировини, дамби, насипи, канали та інші малі додатні та від'ємні форми рельєфу. Житлове, промислове і дорожнє будівництво додатково трансформують рельєф району.

Вітрова ерозія має місце в північній частині Волинської області та поширена в долинах річок, найчастіше на бровках терас. На міжрічкових просторах еолові процеси розвинуті в меншій мірі, тут еолові піщані дюни опоясують крупні болотні масиви та ізометричні озерні котловани.

У результаті вітрової ерозії сформувались різноманітні за формою піщані пагорби і дюноподібні підвищення висотою від 2 до 15м. На умови переміщення дюнних пісків в значній мірі впливає рослинність. На даний час еолові форми рельєфу в більшості випадків закріплені лісовими насадженнями. У результаті осушення заплав малих річок, вітрова ерозія на даний час поширена також на осушених торфовищах.

Процес заболочування найбільш поширений в межах Волинського Полісся. Цей район характеризується надмірним зволоженням, що в комплексі з плоским слаборозчленованим рельєфом обумовлює широкий розвиток процесу заболочування. Особливо розповсюджене це явище в долинах річки Прип'ять і її правих притоків: Вижівка, Турія та Стохід, де болотні масиви займають до 60-70% території. Значно менше боліт та заболочених територій у південній та центральній частині Волинського Полісся – до 40%. Заболочування даної території пояснюється згладжено-рівнинним рельєфом, що є результатом незначного поверхневого стоку вод і слабкою фільтруючою властивістю нижче залягаючих відкладів.

На півдні області, в межах Волинської лесової височини, болота розвинуті лише в долинах річок Західний Буг, Луга, Стир та їх притоків.

---

<sup>1</sup> Офіційний сайт Нововолинської міської ради: <https://nov-rada.gov.ua/>

У межах області ерозійні процеси розвинуті в межах долин річок (бокова ерозія) і Волинської лесової височини, де завдяки їх діяльності створилась розгалужена мережа ярів та балок.

Бокова ерозія має незначне розповсюдження і проявляється в підмиванні та руйнуванні русел і берегів річок Західний Буг, Стир, у меншій мірі Турії, Стоходу та Прип'яті. Інтенсивність бокової ерозії різко зростає в періоди паводків. Найбільші берегові вертикальні обриви розташовані в долинах річок Західний Буг і Стир в межах Волинської лесової височини. Висота окремих обривів сягає 20-22 м, відстань до 1-2 км.

У межах Волинського Полісся вертикальні берегові уступи зустрічаються рідше, висота їх коливається в межах 1-2 м, береги піщані і з припиненням підмивання швидко виположуються.

Площинна та лінійна ерозія (балки та яри) розвинуті виключно в межах Волинської лесової височини.

Найбільші площі, що уражені ярами спостерігаються в Луцькому, Горохівському та на південному заході Володимир-Волинського району.

Морфологічними ознаками еродованих водою ґрунтів є малопотужний гумусовий горизонт, світліше забарвлення їх поверхні, поява в окремих місцях материнських порід тощо.

Для запобігання водній ерозії здійснюються такі заходи:

– фітомеліоративні: ґрунтозахисні сівозміни, лісонасадження на схилах полів;

– протиерозійний обробіток ґрунтів: оранка упоперек схилів, застосування щільовання й оранки із врахуванням висот рельєфу;

– спеціальні заходи затримання снігу й регулювання сніготанення: щити, куліси, ущільнення;

– агрохімічні заходи підвищення родючості земель: збільшення доз внесення органічних добрив залежно від ступеня змитості ґрунтів, застосування оптимальних доз мінеральних добрив, вапнування кислих ґрунтів;

– посів сидеральних і парозаймаючих культур.

Для боротьби з вітровою ерозією застосовують організаційно-господарські, протидефляційні, агротехнічні заходи, а також створюють багаторічні плодові насадження у комплексі із захисними лісонасадженнями, впроваджують спеціальні заходи щодо обробітку ґрунту, зокрема безплужного, розміщують культури упоперек напрямку вітрів, використовують перехресний спосіб сівби, ущільнюють посіви, унормовують випас худоби, особливо на схилах.

Відповідно до «Регіональної програми захисту земель від водної та вітрової ерозій, інших видів деградації земель Волинської області» на 2010-2020 рр. та Регіональної доповіді про стан навколишнього природного середовища у Волинській області за 2020 р. на 104,2 тис. га

сільськогосподарських угідь спостерігається змиття ґрунтів, що становить 10% від площі сільськогосподарських угідь області.

На основі аналізу основних чинників впливу антропогенного навантаження на земельні та водні ресурси території, потрібно зазначити, що природне середовище в регіоні із значним розвитком видобувної та сільськогосподарської галузі перебуває під вагомим техногенним навантаженням.

Інтенсивний розвиток господарської діяльності у межах Волинської області повинен спиратись на спеціальні дослідження з оцінки екологічного стану довкілля (надр, земельних та водних ресурсів) саме на ділянках концентрації видобувних та сільськогосподарських робіт, організацію системи моніторингу щодо стану природного середовища Волині та можливість використання результатів досліджень без міжвідомчих обмежень.

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

1. Іванов Є. А., Ковальчук І. П., Терещук О. П. *Зміна екологічного стану природно-господарських систем Львівсько-Волинського басейну у зв'язку із закриттям шахт // Природа Західного Полісся та прилеглих територій : зб. наук. праць. Луцьк : ВДУ ім. Л. Українки, 2006. №3. С. 42–55.*

2. Іванов Є. А., Ковальчук І. П. *Сучасний стан розвитку процесів підтоплення і заболочення в межах Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. 2003. № 6. С. 79–84.*

3. Лозовіцький П. С. *Меліорація ґрунтів та оптимізація ґрунтових процесів : Підручник. К. 2014. 516 с.*

4. *Проект еколого-гідрологічних досліджень по оцінці наслідків ліквідації шахт і тампонування скважин Нововолинського геолого-промислового району / [отв. испол.: Р. Ф. Червякова, Г. И. Яворский, Л. О. Грищенко и др.]. К. : УкрНИИпроект, 1998. 156 с.*

5. Терещук О. С. *Вплив відвалів (териконів) гірничодобувної промисловості на навколишнє середовище Нововолинського гірничопромислового району // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. географ. 2007. Вип. 34. С. 279–285.*

6. Шевчук М. Й., Колошко Л. К., Мазурик В. М. *Спосіб обробки, як засіб захисту від ерозії в зоні Лісостепу Волинської області // Агрохімія і ґрунтознавство : міжвідом. темат. наук. зб. Спец. вип. до VI з'їзду УТГА, 1-5 лип. 2002 р., м. Умань. Х.; Луцьк: [б. в.], 2002. Кн. 4. С. 110–113.*



## **АВАРІЇ НА НАФТО-ГАЗОВИХ РОДОВИЩАХ ЯК ЧИННИК ВПЛИВУ НА ГЛОБАЛЬНУ ЕКОЛОГІЧНУ БЕЗПЕКУ В УКРАЇНІ**

У сучасному світі все більше приділяється уваги вирішенню екологічних проблем, які можуть бути спричинені як самою природою, так і життєдіяльністю людини, причому останній чинник набув важливішого статусу в останні роки розвитку нафтогазової промисловості в Україні. Видобуток та переробка будь-яких корисних копалин, зокрема нафти і газу, належать до людського виду діяльності, що відноситься до рівня підвищеної екологічної небезпеки та несе великі ризики забруднення органічними та неорганічними речовинами, перетворення геологічного середовища, пожежну небезпеку та інші загрози довкіллю.

Фахівці визнають, що найбільш екологічно-небезпечними та руйнівними для довкілля є забруднення, пов'язані з аварійними розливами нафтопродуктів та супутніх пластових вод, особливо під час некерованих газопроводів і відкритих фонтанів, під час буріння свердловин і розкриття покладів з аномально-високим пластовим тиском. Розлив нафти, одна з найнебезпечніших аварій на виробництві, яка виникає в результаті неправильних дій людини та приносить багато шкоди навколишньому середовищу. Залишковий вплив таких аварій, особливо на підземні води і геологічне середовище, може зберігатися впродовж десятиріч, тому особливої важливості набуває завдання оцінки впливу стану аварійних свердловин на довкілля та прогнозування негативних змін для навколишнього середовища, що зможе спрогнозувати негативні наслідки та мінімізувати вплив на середовище[1]. Нафта утворює на поверхні води плівку, завтовшки в одну молекулу. Одна крапля похідних нафти може забруднити мільйон крапель чистої води. Цей тонкий шар обмежує доступ кисню у воду і викликає задуху риб і всіх водних організмів.

Цікаво простежити за трансформацією нафтових забруднень і зміною форм існування нафти при переході з одного середовища в інше. Кожна з форм нафти по-своєму впливає на фізичні, хімічні та біологічні процеси, що протікають у водному середовищі, на межі середовищ та на гідрохімічні бар'єри, має властивий тільки їй механізм трансформації, біологічного та хімічного окислення. Мережа нафтопроводів України відіграє значну роль у забезпеченні енергетичної безпеки країни. На підвищення безпеки функціонування складних технічних систем акцентується особлива увага. Найнебезпечнішими складовими системи магістрального транспортування

нафти є лінійні частини магістральних трубопроводів, витікання вмісту яких створює найбільші загрози. Нафтові фракції є джерелом підвищеної пожежовибухонебезпеки та небезпеки для довкілля, до яких призводять аварійні ситуації. Більшість аварій на нафтопроводах стаються внаслідок зношування труб (більше 1/3 нафтопроводів експлуатуються понад 30 років), через внутрішню корозію. Аналіз причин відмов нафтопроводів показав, що більше 80 % всіх відмов відбулися через внутрішню корозію металу труб. Питома частота поривів нафтопроводів всіх типів змінювалася від 0,131 до 0,247 випадку на км за рік. В середньому вона була рівна 0,168 випадку на км за рік. Найбільша частота відмов характерна для нафтозбірних мереж родовищ [2].

Основними причинами аварій на нафтогазових родовищах є: зовнішні фізичні дії на трубопроводах, включаючи несанкціоновані врізання, що спричинили витіки вуглеводнів, – 34,7%, порушення норм і правил проведення робіт при будівництві і ремонті, відхилення від проектних рішень – 24,7%; корозійні пошкодження труб, запірної і регулюючої арматури – 23,5%; порушення технічних умов при виготовленні труб і устаткування – 12,4%; помилкові дії експлуатаційного і ремонтного персоналу – 4,7% [1]. У процесі проектування та експлуатації нафтотранспортної системи недостатньо враховується її вплив на довкілля й оцінюється та аналізується ризик виникнення надзвичайних ситуацій. Забезпечення безпеки зводиться, в основному, до дотримання певних відстаней між трасою магістральних трубопроводів та об'єктами інфраструктури. У разі відмов магістральних нафтопроводів, що виникають під дією техногенних, природних та антропогенних факторів, порушується природний режим ґрунтів і водних об'єктів, забруднюється атмосфера, що часто призводить до екологічного лиха. Порушення ґрунтового покриття відбувається при бурінні видобувних свердловин і на стадії будівництва об'єктів облаштування родовища. Існує загроза забруднення ґрунтів нафтою та нафтопродуктами під час буріння свердловин та транспортування трубопроводами. На сьогодні підприємства з видобування, транспортування та переробки нафти є одними з головних джерел техногенної небезпеки. Це пов'язано з викидами надзвичайно шкідливих речовин і екстремальними ситуаціями, до яких відносяться аварії, вибухи, пожежі. Причинами виникнення аварійних ситуацій є відмова технічних систем внаслідок помилок, допущених при проектуванні, порушення технології виготовлення труб, умов і режимів експлуатації. Корозійне зношення стінок магістральних трубопроводів є основним джерелом утворення та розвитку дефектів. Тому виникає необхідність в проведенні досліджень, пов'язаних із вивченням умов утворення дефектів різної форми в процесі експлуатації складних транспортних систем та у виборі режимів перекачування нафти з початковими тисками, які забезпечать безпечну роботу нафтотранспортних систем.

Отже, основними причинами виникнення аварій на трубопроводах є:

- механічні руйнування трубопроводів і конструкцій при перепадах внутрішнього тиску, дії зовнішніх сил, корозії і зміни температури;
- несправності основного і допоміжного обладнання насосних станцій;
- несправності у системі контролю;
- несправності в системі безпеки;
- порушення зварних швів і з'єднувальних фланців [3].

Україна є одним із основних транзитерів вуглеводнів до країн Східної та Західної Європи, про що свідчать значні обсяги транзиту нафти, газу та їх похідних через територію України та обумовлюють її стратегічне положення в енергетичній безпеці Європи. Мережа магістральних трубопроводів України – складна технічна система, що має потужний потенціал транспортування та зберігання вуглеводнів, зокрема газу. Транспортування і зберігання нафти й газу при певних несприятливих умовах може призвести до надзвичайних ситуацій техногенного характеру, забруднення довкілля при аваріях і відмовах, створивши таким чином небезпеку для населення, інженерних споруд та природного середовища. [5]. Наразі основним видом транспорту газу є трубопровідний. В міру просування газу по трубопроводу він втрачає енергію, переборюючи сили тертя як між газом і стінкою труби, так і між шарами газу. Тому через визначені проміжки необхідно споруджувати компресорні станції з газоперекачувальними агрегатами, на яких газ дотискується до розрахункового тиску. Газопроводи великого діаметру, призначені для транспортування газу на великі відстані, називаються магістральними, тому доцільно розглянути види аварій на магістральних трубопроводах. Серед основних причин аварій називають корозію обладнання, незадовільну якість зварних швів і стихійні лиха. Серйозною причиною виходу трубопроводів з ладу є корозія, тому сталь, яка знаходиться у взаємодії з активними середовищами, такими як нафта чи газ – поступово деградує. На частку корозійних процесів припадає від 15 до 20 відсотків усіх повідомлень про «серйозні аварії», які призводять до загибелі людей або завдають серйозної шкоди майну та навколишньому середовищу. Старіння металу трубопроводу – процес, який також призводить до негативних змін структури та властивостей матеріалу, тому фактори, які спричиняють аварії, можна розділити на такі, що вносять на стадії проектування (неправильний вибір матеріалу, технології виготовлення, неврахування умов експлуатації), виготовлення (порушення технології, використання матеріалів незадовільної якості, недостатня увага контрольним заходам) та експлуатації (корозія, зовнішні механічні дії, старіння металу). В Україні серед причин аварій розповсюдженим є суб'єктивний фактор, пов'язаний із

недбалим ставленням до трубопроводу або порушенням вимог до його експлуатації [4]. Попередити аварійні ситуації на трубопроводах можливо за рахунок впровадження ефективних методик контролю та інспекції на всіх стадіях життєвого циклу конструкції. Актуальною на сьогодні є розробка методик та засобів діагностики і моніторингу технічного стану магістральних трубопроводів. Зокрема, корисним буде визначення узагальнених вимог до проведення інспекції та критеріїв оцінювання, які були б придатними до застосування без обмежень технічного характеру.

Отже, на кожному етапі нафтогазового виробництва здійснюється негативний вплив на довкілля, який виникає в процесі розробки нафтових і газових родовищ. Основні техногенно-небезпечні виробничі процеси при цьому пов'язані з бурінням нафтових і газових свердловин і з видобутком нафти і газу. Щоб попередити погіршення екологічної обстановки та вийти на нормативно-безпечний рівень стану компонентів навколишнього середовища, необхідне проведення послідовної ефективної екологічної політики, спрямованої на захист життя і здоров'я людей, природних ресурсів, шляхом введення в дію екологічних законів та нормативно-правових і методичних документів. Аналіз аварій, систематичний збір відомостей про аварії, створять основу для вирішення завдань управління ризиком, що є надзвичайно важливим кроком у розвитку нафтогазопереробної галузі сьогодення.

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

1. Азаров С. І., Литвинов Ю. В., Сидоренко В. Л. Екологічна безпека як складова національної безпеки України. Вісник КрНУ ім. М. Остроградського. 2021. Випуск 2 (73). С. 142–146.
2. Агаркова Н., Качинський А., Степаненко А. Регіональний вимірекологічної безпеки України з урахуванням загроз виникнення техногенних і природних катастроф. К. : НІСД, 1996. 73 с.
3. Возняк М. П., Возняк Л. В., Гривенко Г. М. Дослідження ризиків небезпеки під час експлуатації магістральних нафтопроводів. Прикарпатський вісник НТШ. Число. Івано-Франківськ, 2009. №1(5). С. 263–268.
4. Кривенко Г. М., Семчук Я. М., Возняк М. П., Возняк Д. В. Класифікація дефектів з'єднувальних трубопроводів підземних сховищ. Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. 2004. №2(8). С. 192–193.
5. Надійність лінійних частин магістральних трубопроводів – *Reliability of Main Pipelines Linear Parts [Текст]* : монографія / С. Ф. Пічугін, В. А. Пащинський, О. Є. Зима, П. Ю. Винников, Ж. Ю. Біла. Полтава : ПП «Астра», 2018. 439 с.

УДК 504.064.4

*Пічугін С. Ф., д. т. н., професор, Оксененко К. О., аспірант,  
Національний університет «Полтавська політехніка  
імені Юрія Кондратюка»,  
м. Полтава, Україна*

## **ПЕРСПЕКТИВНЕ РІШЕННЯ ФЕРМЕНТЕРІВ У СКЛАДІ ВИРОБНИЦТВ БІОЕТАНОЛА**

У реаліях сьогодення, агропромисловий комплекс України зазнає значних втрат за умов воєнного стану. За даними на травень 2022 р Україна вже втратила майже 13 млн т елеваторних потужностей, частина зерноскладів повністю зруйнована, частина опинилася на окупованих територіях. Це призвело до великого дефіциту ємкостей зберігання сільськогосподарських культур. Одним із рішень цієї проблеми є запозичення досвіду США, а саме перехід до малих елеваторів та використання мобільних споруд, що дозволить фермерам зберігати агропродукцію у власних господарствах та упорядкувати її реалізацію [1]. Однак залишається питання зі зберіганням зернових залишків та неякісного зерна, яке надходить із полів. У цій ситуації, поруч із потужностями зберігання збіжжя, перспективною стає переробка сільськогосподарських культур та їх відходів. Закордонний досвід показує, що неякісне зерно краще переробити на біоетанол. Враховуючи паливну кризу, така переробка стає все більш актуальною [2].

Біоетанол – це звичайний етиловий (винний) спирт, отримуваний під час перероблення рослинної сировини, головним чином заради використання його як палива. Історія рідкого біопалива почалася ще в дев'ятнадцятому столітті. Етанол, синтезований з біомаси, вважається паливом для автомобілів з тих пір, як була започаткована автомобільна промисловість. Одним із перших винахідників був Семюель Морі, який у 1826 році розробив модель двигуна, що міг працювати на спирті і скипидарі. В 1876 німецький винахідник Ніколас Отто створив перший у світі чотирьохтактний двигун внутрішнього згоряння, який працював на біоетанолі. Переваги біоетанолу оцінили ще в 1908 р., коли Генрі Форд випустив свою знамениту «Модель Т», двигун якої працював на етанолі. Форд вважав використання спирту вигідним не тільки з технічної, але і з економічної точки зору.

Переваги біоетанолу як автомобільного палива:

– зменшення утворення нагару і зниження кількості шкідливих речовин;

– біоетанол є поновлюваним ресурсом і практично нейтральним як джерело парникових газів. Під час отримання й наступного згоряння біоетанолу виділяється стільки ж CO<sub>2</sub>, скільки було вилучено з атмосфери використаними для його виробництва рослинами.;

– зниження токсичність вихлопу на 21%;

– присутній в етанолі кисень дозволяє повніше спалювати вуглеводні палива;

– 10% етанолу в бензині дозволяють скоротити викиди твердих частинок на 50%, CO<sub>2</sub> – на 30%. За наявного виробництва спиртового палива це еквівалентно зникненню з доріг 1 млн автомобілів щорічно;

– біоетанол є біологічно розкладаваним, він не забруднює природні водні системи.

Сьогодні більшу частку біоетанолу виробляють із кукурудзи (США) і цукрової тростини (Бразилія), хоча сировиною для його одержання можуть бути будь-які сільськогосподарські культури з великим змістом крохмалю чи цукру: рис, сорго, ячмінь, картопля, цукрові буряки, батат. Великий потенціал має маниока, яку у великій кількості виробляють Китай, Нігерія, Таїланд.

Найбільш затребуваними для виробництва біоетанолу зерновими культурами є: кукурудза (410 л/т), пшениця (375 л/т), ячмінь (330 л/т), жито (357 л/т), в дужках вказано кількість отримання біоетанолу в літрах з тони продукції [3].

Річний технічно-досяжний енергетичний потенціал біоетанолу в Україні є еквівалентним 606 тис. т. н. е. Найбільший його потенціал зосереджений у Вінницькій, Сумській, Чернігівській, Полтавській областях, де він становить понад 250 тис. т. н. е./рік [4].

Концепція виробництва біоетанолу в Україні може включати кілька напрямків: реконструкцію існуючих спиртових заводів; дооснащення існуючих цукрових заводів технологічними лініями; спорудження нових технологічних ліній великої та малої потужності.

Сучасна промислова технологія отримання етилового спирту з харчової сировини складається з таких стадій:

– підготовки й подрібнення сировини;

– ферментування;

– ректифікування браги.

Ферментування сировини є одним із найважливіших процесів виробництва біоетанолу. Тому до конструкцій, в яких відбуваються ці процеси, висуваються жорсткі вимоги щодо надійності та міцності.

Ферментери 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, ферментери влаштовують заглибленими в землю або обволікають землею [5, 6].

Перспективним рішенням легкої та герметичної ємності ферментера є металеві резервуари спірально-фальцевого типу. Спірально-фальцевий резервуар має циліндричний корпус, який являє собою систему спірального з'єднання сталевих стрічок шляхом подвійного вальцювання. Монтаж конструкції відбувається за допомогою автоматизованої формувальної установки, за технологією німецької компанії Lipp GmbH [7].

Наприкінці 1980-х років був створений перший ферментер спірально-фальцевого типу. З того часу компанія невпинно удосконалює свої конструкції в сфері біоенергетики.

Однією з останніх розробок є ферментер із зовнішнім нагрівом та центральним перемішувачем. Об'єм конструкції варіюється від 100 м<sup>3</sup> до 7000 м<sup>3</sup>. Основна частина резервуару виконана з нержавіючої сталі (Verinox) та оснащена центральною мішалкою. Гладкі внутрішні стінки також зменшують утворення відкладень у конструкції. Особливістю цього резервуару є мембранний дах із нержавіючої сталі, який не має болтів. Конструкція даху щільно прилягає до краю резервуару за допомогою спеціального профілю, не вимагаючи болтових з'єднань. При необхідності, ззовні ферментера можна встановити обігрів та ізоляцію, що підвищує енергоефективність.



Рисунок 1 – Ферментер спірально-фальцевого типу

**Висновки.** В реаліях сьогодення, агропромисловий комплекс України зазнає змін. Стратегія розвитку галузі зберігання зерна в воєнний та післявоєнний період – перехід до будівництва малих елеваторів, використання мобільних елеваторів. Ефективним рішенням для неякісного зерна є не зберігання, а переробка його на біоетанол. Саме спорудження

нових технологічних ліній малої потужності на фермерських угіддях, є перспективним напрямом у виробництві біоетанолу.

Перспективним рішенням легкої та герметичної ємності ферментера є металевий резервуар спіраль-но-фальцевого типу.

### **Використані інформаційні джерела:**

1. Пічугін С. Ф., Оксененко К. О. Модульний склад шатрового типу для тимчасового зберігання зерна. Тези 74-ї наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка». Том 1.: Зб. матеріалів, м. Полтава, 25 квіт. – 21 трав. 2022 р. С. 106–107.
2. Agravery [Інтернет ресурс]. –Режим доступу – <https://agravery.com>.
3. Колосов О. Є., Рябцев Г. Л., Сівецький В. І., Сідоров Д. Е., Пристайлов С. О. Високоєфективні засоби приготування біопалива. К. : Січкара, 2010. 152 с.
4. Біоенергетика: Курс лекцій. Частина 1 [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: М. О. Будько. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 109 с.
5. Пічугін С., Оксененко К., Сталеві спіраль-но-фальцеві конструкції у складі біоенергетичних комплексів. Подолання екологічних ризиків та загроз для довкілля в умовах надзвичайних ситуацій – 2022: колективна монографія Полтава – Львів : НУПП імені Юрія Кондратюка, НУ «Львівська політехніка». Дніпро, 470–484 (2022).
6. Пічугін С., Оксененко К. Метантенк – металевий спіраль-но-фальцевий резервуар – у складі біоенергетичних об'єктів. Подолання екологічних ризиків та загроз для довкілля в умовах надзвичайних ситуацій – 2022: зб. матеріалів I міжнародної науково-практичної конференції: м. Полтава – Львів, 26–27 трав. 2022 р. Полтава, 2022. С. 483–485.
7. Xaver Lipp [ Інтернет ресурс ]. – Режим доступу – <https://xaver-lipp.com/>.



## **ВИКОРИСТАННЯ ФІТОРЕМЕДІАЦІЙНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ МАЛИХ РІЧОК (НА ПРИКЛАДІ ПРИБЕРЕЖНИХ ТЕРИТОРІЙ УРБООКОСИСТЕМИ ЧЕРНІГОВА)**

Унаслідок надмірного антропогенного навантаження спостерігається тенденція до пересихання, замулювання й безповоротного зникнення важливих водних об'єктів, які є в структурі басейнів великих річок переважають саме малі річки. За останні десятиліття значно підвищилась інтенсивність водокористування на малих річках, які виконують важливі функції регулятора водного режиму ландшафтів, підтримуючи рівновагу й перерозподіл вологи. Воєнні дії, які розпочалися з 24 лютого 2022 року в Україні завдають величезної шкоди довкіллю, зокрема водним об'єктам, що призвело до погіршення гідрохімічних показників якості води та гідрологічного режиму в цілому. І тому, постала проблема збереження й відновлення екосистем малих річок.

Надзвичайно важливим компонентом екосистеми малих річок є рослинність, а заплавні, притерасні й надзаплавні ліси виступають як потужний водорегулюючий чинник, що сприяє збільшенню підземного стоку, забезпеченню рівномірності надходження води в річки впродовж року, перешкоджанню розвитку ерозійних процесів та зменшенню виносу забруднюючих речовин на території водозбору та ін.

Фіторемедіація – комплекс методів при використанні зелених рослин для очищення забруднення водойм, ґрунтів та атмосферного повітря [1]. Рослини можуть руйнувати органічні забруднювачі або видаляти та стабілізувати металеві забруднення, а дерева є найбільш вдалі для фіторемедіації, оскільки здатні рости в широкому діапазоні природних умов, мають глибоку й розгалужену кореневу систему й більшу тривалість життя порівняно з трав'янистими рослинами.

Однією з головних переваг фіторемедіації:

- ✓ екологічно чиста технологія – не шкідлива для довкілля;
- ✓ економічна вигода, зокрема відносно низька вартість у порівняно з іншими методами;
- ✓ естетичний вигляд прибережно-водних територій у порівнянні з традиційними методами;
- ✓ не вимагає довготривалого очікування (поки нові рослинні угруповання повторно заселять місцевість);

- ✓ не потребує виділення спеціалізованих місць для утилізації, що зменшує ризики поширення забруднення та змін ґрунтового середовища.

Однак, фітореMediaція не позбавлена недоліків, це процес, який залежить від глибини коренів і толерантності рослини до забруднювача. Серед недоліків – це залежність від стійкості виду рослини до забруднювача; забруднюючі речовини можуть повертатися у довкілля в період листопаду в осінній період та збиратися у деревині, яка може використовуватися як паливо; час, який витрачається на відновлення об'єктів, значно перевищує час використання інших технологій.

Згідно з фізико-географічним районуванням (Національний атлас України, 2009) [2] місто Чернігів знаходиться в регіоні Чернігівського Полісся. Основними складовими структури міста Чернігова є території, які зберегли близький до природного характер – це ділянки, що мають зелені насадження та прибережні смуги природних водойм. У межах урботериторії Чернігова такими територіями є заплава річки Десни, схили її високого правого берега та дві малі річки Стрижень та Білоус. Річка Стрижень протікає річка по території м. Чернігова та Чернігівської області, довжина річки складає 32,4 км (із них у межах Чернігова 8,25 км), а р. Білоус протікає у м. Чернігів та Чернігівському району Чернігівської області.

Вивчення, аналіз та оцінка видового складу деревних рослин, різного рівня забруднення малих річок урбоєкосистеми Чернігова дозволило нам звернути увагу на необхідність розробки асортименту рослин і реалізації нових підходів фітореMediaції прибережно-водних територій. Під час виконання дослідження були використані методи й методики дослідження, зокрема маршрутно-польові, експедиційні (вивчення систематичної структури та особливостей деревних рослин, описи окремих точкових територій по вивченню деревних рослин прибережних територій) та розробка практичних рекомендацій.

За результатами оригінальних досліджень дендрофлори встановлено, що на прибережних насадженнях вздовж малих річок у місті Чернігові налічується 72 види деревних рослин, які належать до 47 родів, що об'єднуються у 26 родин (таблиця 1).

Таблиця 1 – Співвідношення деревних рослин між відділами *Pinophyta* і *Magnoliophyta*

Відділ	Кількість родин	% від загальної кількості родин	Кількість родів	% від загальної кількості родів	Кількість видів	% від загальної кількості видів
<i>Pinophyta</i>	2	7,7	3	6,4	3	4,1
<i>Magnoliophyta</i>	24	92,3	44	93,6	69	95,9
Усього	26	100	47	100	72	100

За кількісними показниками переважає відділ *Magnoliophyta* (69 видів, 43 родів, 24 родини). У результаті досліджень систематичної структури дендрофлори з'ясовано, що найчисельнішими серед родин за кількістю видів із покритонасінних є *Rosaceae* – 23 види, *Salicaceae* – 13; із голонасінних – *Pinaceae* – 2; *Cupressaceae* – 1. Нижчі градації в цьому спектрі займають родини *Aceraceae* – 4 види, *Oleaceae* та *Fabaceae* – по 3, значна частина родин (22) має у своєму складі 1–2 види.

Для створення біологічно стійких насаджень необхідно враховувати характеристики природно–екологічних особливостей, типи лісорослинних умов та відновлення в них деревних рослин.

У результаті дослідження нами розроблено асортимент деревних рослин для фітореMediaції, який налічує 23 види, 9 родів, 7 родин, що мають найвищі адаптаційні властивості. Рекомендовано для використання в озелененні прибережних територій при створенні композиційних поєднань різних видів з родин *Pinaceae* Lindl. (*Picea abies* (L.) Karst); *Tiliaceae* Juss. (*Tilia cordata* Mill., *Tilia platyphyllos* Scop.); *Rosaceae* Juss. (*Rosa canina* L., *Rosa rugosa* Thunb., *Rosa majalis* Herrm., *Rosa glauca* Pourr., *Rosa villosa* L., *Chaenomeles japonica* (Thunb.) Lindl.); *Fabaceae* Lindl. (*Robinia pseudoacacia* L.); *Aceraceae* Juss. (*Acer platanoides* L.); *Elaeagnaceae* Lindl. (*Elaeagnus angustifolia* L.). Для закріплення берегів річок, схилів (в умовах тимчасового затоплення, підтоплення) нами рекомендовано види з родини *Salicaceae* Mirbel (*Salix caprea* L., *S. alba* L., *S. fragilis* L., *S. acutifolia* Willd., *S. triandra* L., *S. pentandra* L., *S. viminalis* L., *S. rosmarinifolia* L., *Populus tremula* L., *Populus alba* L., *Populus nigra* L.) [3].

Отже, нами вивчено систематичну структуру дендрофлори прибережних насаджень вздовж малих річок м. Чернігів, яка налічує 72 види деревних рослин, які належать до 47 родів, що об'єднуються у 26 родин, за кількісними показниками переважає відділ *Magnoliophyta*. Рекомендовано використовуючи фітореMediaційний потенціал рослин 23 види, 9 родів, 7 родин деревних рослин для проведення заходів щодо покращення екологічного стану малих річок при оптимізації озеленення прибережних територій урбоекосистеми Чернігова.

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

1. Гуральчук Ж. З., Гудков І. М. ФітореMediaція та її роль в очищенні ґрунтів від важких металів та радіонуклідів // *Физиология и биохимия культ.растений*. 2005. Т.37, №5. С. 371–383.
2. Звіт про НДР «Виготовлення екологічного обґрунтування річки Стрижень», керівник НДР Карпенко Ю. О. 235 с., 110 джерел., 4 додатки.
3. Потоцька С. О. Аналіз систематичної структури та особливостей дендрофлори урботериторій прибережних насаджень малих річок Чернігівського Полісся (на прикладі річки Стрижень міста Чернігова) // *Scientific Journal «ScinceRise» Volume 5/1 (22) May. Харків, 2016. С. 20–24.*

*Рибалко Л. М., д. пед. н., професор  
Національний університет «Полтавська політехніка  
імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна*

## **КОНЦЕПТУАЛЬНІ ІДЕЇ ЕКОЛОГО-ЕВОЛЮЦІЙНОГО ПІДХОДУ ДО НАВЧАННЯ ПРИРОДНИЧИХ ДИСЦИПЛІН**

Входження людства в третє тисячоліття ознаменувалося зміною погляду світової спільноти на майбуття, визнанням освіти, добробуту та здоров'я людини пріоритетом розвитку суспільства, що в контексті світових тенденцій має забезпечити йому екологічно безпечне існування. Саме тому сучасний етап розвитку України неможливий без оновлення змісту освіти як основи її інтелектуального, культурного, духовного, соціального та економічного поступу. Нова стратегія освіти має забезпечити діалектичну єдність людства та природи, створити передумови для гармонійного існування всіх форм життя та ґрунтуватися на усвідомленні людством цінності природи.

Сучасний етап взаємодії людства з природою характеризується відчутним загостренням локальних, регіональних і глобальних екологічних проблем (негативні зміни природного середовища, порушення генофонду популяцій, вичерпання природних ресурсів), що призводить до погіршення життя та здоров'я людей. Ці проблеми мають соціальний характер, оскільки спричинені діяльністю людини, її ставленням до природи відповідно до свого соціального розвитку. У свідомості людей має стверджуватися думка, що припинити наростання екологічної кризи можна лише за умов переосмислення ними культури своєї поведінки, підтримання рівноваги у природі. Шлях до екологічних культури, свідомості, мислення, що на межі другого та третього тисячоліть стали необхідною умовою гармонійного й екологічно безпечного розвитку суспільства, вбачаємо у якісній природничій освіті, ефективному навчанні природничих дисциплін.

Еколого-еволюційний підхід (ЕЕП) до навчання природничих дисциплін розглядаємо як стратегію модернізації природничої освіти, зокрема її складових компонентів (біологічного, хімічного, географічного та фізичного), вихідну позицію в навчанні на засадах освіти для сталого розвитку, що включає пізнання цілісності природи у її еволюційному розвитку з існуючою множинністю екологічних зв'язків.

Концептуальними ідеями ЕЕП є ідея еволюції, або розвитку, та ідея екоцентризму, що ґрунтується на принципах філософії «екологічного реалізму» й екологічного виховання. Вони мають досить тривалу історію становлення і залишаються актуальними в сучасному вимірі.

Під еколого-еволюційним підходом розуміємо сучасний загальнонауковий напрям у методології пізнання природи та її об'єктів як

цілісних систем із поясненням їх екологічних зв'язків, еволюції та прогнозуванням перспектив їх збалансованого розвитку.

Сутність ЕЕП визначають чотири концептуальні напрями в науці ХХІ століття: еволюції біосфери та ноосфери, нестационарного Всесвіту, синергетики.

Теорія біосфери та концепції ноосфери В. Вернадського вносить свій зміст у сутність ЕЕП. Ця наукова теорія пояснює сучасну біосферу як результат тривалого історичного розвитку всього органічного світу у його взаємодії з неживою природою; завдяки взаємодії абіотичних і біотичних чинників біосфера перебуває у постійному русі та розвитку. Ураховуючи це, доходимо висновку, що природа є цілісною системою, у якій об'єкти живої та неживої природи постійно знаходяться у взаємозв'язку та їм властивий еволюційний розвиток.

Спираючись на теорію біосфери, ЕЕП уможлиблює розуміння того, що жива речовина здатна відновлювати умови існування, порушені в результаті природних катастроф чи антропогенного впливу. Цю здатність систем живої природи до регенерації виражає принцип Ле Шательє, запозичений із хімії термодинамічної рівноваги, який полягає в тім, що зміна будь-яких систем у відповідь на зовнішні впливи відбувається в напрямі компенсації зумовлених змін. Аналогічне явище зветься зворотним зв'язком. Завдяки цим зв'язкам система повертається до вихідного стану, якщо викликані зміни не перевищують гранично допустимих обмежень для системи (організму, екосистеми чи біосфери). Людство має усвідомити свою причетність до тих змін у біосфері, які нерідко є незворотними, сприяти збереженню біосфери, її розвитку, відновленню її біорізноманіття. А це можливе лише тоді, коли людству властиве екологічне та критичне мислення. Останнє покликаний забезпечити ЕЕП.

Сучасна біосфера в результаті техногенної діяльності людства докорінно перетворюється і стає, за визначенням В. Вернадського, ноосферою – «сферою розуму» [1, с. 260]. При цьому найголовнішим результатом розвитку біосфери є поступове ствердження Розуму як найважливішого елемента біосфери, чинника її розвитку. ЕЕП, спираючись на чотири вищезазначені наукові теорії, покликаний формувати в свідомості людини новий образ світу – відкритого і складно організованого за аналогом системи; світу, що не просто існує, а безперервно розвивається. ЕЕП рушить міф про цілком детермінований і стабільний Всесвіт. На противагу останньому світ, природа в ньому розглядаються як послідовність деструктивних і креативних процесів, в яких важлива роль належить розвитку і самоорганізації.

ЕЕП ґрунтується на концептуальних ідеях – еволюції, або еволюційного розвитку, та екоцентризму, які слугують інтегративним чинником, засобом об'єднання знань про природу у цілісність; принципами

формування у свідомості майбутньої людини природничо-наукової картини світу і відповідного екологічного світогляду.

Ідея еволюції (або еволюційного розвитку) як провідна ідея ЕЕП задовольняє ті вимоги, що їх ставить перед природничою освітою освіта для сталого розвитку. По-перше, вона (ідея еволюції) може бути інтегративним засобом, об'єднуючи навколо себе міждисциплінарні природничо-наукові знання і тим самим сприяючи їх систематизації. По-друге, застосування ідеї еволюції в освіті як філософської основи формування нового, більш адекватного сучасності, світогляду сприяє новому світобаченню і відповідного йому світогляду, який можна охарактеризувати як еколого-еволюційний, тобто такий, що включає розуміння і ухвалення таких положень: людство і природа повинні розглядатися як єдина відкрита екологічна система зі складними, нелінійними взаємозв'язками; розвиток людини і природи не розрізнені лінії еволюції, що нерідко протиставляються, а єдиний взаємопов'язаний, скооперований процес коеволюції.

Реалізація ідеї еволюції у змісті освіти дає змогу розкрити еволюцію природи на різних рівнях організації матерії, встановити зв'язки та забезпечити внутрішню залежність між об'єктами, що вивчаються, показати учням, що органічний світ розвивався і розвивається в напрямі ускладнення структурної будови природних систем, що відповідає пристосувальним можливостям і специфіці навколишнього середовища, ілюструє споріднені зв'язки між різними об'єктами природи, пояснює закономірні історичні перетворення у будові та процесах життєдіяльності організмів різних систематичних категорій, взаємні зв'язки між ними у природі. Усвідомлення цілісності природи через призму ідей еволюції є важливим компонентом критичного та біоцентричного мислення молодого покоління.

Ідея екоцентризму, а потому й екологічного реалізму полягає в тому, що істинність знань про дійсність, природу ми пізнаємо лише у взаємодії з довкіллям. Як складову ЕЕП цю ідею слід розуміти в аспекті з'ясування зв'язків та відношень між об'єктами живої природи, останніх із навколишнім середовищем. Названа ідея забезпечує усвідомлення зв'язків між суспільством і його природним довкіллям, природних умов життя Всесвіту, об'єктів живої та неживої природи у взаємозв'язку та відношеннях, шляхи розвитку біосфери і виживання людства.

Реалізація ідеї екологічного реалізму в комплексі з ідеєю еволюції у ПНО сприяє формуванню цілісності змісту та її складових (біологічної, хімічної, географічної, астрономічної і фізичної), а відповідно й цілісності знань у молодого покоління, екологічної культури їх мислення, ціннісного ставлення до природи та відповідної поведінки в довкіллі.

## **ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЦИТОСТАТИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СОРТІВ *MONARDA CITRIODORA***

*Monarda citriodora* Cerv. ex Lag. (монарда лимонна) є єдиною однорічною представницею роду Монарда, яка характеризується дрібними світлими або темними бузковими квітами. Поширена у Мексиці та США.

Хімічні та біологічні властивості даного виду досконало ще досліджені [2], хоч останніми роками монарда дуже популярна в культурі завдяки своїм корисним властивостям: у листках, стеблах і квітках монарди лимонної міститься ефірна олія з тимольним запахом з ноткою лимона, що має в своєму складі такі ж компоненти, як у базиліка, м'яти, меліси лимонної та інших пряно-смакових рослин [3], дубильні речовини та вітаміни С, В<sub>1</sub> та В<sub>2</sub>. Завдяки ефірній олії монарда лимонна має антимікробні та антисептичні властивості [4].

Метою нашого дослідження було порівняння цитостатичних властивостей популярних сортів декоративних та пряно-смакових рослин *Monarda citriodora* («пурпурний бузок», «Мона-Ліза», «плямиста»), які вирощуються в культурі на території України.

Раніше за допомогою методу В. Б. Іванова та Є. Н. Бистрової ми дослідили чи мають види роду *Monarda* цитостатичну, а отже, потенційну протипухлинну активність [3]. Для цього ми застосовували рослинну сировину листків *Monarda citriodora*, цього разу ми використовуємо різні сорти Монарди лимонної, а саме: *M. citriodora* «пурпурний бузок», *M. citriodora* «Мона-Ліза», *M. citriodora* «плямиста», та порівнюємо їх цитостатичні властивості та виявимо чи можуть вони пригнічувати проліферацію клітин тест-об'єкта.

У дослідженні використовувався біотест по інгібуванню проростання насіння огірка водними витяжками з різних сортів *Monarda citriodora* (метод В. Б. Іванова та Є. Н. Бистрової), який є зручним тим, що швидкий поділ клітин у апексі коренів рослин є моделлю пухлинного процесу [1]. Для проведення досліду брали насіння огірка сорту «Рацібор F1». Потім його розкладали по 10 штук у 7 чашок Петрі діаметром 10-12см на дно чашки Петрі розкладали фільтрувальний папір. Витяжку готували із сухих квіток, *M. citriodora* «пурпурний бузок», *M. citriodora* «Мона-Ліза», *M. citriodora* «плямиста». Для досліду брали 10 г та заливали 125 мг звичайної кип'яченої води та кип'ятили протягом 2 хвилин. Дали розчину настоятися, потім за допомогою фільтрувального паперу відфільтровували розчин.

Таблиця 1 – Схема приготування робочої концентрації розчину

Чашки Петрі	Об'єм розчину сировини, мл	Об'єм води, мл	Робоча концентрація розчину, мг/мл
Контроль	0	10,0	0
2	0,5	9,5	25
3	1	9	50
4	1,5	8,5	75
5	2	8	100
6	2,5	7,5	125
7	3	7	150

Для точності результатів, дослід проводився тричі, далі на основі узагальнення результатів дослідження було оформлено зведену таблицю 2.

Таблиця 2 – Результати дослідження цитостатичної активності сортів *M. citriodora*

Робоча концентрація речовини мг/мл	Середня довжина головного кореня (мм)		Середня довжина гіпокотіля (мм)		Середня кількість бічних коренів (шт.)	
	Середня	%	середня	%	Середня	%
<b>№1 <i>M. citriodora</i> «пурпурний бузок»</b>						
Контроль	54,2	100	28	100	6	100
25	23,6	43,5	14	50	5,4	90
50	21	39	11,2	40	3,8	63
75	25,7	47	15	53	5,4	90
100	30	55	10,1	36	4,3	71
125	37,4	69	9,7	34,6	2,2	37
150	18,5	34	7,7	27	2,7	45
<b>№2 <i>M. citriodora</i> «Мона-Ліза»</b>						
Контроль	54,2	100	28	100	6	100
25	21,1	40	12	42	4,2	70
50	0	0	0	0	0	0
75	19,8	36,5	8,5	30	4	67
100	31,6	58	15,2	54	6,3	105
125	26,4	49	14,8	53	3,3	55
150	18	33	7,3	26	3,6	60
<b>№3 <i>M. citriodora</i> «плямиста»</b>						
Контроль	54,2	100	28	100	6	100
25	23	42	12,5	45	5	83
50	28,2	52	9,8	35	5,3	88
75	0	0	0	0	0	0
100	25	46	13,1	46	4	66
125	30,7	68	11,5	41	3,4	57
150	19	35	10,3	37	4,1	68



Далі кожен диск який знаходився в чаші Петрі змочували 10 мл розчину певної концентрації, який готувався за схемою (табл 1.). Потім чашки помістили в термостат при температурі +25 °С. Спостереження проводили на 5-ту добу. Для зняття показників використовувались міліметровий папір та лінійка. Робилося по три проміри (довжина головного кореня, кількість бічних коренів, довжина гіпокотилія) з кожного проростка який знаходився в чашках Петрі.

Маркером цитостатичної активності екстрактивних речовин є кількість бічних коренів проростка. На процес проліферації можуть відразу впливати декілька факторів, тому під час обробки результатів ми брали до уваги не тільки кількість бічних коренів, а й довжину кореня та гіпокотилія, що є не менш важливим для отримання результату. Адже довжина головного кореня є індикатором активності ауксину, а довжина гіпокотилія – активності цитокінінів.

Результати дослідження показали, що *M. citriodora* «Мона-Ліза», в робочій концентрації 50 мг/мл та *M. citriodora* «Мона-Ліза» у концентрації 75 мг/мл проростання не відбулося. Це може свідчити про те, що ці сорти монарди лимонної можуть пригнічувати проліферацію клітин.

Якщо порівнювати інші концентрації *M. citriodora* «Мона-Ліза», *M. citriodora* «плямиста», *M. citriodora* «Пурпурний бузок», то в інших концентраціях вони поведуть себе однаково, тому ми можемо припустити, що різні сорти, одного ж виду виявляють однакові цитостатичні властивості.

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

1. *Иванов Б. В., Быстрова Е. И., Дубровский И. Г. Проростки огурца как тест-объект для обнаружения эффективных цитостатиков: Методика. Ин-т общей и неорганической химии им. Н. С. Курнакова АН СССР. М., 1989. 2 с.*
2. *Котюк Л. А. Біолого-екологічні основи інтродукції ароматичних рослин родини *Lamiaceae* Lindl. в Центральному Поліссі України: дис. канд. біол. наук: 03.00.05 – ботаніка. Київ, 2019. 465 с.*
3. *Рішко Г. О., Кустовська А. В. Алелопатична активність представників роду Монарда (*Monarda* L.) в умовах культури. Матеріали III Науково-практичної конференції з міжнародною участю, присвяченої 180-річчю Національного медичного університету імені О.О. Богомольця (Київ, 18 лютого 2022 р.). Київ, 2022. Т.2. С.188-191 ISBN 978-966-437-622-5 (Том 2)*
4. *Хареба В. В., Улянич О. І., Ковтунюк З. І., Кецкало В. В., Хареба О. В., Філонова О. М. Малопоширені овочеві рослини. Ч. 2: Навчальний посібник. К. : Аграрна наука, 2016.192 с.*

УДК УДК 502+519.876.5

*Рябко А. І., мол. наук. співробітник, Мінко О. Ю., пров. інженер,  
Інститут геотехнічної механіки ім. М. С. Полякова НАН України,  
м. Дніпро, Україна*

## **МЕТОДОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО ВИЗНАЧЕННЯ ОЦІНКИ ГЕОДИНАМІЧНИХ АСПЕКТІВ ВПЛИВУ СИСТЕМ ВОДОКОРИСТУВАННЯ ГІРНИЧОДОБУВНОГО ВИРОБНИЦТВА НА ГІДРОСФЕРНЕ ДОВКІЛЛЯ**

Серед систем промислового водокористування, що здійснюють найбільше навантаження на гідросферу, виділяються енергетична, металургійна, гірничодобувна та хімічна галузі. Треба відзначити, що на регіональному рівні їх вплив проявляється в залежності від питомої ваги у промисловості конкретного регіону. Для промислових південно-східних регіонів України характерною є перевага гірничо-металургійних галузей економіки, а за просторово-геодинамічним впливом на гідросферу основною є гірничодобувна галузь.

Узагальнено взаємовплив гірничодобувної галузі та гідросферного середовища відбувається в залежності від видів гірничих робіт – підземних або відкритих, структури гідросфери – підземні та поверхневі водотоки та режиму функціонування підприємств – поточного або закриття. Особливостями впливу гірничого підприємства на гідросферу є не тільки ресурсний та вплив від виробничого забруднення, а й зміна гідрогеодинаміки поверхневих та підземних вод. Внаслідок чого іншими становляться параметри підземних та поверхневих водотоків, а саме руслові, стічні, напірні, швидкісні та ін. Руслові геоморфологічні зміни та зміни стоку мають наслідками геодинамічні перетворення територіальних об'єктів у гірничодобувних регіонах, а саме: виникнення депресійних воронко різних масштабів, зсувів земної поверхні та підземних вироблень, підтоплення значних площ територій, будівель та споруд, порушення стану та руйнування комунально-промислових об'єктів.

Управління гідродинамічною обстановкою та оптимізація еколого-економічної ефективності водозахисних заходів в подібних ситуаціях є найважливішою складовою при екологічних дослідженнях, геоecологічному моніторингу, проектуванні, розробці оптимальної економічної схеми розвитку території.

Метою дослідження є розгляд впливу системи водокористування гірничодобувного виробництва на гідросферне середовище на етапі закриття гірничопромислового підприємства та формування методологічних підходів екологічної оцінки цих процесів. Розробку та моделювання процесів системи "водокористування гірничозбагачувального підприємства - гідросфера" доцільно розглядати як складову методології

управління еколого-техногенними факторами ліквідації гірничодобувного підприємства.

Протягом тривалого періоду розробка корисних копалини здійснювалася із застосуванням дренажу при зниженні рівня підземних вод на сотні метрів. Економічний розвиток прилеглих територій орієнтувався саме на цю еколого-гідрогеологічну парадигму. У останні десятиліття відбуваються зміни у розвитку гірничодобувної галузі внаслідок чого сталось порушення рівноваги, що склалася. У зв'язку з економічною кон'юнктурою, що змінилася, і виснаженням запасів відбувається досить масштабне закриття гірничодобувних підприємств. Це суттєво змінює гідродинамічну і гідрохімічну обстановку, що складалася до цього десятиліттями, в густонаселених районах.

Основна природно - техногенна проблема закриття шахт та кар'єрів у старих гірничо-видобувних районах є технологія так званої «мокрої консервації», що являє собою природний процес затоплення ґрунтовими водами. У окремих випадках це відбувається без достатнього попереднього дослідження водонасиченості, газонасиченості та стійкості верхнього шару порід.

Головну небезпеку для гідросферного довкілля становлять покинуті затоплені шахти і кар'єри, шламонакопичувачі гірничо-збагачувального виробництва, дренажні системи. Вищевказані об'єкти без відповідного моніторингу та обслуговування можуть призвести до низки екологічних процесів. Руйнівні процеси у протифільтраційних екранах шламонакопичувачів із часом призводять до просочування забруднених вод у підземні водотоки. Обводнення і розмив бортів затоплених кар'єрів та розмив дамб шламонакопичувачів може привести відповідно до зсувів та проривів і, як наслідок, до підтоплення або затоплення значних територій. Використання технології «мокрої консервації» є також фактором небезпеки для сусідніх діючих шахт, сховищ небезпечних відходів, функціонування метрополітену в містах, що прилягають до шахтних та кар'єрних полів.

Основними структурними об'єктами системи «водокористування гірничозбагачувального підприємства – гідросфера» є: кар'єри, шламонакопичувачі, система водозабору, система водовідведення, система дренажу, підземні водотоки, поверхневі водотоки.

Дослідження такої складної системи доцільно проводити з використанням методів системного моделювання. Основною гідрогеодинамічною небезпекою при затопленні кар'єри є наявність обводнення масиву що спричиняє зміну властивостей гірських порід, що складають борти кар'єру. На фізичному рівні це, насамперед, приводить до зміни показників питомої ваги, кута внутрішнього тертя, зчеплення гірських порід які, таким чином, стають залежними від ступені обводнення. В результаті призма можливого зсуву складається з двох частин звичайної та обводненої.

Спрощена формалізація параметру зчеплення (та аналогічно параметрів питомої ваги і кута внутрішнього тертя), для окремих розрахункових блоків призми зсуву, буде мати вигляд

$$k_i = f(h_i) = \begin{cases} k_n, H_w < h_i \leq H \\ k_w, H_0 \leq h_i \leq H_w \end{cases}, \quad (1)$$

де  $k_n, k_w$  – відповідно звичайне та обводнене зчеплення;  $H_w$  – рівень води у кар'єрі;  $H$  – висота борту кар'єру;  $h_i$  – висота і-го блоку розбиття при розрахунку поверхні зсуву.

Критерієм безпечного стану бортового масиву є коефіцієнт запасу стійкості борту кар'єру який, таким чином, набуває вигляду

$$k_s = \frac{\sum_1^n M_S(\rho(H_w), \varphi(H_w), k(H_w))}{\sum_1^n M_h(\rho(H_w), \varphi(H_w), k(H_w))}, \quad (2)$$

де  $M_S$  – сума моментів, що зсувають масив гірських порід;  $M_h$  – сума моментів, що утримують масив від зсуву;  $\rho, \varphi, k$  – відповідно питома вага, кут внутрішнього тертя, зчеплення гірських порід борту кар'єру;  $H_w$  – рівень води у кар'єрі.

Критерій оптимальності стійкості дамби шламонакопичувача можна побудувати з умов встановлення захисного протифільтраційного екрану, що запобігає її розмиву

$$k_d = \frac{F(a, q, \alpha)}{P(k_f, H_w)}, \quad (3)$$

де  $a$  – необхідний розмір товщини захисного екрану, що запобігає розмиву;  $q$  – допустима фільтраційна витрата на одиницю довжини дамби;  $\alpha$  – кут нахилу захисного екрану укосу дамби;  $H_w$  – рівень води у шламонакопичувачі;  $k_f$  – коефіцієнт фільтрації.

Отже, рівень та відповідний об'єм води у затоплених кар'єрах та шламонакопичувачах є головним чинником який впливає на гідрогеодинаміку водокористування та здійснює негативний вплив на об'єкти довкілля та гідросферу зокрема.

Поступові зсуви бортів затопленого кар'єру збільшують його об'єм, відкривають додаткові водоносні горизонти та пласти за рахунок поверхні зсуву та збільшують об'єм води що надходить у кар'єр.

Критерій оцінки впливу на гідросферу середовище узагальнено може мати вигляд

$$k_g = \frac{Wl(k_s, k_d)}{Wln} + \frac{Sz(k_s, k_d)}{Szn} + \frac{Z(k_s, k_d)}{Zn}, \quad (4)$$

де  $Wl$  – втрати водних ресурсів (поверхневих та підземних) внаслідок зсуву бортів кар'єру та/або розмиву дамби шламонакопичувача;  $Wln$  – прийнятий нормативний показник допустимих втрат водних ресурсів;  $Sz$ ,  $Szn$  – площа затоплення внаслідок зсуву бортів кар'єру та/або розмиву дамби шламонакопичувача та її нормативний показник;  $Z$ ,  $Zn$  – сукупний параметр забруднення території та його нормативне значення.

Для оцінки варіантів розвитку системи та вироблення оптимальних екобезпечних рішень щодо існування цих об'єктів можна побудувати інтегральний критерій

$$C = c_s k_s + c_d k_d + c_g k_g, \quad (5)$$

де  $c_s, c_d, c_g$  – вагові коефіцієнти, що вибираються з пріоритетних управлінських міркувань (при рівнопріоритетному варіанті  $c_s = c_d = c_g = 1/3$ ).

Попередньо аналізуючи модельну систему, можна дати деякі рекомендації щодо зменшення впливу систем водокористування відкритих гірничих робіт у стадії закриття на гідросферу: здійснення заходів з закриття об'єктів гірничозбагачувального комплексу з урахуванням концепції «зелених» технологій, тобто максимально гармонізованих з довкіллям; максимальне повернення порушених водотоків у природні русла, що існували до виникнення гірничих виробок; моніторинг та заходи щодо збільшення стійкості бортів затоплених кар'єрів; переважне використання «сухих» методів закриття кар'єрів; моніторинг стану та стійкості дамб шламонакопичувачів; поступове осушення, комплексна переробка шламів, виположування захисних дамб та рекультивація шламонакопичувачів.

## ПРОГНОЗУВАННЯ ПОВЕДІНКИ СКЛАДНИХ ЕКОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ ІЗ ПОЗИЦІЙ НЕЛІНІЙНОЇ ДИНАМІКИ

Для вирішення завдань прогнозу поведінки складних екосистем, прогнозу рідкісних катастрофічних подій пропонується використовувати ідеї такого наукового напрямку як нелінійна динаміка [1]. В рамках цього напрямку введено поняття динамічного хаосу, встановлено межі передбачуваності, наведено постановки задач прогнозу в різних галузях.

Завдання нелінійної динаміки і синергетики полягає в знаходженні і докладному дослідженні тих базових математичних моделей, що виходять з найбільш типових припущень про властивості окремих елементів, які складають екосистему, і законах взаємодії між ними. Складність екосистем самого різного походження тісно пов'язана з явищем нелінійності, хаотичності і, отже, непередбачуваністю еволюції таких екосистем [2]. Чим складніше екосистема, тим більша ймовірність виникнення хаосу. Перехід до хаотичності може здійснюватися поступово, не стрибком, що характерно, перш за все, для таких процесів, як соціальна або фінансова кризи. В цьому випадку хаосу передуює особлива стадія, що характеризується появою все більш складної поведінки. Критерієм переходу від регулярної структури (докризний стан) до хаосу (криза, катастрофа) може служити стійкість режиму до малих збурень. Якщо така стійкість відсутня, детермінований опис втрачає сенс і необхідно використовувати статистичні методи. Дослідження показують, що число сценаріїв процесу хаотизації зовсім невелика. Більш того, деякі з них підкоряються універсальним закономірностям і не залежать від природи екосистеми. Одні і ті ж шляхи розвитку хаосу притаманні найрізноманітнішим фізичним, соціальним, економічним та іншим об'єктам. Універсальна поведінка нагадує звичайні фазові переходи другого роду, що відкриває нові перспективи у вивченні природи хаосу. Пророкуванням появи хаосу і описом динамік його розвитку займається «теорія детермінованого хаосу», що є одним із розділів нелінійної динаміки і синергетики. До теперішнього часу розроблені методи класифікації різних типів хаосу, знайдені закономірності його розвитку, створені методи, що дозволяють відрізнити, наприклад в експерименті, хаос від білого шуму тощо. Більше того, було виявлено та суворо обґрунтовано, що складну просторово-тимчасову поведінку екосистем із наперед невідомим числом ступенів свободи може бути адекватно описано нелінійними системами невеликої розмірності. Ця концепція отримала суворе обґрунтування після появи теорії Такенса. Найбільш важливим

додатком до цієї теорії є можливість прогнозування динаміки екосистем, еволюція яких відома лише зі спостережень, тобто з аналізу спостережуваних величин. Апарат теорії динамічних систем зараз інтенсивно розвивається в якості додатка до дослідження найрізноманітніших процесів. Застосування таких інваріантних характеристик, як кореляційна розмірність, показники Ляпунова, розмірність вкладення та ін., багато прояснило в прикладних задачах нелінійної динаміки. Справа в тому, що ці інваріанти дають однозначну інформацію про стан екосистеми: якщо її поведінка змінюється, то відповідним чином змінюються й інваріантні характеристики. Це дозволяє використовувати деякі з них для визначення не тільки якісних перебудов в динаміці екосистеми, але, більше того, встановити певні кількісні зміни. У свою чергу, знання закономірностей в кількісних змінах поведінки екосистеми дає можливість прогнозувати її еволюцію. Таким чином, в додатках до різних завдань інваріантні характеристики динамічних систем, мабуть, дадуть можливість виявити деякі загальні правила у розвитку даних явищ. Це особливо актуально в задачах прогнозу природних катастроф і катастроф антропогенного характеру. Оскільки сукупність інваріантних характеристик містить різноманітну і досить велику інформацію про поведінку екосистеми, можна стверджувати, що навіть у разі досить складної екосистеми її якісні зміни будуть ними відображені. Тому слід очікувати, що додаток цих характеристик до задачі прогнозу катастроф дало б відчутну користь. Одним з нових і найбільш продуктивних підходів, що дозволяють досліджувати екосистему, коли даних для побудови математичної моделі звичайним способом недостатньо, є аналіз спостережуваних. За допомогою такого підходу можна також обчислити найбільш важливі інваріанти екосистеми. Моделювання за допомогою аналізу спостережуваних – одна з нових і зростаючих форм нелінійної динаміки.

У результаті спостереження за зміною з часом будь-якої змінної в досліджуваній екосистемі виходить деяка функція  $x=f(t)$ . Якщо вимірювання проводилися у фіксовані моменти часу, то функція  $f$  прийме дискретний ряд значень,  $\{y_i\}_{i=0}$ . Таким чином, спостережувана – це завжди тимчасової ряд. Коли досліджувана екосистема динамічна (тобто описується кінцевим набором диференціальних рівнянь), то спостережувана завжди буде функцією від її фазової точки. Однак, як правило, заздалегідь не відомо, чи можна описати цей процес динамічно (тобто детерміновано) або ж потрібно використовувати імовірнісний підхід. Проте в рамках сучасної теорії розмірності і теорії динамічних систем можна в принципі відрізнити шум (випадковий процес) від детермінованої поведінки і тим самим встановити кінцевомірність даного явища. У додатку до прогнозу катастроф це означає, що можна встановити, чи є катастрофи явищами, які внутрішньо притаманні екосистемі, або ж катастрофи – це чисто випадкова подія для даного об'єкта

або системи. Припустимо, що часовий ряд – це послідовність, отримана як статистика катастроф на деякий об'єкт або території. Тоді цей часовий ряд  $\{y_i\}_{i=0}^k$  буде описувати динаміку катастроф. У такому вигляді тимчасовий ряд не годиться для обробки, оскільки тимчасові інтервали між значеннями ряду є нерівномірними. Тому даний часовий ряд необхідно піддати попередній обробці. Метод обробки, природно, залежить від того, якої довжини ряд, які інваріанти необхідно розрахувати тощо. В загальному випадку традиційні способи обробки ряду катастроф неприйнятні і потрібне використання спеціальних методів, наприклад символічного підходу, коли ряд кодується послідовністю символів.

У разі якщо місткість тимчасового ряду буде кінцевою величиною (тобто траєкторії динамічної системи не можуть розбігатися зі швидкістю більшою, ніж експоненціальна), ряд може бути описаний звичайним диференціальним рівнянням кінцевого порядку  $n$ . У загальному випадку таке рівняння має вид:

$$\frac{d^n p}{dt^n} = F\left(\frac{d^{n-1} p}{dt^{n-1}}, \frac{d^{n-2} p}{dt^{n-2}}, \dots, p\right),$$

де  $F$  – деяка функція;  $t$  – час.

Таким чином, можна встановити, чи є катастрофи на даному об'єкті внутрішньо притаманними явищами, тобто вони неминучі для даної екосистеми, або катастрофи – чисто випадкове явище.

Взагалі кажучи, наведене рівняння дає можливість прогнозувати динаміку тимчасового ряду, проте для цього необхідно відновити його праву частину. Найчастіше наводяться оцінки довжини часового ряду  $k$ , необхідної для побудови функції  $F$ . Ці оцінки показують, що в більшості випадків наявних даних недостатньо для визначення правої частини рівняння. Однак це вже незрівнянно більш складне завдання, що вимагає розробки якісно нових теоретичних підходів.

Базовими передумовами тут може служити наступне спостереження. Емпіричні дані говорять про те, що найчастіше тимчасовий ряд змінюється в обмеженому інтервалі між деякими рівнями; час від часу значення ряду «пробивають» ці рівні і після перехідного процесу виходять на інший обмежений інтервал. Інтерпретація цих особливостей з точки зору теорії динамічних систем дозволяє в принципі здійснювати прогнозування криз і катастроф.

Розглянемо ще один підхід у рамках нелінійної динаміки, який може бути використаний для вирішення даної проблеми. Помічено, що динаміка багатьох явищ, що характеризуються різкими змінами активності, носить ієрархічний, самоподібний характер. Іншими словами, динаміка на великих часових масштабах значною мірою відтворює динаміку на малих



масштабах. Процеси такого роду можуть бути описані за допомогою так званих каскадних моделей (стохастичних і детермінованих). Динаміка цих моделей є фрактальними функціями, породженими простими рекурсивними правилами (такі функції широко вивчаються в останні роки у зв'язку з завданнями стиснення інформації).

Коротко зупинимося на двох основних класах фрактальних моделей – детермінованих і стохастичних каскадах. У детермінованому випадку каскад задається розбиттям відрізка часу на фіксоване число сегментів, яким присвоєно задані «ваги», в сумі рівні одиниці. Це – нульове наближення даного каскаду. Перше наближення будується так: кожен сегмент розбивається на «підсегмент», що відтворюють розбиття вихідного відрізка, а відповідний вага – на більш дрібні ваги, відповідно до заданого розподілом ваг. Ця процедура може повторюватися необмежену кількість разів. Розподіл ваг, що отримані таким способом після великого числа кроків, має багато спільних математичних властивостей із експериментально хаотичними процесами, хоча і є суворо детермінованими. У стохастичному випадку немає ніколи фіксованого розподілу ваг. Замість цього на кожному кроці «подрібнення» ваг вибирається випадковим чином, фіксовано лише його ймовірнісний розподіл. Нині каскади, породжені «лог-Леві» та «логнормальним» розподілами, розглядаються в якості кандидатів на універсальні моделі широкого класу процесів у різних областях геофізики.

У реальних задачах використовуються більш складні каскади, що враховують просторову неоднорідність, зміну ваг зі зміною масштабу тощо. Досить складний детермінований каскад дуже важко відрізнити від стохастичного за допомогою тестів, типу кореляційного інтеграла, обчислення кореляційних функцій тощо.

Отже, наведені підходи можна застосовувати під час прогнозування поведінки складних екологічних систем із метою підвищення їх стійкості.

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

1. Хусаїнов Д. Я., Шатирко А. В. *Основи нелінійної динаміки* : навч. посіб. Київ : Київський ун-т, 2017. 159 с.
2. Азаров С. І., Задунай О. С. *Моделювання еволюції нелінійних екосистем. Екологічна безпека та природокористування*. 2019. № 30(2), С. 18–29. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2019.2.18-29>.

*Силка Ю. М., магістрантка, Кустовська А. В., к. б. н., доцент,  
Пушкарьова Н. О., к. б. н, науковий співробітник,  
Національний педагогічний університет імені М. П. Драгоманова  
Інститут харчової біотехнології та геноміки НАН України  
м. Київ, Україна*

## **ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЖИТТЄЗДАТНОСТІ КАТРАНА ШОРСТКОГО В УМОВАХ ЗАСОЛЕННЯ З МЕТОЮ ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ПОПУЛЯЦІЙ ВРАЗЛИВОГО ВИДУ**

*Катран (Crambe L.)* – рід трав'янистих рослин із родини Капустяні (*Brassicaceae*). У флорі України налічується 8 видів роду *Crambe*, всі вони охороняються на державному рівні і включені до Червоної книги України. Однак не тільки природоохоронний статус всіх представників роду *Crambe* флори України вказує на необхідність їх широкого впровадження і культивування, а й хімічні та біологічні особливості цих видів, що роблять їх перспективними для використання в кормових, харчових, декоративних і лікувальних цілях [1]. Цей рід є важливим для рослинництва з метою промислового використання його олії [7]. Тому постає необхідність у вивченні та дослідженні впливу несприятливих факторів на рослини задля розробки шляхів підвищення життєздатності потенційно олійних видів.

Одним із головних чинників збереження популяції є стійкість рослинного організму до надлишку вмісту солей у субстраті. Засолення ґрунтів – процес накопичення в ґрунтах або поверхневому шарі ґрунту легко розчинних солей – хлоридів, сульфатів і карбонатів натрію, магнію. Дія засолення на рослинні організми пов'язано з двома причинами: погіршенням водного балансу і токсичним впливом високих концентрацій солей. Засолення призводить до створення в ґрунті низького (різко негативного) водного потенціалу, тому надходження води в рослину ускладнюється. Під впливом солей відбуваються порушення ультраструктури клітин, зокрема зміни в структурі хлоропластів (особливо при хлоридному засоленні). Зростаючі площі засолених ґрунтів негативно впливають і на продуктивність агробіоценозів, що спричинює економічні збитки. Все це робить необхідним проведення аналізу стану проблеми та визначення напрямів сучасних досліджень, пов'язаних із вивченням впливу цього фактора на рослини.

Об'єктом дослідження роду Катран було обрано потенційно олійний вид *Crambe aspera* M. Vieb. В якості вихідних експлантів використовували насіння для ініціації асептичної культури. За допомогою попередньо розробленою схемою проводили в асептичних умовах підготовку експлантів та введення їх у культуру *in vitro*, тобто з насінин механічним способом знімали шкаралупу (перикарп) та насінневу шкурку [6]. Потім,

насіння попередньо занурювали у 70% етанол на 60 секунд і далі обробляли діюцидом. Після обробки насіння було промито стерильною дистильованою водою тричі тривалістю по 5 хвилин. Експланти культивували в чашках Петрі на агаризованому живильному середовищі MS [5] при 16-годинному фотоперіоді і при температурі +24°C. Після проростання паростки відразу ж переносили на живильне середовище MS із додаванням 200-300 мМ NaCl, щоб змодельювати умови сольового стресу. В даних умовах вирощування досліджували площу листкової пластинки рослини на 6-ту добу. Для перевірки використовували рослини, що вирощували на живильному середовищі MS без додавання NaCl. Оцінюючи різницю середніх значень, провели статистичну обробку результатів (t-критерій Стьюдента) [2].

Дослідження проростання насіння виду *Crambe aspera* в умовах сольового стресу різної інтенсивності показало значну стійкість рослин (рис. 1). За культивування на середовищі з вмістом солі в 200 мМ відмічали незначне зниження площі листкової пластинки, що свідчить про відсутність гострої реакції на стрес у рослин виду *Crambe aspera*. Порухення життєдіяльності рослин в умовах засолення викликане осмотичною та токсичною дією іонів солі. При цьому, більш висока концентрація іонів солей призводять до порушення цитоплазматичних мембран та зниження активності ферментних систем, порушення білкового обміну, утворення токсичних продуктів, порушення поглинання деяких необхідних для життєдіяльності рослин елементів мінерального живлення [8].

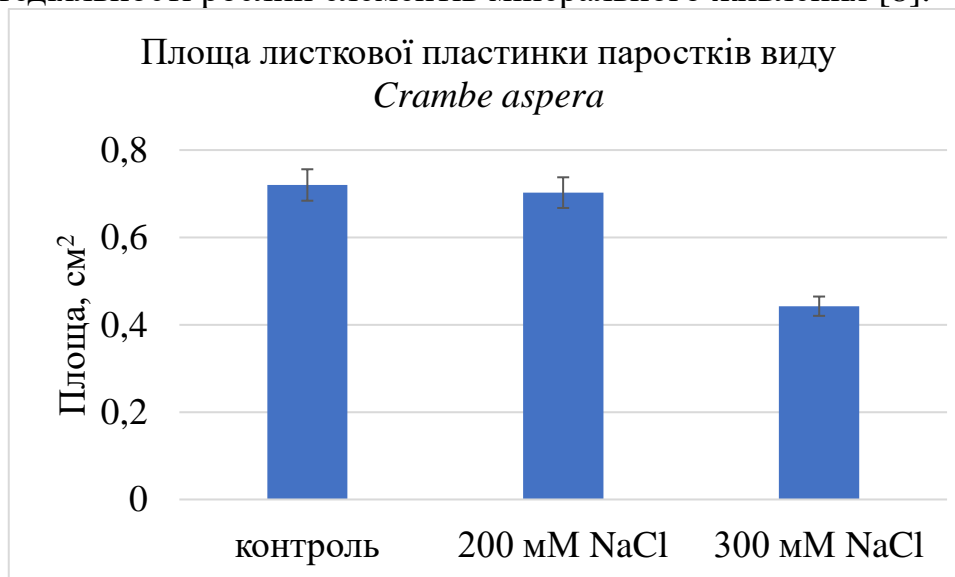


Рисунок 1 – Дослідження площі листкової пластинки рослин виду *Crambe aspera* в умовах модельованого засолення *in vitro*

Для подолання негативних наслідків засолення в організмі рослин відбуваються певні зміни - змінюється осмотичний потенціал клітин, що допомагає створювати градієнт всисної сили і тим самим протистояти зовнішньому високому осмотичному тиску, але в той же час, підвищення

концентрації клітинного соку затримує ріст рослин, зокрема пагону [3, 4]. Отже, зниження інтенсивності росту рослин є ознакою адаптації до несприятливих умов, але при тривалій дії стресового чинника подальша затримка росту веде до загибелі рослин [8].

У результаті проведених досліджень було встановлено високу стійкість рослин виду *Crambe aspera* до проростання насіння в умовах значного засолення. Крім того, показано граничні норми вмісту солі у середовищі, що дозволяють підтримувати нормальні показники росту та розвитку [8]. Отримані результати на прикладі потенційно олійного виду представляють інтерес для подальшого використання та підвищення солестійкості близькоспоріднених сільськогосподарських культур. Дані дають змогу розробити способи збереження та відновлення популяції роду Катран. Адже, вони мають не тільки природоохоронний статус, а й є важливою промисловою сировиною.

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

1.Калистая М. С. Преспективы культивирования некоторых представителей рода *Crambe* L. (*Brassicaceae* Burnett). *Agrobiodiversity for improving nutrition, health and life quality. Nitra, part 1, 2015. P. 318–321.*

2.Лакин Г.Ф. Биомерия: Учебное пособие для биол. спец. вузов, 4-е изд., перераб. и доп. М. : Высшая школа, 1990. 352 с.

3.Allakhverdiev S. I., Sakamoto A., Nishiyama Y., Inaba M., Murata N. (2000) Ionic and osmotic effects of NaCl-induced inactivation of photosystems I and II in *Synechococcus* sp. *Plant Physiol* 123:1047–1056.

<https://doi.org/10.1104/pp.123.3.1047>.

4.Bernstein L. (1975) Effects of salinity and sodicity on plant growth. *Annu Rev Phytopathol* 13(1):295–312.

<https://doi.org/10.1146/annurev.py.13.090175.001455>.

5.Murashige T., Skoog F. (1962) A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol Plant* 15:473–497.

6.Pushkarova N. O., Lakhneko O. R., Morgun B. V., Kuchuk M. V., Blume Ya. B., Yemets A. I. (2019b) *Crambe aspera* plants in vitro propagation and its effect on fatty acids and phenolic compounds content and genome stability. *Biopolym Cell* 35(2):118–128. <http://dx.doi.org/10.7124/bc.00099D>

7.Rudloff E. and Wa, Y. *Crambe*. *Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources. Oilseeds*. Berlin, 2011. P. 295.

8.Пушкарьова Н. О., Кустовська А. В., Силка Ю. М. Дослідження солестійкості Катрана шорсткого. Матеріали III Науково-практичної конференції з міжнародною участю, присвяченої 180-річчю Національного медичного університету імені О.О. Богомольця (Київ, 18 лютого 2022 р.). Київ, 2022. Т.2. С.180–183 ISBN 978-966-437-622-5 (Том 2)

УДК 581.524.1

Скляр В. Г., д. б. н, професор, Ємець О. М., к. б. н, доцент,

Скляр Ю. Л., к. б. н, доцент, Шерстюк М. Ю., к. б. н.

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

## БІОРІЗНОМАНІТТЯ ЛАНДШАФТНОГО ЗАКАЗНИКА МІСЦЕВОГО ЗНАЧЕННЯ «УРОЧИЩЕ ХУТІРСЬКЕ»

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 (ПЗФ) [1]. До числа нещодавно оголошених територій ПЗФ у Сумській області належить ландшафтний заказник місцевого значення «Урочище Хутірське». Відповідно до фізико-географічного районування України, він знаходиться у межах Сумсько-Тростянецького району Сумської схилово-височинної області Східно-Українського краю Лісостепової зони Східно-Європейської рівнини [2].

Типовою ознакою Сумсько-Тростянецького району є те, що рельєф території формують хвилясті вододільні місцевості, розчленовані балками, які є порівняно неглибокими, широко розгалуженими з відносно похилими схилами. Ширина балок коливається від 50-60 до 200-600 м, довжина від 3 до 7-9 км. Територія заказника також охоплює одну із балок. У її межах відбувається активне природне відновлення *Pinus sylvestris* L., а також *Robinia pseudoacacia* L., *Pyrus communis* L. та *Malus sylvestris* Mill. Воно здебільшого репрезентоване особинами дрібного, середнього та великого підростів, які не формують зімкнутого лісового покриву. По схилу зростають кущі *Prunus spinosa* L. та шипшин.

Злаково-різнотравний трав'яний покрив вирізняється досить значним видовим багатством. Він сформований із рослин таких видів як *Festuca pratensis* Huds., *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Dactylis glomerata* L., *Phleum pratense* L., *Carex hirta* L., *Agrimonia eupatoria*, *Artemisia vulgaris* L., *Artemisia austriaca* Jacq., *Trifolium montanum* L., *Achillea submillefolium* Klokov & Krytzka, *Prunella vulgaris* L., *Trifolium pratense* L., *Melilotus albus* Medik., *Trifolium arvense* L., *Inula salicina* L., *Verbascum thapsus* L., *Eryngium campestre* L., *Plantago lanceolata* L., *Echium vulgare* L., *Berteroa incana* (L.) DC., *Potentilla argentea* L., *Medicago falcata* L. aggr., *Lotus corniculatus* L., *Helichrysum arenarium* (L.) Moench, *Succisa pratensis* Moench, *Knautia arvensis* (L.) Coult., *Cichorium intybus* L., *Galium verum* L., *Galium mollugo* L., *Centaurea jacea* L., *Equisetum arvense* L.

Фауна сухих лук балки в домінанті представлена комплексом безхребетних тварин серед яких найбільш численними є хортобіонти рядів прямокрилі, рівнокрилі, також численними є жуки, перетинчастокрилі, двокрилі та метелики. Тут поширені: *Aiolopus thalassinus*, *Psophus stridulus*,

*Oedaleus decorus*, *Stenobothrus stigmaticus*, *Lepyronia coleoptrata*, *Aphrodes flavostrigatus*, *Coreus marginatus*, *Lethrus apterus*, *Tettigonia viridissima*, *Bombus hortorum*, *Temnostoma vespiforme*, *Pieris rapae*, *Zerynthia polyxena* та низка інших.

Серед представників фауни безхребетних тут виявлено регіонально-рідкісний вид *Psophus stridulus* [3] та вид, включений до «Червоної книги України» – *Zerynthia polyxena* [4]. З числа хребетних тварин численними є миші-полівки, а біля підніжжя схилів – *Talpa europaea*.

Територію для пошуку їжі використовують *Vulpes vulpes*, *Lepus europaeus*, *Capreolus capreolus*. Усі вони мають охоронний статус МСОП рівня LC [5].

Птахів репрезентують: *Parus major*, *Corvus corax*, *Garrulus glandarius*, *Dendrocopos major*, *Buteo buteo*, *Certhia familiaris* та деякі інші. Переважно це зальотні з сусідньої залісненої території птахи. Переважна більшість із них за оцінками МСОП мають охоронний статус рівня LC та числиться у списках Додатку II чи III Бернської конвенції.

Територію об'єкту для гніздування використовують *Alauda arvensis*, *Motacilla flava*, *Lanius collurio*. Згадані птахи мають охоронний статус МСОП рівня LC, та занесені до Додатку II Бернської конвенції.

Отже, ландшафтний заказник місцевого значення є важливим осередком збереження біорізноманіття, у тому числі видів, які охороняються на регіональному, державному та міжнародному рівнях.

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

1. Шеляг-Сосонко Ю. Р. Біорізноманіття: концепція, культура та роль науки. Укр. ботан. журн. 2008. 1. С. 3–26.
2. Маринич О. М., Пархоменко Г. О., Петренко О. М., Шищенко П. Г. Удосконалена схема фізико-географічного районування України. Укр. географ. журнал. 2003. 1. С.16–21.
3. «Про заходи щодо посилення охорони рідкісних та зникаючих видів рослин, тварин і грибів, що підлягають особливій охороні на території Сумської області». Рішення Сумської обласної ради 11 сесії 6 скликання від 18.11.2011 р.
4. Червона книга України. Тваринний світ. К. : Глобалконсалтинг, 2009. 624 с.
5. The IUCN Red List of Threatened Species (Електронний ресурс). – Режим доступу : <https://www.iucnredlist.org>

*Слюсаренко А. Г., д. і. н., професор, академік НАПН України,  
Київський національний університет імені Тараса Шевченка,  
м. Київ, Україна*

## **РОЛЬ КУРСУ «ІСТОРИЧНА ЕКОЛОГІЯ» В ПІДГОТОВЦІ ВИСОКОКВАЛІФІКОВАНИХ ФАХІВЦІВ ТА ФОРМУВАННІ СУЧАСНОЇ ЕКОЛОГІЧНОЇ КУЛЬТУРИ**

Сьогодні світ та Україна перебувають перед складним, однак очевидним вибором – зберегти існуючі підходи щодо інтенсивного використання природних ресурсів та завдання непоправної шкоди природі чи обрати складний, проте вірний шлях щодо бережливого та енергоощадного ставлення до екологічного середовища, в якому перебуває людство. Викиди шкідливих речовин, широке використання викопних ресурсів, забруднення водних артерій та масове промислове виробництво ставлять на порядок денний питання глобального потепління клімату та створюють загрози для подальшого безтурботного існування власне людської цивілізації.

Паризька кліматична угода 2015 року в рамках діяльності ООН [4] та Європейський зелений курс 2020 року як програмний документ ЄС [3] є фундаментальними та всеохопними за масштабом ініціативами, які спрямовані на усунення небезпеки екологічного характеру у світі та, ЄС зокрема, шляхом поетапного зменшення викидів парникових газів, впровадження енергоощадних технологій у виробництво, екологізацію економік країн світу та як результат – унеможливлення швидкого поширення процесів глобального потепління на планеті.

Україна як європейська держава та відповідальний член ООН не стоїть осторонь світових екологічних проблем, долучившись до обидвох програмних ініціатив та реалізуючи відповідну екологічну політику. З прийняттям у 2019 році Закону України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» відбувся перегляд основних стратегічних завдань державної екологічної політики, що базуються, перш за все, на виявлених кореневих причинах екологічних проблем України та фінансовій спроможності країни до їх вирішення, сформовано бачення стану довкілля, якого Україна має досягнути в 2030 році, визначено цілі та стратегічні завдання, спрямовані на ліквідацію причин негативних явищ, а не їх наслідків [1].

Надзвичайно важливе значення для успішної реалізації цілей та завдань нової екологічної політики належить вивченню студентами наявного історичного досвіду людства, формування реалістичного уявлення про екологію як міждисциплінарну науку, однак з особливим акцентом на висвітленні екології як історичної дисципліни. Дисципліна «Історична

екологія», яка викладається для студентів історичного факультету, має значний світоглядний аспект, оскільки закладає базу для свідомої активної участі майбутніх істориків та свідомих громадян України у бережливому ставленні до природи та її надбань як запоруки життя у комфортному екологічному середовищі.

Серед головних завдань, які постають перед викладачем в процесі представлення власного лекційного курсу з означеної проблематики, варто виділити наступні. В першу чергу, студенти мають бути ознайомлені з ключовими проблемами та закономірностями охорони довкілля на всіх етапах історії, починаючи з Київської Русі і до сучасного екологічного стану України. По друге, лектор неодмінно має сфокусувати увагу студентства на взаємопов'язаності екологічних проблем, їх глобальному світовому, загальнолюдському характері. Крім того, невід'ємною частиною науково-педагогічної діяльності викладача вбачається представлення теоретичних напрацювань та багаточисельних фактів, що повинні сформувані у студентів екологічний образ мислення, здійснення аналізу діяльності і дослідження ступеня відповідальності людини в глобальних екосистемах.

Не менш важливим аспектом викладацької роботи з пропонованого курсу є вивчення питання екології в програмних документах і діях партій, громадських рухів та організацій, постановка екологічних питань на всеукраїнських та міжнародних конференціях. Врешті-решт, студент має сформувані тверді переконання, що питання екології на сьогодні набуває все більш чіткого соціального та політичного характеру, перебуває на порядку денному глобальних ініціатив, спрямованих на збереження екологічної спадщини та самобутності планети, її флори і фауни, змушує людство усвідомлювати наслідки своїх дій та переосмислювати їх.

Водночас, не слід забувати про необхідність використання інформаційно-комунікаційних технологій в освітньому процесі, адже сьогодення вимагає від науково-педагогічної спільноти йти в ногу з часом та відповідати на запити сьогодення. На думку Л. Симочко та М. Демчинської, використання мультимедійних систем є досить ефективним в процесі здобуття екологічної освіти, оскільки ця можливість дозволяє істотно підвищувати рівень сприйняття інформації, яка подається для осмислення студентам. Крім того, для інтенсифікації пізнавальної роботи студентства дослідники цього питання рекомендують проводити оцінювання за допомогою використання верифікаційних карток [2, с. 187].

Таким чином, варто відзначити таке. Дисципліна «Історична екологія» чи подібної тематики є надзвичайно важливими та актуальними в умовах сьогодення, оскільки дозволяють забезпечувати необхідну компоненту в процесі формування студента сучасної формації, з відповідальним ставленням до природи та наявністю відповідних знань та поведінки. Завдання викладача полягає у створенні максимально сприятливих умов для можливості здобуття студентами необхідних екологічних знань про



історичні умови формування та функціонування екологічної системи у світі, в тому числі Україні, та прищеплення цінностей поваги та бережливості до природи як основи людського існування.

**Використані інформаційні джерела:**

1. Закон України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року». Верховна Рада України: веб-сайт. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text> (дата звернення: 10.11.2022).

2. Симочко Л. Ю., Демчинська М. І., Симочко В. В. Інформаційні технології в екологічній освіті студентів вищих навчальних закладів. Науковий вісник Ужгородського університету. Серія : Біологія. 2012. Вип. 33. С. 185–188.

3. A European Green Deal. Striving to be the first climate-neutral continent. Європейська Комісія: веб-сайт. URL: [https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_en](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en) (дата звернення: 15.11.2022).

4. The Paris Agreement. ООН: веб-сайт. URL: <https://www.un.org/en/climatechange/paris-agreement> (дата звернення: 17.11.2022).

## **ТЕХНОЛОГІЯ ПРОЄКТНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ В СИСТЕМІ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНЬОГО ВЧИТЕЛЯ ПРИРОДНИЧИХ ДИСЦИПЛІН**

Модернізація освіти спонукала до розробки нової моделі екоосвіти, переходу від традиційних формувань переважно «знань, умінь, навичок» до виховання якостей особистості, необхідних для життя в нових умовах відкритого суспільства. Пріоритетною метою екологічної освіти в сучасній освіті стає розвиток особистості, готової до раціональної взаємодії з навколишнім середовищем, до оволодіння інформаційними технологіями, до самоосвіти та самовдосконалення.

Реалізація цілей і завдань екологічної освіти потребує оновлення та залучення сучасних освітніх технологій. Освітній процес у ЗВО спрямовується на використання особистісно орієнтованого, компетентнісного і діяльнісного підходів до навчання майбутніх фахівців. Важливо гармонійно поєднувати навчальну діяльність, у рамках якої формуються базові знання, вміння та навички, з діяльністю творчою, дослідницькою, пов'язану з розвитком індивідуальних задатків майбутніх вчителів, їх пізнавальною активністю, здатністю вирішувати нестандартні завдання [3].

Актуальним в даному аспекті є питання про соціальну зрілість особистості студента – майбутнього вчителя природничих дисциплін. Найбільш вагомим, хоча й не домінуючим поки що чинником у розвитку особистості в цей період є її роль в колективі. В цьому віці просто необхідно набрати досвід такої взаємодії для того, щоб потім мати відповідні шаблі для сходження до соціальної необхідності отриманих знань, їх застосування, до бачення перспектив свого сходження, і, що найцінніше, до бачення цінності таких взаємовідносин, а ліпше сказати – колективно-свідомої творчості. Ось те головне, що має бути закладено в основу розуміння соціальної зрілості особистості студента. Активна громадська позиція щодо природоохоронної діяльності, участь в ній на рівні об'єднання зусиль однодумців у вирішенні важливих для регіону питань може бути також показником соціальної зрілості особистості в цьому віці. Важливим чинником в даному випадку є мотивація до дії спільними зусиллями без домінування певних особистостей в команді. Таким чином, більш значимою є орієнтація на практичну (діялісно-поведінкову) компоненту професійної підготовки майбутніх вчителів природничих дисциплін [4].

Сучасна педагогіка та педагогічна психологія інтенсивно розробляють нові екоосвітні технології, побудовані на дослідному пошуку майбутніх вчителів природничих дисциплін у процесі навчання. Крім традиційної системи навчання, є кілька альтернативних. Активно починають використовуватися і різні педагогічні технології в рамках особистісно орієнтованого навчання, такі як навчання у співпраці, індивідуальний і диференційований підхід до навчання.

Водночас організація навчально-пізнавального процесу має зосереджуватися на активному використанні педагогічних технологій навчання у співпраці. Одним із основних прийомів організації спільної роботи майбутніх вчителів природничих дисциплін є технологія проєктної діяльності.

Проєктна діяльність дозволяє розвинути ефективні засоби самостійної навчальної діяльності, поєднати теоретичні та практичні складові діяльності студентів, розвинути й реалізувати творчий потенціал. Пріоритетними стають форми самостійної роботи майбутніх вчителів природничих дисциплін, що засновані не тільки на застосуванні отриманих знань і умінь, а й на отриманні на їх основі нових. Метод проєктів завжди передбачає вирішення певної проблеми з використанням різноманітних методів та обов'язкового інтегрування знань, умінь із різних галузей науки, техніки, технології та творчих галузей [2].

За своєю суттю проєктна діяльність студентів є засобом їхнього навчання, розвитку та виховання. У проєктній діяльності у майбутнього вчителя розвиваються:

- пізнавальні здібності (планування проєктної діяльності, пошук шляхів розв'язання екологічних проблеми, вибір оптимальних способів і засобів діяльності, аналіз і синтез інформації);
- креативне мислення (на всіх стадіях роботи над проєктом);
- дивергентне мислення (студент має подати якнайбільше ідей щодо розв'язання проблеми в межах теми проєкту);
- активність і самостійність (опис індивідуальної частини проєкту, планування, дослідження, оцінювання, самостійний вибір форми представлення результату діяльності);
- просторова уява (планування часу роботи над проєктом, передбачення необхідних ресурсів, уміння оцінити та відібрати найбільш слушні ідеї);
- критичне мислення (на всіх етапах проєктної діяльності);
- сенсомоторні навички (на етапі виготовлення освітнього продукту).

Крім того в майбутніх вчителів формуються: навички вербальної та невербальної комунікації (в умовах ситуативно – ділового спілкування);

навички та прийоми роботи в колективі (виконання різних ролей у груповій роботі, взаємодопомога та взаємо підтримка учасників проєктної діяльності); навички емоційно – вольової сфери (на всіх етапах роботи над проєктом); навички спілкування в соціумі (на етапі збору необхідної інформації, під час презентації результату діяльності); вміння враховувати потреби навколишніх (під час планування та виготовлення продукту, який має соціальну цінність або прикладне значення); вміння приймати оцінку інших (здійснення само – та взаємооцінювання проєктної діяльності за визначеними критеріями) [3].

У відповідності з розробками М. Б. Євтух [1], а саме моделі спеціаліста з позиції тих професійно значущих якостей, яких майбутній фахівець природничого напрямку повинен набути під час навчання у ЗВО, особлива увага приділена компетентності та насамперед професійним (загально інженерним і предметним), загальнонауковим, інструментальним, комунікаційним, соціально-особистісним якостям майбутнього спеціаліста в галузі. Мотиваційні якості характеризуються усвідомленим інтересом до дійсності, цілеспрямованістю, спроможністю до творчості, підвищенням професійної мобільності, прагненням до професійного зростання, гнучкості мислення.

На нашу думку, розвиток майбутнього вчителя природничих дисциплін на пряму залежить від проєктної діяльності, за рахунок посилення практичної спрямованості навчання, що посилюється в процесі використання отриманих знань і вмінь в процесі використання методу проєкту (студент застосовує знання певного курсу стосовно до об'єктів, пов'язаних з майбутньою професійною діяльністю) та встановлення й зміцнення міждисциплінарних зв'язків (студенти застосовують набуті знання під час вивчення інших курсів у нових, та застосування професійних умінь у нетипових ситуаціях).

Таким чином, цей досвід уведення проєктної діяльності студентів у освітній процес дозволяє констатувати той факт, що робота над проєктом створює умови для розвитку ключових компетентностей: вона орієнтована на формування свідомого ставлення до природи та її багатства, створює ситуацію співробітництва, стимулює вміння слухати і висловлювати свою точку зору, вчить працювати з додатковою літературою, самостійно планувати свою діяльність і досягати результатів.

Із огляду на зазначені вище тенденції, пропонуємо більш раціональний підхід до застосування методу проєктної діяльності студентів з позиції концепції педагогічної освіти. Будь-яка проєктна діяльність студента здійснюватиметься більш продуктивно, якщо базуватиметься на чітко встановленій структурі розвитку системи, в якій виділятимуться наступні стадії розвитку:

1. Етап стратегічного прогнозування. За умови правильного спрямування ідей подальшого розвитку, тобто постановки цілей проєктної

діяльності важливу роль виконуватиме підбір ресурсної бази в освітньому середовищі, а саме необхідних інструментів, методів роботи, літератури, досліджень в природі, спостережень за живою природою, а також одностудентів до своєї команди.

2. Етап дослідницького планування – формування програми діяльності з реалізації дослідницького проєкту та розробка плану в цілому та конкретних дій. На цій стадії відбувається створення описово-структурної моделі проєкту, визначення критеріїв його ефективності та розробка моніторингової системи функціонування моделі.

3. Етап управління в системі взаємовідносин, що створена студентами в проєктній діяльності. Розглядається нами як творчий рівень у розвитку системи, конкретне прикладання набутих знань, вміння добирати найнеобхідніше із загального потоку інформації задля досягнення поставленого результату, іншими словами, вміння управляти розвитком системи для досягнення тих цільових ідеалів, що закладалися з самого початку. Однак причинний рівень досить часто втрачається в сучасному процесі природничої освіти студентів, а саме рівень колективної співтворчості.

4. Етап визначення ефективності – полягає в оцінці як самої діяльності, так і якості кінцевого продукту а також до розкриття подальших перспектив застосування набутих знань студентами.

Таким чином, можна навести чотири рівня природничо-екологічних установок майбутніх вчителів природничих дисциплін, що формуватимуться в результаті їхньої проєктної діяльності. Разом з тим, проєктна діяльність – це не алгоритм, який складається з чітких етапів, а модель творчого мислення і прийняття рішень, а робота над проєктом допомагає посилити взаємозв'язок теорії і практики, стимулює студентів щодо вдосконалення своїх професійні умінь і навичок.

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

1. Євтух М. Б. Педагогічна технологія проєктування навчальних занять у вищій школі. Теоретичні питання освіти та виховання : зб. наук. пр./ Київ. держ. лінгв. ун-т. К., 2001. Вип. 17. С. 3–11.

2. Єрмаков І. Г., Пузіков Д. О. Життєвий проєкт особистості: від теорії до практики: Практико-зорієнтований збірник. Київ : «Освіта України», 2007. 212 с.

3. Осмолівський А. Від навчального проєкту до соціальної самореалізації особистості. Шлях освіти. 2000. №2. С. 34–37.

4. Підласий І. П. Практична педагогіка або три технології. Інтегрований підручник для педагогів ринкової системи освіти. К. : Видавничий дім «Слово», 2004. 616 с.

УДК 581.526.425(477-751Супр):574.1-047.44

<sup>1,2</sup>Смоляр Н. О., к. б. н., доцент, <sup>2</sup>Запорожець А. О., здобувач освіти

<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

## **ОЦІНКА ПОКАЗНИКІВ НАУКОВОЇ ЦІННОСТІ БІОРИЗНОМАНІТТЯ СУПРУНІВСЬКИХ ПЕРЕЛІСКІВ У КОНТЕКСТІ ЇХ ЗАПОВІДАННЯ**

Збереження лісів є однією з важливих сучасних проблем людства, оскільки ці біоми є одними із найважливіших джерел відновних ресурсів біосфери, а тому 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 [2].

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. За структурою угруповань і флористичним складом вони цілком відображають особливості лісостепових дібров і мають вагомє історико-природоохоронне, фітосозологічне, екологічне значення [10].

Знаходяться вони неподалік Полтави в західному напрямі вздовж автодороги М-3 «Київ – Довжанський», на околицях якого збереглися незначні за площею масиви дібров природного походження, названі нами Супрунівськими перелісками. Інформація про них та їх біорізноманіття в науковому інформаційному просторі відсутня. Тому нами ці масиви обстежені в ботанічному та созологічному відношенні, на основі чого встановлено показники наукової цінності їх біорізноманіття, що є основою для наукового обґрунтування доцільності їх заповідання.

В основу роботи покладені матеріали польових досліджень, проведених автором за участі наукового керівника впродовж вегетаційного періоду 2021-2022 років традиційним маршрутним методом. Використано загальноприйнятий метод маршрутного флористичного обстеження в адміністративних межах населеного пункту – с. Супрунівка Полтавського району Полтавської області. Аналіз видової різноманітності флори здійснено на основі загальноприйнятого морфолого-еколого-географічного методу, методів порівняльної флористики. У ході проведення досліджень використано такі методи: спостереження; популяційного та екологічного

моніторингу біорізноманіття; описовий метод; метод узагальнення; маршрутний та точковий методи, інші.

Для визначення показників наукової цінності біорізноманіття досліджуваних лісових масивів нами застосовано прийняті в заповідній справі критерії – типовості (репрезентативності) та унікальності до флори, фауни, рослинності та ландшафтів [1].

Ландшафтна репрезентативність є достатньою, а унікальність – незначною. Лісові масиви збереглись на вододільному плато з рівнинним рельєфом і є зональними для Лівобережного Лісостепу.

Ценотична репрезентативність лісових масивів є високою. Основні їх площі зайняті широколистяним лісом із типовою структурою та видовим складом. Домінують угруповання кленово-липово-дубового лісу бруслиново-зірочникового зі значною участю *Fraxinus excelsior* L. у деревостані. Перший ярус формують *Quercus robur* L., *Fraxinus excelsior*, *Tilia cordata* Mill., *Acer platanoides* L., другий – *Ulmus laevis* Pall., *Acer campestre* L., *Pyrus communis* L., подекуди *Betula pendula* Roth (підсажена). Зімкненість деревостану – 0,8-0,9. Підлісок утворюють *Euonymus europaeus* L., *E. verrucosa* Scop., *Rhamnus cathartica* L., різні види *Crataegus* L., зрідка зустрічаються *Corylus avellana* L., *Sambucus nigra* L. *Prunus spinosa* L. утворює суцільні смуги заростей на узліссі. У різних частинах масиву виявлено вікові дерева *Quercus robur* та *Tilia cordata*.

Трав'яний ярус має на багатьох ділянках трансформований характер як наслідок значної неврегульованої рекреації. Однак, у цілому флористичний склад і структура лісу на даний час добре збережена і виявлена. Трав'яний ярус представлений *Stellaria holoste* L., на вологіших місцях, особливо ближче до тальвегу яру – *Aegopodium podagraria* L., на добре освітлених місцях – *Poa nemoralis* L. Основне флористичне ядро є типовим. Його формують *Carex pilosa* Scop. (подекуди утворює незначні за площею куртини), *Mercurialis perennis* L., *Polygonatum multiflorum* (L.) All., *Asarum europaeum* L., *Elymus caninus* (L.) L., *Pulmonaria obscura* Dumort, *Glechoma hirsuta* Waldst. & Kit., *Viola mirabilis* L., *Lathyrus vernus* (L.) Bernh., *Campanula trachelium* L., *Scrophularia nodosa* L. та ін. Значною є участь рослин – лісових нітрофілів: *Lamium purpureum* L., *Urtica dioica* L., *Alliaria petiolata* (M. Bieb.) Cavara & Grande, *Geum urbanum* L., *Galium rivale* (Sibth. & Smith) Griseb., *Lactuca schaixii* Vill. та ін. На узліссях та галявинах зростають *Hypericum perforatum* L., *Origanum vulgare* L., *Achillea submillefolium* Klokov & Krytzka та інші узлісні й деякі лучно-степові види.

Навесні трав'янистий покрив лісу представлений синузіями ранньовесняних ефемероїдів, домінантами яких є *Scilla siberica* Haw. (регіонально рідкісний вид), *Corydalis solida* (L.) Clairv., *Ficaria verna* Huds., *Anemone ranunculoides* L. із участю інших весняноквітучих рослин.

Надґрунтовий покрив утворюють мохи, гриби. На корі дерев виявлені епіфітні лишайники, водорості, мохи.

Ценотична унікальність лісових масивів є високою, так як у складі рослинності представлені рідкісні фітоценози, включені до Зеленої книги України (угруповання широколистяних лісів із домінування дуба звичайного (кленово-липово-дубові ліси ліщиново-зірочникові, -яглицеві, конвалієві).

Флористична репрезентативність Супрунівських перелісків є високою. Флора судинних рослин досліджуваних масивів, за результатами проведених нами досліджень, нараховує 117 видів [3]. Результати проведених аналізів (систематичного, біоморфологічного, екологічного, еколого-ценотичного) [2] засвідчує її чітко виявлений неморальний характер із добре збереженим неморальним флористичним ядром.

Флористична рідкісність і унікальність є теж високими. Хоча в складі флори лісових масивів виявлено тільки два рідкісних видів, однак вони утворюють досить чисельні ценопопуляції. Це – *Tulipa quercetorum* Клоков.& Zoz, включений до Червоної книги України [5] та *Scilla siberica* – охороняється в Полтавській області [4]. Останній вид є домінантом весняних синузій ефемероїдів, які презентують трав'яний покрив лісів у ранньовесняний період.

Фауністична репрезентативність Супрунівських перелісків є високою. В складі фауни відзначені представники більшості систематичних та екологічних груп лісових тварин. Наявність серед них узлісних та синантропних видів обумовлено межуванням лісових масивів із селітебними та сільськогосподарськими територіями. Найбільшою різноманітністю виділяється орнітофауна, яку репрезентують біля 100 видів птахів. Фоновими видами тут є *Fringilla coelebs* L., *Turdus philomelos* L., *Turdus philomelos* L., *Erithacus rubecula* L., *Jynx torquilla* L., *Phylloscopus collybita* L., *P. sibilatrix* L., *Sitta europaea* L., *Garrulus glandarius* L., *Sylvia atricapilla* L., *Coccothraustes coccothraustes* L., *Cyanistes caeruleus* L., *Cuculus canorus* L., *Turdus merula* L., *Carduelis carduelis* L., *Chloris chloris* L. *Passer montanus* L. Ближче до периферії масивів та на узліссях типовими представниками є *Emberiza citrinella* L. та *Oriolus oriolus* L. Поширений тут євритопний вид – *Sturnus vulgaris* L., гніздування якого пов'язане з популяцією *Dendrocopos major* L., який також є типовим для цього масиву. Нечисельними видами в досліджуваних лісових біотопах є *Luscinia luscinia* L., *Columba palumbus* L., *Ficedula albicollis* L., *F. hypoleuca* L. Останній вид охороняється як регіонально рідкісний для Полтавщини вид. Більшість із наведених видів включені до списків Бернської конвенції, тобто мають європейський соціологічний статус.

Народногосподарського значення Супрунівські переліски не мають, оскільки їх площі незначні. Натомість ці локальні лісові екосистеми мають вагоме екологічне значення як осередки збереження типового для регіону лісового біорізноманіття, беруть участь у формуванні мікрокліматичних



показників, виконують ґрунтозахисну роль, оскільки протидіють вітровій та водній ерозії місцевостей.

Ці установлені показники нами використано для підготовки наукового обґрунтування доцільності збереження лісових масивів Супрунівських перелісків шляхом заповідання в статусі ботанічного заказника місцевого значення. Відповідно до положень ботанічні заказники створюються з метою збереження й відтворення цінних у науковому, народногосподарському (ресурсно-кормовому) і естетичному відношенні ділянок із природним рослинним покривом, а також для збереження в природних умовах рідкісних рослин та угруповань.

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

1. Андриенко Т.Л., Плюта П.Г., Прядко Е.И., Каркуцев Г.Н. Социально-экологическая значимость природно-заповедных территорий. К. : Наукова думка, 1991. 157 с.
2. Байрак О. М., Стецюк Н. О. Атлас рідкісних і зникаючих рослин Полтавщини. Полтава : Верстка, 2005. 248 с.
3. Смоляр Н. О., Запорожець А. О. Збереження останців Супрунівських дібров у Полтавській області в умовах сучасних екологічних викликів та загроз // 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. С. 551–554.
4. Смоляр Н.О., Запорожець А.В. Фіторізноманіття Супрунівських перелісків та їх збереження (Полтавська область, Україна) // The IV International Scientific and Practical Conference «Actual problems of practice and science and methods of their solution», January 31 – February 02, Milan, Italy. P. 116–120.
5. Червона книга України. Рослинний світ ; за заг. ред. Я.П. Дідуха. К. : Глобалконсалтинг, 2009. 900 с.

*Сорочинська О. Л., к. і. н., доцент, Кралевиц А. В., студент  
Державний університет інфраструктури та технологій,  
Київ, Україна*

## **ВПРОВАДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

Зараз у економічно-складний для держави період, Україна робить усе можливе для економії своїх ресурсів, тож питання ресурсозбереження є одним із найактуальніших питань сьогодення.

Стратегія економічного розвитку України визначається вектором забезпечення сталого розвитку базових галузей, проведення структурних реформ, цього можна досягти, передусім, шляхом ресурсозбереження в усіх галузях економіки країни.

Ресурсозбереження – це комплекс заходів технічного, технологічного, економічного, організаційного характеру, що забезпечують раціональне використання всіх видів ресурсів, робіт, послуг, зниження витрат в абсолютному й відносному вираженнях, збільшення доходів і прибутку.

Залізничний транспорт є базовою галуззю національної економіки та основою її транспортної системи, забезпечує понад дві третини загального вантажо- та пасажирообігу на теренах України. В зв'язку з тим, що Україна взяла на себе зобов'язання щодо дотримання вимог Європейського Союзу щодо необхідності зменшення шкідливого впливу автомобільного транспорту на навколишнє природне середовище, а також враховуючи наслідки військових дій, через що зруйновано велику кількість автомобільних доріг та мостів питома вага залізничних перевезень щорічно буде збільшуватися.

Для залізничного транспорту процеси ресурсозбереження мають стратегічне значення, що визначено в Стратегії розвитку АТ «Укрзалізниця». В першу чергу, це викликано тим, що високий рівень зношеності основних фондів, який наразі характерний для підприємств галузі, негативно впливає на рівень експлуатаційних витрат та екологічні показники її діяльності, а тому і знижує рівень конкурентоспроможності залізничного транспорту на ринку перевезень.

На сьогоднішній день питання щодо дбайливого енергоспоживання та енергозбереження – є одним із визначальних факторів успішного переходу до сталого розвитку.

Раціональне використання природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки життєдіяльності людини – невід'ємна умова сталого економічного та соціального розвитку України.

Залізничний транспорт це один із найпотужніших чинників дії антропогенного впливу на довкілля, в зв'язку з цим деякі види цього

впливу, насамперед забруднення повітря й посилення шуму, належать до найбільших техногенних навантажень на компоненти навколишнього природного середовища окремих регіонів, особливо великих міст.

Підприємства залізничного транспорту України є однією з найбільш ресурсовитратних галузей економіки, що щорічно споживає величезні обсяги електроенергії та палива. Назвемо основні фактори впливу діяльності підприємств залізничного транспорту на навколишнє природне середовище: забруднення атмосферного повітря та водних об'єктів від пересувних та стаціонарних джерел транспортної інфраструктури; споживання води; використання надр, земельних ресурсів; забруднення ґрунтів; утворення відходів; шумове забруднення; електромагнітне забруднення; іонізуючий вплив; аварійні забруднення при перевезенні небезпечних вантажів та інші. Всі вище перелічені фактори мають негативний вплив на довкілля.

Для зменшення негативного впливу на природне середовище від дії підприємств транспортної інфраструктури необхідно впроваджувати ресурсозберігаючі технології. Ресурсозберігаючі технології – це сукупність послідовних логічних операцій, які забезпечують виробництво продукції з мінімальноможливим споживанням палива та інших джерел енергії, а також сировини, матеріалів та інших ресурсів для технологічних цілей. Ресурсозберігаючі технології в першу чергу розраховані на низьке споживання природних ресурсів, їх комплексну переробку та утилізацію відходів, вторинної сировини (металобрухту, макулатури та ін.). Ці технології дозволяють економити природні ресурси й уникати забруднення природного навколишнього середовища.

На підприємствах АТ «Укрзалізниця» поступово йде впровадження інноваційних енергозберігаючих технологій з використанням альтернативних відновних джерел енергії, адже саме використання альтернативних джерел енергії є частиною комплексної програми з енергозбереження на АТ «Укрзалізниця». Уже протягом тривалих років в галузі реалізуються заходи, спрямовані на скорочення рівня використання ресурсів, в першу чергу, паливно-енергетичних, однак незважаючи на це рівень їх споживання по окремих видах є ще досить значним. Згідно з офіційними даними АТ «Укрзалізниця», за останні 12 років за рахунок впровадження енергоощадних технологій в перевізному процесі і сучасного енергоефективного обладнання в галузі вдалося знизити споживання дизельного палива на 21,7%, бензину – на 58,2%, вугілля – на 71,8%, природного газу – на 56,5%, мазуту – на 92,6%

Останнім часом збільшується кількість підрозділів, де залізничники застосовують геліосистеми для забезпечення гарячого водопостачання галузевих підприємств. Геліосистема – це пристрій, який служить для перетворення енергії сонячної радіації (сонячна енергія) в форму, яка зручна для використання людиною. Сонячну енергію активно використовують на Придніпровській та Одеській залізницях. Геліосистеми економічно вигідні,

екологічно безпечні, вони є альтернативою обмеженим природним ресурсам. Використання сонячних батарей практично не забруднює навколишнє середовище.

Крім сонячних колекторів, підприємства залізничного транспорту встановлюють котли, які працюють на відходах деревини, та теплові насоси, що живляться тепловою енергією землі.

Також з метою економії енергоресурсів проводять утилізацію непридатних дерев'яних шпал, які можна переробляти в паливні брикети. Зменшення витрати палива на підприємствах залізничного транспорту в першу чергу було досягнуто переважно завдяки реконструкції застарілих котелень (зокрема, установка сучасних вискоєфективних котлів), а також переведення вугільних і мазутних котелень для роботи на природному газі та електроенергії.

У перспективі створення об'єктів альтернативної енергетики на підприємствах АТ «Укрзалізниця» забезпечить: зниження енергоємності виробництва, зменшення обсягів використання паливноенергетичних ресурсів, підвищення рівня безпеки праці та культури виробництва, зменшення обсягів шкідливих викидів у довкілля, а відтак покращення стану здоров'я людей»

Одним із важливих напрямів ресурсозбереження на залізничному транспорті є формування системи логістичних центрів на основі інформаційних ресурсів Укрзалізниці. Упровадження логістичних технологій у перевізний процес забезпечує координацію в роботі залізниць з іншими видами транспорту, зокрема морським та автомобільним, внаслідок чого скорочуються непродуктивні простої вагонного парку, особливо в припортових залізничних вузлах.

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

1. Гудков А. В. Ресурсозберігаючі технології і технічні засоби // *Залізничний транспорт*. 2008. №4. С. 72–78.
2. Табачкова Н. А. Українські реалії та перспективи сталого розвитку в умовах глобалізації економіки [Текст] // *Науковий вісник Ужгородського національного університету*. 2016. Вип. 6. С. 71–74.
3. Дикань В. Л., Калабухіна М. Ю. Аналіз енергетичної складової у прямих енергетичних витратах на роботу тягового рухомого складу [Текст] // *Вісник економіки транспорту і промисловості*. 2012. №39. С. 80–83.
4. Луханін М. Тяга поїздів –ресурсозберігаючі традиції та інновації бережливого виробництва на Одеській залізниці [Текст] // *Українські залізниці*. 2014. № 6 (12). С. 42–55.

## **СУЧАСНІ НАУКОВО-ПРАКТИЧНІ МОЖЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ПОРУШЕНЬ МЕЖ ЗЕМЕЛЬНИХ ДІЛЯНОК ТПВ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

Інтегроване управління земельними ресурсами, питання екологічної стабільності та інформаційного забезпечення планування території є наріжними питаннями регіональної політики сьогодення.

Сучасні управлінські рішення з просторового планування територій регіонального та місцевого рівнів першочергово приділяють увагу екологічним питанням. Загальна екологічна ситуація регіону прямо-пропорційно залежить від ситуації у кожній громаді, які є її компонентами. Нагальними питаннями виступає облік та просторова візуалізація усіх екологічно небезпечних, чи екологічно-нестабільних об'єктів у межах адміністративно-територіальних підрозділів різних рівнів.

У «Національній Стратегії управління відходами в Україні до 2030 року» відзначено про високий рівень утворення відходів та низькі показники їх використання як вторинної сировини, що призвели до того, що в Україні щороку в промисловості та комунальному секторі нагромаджуються значні обсяги твердих відходів, з яких лише незначна частина застосовується як вторинні матеріальні ресурси, решта потрапляють на звалища [1]. Такі звалища, як правило, знаходяться на мінімально небезпечних відстанях від населених пунктів і значна їх частина функціонує з порушеннями санітарно-екологічних, технічних та територіально-просторових норм.

Одними із положень Стратегії [1] є встановлення кількості: 1) діючих полігонів, які відповідають вимогам ЄС; 2) діючих полігонів та сміттєзвалищ, які не відповідають вимогам ЄС, але ще функціонують; 3) територій рекультивованих старих полігонів. Найкраще з цим питанням справляються ГІС системи та технології ДЗЗ, які працюють з геопросторовими об'єктами.

Геопросторовий об'єкт, що характеризується певним місцем знаходження на Землі і визначений у встановленій системі просторово-часовими координатами – це об'єкт з яким готові на сьогодні працювати фахівці різних галузей. Але для того щоб мати максимальний рівень довіри до такого об'єкту до нього необхідно застосувати, згідно закону України "Про регулювання містобудівної діяльності", набори класифікаторів. На сьогодні містобудівна документація розробляється як набори профільних геопросторових даних (НПГД) у єдиній системі класифікації та кодування

просторових об'єктів (земельних ділянок та пов'язаних із нею об'єктів нерухомого майна). Ядром такої системи класифікації та кодування, відповідно до світового досвіду та міжнародних стандартів, має бути реєстр об'єктів створений за міжнародним стандартом ISO19110: «Методологія каталогізації об'єктів».

Формування геопросторового об'єкту ТПВ (твердих побутових відходів) починається з визначення місця його розташування та встановлення фактичної площі. Під час проведення інвентаризаційних робіт значна частина ділянок має невідповідність фактичним та офіційним даним Державного земельного кадастру (ДЗК) – як основного утримувача офіційної геопросторової бази про земельні ділянки та звітних статистичних форм, наприклад форми 16-зем та форми N 1-ТПВ «Звіту про поводження з твердими побутовими відходами».

Наявними помилками, які зустрічаються в інформаційних системах є:

1. Повна або часткова відсутність інформації про об'єкт.
2. Технічні помилки щодо земельних ділянок у відомостях Державного земельного кадастру (невірні кадастрові номери, недоліки в геодезичних даних, помилки в класифікації у КВЦПЗ, КВЗУ, КВЕД, СКОФ, тощо).
3. Неспівставність інформації у різних інформаційних базах даних.

Яскравими представниками помилок з повною відсутністю інформації про об'єкт є земельні ділянки несанкціонованих звалищ ТПВ (наприклад стихійне сміттєзвалище поблизу селища Нова Водолага Харківської області). Такі ділянки не обліковуються, як земельні ділянки з ТПВ, але у дійсності на них зосереджені сміттєзвалища.

Часткова відсутність інформації, це ті випадки коли на земельну ділянку є документація виконана за попередніми періодами часу у паперовому вигляді, але вона повністю відсутня у системі ДЗК, тобто відсутня в електронному документообігу і не відображається на Публічній кадастровій карті України.

Технічні помилки, які допущені у документаціях із землеустрою; помилки, допущені у відомостях ДЗК під час державної реєстрації земельної ділянки; помилки через невідповідність інформації кадастрів різних періодів - це другий тип помилок та неточностей.

Помилки у координатах, які не дають вірогідного відображення просторового об'єкту можуть виникати:

- у випадках невірного виконання геодезичних робіт та складенні землевпорядної документації. Такі помилки виправляються безпосередньо розробником землевпорядної документації.
- невірного підбору масштабу креслення чи знімка при його обробці. Наприклад деталізація ортофотоплану складає: при М 1:500 – 1 піксель = 2,5 см на місцевості; при М 1:2000 – 1 піксель = 10 см на місцевості; при М 1:5000 – 1 піксель = 15 см на місцевості.
- помилка, що виникає під час перерахунку з однієї системи координат

в іншу, та відомості які були перенесені до ДЗК з документів різного періоду часу (помилка на планово-картографічному матеріалі у вигляді перекриття чи недотягування суміжних земельних ділянок, зміщення, розворот, віддзеркалювання). Якщо помилка сталася при зміні однієї системи координат на іншу, то її виправляє адміністратор ДЗК або сертифікований інженер-землевпорядник. Землевпорядник перераховує координати земельної ділянки з урахуванням суміжних землеволодінь та землекористувань, про що повідомляє кадастровому реєстратору через Публічну кадастрову карту, а реєстратор уносить виправлення до ДЗК згідно п. 89,90 Порядку № 1051 [2].

Помилки третього типу потрапляють до системи ДЗК у результаті інформаційної взаємодії з інших кадастрів та інформаційних систем, наприклад, із Державного реєстру речових прав на нерухоме та галузевих кадастрів різних Міністерств і Відомств. Також досить великі розбіжності існують і на різних електронних ресурсах. Наприклад межі земельної ділянки ТПВ поблизу с. Піски Валківської громади на Wikimaria та Публічній кадастровій карті – не співпадають. Як видно з рис.2, вказана земельна ділянка – незареєстрована в ДЗК, а сміттєзвалище вже перейшло на поруч розташовану ділянку.



**Рисунок 1 – Земельна ділянка ТПВ поблизу с. Піски на ортофотоплані та Публічній кадастровій карті**

Рішення вказаної проблеми можливе при залученні актуальних супутникових знімків великої роздільної здатності, за допомогою яких можливо точно візуалізувати межі земельної ділянки.

Точність Базової карти ArcGIS Online World Imagery для Лівобережної України та західних регіонів (наближених до Європейських стандартів – 0,6 м) – складає 1 м на піксель.

Точність складеного ортофотоплану на основі знімків Sentinel-2 (липень 2021) – 15 м на піксель.

Точність класу просторових даних Базової карти за попередньою векторизацією районів та адміністративних меж Харківської області – 0,5 –

1 м на піксель.

Отже, точність даних за аерокосмічними знімками є не досить високою, що не дає можливості це вважати геодезичним зніманням, але є достатньою для фіксації усіх подій та встановлення недоліків у геоінформаційних даних та подальшому їх моніторингу.

Встановлені дані порушень та помилок додаються до розробки Геопорталу регіональної системи моніторингу навколишнього середовища Харківської області, що виконано за участі Кафедри 407 "Геоінформаційних систем і технологій" Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського. Інтерфейс вказано на рис.2.

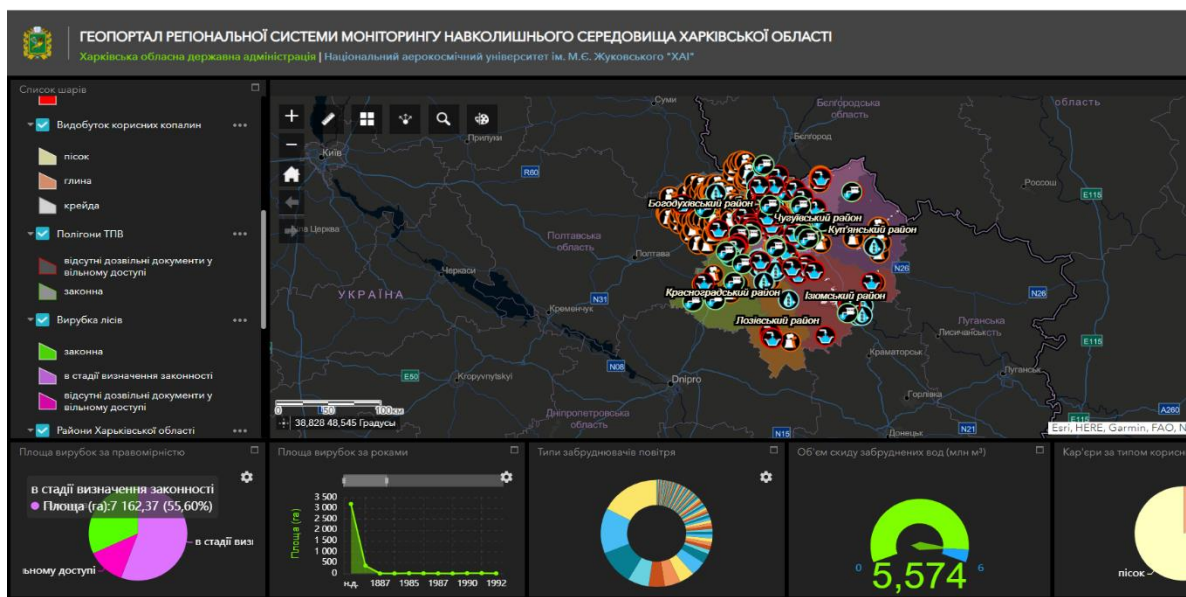


Рисунок 2 – Геопортал регіональної системи моніторингу навколишнього середовища Харківської області

Отже, застосувавши сучасну обробку супутникових знімків та програмні продукти, порівнявши інформацію з офіційними даними Державного земельного кадастру та іншими інформаційними та електронними джерелами можливо виявити незаконні ділянки ТПВ, встановити вид помилки чи неточностей у геопросторовому об'єкті, побудувати картографічну модель поточної ситуації і здійснити контроль.

#### Використані інформаційні джерела:

1. Про схвалення Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 8 листопада 2017 р. № 820-р [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/820-2017-%D1%80#n8>.

2. Про затвердження Порядку ведення Державного земельного кадастру : Постанова Кабінету міністрів від 17 жовтня 2012 р. № 1051 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1051-2012-%D0%BF#Text>.



*Тищенко В. О., к. держ. упр, доцент, Пруський А. В., д-р.техн.наук, доцент, Єременко С. А., д-р. техн. наук, професор, Сидоренко В. Л., д-р. техн. наук, доцент, Скоробагатько Т. М., канд.техн.наук*  
*Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту, м. Київ, Україна*

## **ВПЛИВ НА ЕКОЛОГІЮ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ В УКРАЇНІ**

Інститутом державного управління та наукових досліджень із цивільного захисту проведено аналіз наявної інформації про пожежі за звітний період, що надійшла від територіальних органів ДСНС відповідно до п. 9 «Інструкції по роботі з Карткою обліку пожежі», затвердженої наказом ДСНС від 16.08.2017 № 445 «Про забезпечення ведення обліку пожеж та їх наслідків», а також отриманої з програмного забезпечення «Статистичний облік пожеж». Так, підрозділами територіальних органів ДСНС упродовж 9 місяців 2022 року в Україні зареєстровано 67 943 пожеж. Порівняно з аналогічним періодом минулого року кількість пожеж збільшилася на 17,2%. Збільшення кількості пожеж спостерігається по всіх видах об'єктів, за винятком транспортних засобів, що обумовлено, насамперед, вторгненням російських військ на територію України [1]. На відкритих територіях в Україні упродовж цього ж періоду часу виникло 35 637 пожеж (+14,6%), що становить 52,5% від загальної кількості пожеж. Також в Україні зареєстровано 606 пожеж в екосистемах (збільшення на 40,6 % у порівнянні з аналогічним періодом минулого року). На цих об'єктах загинуло дві людини, травмування людей не зареєстровано.

Серед пожеж в екосистемах слід виділити лісові пожежі, які являють собою глобальну загрозу у вигляді вагомих економічних і екологічних наслідків від них. Горіння наявних у значній кількості у лісових масивах горючих матеріалів є складним процесом перетворення вуглеводних сполук і переважно клітковини. Під час нагрівання клітковина розпадається на леткі речовини та твердий вуглець. При цьому поєднуються процеси, властиві як гомогенному, так і гетерогенному горінню.

Процесу горіння передують цілий ряд стадій, починаючи з підігріву горючого матеріалу, і закінчуючи перетворенням його на газоподібний стан. Підготовчі стадії, порівняно з процесом горіння, йдуть дуже повільно. Так, згоряння деревини на повітрі відбувається з попереднім її підсушуванням, розкладанням і сублімацією летких речовин, які утворюють з повітрям горючу суміш. Невеликі частинки твердого вуглецю захоплюються потоком газів. Деякі з них згорають у полум'ї, інші утворюють дим. Твердий вугільний залишок зазнає перетворення за рахунок безполум'яного гетерогенного горіння [2].

Однією з резонансних лісових пожеж, яка виникла в Україні останніми

роками слід відмітити пожежу в Чорнобильській зоні у квітні 2020 року на території Котовського лісництва між смт Поліське, селами Тараси та Володимирівка, а згодом і у Житомирській області. Цю пожежу вдалося загасити лише через 10 діб, але згодом через сильний вітер знову виник відкритий вогонь. До гасіння було залучено близько 1200 осіб та понад 120 одиниць техніки. Гасіння пожеж ускладнювалося частою зміною напрямку вітру, а також відсутністю протипожежних доріг у важкодоступних місцях, куди не могла заїхати техніка. Протягом першого тижня пожежа охопила території Корогодського, Котовського та Денисовецького лісництв. Згоріли території колишніх сіл Лелів, Копачі, Поліське, Грезля, Рудня-Грезлянська, Ковшилівка, Варовичі, Буда-Варовичі, Мартиновичі, Смарагдовий, Волхов, Чистогалівка, згоріла територія Рудого лісу, закрите військове місто Чорнобиль-2, постраждало місто Чорнобиль, втрачено об'єкт на туристичному маршруті – піонерський табір «Казковий». Пожежа завдала шкоди фауні й флорі та екології. Вогнем знищено частину лісів, 12 віддалених сіл, цвинтарі. Загалом від пожеж постраждало близько 5% території заповідної території, 11,5 тисяч гектарів у південно-західній частині Чорнобильського заповідника [3].

Запобігання виникненню пожежам і їх безпосереднє гасіння є основними завданнями для лісової охорони протягом пожежонебезпечного сезону, який триває, зазвичай, з квітня по жовтень. Прийнята нині шкала оцінки природної пожежної небезпеки в лісах України, що враховує видовий склад і вік насаджень, категорію земель у поєднанні із значенням комплексного показника пожежної небезпеки за умов погоди є підставами для визначення рівня готовності та режиму роботи лісових пожежників. Але на жаль, існуюча система не забезпечує точного прогнозування пожежної небезпеки з урахуванням клімату та інших змін та не дає змоги попередньо визначити інтенсивність та швидкість поширення пожежі [4].

Із метою розвитку регіональної комплексної системи управління лісовими пожежами в рамках проекту «Використання природних водотоків для гасіння лісових пожеж за допомогою нових технологій» (*Streams-2-SUPPRESS-Fires*) Спільної операційної програми ЄС *INTERREG IV* «Басейн Чорного моря 2007–2013» на базі Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника (далі – ЧРЕБЗ) були проведені комплексні лісопірологічні та лісівничі дослідження. Зокрема, на основі вивчення лісових горючих матеріалів (далі – ЛГМ) було запропоновано дванадцять моделей ЛГМ, які охоплюють всі основні типи рослинності регіону. Також було створено цифрову карту рельєфу, карти рослинного покриву, річкової мережі, дорожньої мережі та моделей ЛГМ [2].

Ґрунтуючись на зібраних даних в рамках вищезазначених досліджень було змодельовано швидкість поширення пожежі та оцінено можливу інтенсивність пожежі. Швидкість поширення й інтенсивність пожежі можуть досягати 90 м/хв, а теплотворна здатність – більше 3500 кВт/год

відповідно. Виходячи з даних моделювання, було створено карту складності пожежогасіння. Ці дані, в поєднанні з даними гідрології, сприятимуть підвищенню ефективності гасіння лісових пожеж шляхом оптимізації розташування пожежних водойм та оптимізації доставки води на пожежу. Сучасні дослідження, які були проведені в ЧРЕБЗ, стануть у нагоді під час прогнозування поведінки та сили можливих пожеж, а отриманий досвід допоможе покращити існуючу систему охорони лісів від пожеж в Україні.

Враховуючи значну кількість лівих пожеж в Україні Кабінет Міністрів України прийняв постанову від 20 травня 2022 року «Про затвердження Порядку організації охорони і захисту лісів» в якій наведено вимоги щодо охорони та захисту лісів від пожеж, протипожежні вимоги до місць спалювання порубкових решток місць рубок. Надано рекомендації щодо дій після ліквідації лісової пожежі одночасно з проведенням розслідування випадків лісових пожеж.

Також в постанові наведено заходи щодо проведення детального аналізу гасіння лісової пожежі з метою виявлення недоліків та підвищення ефективності гасіння в майбутньому, який передбачає: аналіз процесу керівництва гасінням лісової пожежі та прийнятих рішень; аналіз організації та якості виконання поставлених завдань на всіх рівнях; аналіз інших ризиків, які виникли або могли виникнути під час гасіння пожежі; оцінку ефективності гасіння пожежі та наявного протипожежного впорядкування; виявлення недоліків та допущених помилок, які призводять до зменшення ефективності та збільшення часу гасіння [5].

Отже, щорічна кількість пожеж в Україні все ще лишається значною, в тому числі це стосується й кількості пожеж в екосистемах, а матеріальні втрати від них сягають дуже великих розмірів. У зв'язку з чим доцільно продовжити проводити роз'яснювальну роботу серед населення щодо поведінки в лісах та дотримання правил забезпечення пожежної безпеки, а службам, які здійснюють моніторинг лісових пожеж та безпосередньо залучаються до їх ліквідації активно запроваджувати у своїй діяльності сучасні світові підходи та технології.

### **Використані інформаційні джерела:**

1. Інформаційно-аналітична довідка про пожежі та їх наслідки в Україні за 8 місяців 2022 року *Режим доступу:*

<https://idundcz.dsns.gov.ua/upload/1/2/2/3/0/8/1/qFcYP2qkgtbfXU8EFKhLjb0Ggef9dChKhIJGVafI.pdf>.

2. *Справочное руководство по ликвидации лесных пожаров. Гродно. 2012. С. 160.*

3. *Лісові пожежі в Чорнобильській зоні (2020). Режим доступу:*

[https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D1%96%D1%81%D0%BE%D0%B2%D1%96\\_%D0%BF%D0%BE%D0%B6%D0%B5%D0%B6%D1%96\\_%D0%B2\\_%D0%A7%D0%BE%D1%80%D0%BD%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D1%96%D1%81%D0%BE%D0%B2%D1%96_%D0%BF%D0%BE%D0%B6%D0%B5%D0%B6%D1%96_%D0%B2_%D0%A7%D0%BE%D1%80%D0%BD%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0)

*%BB%D1%8C%D1%81%D1%8C%D0%BA%D1%96%D0%B9\_%D0%B7%D0%BE%D0%BD%D1%96\_(2020).*

4. Зібцев С. В., Борсук А. А. *Нові технології для гасіння лісових пожеж із використанням природних водотоків.* Режим доступу: <https://ekoinform.com.ua>.

5. *Постанова Кабінету Міністрів України від 22 травня 2022 року.* Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/612-2022-%D0%BF#n374>.

УДК 504.05:57.04:581.143

<sup>1</sup>Ткачук Н. В., к. б. н., доцент, <sup>2</sup>Зелена Л. Б., к. б. н., с. н. с.,  
<sup>3</sup>Крапивний С.Б.

<sup>1</sup>Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка,  
Чернігів, Україна

<sup>2</sup>Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України,  
<sup>2</sup>Київський національний університет технологій та дизайну,  
Київ, Україна

<sup>3</sup>Чернігівський ліцей №32, Чернігів, Україна

## **ЗАСОБИ ДЛЯ МИТТЯ ПОСУДУ У ПОСУДОМИЙНИХ МАШИНАХ ЯК ЗАБРУДНЮВАЧІ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА: ФІТОТОКСИЧНІСТЬ ЗА *LEPIDIUM SATIVUM* L.**

Із початку 21 століття стабільне розширення місткості ринку синтетичних мийних засобів в Україні пов'язують із підвищенням вимог споживачів до якості життя, зокрема, зростанням пропозицій пральних та посудомийних машин [1]. Упродовж останнього десятиліття в Україні спостерігалася тенденція до збільшення частки синтетичних миючих засобів для прання в автоматичних машинах [2] та для миття посуду [3]. Значна токсичність побутових стоків із вмістом синтетичних миючих засобів може погіршувати процес біоочистки [4-5]. Постійне надходження недостатньо очищених або неочищених побутових стічних вод у водні екосистеми ставить питання про виробництво екологічно чистих мийних засобів [6-7]. Для оцінки токсичності різних сполук застосовують біотестування, зокрема з крес-салатом (*Lepidium sativum* L.) [8-9]. Метою даної роботи було дослідження токсичності засобів для миття посуду у посудомийних машинах (ЗМППМ) за фітотестом із крес-салатом.

У дослідженні використано ЗМППМ («Все в 1») широкодоступні у торговельній мережі України. З метою запобігання звинувачень у рекламі або антирекламі засобів ми не наводимо їх торгові назви. За інформацією виробників склад досліджуваних засобів наступний: ЗМППМ1 (фосфонатвмісний): 5-15% відбілювач на основі кисню, фосфонати, полікарбоксилати, < 5% неіоногенні поверхнево-активні речовини (ПАР), ензими, ароматизатори (зокрема лімонен, бензиловий спирт); ЗМППМ2 (безфосфатний): > 30% натрію сульфат, 15-30% натрію цитрат, 15-30% натрію хлорид, 15-30% натрію карбонат, 5-15% відбілювач на основі кисню, <5% полікарбоксилати, <5% натрію силікат, <5% неіоногенні ПАР, <5% тетраацетилетилендіамін, <5% протеаза, <5% амілаза, <5% ароматична композиція, <5% піногасник. Концентрації досліджуваних ЗМППМ у досліджуваних розчинах становили 10 %, 5 %, 1,0 % та 0,5 %.

Як тест-рослину використали крес-салат (*L. sativum*) сорту «Афродіта». Методику дослідження наведено раніше [9]. На 3-ю добу визначали енергію

проростання, на 5-у добу – схожість та довжину надземної частини та коріння. Розраховували наступні фітотоксичні індекси: індекс довжини корінців (ІДК), фітотоксичний ефект розчинів (ФЕ), індекс токсичності розчинів для кожної тест-функції (ІТФ), середній індекс токсичності досліджуваних розчинів (ІТФ<sub>сер</sub>) [9-11]. Статистичну обробку даних здійснювали з використанням програми Microsoft Office Excel 2010.

Результати дослідження енергії проростання та схожості насіння крес-салату наведено в таблиці 1, а розраховані фітотоксичні індекси – в таблиці 2.

**Таблиця 1 – Енергія проростання та схожість насіння тест-рослини**

Варіант досліджу	Енергія проростання, %	Схожість, %
Контроль	100	100
ЗМПМ1 10%	0	0
ЗМПМ1 5%	0	0
ЗМПМ1 1%	23,0 ± 3,0* **	33,0 ± 7,0* **
ЗМПМ1 0,5%	67,0 ± 3,0*	67,0 ± 3,0*
ЗМПМ2 10%	0	0
ЗМПМ2 5%	0	0
ЗМПМ2 1%	7,0 ± 3,0* **	7,0 ± 3,0* **
ЗМПМ2 0,5%	67,0 ± 9,0*	73,0 ± 3,0*

*Примітка:* \* – відмінності від контролю достовірні при  $p \leq 0,05$ ; \*\* – відмінності від безфосфатного/фосфонатвмісного засобу достовірні при  $p \leq 0,05$

**Таблиця 2 – Фітотоксичні індекси**

Варіант досліджу	ІДК	ФЕ, %	ІТФ <sub>сер</sub>
Контроль	0,00	0,00	1
ЗМПМ1 10%	-1	100	0
ЗМПМ1 5%	-1	100	0
ЗМПМ1 1%	-0,96	95,73	0,17
ЗМПМ1 0,5%	-0,93	92,38	0,37
ЗМПМ2 10%	-1	100	0
ЗМПМ2 5%	-1	100	0
ЗМПМ2 1%	-0,97	96,95	0,04
ЗМПМ2 0,5%	-0,94	93,90	0,39

Встановлено, що 5%-ий та 10%-ий розчини повністю пригнічують схожість та ріст насіння тест-рослини і за розрахованими індексами є екстремально токсичними (див. табл. 1-2). Зменшення концентрації засобів у 5-20 разів (1%-ий та 0,5%-ий розчини) не забезпечує суттєвого зменшення токсичності, яка залишається екстремальною (див. табл. 1-2). При цьому токсичність фосфонатвмісного та безфосфатного засобів була на одному рівні. Перспективою подальших досліджень є оцінка порівняльної фітотоксичності засобів з використанням їх меншої концентрації.

### **Використані інформаційні джерела:**

1. Волошина С. В., Козлова В. В. Стан і перспективи розвитку ринку синтетичних мийних засобів в Україні. *Економіка та суспільство*. 2017. Вип. 10. С. 222–225.
2. Вакуліч А. М., Курінна І. Г., Харкута О. В. Основні тенденції та прогноз розвитку ринку мюючих засобів в Україні. *Академічний огляд*. 2010. №2 (33). С. 147–151.
3. Черничко С. Ф., Борисенко К. В., Гришан М. М. Тенденції та перспективи розвитку ринку товарів побутової хімії в Україні та Закарпатській області. *Бізнесінформ*. 2018. №10. С. 442–447.
4. Cornel P., Schaum C. Phosphorus recovery from wastewater: needs, technologies and costs. *Water Science and Technology*. 2009. № 59. P. 1069–1076.
5. Bashar R., Gungor K., Karthikeyan K.G., Barak P. Cost effectiveness of phosphorus removal processes in municipal wastewater treatment, *Chemosphere*. 2018. №7. P. 195–217.
6. Rebello S., Anoopkumar A., Sindhu R., Binod P., Pandey A., Aneesh E.M. Comparative Life-Cycle Analysis of Synthetic Detergents and Biosurfactants – an overview. *Refining Biomass Residues for Sustainable Energy and Bioproducts / Praveen Kumar R., Gnansounou E., Raman J.K., Baskar G. 1st Edition, Elsevier*. 2019. P. 511–521.
7. Вернікін О. М. Удосконалення технологій для виробництва екологічно чистих мюючих засобів: дис... канд. техн. наук. 21.06.01 / Державна екологічна Академія післядипломної освіти та управління, Національний ун-т біоресурсів і природокористування України. Київ, 2021. 281 с.
8. Božym M. Assessment of phytotoxicity of leachates from landfilled waste and dust from foundry. *Ecotoxicology*. 2020. №29. P. 429–443.
9. Tkachuk N., Zelena L., Fedun O. Phytotoxicity of the aqueous solutions of some synthetic surfactant-containing dishwashing liquids with and without phosphates. *Environmental Engineering and Management Journal (EEMJ)*. 2022. Vol. 21, №6. P. 965–970.
10. Багдасарян А. С. Биотестирование почв техногенных зон городских территорий с использованием растительных организмов: дис... канд. биол. наук: 03.00.16 / Ставропольский государственный у-нт, Ставрополь, 2005. 159 с.
11. Tkachuk N., Okulovych I. Toxicity of aqueous solutions of cosmetics in phytotest with *Lepidium sativum* L. *Agrobiodiversity for Improving, Nutrition, Health and Life Quality*. 2021. Vol. 5, N 2. P. 348–354.

УДК 504.5:628.33

*Трус І. М., к.т. н., доцент, Твердохліб М. М., к. т. н.,  
Галиш В. В., к. х. н., доцент, Макаренко І. М., к. т. н., ст. н. с.,  
Манишева Н. Ю., студентка*

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний  
інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна*

## **ВИЛУЧЕННЯ ІОНІВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ РЕАГЕНТНИМ МЕТОДОМ ТА УТИЛІЗАЦІЯ УТВОРЕНИХ ОСАДІВ**

Забруднення води є однією з глобальних проблем, які суспільство має вирішити у 21 столітті. Індустріалізація, зміна клімату та розширення міських територій продукують різноманітні забруднювачі води. Враховуючи динаміку катіонів важких металів і те, що більшість з них потрапляє у навколишнє середовище з рідкими стоками можна сказати, що антропогенна діяльність на пряму пов'язана зі збільшенням кількості важких металів у водному середовищі.

Однозначно присутність важких металів у стічних водах зростає з розвитком промисловості та людської діяльності. Джерелами утворення таких стоків є гальванічні виробництва, виготовлення акумуляторів, видобуток і переробка руди, металургійна промисловість, дубильна та текстильна промисловість, електрохімічні процеси. Важкі металами, потрапляючи у навколишнє середовище не піддаються біологічному розкладанню [1] і можуть бути канцерогенними. Вони акумулюються у ґрунті, рослинах та живих організмах [2], що може призвести до серйозних проблем в екосистемах. Тому видалення іонів важких металів зі стічних вод має першочергове значення для охорони навколишнього середовища та здоров'я людини.

Останні дослідження в області очищення води від іонів важких металів зосереджені на певних методах, таких як адсорбція з використанням синтетичних і природних адсорбентів, іонний обмін, електрокоагуляція, мембранні, хімічні та фотокаталітичні методи.

Нанопористі адсорбенти на основі вуглецю, особливо активоване вугілля, вуглецеві нанотрубки і графен, широко використовуються для видалення важких металів завдяки їхній величезній площі поверхні [3]. Для збільшення питомої площі поверхні та покращення поглинання важких металів використовують методи модифікації поверхні вуглецю, такі як азотування, окислення та сульфування. Такі методи модифікації поверхні вимагають надмірного тепла та тиску, використання додаткових хімічних реагентів. Все це робить адсорбенти на основі вуглецю дорогими, ускладнюючи їх широке використання в промислових цілях.

Використання ж природних мінеральних сорбентів таких як цеоліт, кремнезем та глина є більш рентабельним, однак ефективність видалення



важких металів може знизитися після кількох циклів. А для збільшення їх ємкості також використовують додаткову обробку реагентами. Розробка екологічно чистих і економічно ефективних адсорбентів із відходів є актуальною тенденцією останніх досліджень. Однак утилізація таких адсорбентів після процесу адсорбції є великою проблемою, щоб уникнути екологічних ризиків.

Із роками технологічний прогрес у розробці мембран призвів до збільшення використання мембран для фільтрації та вилучення іонів важких металів зі стічних вод [4]. Використанням зворотного осмосу для вилучення іонів важких металів зі стічних вод можна досягти ефективності очищення води на 95–98%. Проте забруднення та деградація мембрани є основним недоліком систем ЗО. Інгібування забруднення та накипу може забезпечити покращення розділення мембрани. Однак попередня обробка та періодичне очищення мембран спричиняє додаткові витрати.

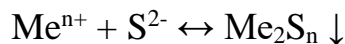
Електродіаліз використовується для розділення іонів за рахунок різниці електричних потенціалів. Електродіаліз забезпечує високу ефективність очищення води від важких металів, без участі додаткових хімічних речовин [5] та може працювати в широкому діапазоні значень рН. Однак при застосуванні електродіалізу також відбувається забруднення мембран, внаслідок чого вони стають не придатними для подальшого використання. А висока вартість мембран і значні затрати електроенергії робить процес досить дорогим.

Методи електрохімічної обробки стічних вод з вмістом важких металів також мають свої переваги, такі як швидкість процесу, контрольованість, простота видалення осаду та менша кількість хімікатів. Проте висока вартість анодів і катодів, низька пропускна здатність, високе споживання енергії є основними проблемами, з якими стикається ця технологія.

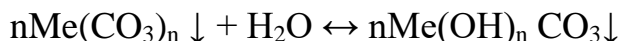
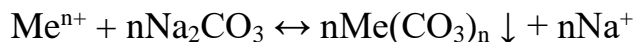
Найширше поширення в практиці водоочистки від іонів важких металів має реагентний метод. Він включає процеси нейтралізації, окисні і відновні реакції, осадження, зневоднення осаду, дозволяє видаляти іони важких металів. Іони важких металів в даному випадку переводяться в гідроксидні з'єднання за рахунок підвищення рН усереднених стоків до показників їх гідратуутворення з осадженням і фільтрацією.

Головна перевага реагентного методу – ефективне знешкодження кислотно-лужних стоків різних обсягів з будь-якої заданої концентрацією іонів важких металів. Недоліки – значні витрати реагентів, отримання неутілізованих осаду, підвищення солевмісту стоків, очищених від ІВМ, значні експлуатаційні витрати, необхідність організації системи реагентного господарства.

Для очищення технологічних стоків гірничодобувних і переробних підприємств від катіонів важких металів і миш'яку при використанні методів осадження в якості реагенту-осаджувача доцільно використовувати сульфід натрію:



Досить широко застосовується карбонати:



Коагуляція – це дестабілізація колоїдів шляхом нейтралізації сил, які утримують їх розділення, тоді як флокуляція – це агрегація дестабілізованих частинок. Традиційними коагулянтами є алюміній, сульфат заліза, хлорне залізо, які використовують для нейтралізації зарядів іонів. Флокуляція зв'язує частинки, утворюючи великі агрегати, за допомогою флокулянтів, таких як поліалюміній хлорид, полісульфат заліза, поліакриламід та інші флокулянти макромолекул. При коагуляційному очищення стічної води від іонів важких металів, хлоридів і сульфатів перспективним є використання коагулянту алюміній сульфату. Повідомляється, що поліелектроліти є однією з найбільш практичних флокуляцій, але утворений осад може бути токсичним. Флокулянти, як правило, не є природними та не піддаються біологічному розкладанню.

Деякі недоліки – це токсичність і небезпека для здоров'я неорганічних коагулянтів, великий об'єм мулу, селективність щодо деяких металів і неефективність щодо деяких забруднювачів, залишкова висока колірність стоків, неефективність при використанні природних коагулянтів, і комплекс масштабування. Типові важкі метали, що можуть бути видалені цим методом, включають  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$  і  $\text{Ni}^{2+}$ . Інші метали, такі як  $\text{As}^{2+}$ ,  $\text{Se}^{2+}$ ,  $\text{Cr}^{2+}$ ,  $\text{Sb}^{3+}$ ,  $\text{Sb}^{5+}$ ,  $\text{Ag}^+$ , також можуть бути ефективно видалені.

Таким чином хімічні методи, особливо хімічне осадження, є технічно простим та практичним в порівнянні з іншими методами. Вони також вважаються економічно ефективними оскільки не потребують додаткових витрат на технічне забезпечення обладнання – мембрани, електроди, електроенергію. Однак при цьому утворюються великі об'єми осадів, що містять важкі метали і потребують седиментаційного відділення [6]. Відповідно, необхідно розробити технології утилізації таких шлаків для досягнення ефективного відновлення металів з меншим впливом на навколишнє середовище та низькою вартістю.

У роботах [7, 8] запропоновані економічно ефективні технології комплексного очищення водних розчинів від іонів важких металів при використанні реагентних методів з утилізацією утворених осадів у складі будівельних матеріалів.

Для видалення іонів міді та заліза з водних розчинів застосовували хімічне осадження вапном. Вибір реактиву пов'язаний з його дешевизною.

Під час обробки води вапном, утворюються гідроксиди металів внаслідок випадає осад, який є потім фільтрують або центрифугують. Після цього очищену воду можна повторно використовувати в технологічних процесах.

Відповідно до Державних стандартів України, можна використовувати не більше 5 мас.% добавок в складі цементу. Тому утворений осад під час очищення води, який складається з гідроксидів металів, можна рекомендувати для використання в складі цементу як хімічної добавки, що регулює та прискорює процес твердіння. Таким чином рекомендована технологія видалення важких металів вирішує проблему утилізації осадів.

### **Використані інформаційні джерела:**

1. Briffa J., Sinagra E., Blundell R. *Heavy metal pollution in the environment and their toxicological effects on humans*. *Heliyon*. 2020; 6(9): e04691. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04691>
2. Munir N, Jahangeer M., Bouyahya A., et al. *Heavy metal contamination of natural foods is a serious health issue: a review*. *Sustainability*. 2022; 14(1):161. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14010161>
3. Karnib Mona, et al. *Heavy metals removal using activated carbon, silica and silica activated carbon composite*. *Energy Procedia*. 2014; 50: 113–120. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.06.014>
4. Abdullah, N., Yusof N., Lau W.J., Jaafar J., Ismail A.F. *Recent trends of heavy metal removal from water/wastewater by membrane technologies*. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. 2019; 76: 17–38. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2019.03.029>.
5. Al-Amshawee Sajjad, et al. *Electrodialysis desalination for water and wastewater: A review*. *Chemical Engineering Journal*. 2020; 380: 122231. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.122231>
6. Qasem N. A. A., Mohammed R. H., Lawal D. U. *Removal of heavy metal ions from wastewater: a comprehensive and critical review*. *Npj Clean Water*. 2021; 4 (36): 1–15. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41545-021-00127-0>
7. Trus I., Halysh V., Gomelya M., Radovenchuk V. *Low-Waste Technology for Water Purification from Iron Ions*. *Ecol. Eng. Environ. Technol.* 2021; 22(4): 116–123. DOI: <https://doi.org/10.12912/27197050/137860>
8. Trus I., Halysh V., Gomelya M., Benatov D., Ivanchenko A. *Techno-Economic Feasibility for Water Purification from Copper Ions*. *Ecol. Eng. Environ. Technol.* 2021; 22(3): 27–34. DOI: <https://doi.org/10.12912/27197050/134869>

## **ПРИНЦИПИ ФОРМУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ ПОЛІТИКИ НА ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВАХ ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

Екологічні проблеми сучасності та проблеми захисту навколишнього середовища, що виникають в зв'язку з масштабним негативним впливом антропогенної діяльності на довкілля, ставлять перед людством новітні виклики. Одним із таких викликів є формування відповідальної екологічної політики промислових та виробничих підприємств, структур, фірм, холдингів. Адже саме від активності в сфері охорони навколишнього середовища залежить розв'язання численних питань щодо формування принципів сталого розвитку територій, нормальних умов для проживання, роботи і відпочинку, збереження здоров'я людей та створення стабільних умов для їх життєдіяльності. Така активність не може бути лише громадською – вона провадиться на рівні державної політики в Україні, а відповідальні виробничники також формують на своїх об'єктах, підприємствах програми, заходи та плани, які можна віднести до екологічної політики [1,2,4].

Принципи формування засад екологічної політики на виробничих підприємствах ми розглядали на прикладі аналізу діяльності двох об'єктів у м. Луцьку: СГ ТзОВ «Агропродторг» (підприємство харчової галузі) та ТзОВ Тигрес Люкс (підприємство легкої промисловості).

Основними завданнями дослідження, яке проводилося, були наступні проблемні питання:

- вивчення видів впливу підприємств на довкілля та на екологічний стан міста Луцька;
- прогнозування можливих негативних наслідків у результаті діяльності досліджуваних об'єктів;
- розробка принципів екологічної політики для даних підприємств з метою забезпечення оптимального стану навколишнього середовища та його безпеки.

Основні напрямки формування екологічної політики на досліджених підприємствах, на нашу думку, повинні полягати у наступному:

1. Продовжувати та розвивати зусилля з охорони довкілля шляхом збереження енергетичних ресурсів та води, а також шляхом використання сировини, переробка якої має низький рівень впливу на довкілля.
2. Обговорювати екологічні питання шляхом відкритого та позитивного діалогу із споживачами, персоналом, владою, жителями міста організаціями та іншими зацікавленими сторонами.

3. Спонукаати постачальників надавати послуги та продукцію, що відповідає діючим екологічним вимогам.

4. Постійно проводити моніторинг викидів в атмосферне повітря, ґрунт, водні ресурси, безпечну утилізація утворених твердих побутових відходів підприємства.

5. Запропонувати власний екологічний бренд для міста, а в перспективі загалом для України (приклади: «Екохліб», «Хліб для вашого здоров'я», «Екоіграшка» «Зелена планета для малюків» тощо).

Слід відмітити, що аналіз виробничої діяльності даних підприємств засвідчив, що СГ ТзОВ «Агропродторг» і ТзОВ Тигрес люкс як відповідальні підприємства, намагаються обрати такі підходи у виробничій діяльності, які сприяють та допомагають захистити довкілля та природні ресурси в цілому, убезпечити жителів м. Луцьк від згубного впливу забруднюючих речовин. Проте покращення діючої екологічної політики можна запропонувати у наступних напрямках діяльності підприємств:

1. Створювати постійний та відкритий діалог з населенням, яке живе поруч, щодо можливої допомоги та покращення екоситуації в мікрорайоні, у населеному пункті в цілому.

2. Укладати з постачальниками договори про надання виключно екологічних матеріалів та сировинних ресурсів.

3. Безпечно утилізувати утворені відходи [1].

4. Організовувати та брати участь в громадських акціях в місті, які мають екологічне спрямування. Це сприятиме і промоції діяльності підприємств, і формуванню вірних засад екологічної політики на виробництві, як було нами описано у [3,4].

Серед практичних рекомендацій для даних підприємств зазначимо такі:

- для зменшення негативних наслідків діяльності СГ ТзОВ «Агропродторг» варто запланувати оновлення зелених насаджень в межах СЗЗ підприємства, висадження нових, молодих саджеців дерев та розбиття газону із південної сторони СЗЗ, поблизу офісу компанії «Делівері»; для того, щоб зменшити накопичення ТПВ та інших відходів, варто переглянути умови договору про вивіз сміття, і у літню пору збільшити кількість разів їх вивозу, у зимовий період можна здійснювати вилучення відходів 2-3 рази на тиждень; запровадити екологічне пакування харчових продуктів, що їх випускає підприємство [1]. Можлива заміна поліетиленових кульків на паперові торбинки, які в подальшому можуть бути переробленими;

- для зменшення негативних наслідків діяльності ТзОВ Тигрес люкс слід переглянути договори з постачальниками сировини та матеріалів, зокрема – лакофарбової продукції, для того щоб постачальник запропонував екологічно безпечні матеріали, з відповідними сертифікатами. Підприємство виготовляє дитячі іграшки, тому дбати про екологічну безпеку продукції – це особливо важливе завдання. Слід також відмітити

активну громадську позицію та прогресивні засади екологічної політики, що покладені в основу роботи відділу промоції на підприємстві: постійна комунікація з місцевими жителями, роз'яснення їм принципів політики підприємства в сфері охорони довкілля дозволила вирішити конфліктні ситуації, які виникали у минулому.

### **Використані інформаційні джерела:**

1. Бондарчук С. П., Мерленко І. М., Федонюк М. А., Федонюк В. В., Бондарчук Л. Ф. Оптимізація поводження із побутовими відходами за допомогою використання внутрішньодворових пунктів на прикладі м. Луцька. Екологічно дружні технологічні рішення для місцевих громад щодо поводження з відходами: збірка матеріалів Національного форуму «Поводження з відходами в Україні: законодавство, економіка, технології» (м. Київ, 23–24 листопада 2021 р.). К. : Центр екологічної освіти та інформації, 2021. С. 194–198.

2. Федонюк В. В., Іванців В. В., Федонюк М. А. Вплив карантинних обмежень, викликаних епідемією COVID-19, на інтенсивність транспортного руху та екологічний стан у м. Луцьку. Розвиток транспорту. Одеса: ОНМУ. 2022. № 1 (12). С. 168–180. DOI <https://doi.org/10.33082/td.2022.1-12.14>

3. Федонюк В. В., Іванців О. В., Турко С. В. Студентський проект моніторингу екологічного стану повітря у м. Луцьку. Екологія, природокористування та охорона навколишнього середовища: прикладні аспекти: матеріали Всеукраїнської науково-практичної заочної конференції студентів, аспірантів та молодих учених, м. Маріуполь, 29 травня 2020 р. / за заг. ред. Г. О. Черніченка. Маріуполь : МДУ, 2020. С. 138–140.

4. Федонюк В. В., Федонюк М. А. Екологічна оцінка впливу ПрАТ «СКФ Україна» на стан довкілля. Наука, освіта, технології та суспільство: нові дослідження і перспективи: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції (Полтава, 2 липня 2022 р.). Полтава : ЦФЕНД, 2022. С. 67–69.

## **ОЦІНКА ЯКОСТІ ҐРУНТІВ МІКРОРАЙОНУ ЛЕВАДА М. ПОЛТАВА ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ «РОСТОВОГО ТЕСТУ»**

Міський ґрунт є базовим компонентом, що виконує важливі функції для підтримки стабільного еколого-гігієнічного стану урбоєкосистем. Цей факт вказує на необхідність детального дослідження та вивчення урбозему. Біоіндикація ґрунтів дозволяє отримати об'єктивну інформацію щодо екологічного стану міського середовища. Рослини-індикатори застосовуються при оцінці токсичності ґрунтів, їх механічного складу, кислотності, родючості, зволоженості, засолення, ступеня мінералізації тощо.

Оцінити пригнічувальну дію забруднювачів довкілля на рослини та виявити стимуляційні ефекти дозволяє ростовий тест, який полягає в обліку змін показників проростання індикаторної рослини, яку вирощують на дослідних зразках води, ґрунту, водних витяжок ґрунтів тощо. Він вирізняється високою чутливістю та доступністю. В основі методу – реакція рослин до якості компонентів навколишнього середовища, що проявляється у зміні характеристик росту. Перевагу віддають культурам, що швидко ростуть та властиві для регіону дослідження. Наприклад, у регіонах із дерново-підзолистими ґрунтами доцільно використовувати овес або горох як тест-культуру; у регіонах зі степовими ґрунтами – пшеницю, квасолю, люцерну або боби. Найбільш розповсюдженими тест-об'єктами є пшениця, салат та огірок. Існують різні варіанти проведення ростового тесту: пророщування тест-культур у чашках Петрі; пророщування тест-культур на «плаваючих дисках»; пророщування тест-культур у ємностях [1].

У Полтавській області цим методом була здійснена оцінка техногенного впливу ставка-випарника КНПЗ і кар'єру Полтавського гірничого-збагачувального комбінату на ґрунти [2] О. І Мамедовим, Н. О. Кустовською та О. В. Мазницькою (2009). Дослідники відібрали проби ґрунту із 20 точок відбору та провели ростовий тест методом пророщування насіння цибулі ріпчастої *Allium cepa* як тест-культури. За розрахунками була побудована гістограма забруднення ґрунтів у зонах впливу, з'ясована тенденція зниження показників забруднення дослідних ділянок в міру віддаленості від джерел-забруднювачів, та зроблені висновки щодо чутливості ростового тесту і доцільності застосування методики для визначення токсичності й мутагенності будь-якої території.

Нами проведено біоіндикаційні дослідження стану ґрунтів території мікрорайону Левада м. Полтава з використанням у якості біоіндикатора

*Pisum sativum* L. Попередньо було визначено п'ять модельних дослідних ділянок із різним ступенем антропогенного навантаження – поблизу чотирьох джерел техногенного забруднення різного походження й інтенсивності, та на одній із відносно незабруднених вулиць мікрорайону: № 1 – подвір'я між багатоповерховими будинками на вулиці Головка (контрольна ділянка); № 2 – перехрестя вулиць Чураївни та Вавілова; № 3 – ділянка, розташована на проспекті Миру; № 4 – територія бульвару Богдана Хмельницького; № 5 – провулок Рибальський.

Модельна ділянка №1 розташована на вулиці Головка, на дитячому майданчику подвір'я між багатоповерховими будинками. Характеризується невисоким рівнем антропогенного впливу. Ділянка віддалена від автомобільних доріг й інших основних джерел забруднення та є придатною відносно чистою озелененою територією.

Основними джерелами забруднення модельної ділянки №2 є автомийка, декілька автозаправних станцій й автостоянок, що розміщені на перехресті дослідних вулиць, а також автомобільна дорога, якою упродовж дня з високою інтенсивністю рухаються громадський транспорт, легкові автомобілі, вантажівки та інші види транспорту.

Модельна ділянка №3 має значне антропогенне навантаження: поблизу розташоване будівництво, що супроводжується шумовим і пиловим забрудненням і засміченням території залишками будівельних матеріалів та ін.; щільна забудова; утворені невеликі несанкціоновані звалища твердих побутових відходів; періодично відбуваються проривання підземних каналізаційних труб; поруч прокладено автомобільні дороги та в'їзд у місто, які створюють значний інтенсивний та різноманітний транспортний потік протягом дня; автостоянка та ін. Поряд із ділянкою знаходиться прирічковий парк.

До антропогенних чинників, що впливають на модельну ділянку №4, належать: котельня, автодороги, автомийка, поодинокі індивідуальні гаражі, середня завантаженість транспортом та ін. Також серед досліджуваних територій ця ділянка найближче розташована до Південного залізничного вокзалу.

Неподалік модельної ділянки №5 розміщені: поліклініка та дитяча міська клінічна лікарня, Полтавський комбінат хлібопродуктів, багатоповерхівки, закинута автостоянка тощо. Характерна низька інтенсивність руху автотранспорту.

Для проведення біоіндикації нами було відібрано проби ґрунту на розглянутих п'яти модельних ділянках території мікрорайону, за методикою висіяно та пророщено насіння тест-культури *Pisum sativum* на досліджуваних субстратах у чистих пластикових стаканах зі створенням для рослин необхідних умов, визначено розміри надземної й кореневої частин кожної пророщеної рослини, обчислено середні значення біопараметрів, оброблено результати ростового тесту та визначено фітотоксичні ефекти й



загальні рівні токсичності територій. Умовно контрольним субстратом був ґрунт, відібраний на дослідній ділянці №1. Результати дослідження наведено у таблицях 1 та 2.

Таблиця 1 – Значення біопараметрів пророщеної тест-культури *Pisum sativum* за ростовим тестом

Місце відбору ґрунту	Середня висота проростків, см	Середня довжина корінців, см	Кількість пророщених рослин, шт.
Модельна ділянка №1	14,45 ± 0,83	9,52 ± 0,51	15
Модельна ділянка №2	9,26 ± 0,49	6,44 ± 0,27	15
Модельна ділянка №3	7,63 ± 0,31	5,59 ± 0,22	15
Модельна ділянка №4	11,98 ± 0,62	7,38 ± 0,35	15
Модельна ділянка №5	13,71 ± 0,76	8,91 ± 0,38	15

Таблиця 2 – Фітотоксичний ефект ґрунтів мікрорайону Левада м. Полтава

Параметр	Значення, %				
	дослідна ділянка №1	дослідна ділянка №2	дослідна ділянка №3	дослідна ділянка №4	дослідна ділянка №5
ФЕ (за висотою рослин)	0	35,9	47,2	17,1	5,1
ФЕ (за довжиною корінців)	0	32,4	41,3	22,5	6,4
Середній фітотоксичний ефект	0	34,2	44,3	19,8	5,8
Рівень токсичності	відсутній	середній рівень	вище середнього рівня	нижче середнього рівня	слабкий рівень

За результатами дослідження встановлено, що ґрунт модельної ділянки №1 не має токсичних властивостей.

Ростові процеси рослин, пророщених на ґрунтових зразках модельної ділянки №2, пригнічені (присутня статистично перевірена різниця між середніми значеннями біопараметрів досліджуваного та контрольного субстратів), тобто ґрунт має токсичні властивості. Середній фітотоксичний ефект території за двома ознаками складає 34,2% у порівнянні з контрольною ділянкою, що за шкалою рівнів токсичності ґрунтів відповідає середньому рівню токсичності.

Процеси росту рослин на ґрунтових зразках модельної ділянки №3 пригнічені, що дозволяє зробити висновки, що ґрунт має токсичні властивості. Середній фітотоксичний ефект території складає 44,3%, що свідчить про високий (вище середнього) рівень токсичності.

Ростові процеси рослин на досліджуваних ґрунтових зразках модельної ділянки №4 пригнічені, що вказує на токсичні властивості ґрунту. Середній фітотоксичний ефект території складає 19,8%. Для модельної ділянки характерний майже середній (нижче середнього на 0,3%) рівень токсичності.

Процеси росту рослин на відібраних зразках ґрунтів модельної ділянки №5 знаходяться майже на тому ж рівні, що і в контрольному варіанті (середні значення біопараметрів статистично недостовірно відрізняються), тобто ґрунт майже не має токсичних властивостей. Середній фітотоксичний ефект території становить 5,8%, дослідна ділянка має слабкий рівень токсичності.

Таким чином, встановлено, що ростові процеси рослин, пророщених на відібраних субстратах модельних ділянок №2, №3, №4 – пригнічені, ґрунти мають токсичні властивості (рівні токсичності: середній, високий, нижче середнього відповідно). Фітотоксичні ефекти варіюють від 44,3% до 5,8%. Території модельних ділянок №1 та №5 майже не мають токсичних властивостей та сприятливі для росту рослин.

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

1. Біоіндикація: методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт студентами напряму підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» / А. І. Горова, А. В. Павличенко, О. О. Борисовська, В. Ю. Ґрунтова, О. В. Деменко; Д. : Національний гірничий університет, 2014. 76 с.

2. Мамедов О. І., Кустовська Н. О., Мазницька О. В. Оцінка техногенного впливу ставка випарника КНПЗ і кар'єру Полтавського ГЗК на забрудненість ґрунтів із використанням «ростового тесту». Екологічна безпека. 2009. №4. С. 24–32.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ, ОЦІНКА, РОЗРОБКА РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ СПОСОБІВ УПРАВЛІННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИМ СТАНОМ МАСИВУ ГІРСЬКИХ ПОРІД НА ОСНОВІ ФОРМАЛІЗАЦІЇ І ОПТИМІЗАЦІЇ МЕРЕЖЕВИХ МОДЕЛЕЙ**

Потребу України у відпрацюванні корисних копалин важко переоцінити. В країні наявні родовища рідкісних та благородних металів, горючих корисних копалин, залізорудної сировини та ін. Станом на 2022 рік розвідано понад 8 тисяч родовищ, які включають понад 90 видів корисних копалин. Але наразі належного відпрацювання немає. Це пояснюється комплексом проблем, які виникають ще на стадії проєктування. Управління станом гірничого масиву відноситься до класу задач технологічних аспектів фізики гірничих процесів, коли з одного боку безпосередньо гірничо-геологічні параметри здійснюють вплив на технологію спорудження виробок, а з іншого боку – технологія гірничих процесів здійснює вплив на стан масиву.

Проблема вибору кріплення полягає у багатоманітності параметрів які слід проаналізувати. На перший погляд вони різні за своєю природою та ступенем впливу на ефективність процесу. Проте, в залежності від етапу зведення кріплення не обов'язково враховувати всі параметри. Тобто при вирішенні задачі пошуку найбільш оптимального транспортного ланцюжку за яким буде доставлене кріплення до виробки недоцільно аналізувати витрати на проведення водовідливних каналок, підривку підосви виробки, а на етапі спорудження тимчасового кріплення недоцільно приймати рішення про вибір матеріалу.

Можна сформулювати основні вимоги, що пред'являються до кріплення виробок [1]: максимальні терміни служби, збереження в часі постійного перетину, максимальний ступінь механізації праці при мінімальних витратах на зведення та обслуговування.

Отже, на стадії проєктування кріплення виробленого простору слід враховувати, як організаційні моменти, пов'язані з технологією, які визначають надійність закріплення виробленого простору так і економічні, які безпосередньо позначаються на загальній ефективності процесу. Проблема ускладнена різноманітністю параметрів, які різні і не пов'язані між собою безпосередньо (доставка матеріалів, кріплення, висновок гірської маси та ін.) [2]. При цьому, якщо оптимізація однієї цільової функції може бути представлена в форматі лінійного програмування, двох параметрів - поверхнею, то для безлічі параметрів це  $n$  – мірний простір (де  $n$  – число

параметрів), яке на даному етапі неможливо вирішити. Тому, нами запропоновано для вирішення цього завдання використовувати декомпозиційний підхід [3].

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 низько стоїть на ієрархії (одновимірної) задачі, що дозволяє заощадити обчислювальні ресурси.

Застосування графів і мережевих моделей дозволяє вирішити зазначене завдання.

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 [4].

Для оптимізації процесу спорудження виробок в якості оптимізаційного параметру можна прийняти вартість закріплення 1 пог. м. виробленого простору. Головна умова, вирішення цього завдання – взаємозв'язок всіх етапів між собою.

Кожній вершині відповідає окреме рішення (альтернатива), яке може бути прийняте, а відстань між вершинами (ребро) має свою довжину, яка відповідає значенню параметра, який слід оптимізувати (собівартість, трудомісткість, часові витрати та ін.). При цьому зв'язки між вершинами є взаємовиключними, тобто, якщо кріплення набризгбетонне або анкерне то можливість повторного застосування відсутня, при цьому відсутні витрати і на демонтаж. Теж саме і у зворотному порядку можна розглядати модель, якщо неможливо демонтувати кріплення із виробленого простору, то анкерне кріплення не застосовується.

При цьому модель структурована за етапами (рівнями), тобто вершинами можуть відповідати альтернативні варіанти кріплення, (5–8) можливі варіанти транспорту, можливі технології зведення тимчасового кріплення та ін. Для пошуку оптимальної стратегії необхідно, щоб були проаналізовані усі етапи, тобто необхідно знайти найкоротший маршрут від початкової до кінцевої. Сукупність вершин, які відповідають етапам та відстаней між вершинами, які відповідають значенню оптимізаційного параметру формують мережеву модель.

Для оптимізації запропоновано використовувати алгоритм Дейкстри та Флойда.

Алгоритм реалізується в наступній послідовності:

Крок 1. Перед початком алгоритму усі вершини і дуги не зафарбовані. Кожній вершині присвоюється значення  $d(x)$ , яке відповідає найкоротшому

маршруту із  $s$  (початкова) в  $x$  (кінцева). При цьому  $d(s) = 0, d(x) = \infty$ , для  $\forall x \neq s$ . При цьому варто зафарбувати вершину  $s$  та прийняти  $y=s$ ; де  $y$  – остання зафарбована вершина. Слід зауважити, що зафарбовуються не тільки вершини, але і дуги (ребра), які з'єднують ці вершини.

Крок 2. Для кожної не зафарбованої вершини  $x$  визначити довжину  $d(x)$

$$d(x) = \min\{d(x), d(y) + a(y, x)\}$$

при цьому, якщо  $d(x)=\infty$ , тоді маршрут відсутній; якщо:  $d(x)\neq\infty$  тоді  $y=x$  – слід зафарбувати вершину.

Крок 3. Якщо  $y=t$  – слід завершити процедуру. Найкоротший маршрут із вершини  $s$  до вершини  $t$  знайдено, тобто це єдиний маршрут, від початкової до кінцевої вершини із зафарбованих дуг.

Зафарбовані вершини утворюють в орієнтованому графі дерево з корінням у вершині  $s$  до будь-якої вершини  $x$ . У відповідності до задачі пошуку оптимального технологічного процесу спорудження виробки – буде запропоновано структуру процесу з найменшим значенням витрат на спорудження.

Для впорядкування структури процесу спорудження застосовують алгоритм Флойду-Воршелла, зазвичай для спрощення його називають «алгоритмом Флойду». Алгоритм порівнює усі шляхи між усіма парами вершин. В результаті виконання алгоритму буде побудована матриця, в якій містяться дані про найкоротші маршрути між парами вершин, проте інформація про маршрути відсутня.

Суть алгоритму: нехай вершини графу  $G = (V, E), |V| = n$  пронумеровано від 1 до  $n$ , тоді введемо позначення для найкоротшого маршруту від  $i$  до  $j$  у вигляді  $d_{ij}^k$ , який окрім вершин  $i$  та  $j$  проходить тільки через вершини  $1 \dots k$ . Тоді,  $d_{ij}^0$  – довжина ребра (дуги) між вершинами  $i$  та  $j$ , в іншому випадку  $d_{ij}^0 = \infty$ .

Існують лише 2 можливих варіанти, яке може приймати довжина ребра  $d_{ij}^k, k \in (1, \dots, n)$ :

- 1)  $d_{ij}^k = d_{ij}^{k-1}$  – тобто, найкоротший маршрут між вершинами  $i$  та  $j$  не проходить через вершину  $k$ ;
- 2)  $d_{ij}^k = d_{ik}^{k-1} + d_{kj}^{k-1}$  – тобто, існує такий найкоротший маршрут між вершинами  $i$  та  $j$ , який проходить через вершину  $k$ , коли від спочатку проходить від  $i$  до  $k$ , а потім від  $k$  до  $j$ .

Тоді, стає зрозуміло, що для знаходження найкоротшого маршруту необхідно знайти мінімальне значення серед двох значень:  $d_{ij}^k = d_{ij}^{k-1}$  та  $d_{ij}^k = d_{ik}^{k-1} + d_{kj}^{k-1}$ .

Алгоритм Флойду можна записати однією рекурентною формулою:

$$d_{ij}^k = \min(d_{ij}^{k-1}, d_{ik}^{k-1} + d_{kj}^{k-1})$$

Алгоритм Флойду послідовно визначає усі значення  $d_{ij}^k$ ,  $\forall i, j$  для  $k$  від 1 до  $N$ . Значення  $d_{ij}^k$  – є найкоротшими маршрутами між усіма парами вершин  $i$  та  $j$ .

Застосувавши алгоритм Флойду отримаємо матрицю  $D_1$ . На відміну від матриці  $D_0$  в матриці  $D_1$  буде представлено дані про значення витрат на спорудження виробок на певному етапі (перший).

Алгоритм буде завершено, коли буде побудовано матрицю  $D_{17}$  – порядковий індекс матриці відповідає кількості вершин у мережевій моделі. Тобто буде отримана впорядкована структура технологічного процесу спорудження виробок з найменшим значенням витрат на спорудження. 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.

Таким чином, у запропонованій роботі запропоновано новий підхід, щодо дослідження, оцінки, розробки ресурсозберігаючих способів управління напружено деформованим станом масиву гірських порід.

### **Використані інформаційні джерела:**

1. Petlovanyi M., Malashkevych D., Sai K., Bulat I., Popovych V. *Granulometric composition research of mine rocks as a material for backfilling the mined-out area in coal mines. Mining of Mineral Deposits. 2021. Vol. 15 (4). P. 122–129.*
2. Bazaluk O., Ashcheulova O., Mamaikin O., Khorolskyi A., Lozynskyi V., & Saik P. (2022). *Innovative Activities in the Sphere of Mining Process Management. Frontiers in Environmental Science, 304.*
3. Khorolskyi A., Mamaikin O., Medianyuk V., Lapko V. & Sushkova V. (2021). *Development and implementation of technical and economic model of the potential of operation schedules of coal mines. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, 16(18), 1890–1899.*
4. Fomychov V., Fomychova L., Khorolskyi A., Mamaikin O. & Pochevov V. (2020). *Determining optimal border parameters to design a reused mine working. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, 15(24), 3039–3049.*

## **«ЗЕЛЕНА ЕКОНОМІКА» ТА СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЇ**

У ХХІ столітті проблеми екології із малозначних і другорядних стають основними. У більшості постіндустріальних країн зародився так званий зелений курс у економіці, який отримав назву «зелена економіка». Цей тип економіки виконує декілька основних функцій. По-перше це забезпечення зростання достатку населення та соціальної справедливості, а по-друге, це захист навколишнього середовища.

Екологічні проблеми – одні з найбільш актуальних проблем сьогодення. Попре всі декларації щодо прав людини на сприятливе середовище навколо неї, економічні інтереси все ще превалюють над екологічними. В результаті цього зменшуються запаси природних ресурсів, забруднюється навколишнє середовище, погіршується фізичний і психічний стан людини, загострюється політична боротьба за сировинні ринки та життєвий простір.

Зелена – тобто така, що орієнтована на екологію – економіка для сучасних країн стала необхідністю. Без огляду на екологію зараз важко запроваджувати нові технології. Окрім того, виробництво, яке негативно впливає на навколишнє середовище, стає дуже дорогим та економічно не вигідним. Однак для подальшого розвитку зеленої економіки у нашій країні потрібно створити нові регламентуючі документи при умові посилення відповідальності за порушення норм, які покликані охороняти навколишнє середовище.

Важливими ознаками «зеленої економіки» стали зменшення викидів парникових газів до атмосфери, економне використання багатств природи, захист біологічного розмаїття та ефективне використання енергії.

У перспективі планується змінити структуру глобальної економіки та збільшити об'єм інвестицій у природні технології. Ці заходи дозволять стимулювати екологізацію багатьох сучасних економік, запобігти катастрофічних наслідків глобальної зміни клімату, а також мінімізувати використання невідновлювальних природних ресурсів.

Сьогодні правове узгодження екологічної та енергетичної політики на міжнародному рівні стало важливою проблемою. У світі докорінних змін особливу роль буде відігравати чітке визначення світового енергетичного балансу. Допомогти вирішити цю проблему може збільшення обсягів використання поновлювальної енергетики. Це дозволить забезпечити енергетичну безпеку, незалежність, а окрім того зменшити негативний вплив на навколишнє середовище.

У більшості випадків сучасні економічні моделі задовольняють свої енергетичні потреби шляхом використання невідновлювальних природних ресурсів. Однак, ще у 2003 році в доповіді Генерального секретаря ООН «Енергетика та транспорт» було зазначена необхідність використання відновлювальних джерел енергії. При цьому проведення такого політичного курсу мало забезпечуватися належним контролем з боку держави.

Особливу роль в екологічній сфері відіграє екологічний нагляд. Він має фундаментальне значення для забезпечення стабільності навколишнього середовища. Однак нажаль зараз можна казати про низький рівень регулювання охорони природи. Однією із найважливіших причин цього є те, що ця функція впродовж довгого часу була розділена між цілою низкою органів виконавчої влади.

Міжнародні стандарти і тенденції ставлять перед країнами важливі завдання з переходу до сталого розвитку «зеленого» курсу в економіці та політиці, поліпшенню якості життя завдяки покращенню стану навколишнього середовища.

Екологами за захисниками природи було виділені такі основні сучасні проблеми у сфері контролю і нагляду за природою:

1. Відсутність у держави повної та об'єктивної інформації про стан природи.
2. Відсутність економічних стимулів та заохочень для переходу на «зелені» технології.
3. Можливість підприємств необмежено впливати на оточуюче середовище.
4. Мінімальні штрафи за порушення екологічного законодавства.

Важливу роль у сфері охорони природи відіграють економічні важелі. Аналіз зарубіжного досвіду підтверджує той факт, що посиленні мір відповідальності не зможе стимулювати підприємців до дотримання правил в галузі захисту природи. «Методами, що працюють» можуть стати податкові пільги та послаблення. Для цього потрібно внесення відповідних змін до Податкового кодексу за інших правових актів.

Основними стратегічними завданнями процесу «зеленого переходу» є вирішення соціально-економічних завдань, що забезпечують екологічно орієнтоване зростання економіки, збереження сприятливого оточуючого середовища, біологічного розмаїття і природних ресурсів для задоволення потреб сучасного та майбутніх поколінь, реалізація права кожної особи на сприятливе середовище, укріплення правопорядку у галузі охорони природи, а також забезпечення екологічної безпеки.

В Україні екологічна ситуація характеризується високим рівнем антропогенного впливу на природу і значними екологічними наслідками минулої економічної діяльності. Більшість населення міст знаходяться під впливом високого забруднення повітря, у багатьох регіонах спостерігається тенденція до погіршення стану ґрунтів. Негативно впливають на екологічну ситуацію у країні й наслідки аварії на Чорнобильській АЕС тощо.



Виходом із такої ситуації може стати або насильницьке розселення людей із міст, або створення умов для комфортного проживання людей в них. Перший спосіб можна віднести до державних методів минулих часів, а другий є доступним та цивілізованим методом вирішення проблеми. Однак його реалізація потребує цілого комплексу рішень на державному рівні. Особливу увагу необхідно приділяти механізмам, які дозволяють вирішувати завдання запобігання і зменшення негативного впливу людини на оточуюче середовище, відновлення постраждалих екологічних систем. Не менш важливою проблемою є безпечне ставлення до відходів та збереження природного середовища.

Однак при реалізації даних заходів важливо зазначити те, що розробка довгострокової програми не є ідеальним рішенням. Це пов'язано зі стрімким та мінливим характером сучасної економіки, для якого характерні різкі зміни за незначний проміжок часу. Необхідно завжди тримати руку на пульсі та своєчасно реагувати як на зміни у господарчій діяльності, так і у екологічному становищі.

Незважаючи на протидію багатьох країн майбутнє людства за «зеленими технологіями». Україна є активним учасником світової спільноти, для якої пріоритетом є збереження, а не знищення природи. Глобалізація змушує всі країни змінювати свої підходи до економіки та політики і наша країна не є виключенням. Вже зараз є позитивні зміни у екологічному стані нашої країни, але відсутність достатньої кількості інвестицій не дозволяє Україні в повній мірі завершити перехід до «зеленої економіки».

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

1. Білоцький С. Д. *Правове регулювання використання відновлюваних джерел енергії в рамках Європейського Союзу // Актуальні проблеми міжнародних відносин. 2012. Вип. 105 (Частина I). С. 58–66.*
2. Задорожній О. В., Медведєва М. О. *Міжнародне право навколишнього середовища : підручник. К. : Промінь, 2010. –510 с.*
3. Bradbrook A. *Creating Law for Next Generation Energy Technologies // Journal of Energy & Environmental Law. 2011. Vol. 17. P. 19–38.*
4. Cosby A. *Renewable energy subsidies and the WTO : The wrong law and the wrong venue / Aaron Cosby. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.iisd.org/gsi/news/renewable-energy-subsidies-and-wto-wrong-law-and-wrong-venue>.*

<sup>1</sup>*Чергинець В. Л., д. х. н., професор*

<sup>2</sup>*Соловійов В. В., д. х. н., професор, <sup>2</sup>Іванченко А. В., аспірантка*

<sup>1</sup>*Інститут сцинтиляційних матеріалів Національної академії наук  
України, Харків, Україна*

<sup>2</sup>*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія  
Кондратюка», м. Полтава, Україна*

## **РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ СПОСОБИ ЕКСТРАКЦІЇ ВІДХОДІВ ТВЕРДИХ СПЛАВІВ КАРБІД ВОЛЬФРАМУ-КОБАЛЬТ**

Тверді сплави карбід вольфраму – кобальт були першими металокерамічними твердими сплавами (ТС), які отримали промислове застосування. Значення їх не слабшає для сучасної техніки. З метою повернення у виробництво цінних компонентів ТС необхідно вишукувати можливість вторинної переробки відходів, що містять ці компоненти. Для виробництва ТС як такі можуть бути використані матриці відпрацьованого бурового і ріжучого інструменту, лом. У зв'язку з дефіцитом вольфраму і кобальту останнім часом питання розробки нових методів переробки кускових відходів твердих сплавів дуже актуальні.

Існуючі методи виділення компонентів ТС відрізняються один від одного не тільки режимом обробки, а й природою застосовуваних хімічних реагентів. Тому актуальним є розробка методів які дозволять при переробці відходів твердих сплавів карбід вольфраму-кобальтату отримувати на виході високий відсоток  $WO_3$ .

Експериментально було встановлено оптимальні склади розплаву з максимальною ефективністю вилучення вольфраму (у вигляді  $WO_3$ ) з галогенідно-вольфраматної фази [2] і його відділення від оксидів заліза і марганцю. Концентрації  $NaCl$ ,  $Na_2SiO_3$ ,  $(Fe, Mn)WO_4$  для поділу двох рідин, що змішуються обрані відповідно до рекомендацій [1]. На рис. 1 та 2 представлені результати вивчення впливу концентрацій хлориду натрію в інтервалі 35-60 мас.% та метасилікату натрію в інтервалі 10-40 мас.% [3,5].

Ступінь екстракції  $WO_3$  до 99% і найвищі коефіцієнти розподілу отримані в розплаві, що містить 45 мас. %  $NaCl$ , 20 мас. %  $Na_2SiO_3$  і 35 мас.%  $(Fe, Mn)WO_4$ . Хімічний склад фаз і розподіл основних компонентів між ними після ВТСЕ (високотемпературна селективна екстракція) представлені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Хімічний склад фаз та розподіл основних компонентів (% мас) між ними

Найменування фази	Компоненти, мас. %		
	$W_3$	$FeO$	$MnO$
Хімічний склад: Галогенідна фаза	31,20	0,21	0,33
Силікатна фаза	0,35	10,31	27,70
Розподіл: Галогенідна фаза	99,61	7,32	3,65
Силікатна фаза	0,39	92,68	96,35

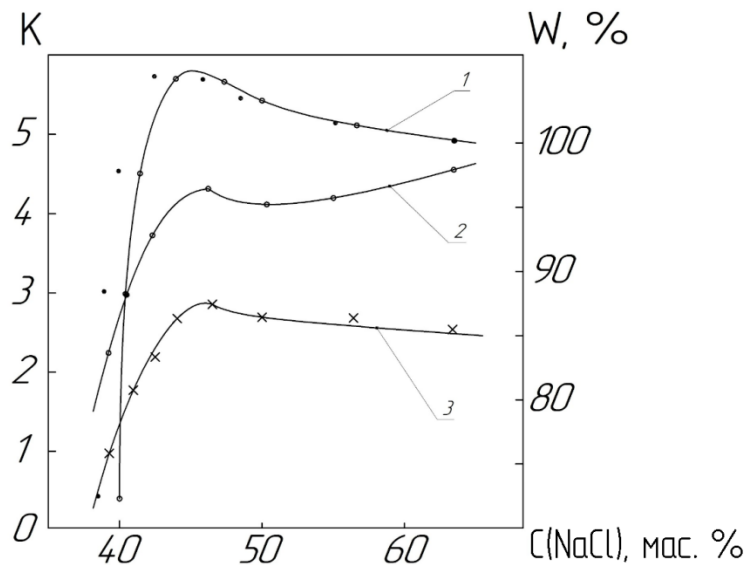


Рисунок 1 – Вплив концентрації  $NaCl$  на коефіцієнт поділу ( $K$ ) (1,2) і ступінь екстракції  $W_3$  (3) в галогенідну фазу

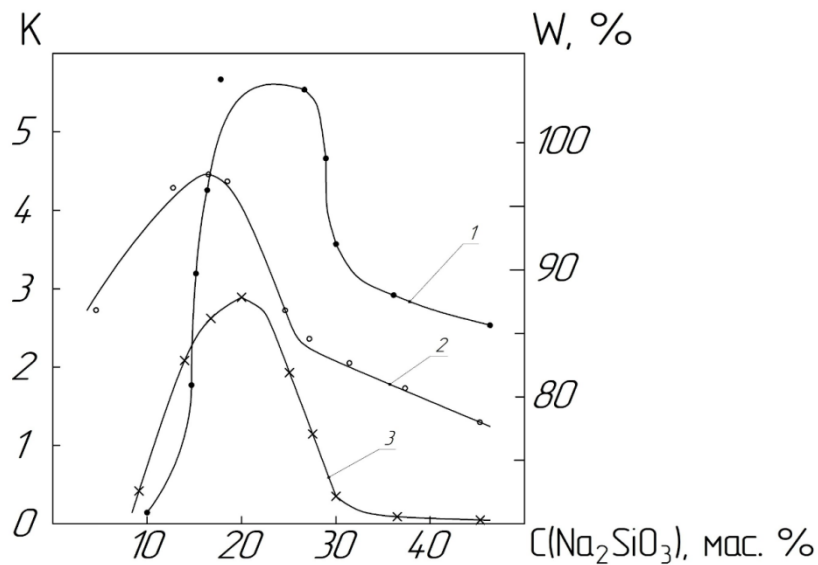


Рисунок 2 – Вплив концентрації  $Na_2SiO_3$  на коефіцієнт поділу ( $K$ ) (1,2) і ступінь екстракції  $W_3$  (3) в галогенідну фазу

Висока технологічність ВТСЕ обумовлена, очевидно, двома обставинами:

1) здатністю вольфрамату натрію змішуватися з хлоридом натрію в будь-яких співвідношеннях [5, 6];

2) незмішуваністю силікатної фази, що має температуру плавлення нижче 1000°C, з галогенідно-вольфраматною.

Найбільш ефективний спосіб переробки шеелітових концентратів полягає в ВТСЕ його суміші з вольфрамітом в співвідношеннях від 1:4 до 2:1. Застосування цих сумішей дозволяє здійснювати процес ВТСЕ без введення флюсів (зазвичай у вигляді фторидів лужноземельних металів та оксиду алюмінію, що необхідно при обробці шееліту. Використання сумішей у вищевказаних пропорціях дозволяє витягувати більше 96%  $WO_3$  в галогенідно-вольфраматну фазу.

Таким чином, приведений метод високотемпературної селективної екстракції відходів твердих сплавів карбід вольфраму-кобальтату дозволяє отримувати на виході від 96% до 99%  $WO_3$ .

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

1. Samsonov G. V., Upadkhaya G. Sh., Neiipor V. S. *Fizicheskoe materialovedenie karbidov. K. : Nauk, dumka, 1986. 456 s. (in Russian).*
2. Malyshev V. V., Pisanenko A. D., Soloviev V. V. *Electrodeposition of tungsten and molybdenum carbide onto the surfaces of disperse dielectric and semiconductor materials. Materials Science and Engineering Technology. 2014. Vol. 45, No. 1. P. 51.*
3. Soloviev V. V., Gab A. I., Malishev V. V. *Resursosberegayushchii sposob pererabotki otkhodov tverdikh splavov karbid niobiya-kobalta v rastvorakh fosfornoj kisloti // Novie tekhnologii. 2003. № 2 (3). S. 92–95. (in Russian).*
4. Onischenko V., Soloviev V., Solianyk L. *Okologische und ressourcenschonende Methode zum Recycling von Wolframschrott. Niob-Kobaltkarbid Cermets und Extraktion von Wolfram und Niob sus Konzentraten // Materials Science & Engineering Technology. 2016. No. 9. P. 852–857.*
5. Makhosoev M. V., Alekseev F. P., Lutsyk V. I. *State Diagrams of Molybdenum and Tungsten Systems. Novosibirsk : Nauka, 1978. (in Russian).*
6. Masloboeva S. M., Lebedev V. N., Arutunjan L. G. *Extraction processing ftoridnosemokislyh decomposition solutions the plumbomicrolits concentrate // Vestnik MGU. 2010. Vol. 13. P. 902.*

*Чоботько І. І., провідний інженер відділу фізики вугілля та гірничих порід  
Відділення фізики гірничих порід Інституту геотехнічної механіки  
ім. М. С. Полякова, м. Дніпро, Україна*

## **МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЗАХОДІВ ПО ЗАПОБІГАННЮ САМОЗАЙМАННЯ ПОРОДНИХ ВІДВАЛІВ**

Гірничопромислові комплекси з підприємствами вугільної промисловості класифікуються як зони підвищеної екологічної небезпеки. Однією з головних складових гірничовидобувної галузі є породні відвали, які виділяють в атмосферу понад 70 тис. т. шкідливих речовин на рік. Чинниками екологічної небезпеки є забруднення атмосфери, ґрунтів, гідросфери продуктами горіння, які утворюються в результаті самозаймання породних відвалів. Важливе значення при добуванні вугілля має утворення породних відвалів (териконів), які, як відомо, є штучним насипом, концентратом «порожніх порід», витягнутих при підземній розробці вугільних родовищ. Цей вид твердих промислових відходів, крім того, що займає значні території, є комплексним джерелом негативного навантаження, щодо екології. За роки промислово-господарської діяльності людини на території країни було утворено і накопичено понад 1 млн м<sup>3</sup> відходів у вигляді породних відвалів [1].

Були запропоновані методики заходів запобігання самозаймання породних відвалів. До них відносяться: гасіння за допомогою води, розчинів та суспензій гідроксидів і карбонатів Na, K, Ca. Розроблені промислові технології гасіння породи на відвалах.

Висока ефективність на практиці використання гідроксиду кальцію – гашеного вапна для профілактики самозаймання породи обумовлено особливостями взаємодії цієї речовини на тверду та рідку фазу окислювально-відновлювальної реакції піриту, що підтверджує дослідженнями Зборщика М.П. та Осокіна В.В [2].

У роботі [3] експериментально доведено ефективність вапнякової суспензії на хімічні процеси нейтралізації та осадження окислів заліза тим самим забезпечуючи поглинання виділень газів зі сполук піриту та сіркового ангідриду, що містяться у породних відвалах, застосування установки нагнітання розчинів на основі вапнякової суспензій ін'єкторами в середину відвалу до осередку займання, що сприяє витісненню з міжфракційного простору парів газів та сірки, згортанню шкідливих речовин.

Гідроксид кальцію може бути використаний також для прямого впливу на вологі породи з великим вмістом піриту з метою запобігання або нейтралізації процесів їх самонагрівання.

Гідроксид кальцію температура дисоціації котрого на CaO та H<sub>2</sub>O становить 540 °C може бути використаний як суспензія для гасіння гірничих порід. При цьому відбувається не тільки охолодження породи речовиною, а й поглинання виділень шкідливих газів гідроксидом кальцію з осередка займання [3].

На практиці гашене вапно використовують у вигляді суспензії – вапнякового молока з вмістом CaO по масі до 10-15%, це забезпечує високу ефективність локалізації міжфракційного простору [4].

Хімічні реакції з її участю протікають відносно швидко. При додаванні вапнякової суспензії до кислої води процес нейтралізації її й осадження наявних сполук заліза відбувається за невеликий проміжок часу, таким чином відбувається швидке зв'язування міжфракційного простору з поглинанням теплоти.

У зв'язку з тим, що розчинність гідроксиду кальцію у воді невелика, то при проведенні робіт по профілактиці самозаймання гірничих порід найбільший ефект змінення твердої та рідкої фази слід чекати у зонах фільтрації суспензії. Ефективність використання вапнякової суспензії для гасіння вугілля або вуглисто-глинистих порід обумовлена ендогенною дією речовини, взаємодією гідроксиду кальцію з твердою поверхнею та продуктами окислювально-відновлювальної реакції, а також зниженням газопроникності масиву або гірничої породи, що в свою чергу штучно прискорює реакцію з поглинанням теплової енергії виділяємої породами[2].

У плоских відвалах горіння породи відбувається переважно невеликого по товщині поверхневого слою уздовж їх бокової поверхні. Запобігти самозаймання породи чи провести гасіння її на схилах плоских відвалів можливо формуванням на їх боковій поверхні захисного слою, котрий запобігає проявам теплової депресії в утворюючому або наявному осередку екзотермічного процесу.

Відома методика моніторингу виявлення теплових зон концентраторів самозаймання породних відвалів може проводитися як контактним шляхом – за допомогою термопар, забитих у відвальну масу, так і дистанційно – за допомогою тепловізійної техніки та безпілотних літальних апаратів, за допомогою супутникових даних. Існуючі сучасні методики дистанційного контролю теплового стану породних відвалів не дозволяють виявляти низькотемпературні осередки самозаймання породних відвалів, оскільки не враховують умов зйомки та впливу зовнішніх факторів на результати тепловізійної зйомки. До основних зовнішніх факторів відносяться відстань від осередку самозаймання до тепловізора, розміри осередку самозаймання, ракурс дистанційної зйомки, теплопровідні властивості породи тощо.

Гасіння породи у відвалах різної конфігурації може відбуватися шляхом нагнітання води з добавками. При цьому невід'ємною частиною є охолодження осередку горіння рідиною, осадження на поверхні гірничої

породи компонентів, які в ній містяться, витиснення з міжфракційного простору горючих газів, згортання шкідливих речовин новоутворення [4].

Можливо проводити гасіння самозаймання породного відвалу за допомогою вапнякової суспензії по усьому його периметру. Породу слід обробляти знизу доверху (від основи до вершини відвалу). Гасіння породного відвалу слід виконувати переміщенням ін'єкторів знизу доверху для створення захисного слою 3-6 м з погашеної породи. У цьому випадку міжфракційний простір заповнено гідроксидом кальцію або продуктами взаємодії його з речовинами новоутворення. При цьому доступ кисню у зону горіння різних речовин стає все більш обмеженим, що призводить до затухання високотемпературних процесів. Гази й пари, котрі містилися всередині відвалу виходять у атмосферу через конічну частину відвалу [4].

У пристрій для гасіння палаючих породних відвалів входять дві системи: нагнітаюча – для обробки породи вапнякової суспензії та всмоктувальна – для вакууміювання відвалу.

Нагнітаючу систему утворюють наступні гідравлично зв'язані між собою елементи: ємність для змішування 1 в котрій здійснюється приготування вапнякової суспензії – котлован об'ємом 200 м<sup>3</sup> поблизу основи відвала 10; насос 3 типу ЦНС-60, який подає під тиском вапнякову суспензію з ємності для змішування до місця гасіння породи; нагнітаючий трубопровід 7 для подання суспензії на відвал; ін'єктори 5 для нагнітання суспензії у відвальну породу. Всмоктуюча система включає наступні основні елементи: вакуум-насос 4 типу ЖВН-50 для вакууміювання породного відвалу, встановлений поблизу ємності для змішування; всмоктуючий патрубок 6 – відрізок труби довжина якої 4-6 м й діаметром 0,1 м з перфорацією для відводу газів і парів із відвалу; всмоктуючий магістральний трубопровід 8; водовідокремлювач 2 для видалення вологи з трубопроводу. Нагнітаючий патрубок вакуум-насосу приєднаний до системи перфорованих труб 9, розміщених у даній частині ємності для змішування.

Робота цього пристрою полягає наступним чином. У ємність для змішування наповнену технічною водою звантажують гашене вапно з розрахунку 30-50 кг на 1 м<sup>3</sup> води. Впроваджують у відвал на всі довжину ін'єктори та всмоктуючий патрубок. Включають вакуум-насос. Видалені з відвалу газу йдуть по перфорованим трубам в дону частину ємності для змішування, при цьому відбувається інтенсивне змішування гашеного вапна газовими струями й утворення суспензії. Цей процес супроводжується поглинанням деяких видалених газів з відвалу, потім включають нагнітаючий насос, котрий під тиском подає вапнякову суспензію з ємності для змішування у 2-4 ін'єктори, впроваджені у відвал. Після витягу ін'єкторів з поверхневого слою відвалу збережені в ньому залишають відкритими для деякого часу щоб дати змогу водяному пару вийти в атмосферу [5].

Ефективність цього способу підтверджується багаторічним досвідом використання гасіння породних відвалів.

Таким чином, представлені результати свідчать про оптимальний вибір методик для запобігання самозаймання породних відвалів з використанням гідроксиду кальцію який володіє універсальними можливостями нейтралізувати самозаймання породи за допомогою ендогенного впливу на міжфракційний простір з поглинанням теплової енергії, що забезпечує безпеку експлуатації відвалів.

Для запобігання горіння плоского відвалу обумовлено формуванням на їх боковій поверхні захисного шару вапнякової суспензії, котрий запобігає проявам теплової депресії в утворюючому або наявному осередку екзотермічного процесу наведена технологічна схема. Для гасіння відвалів різної конфігурації застосовано метод видалення з відвалу горючих газів, охолодження породи та ізоляція її від доступу атмосферного кисню шляхом вакууміювання відвалу й обробки породи поверхневого шару вапняковою суспензією, технологічна схема та основні робочі вузли установки допомагають здійснити ефективно зниження температурного контуру по всьому відвалі, а також за короткий час провести роботи з ліквідації самозаймання відвалу безпосередньо впливом на осередок займання.

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

1. Чоботько І. І. Обґрунтування параметрів вибору обладнання для гасіння відходів вуглевидобутку // Журн. Вісті Донецького гірничого інституту, Вып. № 2(49). 2021 р. С. 68–77. <https://doi.org/10.31474/1999-981X-2021-2-68-77>

2. Зборшик М. П., Осокин В. В. Природа самовозгорания и тушения отвальных пород угольных месторождений // Журн. Уголь Украины, Вып. № 3-4. 2015. С. 76–78.

3. Зборшик М. П., Осокин В. В. Предотвращение экологически вредных проявлений в породах угольных месторождений. Донецк : ДонГТУ, 1996. 178 с.

4. Зборшик М. П., Осокин В. В. Природа самовозгорания и тушения отвальных пород угольных месторождений. Уголь Украины. 2015. С. 76–78.

5. Васильева І. В. Актуальные вопросы мониторинга породных отвалов угольных шахт и охраны окружающей среды // Екологія. Мінеральні ресурси України. 2015. № 3. С. 39–45.



## ВПЛИВ ВІЙСЬКОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ НА СТАН ПОВІТРЯНОГО БАСЕЙНУ

Стан повітряного басейну є одним з головних факторів, який впливає на стан здоров'я населення. Контроль якості атмосферного повітря є однією з пріоритетних задач природоохоронної діяльності.

Внаслідок збройної агресії РФ і військових дій у різних регіонах України якість цього цінного природного ресурсу значно погіршується. З метою оцінки збитків, які завдані довкіллю, було розроблено відповідні методики, в т.ч. «Методика розрахунку неорганізованих викидів забруднюючих речовин або суміші таких речовин в атмосферне повітря внаслідок виникнення надзвичайних ситуацій та/або під час дії воєнного стану та визначення розмірів завданої шкоди» [1].

Згідно з Методикою, у разі наявності інформації про масу згорілої речовини, розрахунок маси неорганізованих викидів кожної ЗР або суміші таких речовин (*Мівикид*) в атмосферне повітря від джерела викиду здійснюється за формулою:

$$M_{\text{викид}} = q_i \times M_{\text{сі}}, \quad (1)$$

де  $i$  – ЗР або суміш таких речовин ( $CO$ ,  $NO_x$  та ін.);  $q_i$  – питомий показник викиду ЗР або суміші таких речовин, визначається згідно з додатком 1 до Методики, т/т;  $M_{\text{сі}}$  – маса згорілої речовини, т.

У разі відсутності інформації про масу згорілої речовини, розрахунок маси неорганізованого викиду для кожної ЗР або суміші таких речовин (*Мівикид*) в атмосферне повітря від джерела викиду, здійснюється за формулою:

$$M_{\text{викид}} = q_i \times \rho_0 \times S, \quad (2)$$

де  $i$  – ЗР або суміш таких речовин ( $CO$ ,  $NO_x$  та ін.);  $q_i$  – питомий показник викиду ЗР або суміші таких речовин, визначається згідно з додатком 1 до Методики, т/т;  $\rho_0$  – коефіцієнт середньої щільності речовин, дорівнює 0,03;  $S$  – площа пожежі,  $m^2$ .

У разі встановлення факту загоряння лісових та інших насаджень, розрахунок маси неорганізованого викиду кожної ЗР або сумішей таких речовин (*Мівикид*) в атмосферне повітря від джерела викиду, здійснюється за формулою:

$$M_{\text{викид}} = qi \times S, \quad (3)$$

де  $i$  – ЗР або суміш таких речовин ( $CO$ ,  $NO_x$  та ін.);  $qi$  – питомий показник викиду ЗР або суміші таких речовин, визначається згідно з додатком 1 до Методики, т/т;  $S$  – площа пожежі, га.

Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України з метою оперативного реагування і запобігання техногенних катастроф розробило офіційний вебресурс ЕкоЗагроза [2], який дозволяє дізнатися про стан довкілля в регіоні, а також надати звернення громадянам про надзвичайні ситуації природного і техногенного характеру. Даний ресурс містить звернення щодо впливу на всі складові довкілля (повітряний басейн, водні ресурси, ґрунти), а також лісові масиви і об'єкти ПЗФ.

Нами було опрацьовано окремі звернення, які характеризують техногенний вплив на атмосферне повітря, спричинений військовою агресією РФ.

8 травня 2022 р. був обстріляний нафтопереробний завод у м. Лисичанськ. Загорілися установка з отримання сірки та станція змішування речовин. Площа пожежі, що виникла, була 360 м<sup>2</sup> (звернення 000039).

9 травня 2022 р. в результаті обстрілу виникла пожежа на нафтобазі у м. Макіївка, в результаті чого загорілися 4 резервуари по 5 т (звернення 000044).

У липні 2022 р. надійшла інформація від Державної екологічної інспекції Південно-Західного округу (Одеська і Миколаївська області) щодо забруднення атмосферного повітря внаслідок дій під час воєнного стану у м. Миколаїв (звернення 000192). Так, 24 травня 2022 р. внаслідок військових дій виникла пожежа на території АЗС на площі 300 м<sup>2</sup>. Також внаслідок обстрілу сталася аварія на території ТОВ «МСП Ніка-Тера» 4 червня 2022 р. (м. Миколаїв), в результаті чого відбулось забруднення атмосферного повітря через пожежу складських приміщень та рослинності (звернення 000197).

Внаслідок влучення снаряду 17 травня 2022 р. у промисловий майданчик ТОВ «КНАУФ ГПС ДОНБАС» (м. Соледар Донецької обл.) стався вибух, що спричинило пожежу на площі 4000 м<sup>2</sup> (звернення 000207).

16 червня 2022 р. на території підприємства «Шахта ім. Св. Матрони Московської» (м. Торецьк, Донецька область) в результаті обстрілу виникла пожежа на загальній площі 75 м<sup>2</sup> (звернення 000216).

У Донецькій області в результаті бойових дій навесні 2022 р. горіли ліси на території Національного природного парку «Святі Гори». Площа вигоряння склала 9000 га (звернення 000222).

У Житомирській області внаслідок ракетних ударів сталися численні випадки лісових пожеж на загальній площі 21,55 га (звернення 000248).

Слід відзначити, що на даний час зафіксованих звернень на вебресурсі ЕкоЗагроза налічується 181. Деякі з них не мають прямого відношення до фактів впливу на повітряний басейн внаслідок військової діяльності. Значна кількість звернень не має необхідної інформації, яка б дозволила визначити шкоду довкіллю. Тож оцінки, які нами виконані, представляють лише частину збитків, які були заподіяні Україні.

За наявної інформації нами було виконано розрахунок викидів ЗР по трьох складових методики:

- 1) наявні відомості про обсяги викидів ЗР;
- 2) наявні відомості про площу пожежі, що сталася наслідок військової діяльності;
- 3) наявні відомості про площу лісових пожеж, вигорання сухої трави та ін.

Результати розрахунків наведено у табл. 1. Так, загальний обсяг викидів ЗР внаслідок збройної агресії РФ складає 6430630 т. Ці дані є досить орієнтовними і приблизними. Зрозуміло, що вони не відображають у повній мірі весь масштаб шкоди для повітряного басейну в регіонах України і для довкілля в цілому.

Таблиця 1 – Розрахунок викидів ЗР внаслідок військової діяльності за окремими регіонами України, т

Звернення	Мівикид (формула 1)	Мівикид (формула 2)	Мівикид (формула 3)
000044	68,99637	–	–
000039	–	$9,396 \times 10^{-8}$	–
000192	–	0,0031048	–
000197	–	$1,35 \times 10^{-7}$	–
000207	–	$3,6 \times 10^{-8}$	–
000216	–	$6,75 \times 10^{-10}$	–
000222	–	–	6415200
000248	–	–	15360,84
<b>Всього:</b>		<b>6430630</b>	

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

1. *Методика розрахунку неорганізованих викидів забруднюючих речовин або суміші таких речовин в атмосферне повітря внаслідок виникнення надзвичайних ситуацій та/або під час дії воєнного стану та визначення розмірів завданої шкоди.* URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0433-22#Text> (дата звернення: 29.10.2022).

2. *ЕкоЗагроза.* URL: <https://ecozagroza.gov.ua/feed> (дата звернення: 29.10.2022).

*Чугай А. В., д. т. н., Кротов С. А.*

*Одеський державний екологічний університет, Україна  
Нижньодністровський національний природний парк, Україна*

## **СТАН РОЗВИТКУ ЕКОЛОГО-ТУРИСТИЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ НА ТЕРИТОРІЇ НИЖНЬОДНІСТРОВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ**

Згідно із Законом України «Про природно-заповідний фонд України», одним із видів природокористування на природоохоронних територіях є використання об'єктів природо-заповідного фонду (ПЗФ) в оздоровчих та інших рекреаційних цілях. Таке використання можливе за умови дотримання природоохоронного режиму. Важливим напрямком рекреації в межах територій ПЗФ є екологічний туризм. Такий вид туризму спрямований на довготривале збереження довкілля, формування інтелектуально-гуманістичного та екологічного світогляду у людини.

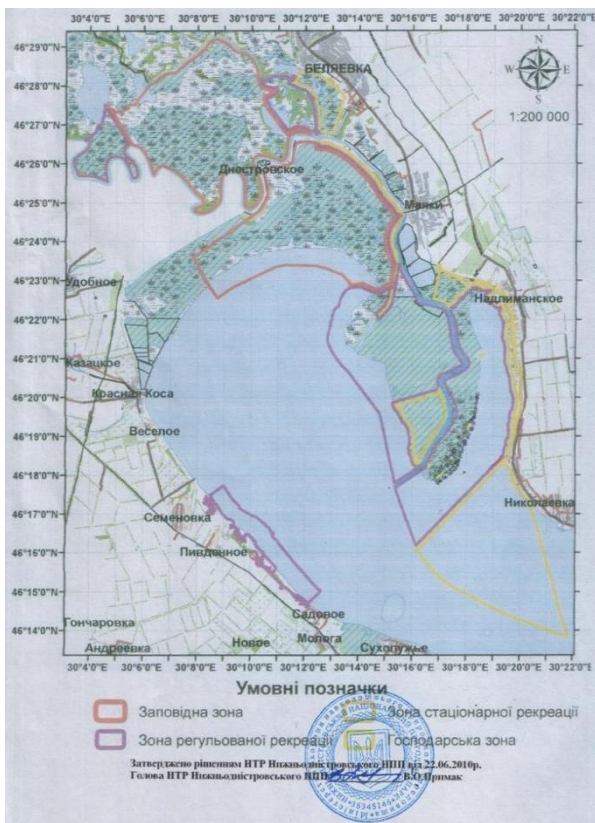
У південній частині Одеської області розташовані декілька об'єктів ПЗФ, в т.ч. Нижньодністровський НПП із загальною площею 21311,1 га. На території Нижньодністровський НПП при зонуванні, затвердженням рішенням Науково-технічної ради Нижньодністровського НПП від 22.06.2010 р., площа заповідної зони складала 38 % від загальної площі НПП (рис. 1). За існуючою проектною документацією планується її збільшення на 1568 га (до 45% території НПП).

На даний час на території Нижньодністровського НПП розроблено п'ять екологічних маршрутів та дві екологічні стежки. Найбільш привабливим є екологічний маршрут «Нижньодністровська перлина», який розташований у межах ВБУ міжнародного значення «Північна частина Дністровського лиману» і «Межиріччя Дністра-Турунчука».

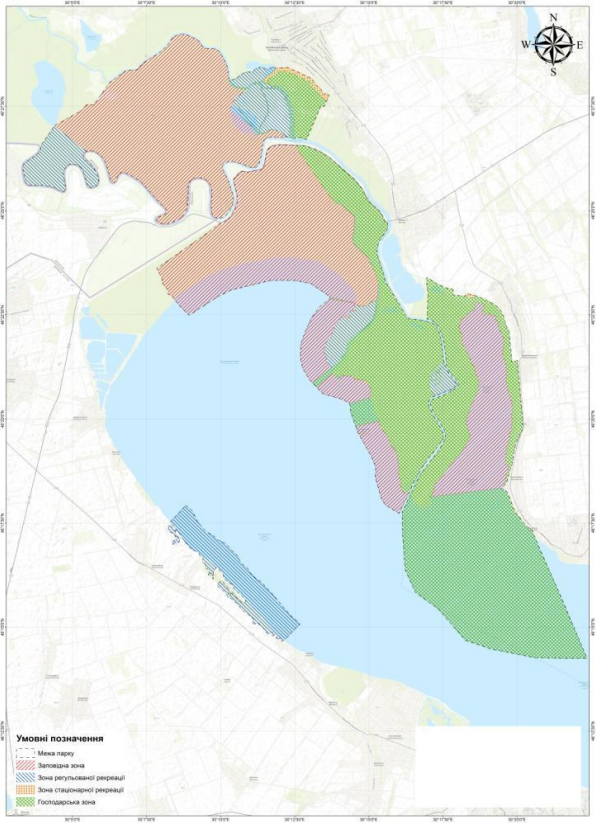
Протяжність маршруту складає 50 км, середня тривалість відвідування – 6-7 год. Пересування за маршрутом відбувається на плавзасобах. Найкращий термін відвідування – травень – жовтень. Порядок відвідування: з гідом або з дозволу адміністрації Нижньодністровського НПП. Маршрут складається з 20 точок (рис. 2). Запропонований екологічний маршрут є досить перспективним. Прогнозована чисельність відвідувань складає 5-6 тис. на рік.

Аналіз показав, що найбільш поширеними видами екологічної діяльності на території Нижньодністровського НПП є еколого-географічний, ландшафтно-екологічний, зооекологічний, акваекологічний види туризму, а також екскурсійно-прогулянковий туризм.

На жаль, в останні роки у зв'язку із введенням певних обмежень в Україні ситуація з відвідуванням території Нижньодністровського НПП є складною для подальшого розвитку системи екологічного туризму.



діюча



планована

Рисунок 1 – Схема зонування території Нижньодністровського НПП

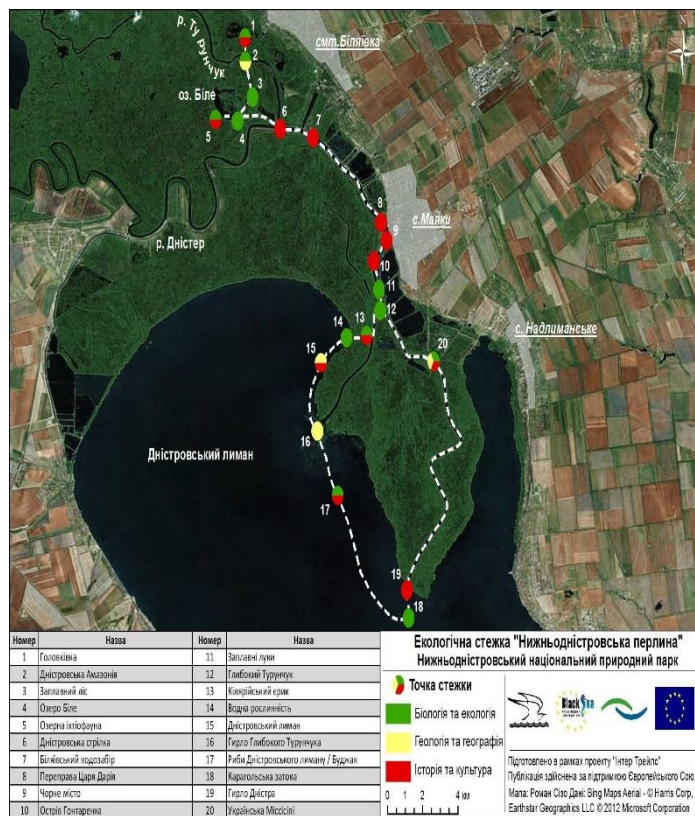


Рисунок 2 – Схема маршруту «Нижньодністровська перлина»

## СТАН ПОВІТРЯНОГО БАСЕЙНУ ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ ЗА ДАНИМИ АВТОМАТИЗОВАНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ

Для більш повної інформації щодо якісних характеристик повітряного басейну на протязі останніх років впроваджуються автоматизовані системи спостережень. Питання аналізу даних автоматизованих спостережень є важливими, оскільки офіційні дані щодо вмісту окремих забруднюючих речовин переважно містять результати спостережень на мережі стаціонарних пунктів. Але вказана мережа є у свої більшості застарілою і потребує переоснащення.

На території Дніпропетровської області встановлено 11 стаціонарних автоматизованих ПСЗ серії «Ефір», дані моніторингу яких було проаналізовано за 2021 р. [1]. Розглядався вміст 6 ЗР, а саме  $NO_2$ ,  $CO$ ,  $SO_2$ ,  $O_3$ ,  $NH_3$ ,  $PM_{10}$  і  $PM_{2.5}$ . Також слід відзначити, що з 11 встановлених ПСЗ у 2021 р. не працювало декілька станцій: Ефір 2.4 (м. Нікополь), Ефір 2.8-2.11 (міста Жовті Води, Зеленодольськ, Кам'янське).

У даній роботі проаналізовано вміст забруднюючих речовин (ЗР) за окремими населеними пунктами регіону.

Якщо розглядати вміст  $NO_2$  (рис. 1), то можна зазначити, що максимальні концентрації з перевищенням  $ГДК_{сд}$  відзначено у м. Павлоград, а також на окремих пунктах у містах Дніпро (Ефір 2.2) і Покров (Ефір 2.6). На інших ПСЗ у вказаних населених пунктах концентрації були значно нижче  $ГДК_{сд}$ .

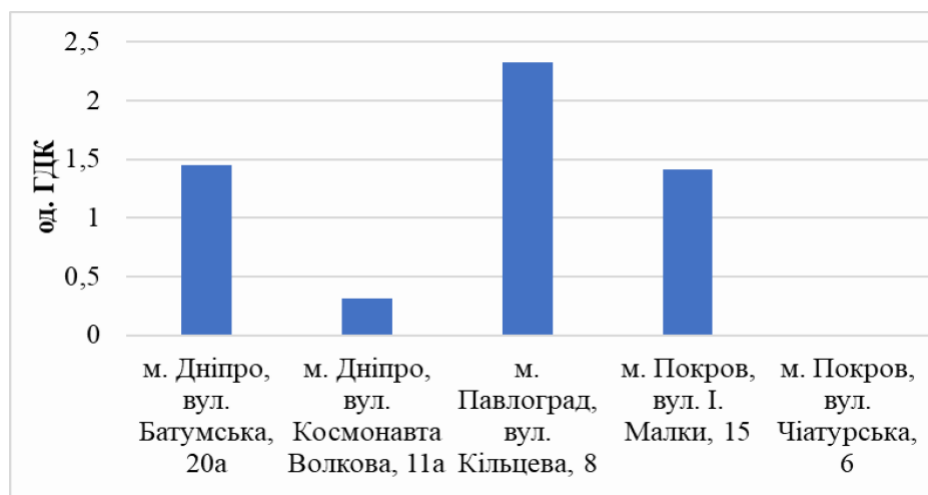


Рисунок 1 – Вміст  $NO_2$  у повітряному басейні населених пунктів Дніпропетровської області

Концентрації  $SO_2$  визначались лише на трьох пунктах (рис. 2) – 2 у м. Дніпро і 1 у м. Покров. При цьому слід відзначити, що концентрації даної домішки у повітряному басейні м. Покров були значно вище.



Рисунок 2 – Вміст  $SO_2$  у повітряному басейні населених пунктів Дніпропетровської області

Вміст  $CO$  (рис. 3) серед населених пунктів регіону максимальним був у м. Павлоград. Також значні концентрації відзначались у м. Дніпро (Ефір 2.2). Середньорічний вміст по населених пунктах Дніпропетровської області не перевищував нормативів.

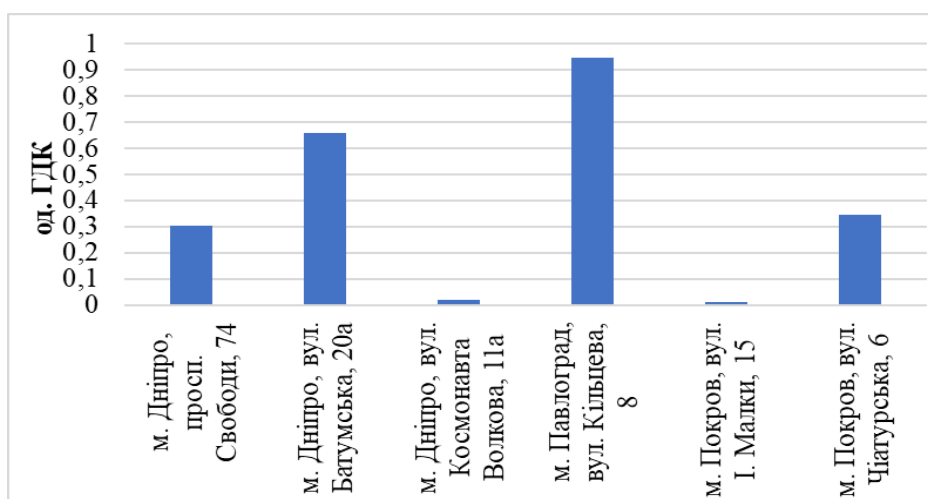


Рисунок 3 – Вміст  $CO$  у повітряному басейні населених пунктів Дніпропетровської області

Вміст  $O_3$  (рис. 4) визначався лише на протязі січня – липня 2021 р. У переважній більшості випадків середньорічний вміст перевищував  $ГДК_{сд}$  з максимумом у м. Дніпро (пункт Ефір 2.3). Така концентрація сформована за рахунок значного перевищення у липні на даному ПСЗ. Крім м. Дніпро, середньорічний вміст перевищував нормативи якості у м. Покров.

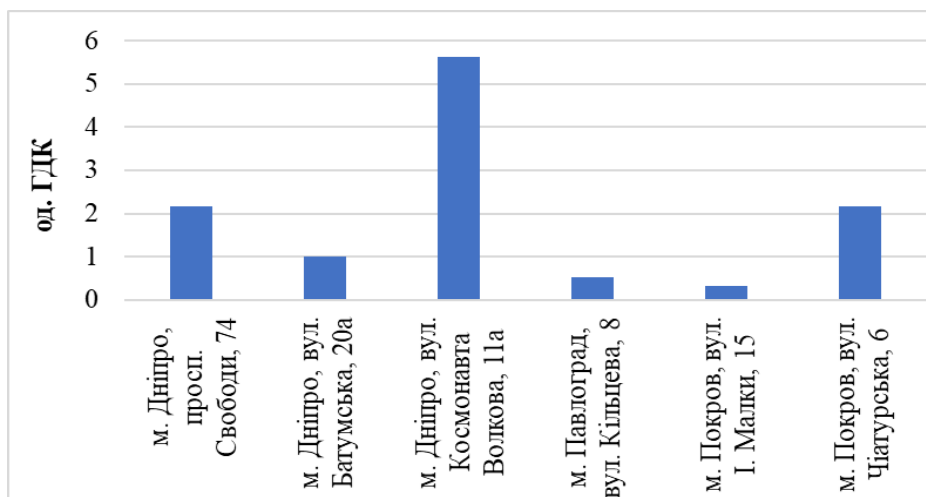


Рисунок 4 – Вміст  $O_3$  у повітряному басейні населених пунктів Дніпропетровської області

Вміст  $NH_3$  (рис. 5) визначався лише на протязі двох місяців. Тому некоректним є казати про середньорічний вміст. Але за вказаний період у 50 % випадків відзначались перевищення  $ГДК_{сд}$ . При цьому значення сягали 6-17  $ГДК_{сд}$ , що викликає питання достовірності вихідної інформації в окремих випадках. Абсолютний максимум зафіксовано у м. Павлоград.

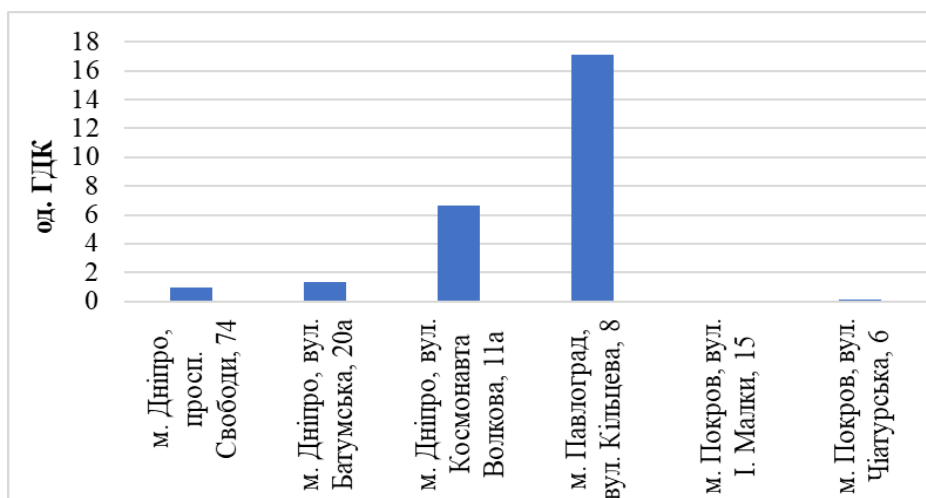


Рисунок 5 – Вміст  $NH_3$  у повітряному басейні населених пунктів Дніпропетровської області

Середньорічний вміст частинок пилу в регіоні (рис. 6) був у межах норм ВООЗ. Найбільші концентрації  $PM_{2,5}$  відзначались на окремих ПСЗ у містах Дніпро (Ефір 2.1) і Покров (Ефір 2.7). Стосовно вмісту  $PM_{10}$ , то максимум концентрацій відзначався на пункті Ефір 2.1 (м. Дніпро).



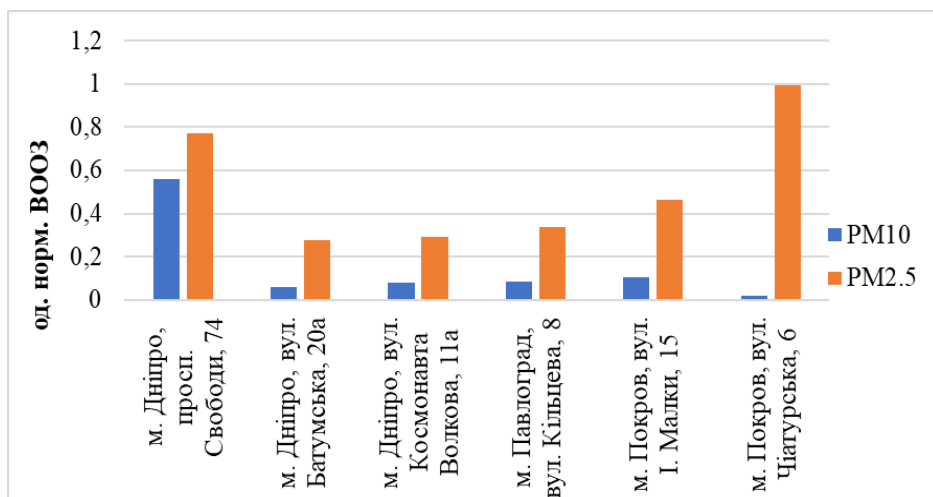


Рисунок 6 – Вміст  $PM_{2,5}$  і  $PM_{10}$  у повітряному басейні населених пунктів Дніпропетровської області

За даними Екологічного паспорту області за 2021 р. [2] проведено порівняння даних автоматизованих спостережень зі стаціонарними на прикладі м. Дніпро (рис. 7). Як видно, у більшості випадків концентрації ЗР, визначені на стаціонарних ПСЗ, значно вище, ніж відповідні дані, отримані шляхом автоматизованих спостережень. Виключення складає вміст  $NH_3$ . Такі результати можна частково пояснити обмеженими даними автоматизованих спостережень.

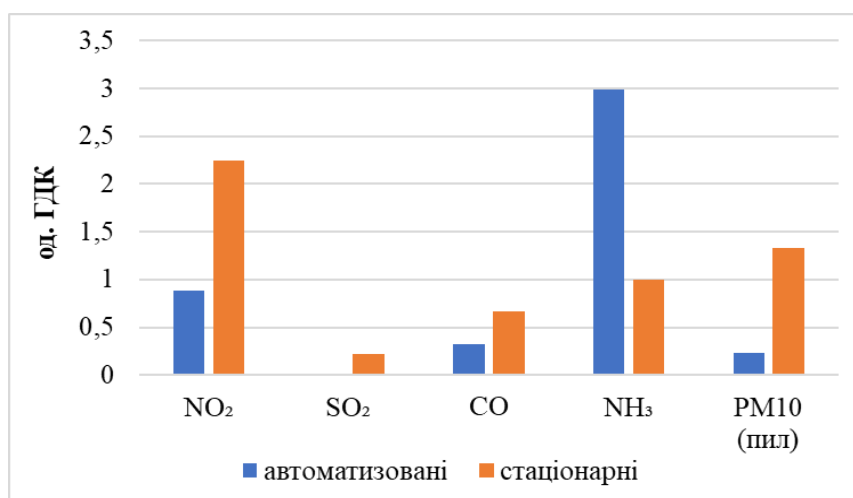


Рисунок 7 – Порівняння результатів спостережень на стаціонарних і автоматизованих ПСЗ (м. Дніпро, 2021 р.)

У цілому необхідно подальше впровадження автоматизованих систем, які більш повно і детально характеризують стан повітряного басейну в окремих населених пунктах.

#### Використані інформаційні джерела:

1. Електронний ресурс: URL: <https://adm.dp.gov.ua/file-storage/stan-dovkillya?v=5e299f1d6a9af> (дата звернення: 2.10.2022).

2. Екологічний паспорт Дніпропетровської області за 2021 рік. Дніпро, 2022. 241 с.

*Шевчук О. А., д. е. н., доцент, Маноха О. М., магістр,  
Національний технічний університет України «Київський політехнічний  
інститут імені Ігоря Сікорського»,  
м. Київ, Україна*

## **ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ БІОТЕС ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОГЕНЕРАЦІЇ В УКРАЇНІ**

В умовах сучасного сталого розвитку необхідно постійно розвивати промисловість для забезпечення соціальних потреб населення та економічних потреб держави. Розвиток електроенергетики є і має бути одним з ключових напрямків розвитку держави для забезпечення свого стабільного існування. Сьогодні показує, як може бути важко без світла, проте в той самий час воно натякає, як можна підвищити ефективність енергогенерації та вказує напрямки, ставши лідером в яких зараз, можна утримувати це лідерство впродовж десятків років.

В сучасній Україні найбільша частина генерації припадає саме на теплові електростанції, паливом для яких є вугілля. Безумовно вони є морально і технологічно застарілими, але вони це те єдине, що у нас є. Світовий тренд в електроенергетиці зараз – її декарбонізація, тобто зменшення кількості викидів вуглецю в атмосферу з метою збереження навколишнього середовища. Україна є підписантом Паризького і Кіотського кліматичних меморандумів з збереження довкілля і робить кроки для зменшення кількості цих викидів. Однак існуючих тенденцій недостатньо і відповідно треба розробляти і поширювати використання нових, екологічно чистих джерел, або таких, що майже не наносять шкоди довкіллю. До того ж держава займається стимуляцією розвитку ринку зеленої енергії все ще підтримуючи в дії зелений тариф, який дозволяє промисловим або побутовим споживачам продавати електроенергію за завищеними цінами. Таким чином підвищується зацікавленість потенційних учасників ринку електроенергії до нових і перспективних напрямків. Проте неможливо одразу розвивати все і рівномірно ефективно. Потрібно зробити свій вибір і покращувати існуючу нормативно-технічну базу для розвитку галузі в країні і світі. До перспективних галузей на які Україні є сенс звертати увагу належать: вітрова та сонячна електроенергетика, енергетика на основі біопалива, енергетика на основі біогазу.

Вітровій та сонячній електроенергетиці вже присвячено багато наукових праць та аналізів, у той час як біопаливо та біогаз стоять осторонь. Вони дійсно теоретично не можуть забезпечувати енергією так, як це роблять ТЕС, ВЕС та СЕС однак їхнє локальне застосування на підприємствах дозволить як зменшити витрати на електроенергію за рахунок власної генерації, так і зменшити навантаження на енергосистему,

що під час пікових годин може допомогти усунути дефіцит електроенергії та зберегти електропостачання побутових споживачів.

Одним з можливих напрямків розвитку є технології теплових електростанцій з використанням біопалива, так званих БіоТЕС. Їх суть така сама, як і традиційних теплових електростанцій, проте вона має одну суттєву перевагу, замість вугілля, нафти, мазуту або газу спалюється біопаливо, запаси якого на планеті майже невичерпні, так як оновлюються на відміну від викопних матеріалів кожен рік. До основних видів біопалива належать: дерев'яні палети, дерев'яна тріска, рисове лушпиння, соняшникове лушпиння та ін. Крім своєї невичерпності, цей матеріал є повністю екологічним, і відповідно його спалювання, несе менше шкоди, ніж спалювання вугілля або інших викопних матеріалів.

БіоТЕС як джерело енергії має як переваги, так і недоліки. Однією з вагомих переваг є екологічність самого палива. Так, згідно [1, с 20] джерелами палива можуть виступати солома, лушпиння рису, дерев'яні палети, які при спалюванні викидають набагато менше шкідливих речовин, ніж при спалюванні того самого антрациту. Теплота згорання кам'яного вугілля становить 24...31 МДж/м<sup>3</sup>, що складає приблизно 5500 ккал/ м<sup>3</sup>, що є високим значенням, проте різні заводи виробники дають значення теплоти згорання біопалива, які майже не поступаються вугіллю. Крім того варто зауважити, що і ціна такого біо-палива є нижчою, якщо взагалі не майже нульовою, у випадку використання БіоТЕС, як генератора потужності власних потреб на підприємстві з виготовлення соняшnikової олії, або на лісопилці.

Вагомою перевагою є розміри таких теплових електростанцій. В умовах сучасної урбанізації все частіше постає питання використання площі якомога ефективніше. Встановлення компактних БіоТЕС на кожному підприємстві замість використання існуючих величезних, застарілих та неефективних ТЕС та котельних несе в собі ряд переваг: великі виробники витрачають менше грошей на закупівлю електроенергії та тепла, що дозволяє збільшити їхній прибуток, також децентралізація в електроенергетичній галузі дозволяє збільшити надійність електропостачання, так як аварія на електричній станції не приведе до відключення промислового об'єкту.

Суттєвою характеристикою будь-якої електростанції є її маневровість, тобто час який необхідно витратити перед тим як електростанція може почати працювати для генерації потужності. Для атомних станцій такий час складає приблизно 24 години. Теплові станції є більш маневровими, для них такий час складає приблизно дві години, найманевровішими ж вважаються ГЕС, ГАЕС та ГТЕС. Станції на біопаливі мають такий самий технологічний процес, як традиційні ТЕС, але внаслідок того, що агрегатам все ще потрібний певний час аби довести водяну пару до необхідної температури, маневровість такої електростанції буде беззаперечно вища, ніж в ТЕС, але

не така висока, як в ГТЕС, тобто станція займе своє місце в графіку навантаження та дасть можливість диспетчерам гнучкіше оперувати режимом електричної системи у випадку генерації БіоТЕС в ОЕС України.

Отже, використання теплових електростанцій на біопаливі має ряд суттєвих переваг перед традиційними електростанціями, які спалюють вугілля. Серед цих переваг, відносна дешевизна палива, особливо у випадку розташування БіоТЕС на підприємствах із відходами, які можна використовувати як паливо. Також перевагою є висока екологічність таких електростанцій, так як при спалюванні, наприклад, соняшникового лущиння зольність складає всього 3%, крім того, ця зола не несе в собі важких металів, як це відбувається з кам'яним вугіллям. До переваг можна віднести ще й невеликі розміри таких електростанцій відносно великих підприємств, що дозволить розміщувати їх на території цих підприємств без вкладання зайвих коштів. Основним недоліком можна вважати існуючий рівень розвитку технологій, який в свою чергу призводить до необхідності вкладання більшої кількості грошей в підтримання робочого стану таких електроустановок та їхній ремонт.

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

1. Федоренко В. Використання біопалива для виробництва теплової енергії. dec.usaid.gov. URL: [https://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/PA00MD8R.pdf](https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00MD8R.pdf)

*Шевчук О. А., д.е.н., доцент, Нечай І. В., магістр  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»  
м. Київ, Україна*

## **ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМИ ІНОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ ЕНЕРГЕТИКИ В ПІСЛЯВОЄННИЙ ПЕРІОД В УКРАЇНІ**

Від дій країни окупанта страждає все, не виключенням є і енергетика України. З початку жовтня значних пошкоджень зазнали станції та підстанції. Після закінчення війни перед державою стоятиме питання з відновлення енергетичного ринку та його розвитку.

Головною проблемою є залежність від енергоресурсів країни агресора. Для зменшення впливу ворога ще до початку повномасштабного вторгнення НАЕК «Енергоатом» було підписано угоду з Westinghouse у сфері атомної енергетики. За угодою Україна має збудувати щонайменше два атомні блоки, які будуть працювати на паливі не російського походження, а також повна відмова від атомного палива Росії на старих АЕС. 2 червня 2022 року НАЕК «Енергоатом» та Westinghouse було підписано ще три угоди про посилення співпраці. В першій йдеться про збільшення кількості побудованих атомних блоків по американській технології AP1000 до дев'яти штук, два перших планують побудувати на Хмельницькій АЕС. Друга угода полягала у збільшенні поставок американського палива на всі АЕС України. І нарешті в третій мова була про створення інженерно-технічного центру Westinghouse в Україні для контролю будівництва і експлуатації нових AP1000 та виведення з використання старих енергоблоків АЕС [1].

Для зміцнення енергонезалежності країни необхідно не тільки стимулювати видобуток власних нафти, вугілля, газу, а й впроваджувати та розвивати відновлювані джерела енергії. Нетрадиційні джерела дадуть можливість зробити енергосистему більш гнучкою. Це пов'язано з тим, що вітроелектростанції та сонячні станції розосереджені і не такі вразливі порівняно з традиційними станціями [2].

Але також збільшення відновлюваних джерел може призвести до дисбалансу енергосистеми. Для вирішення даної проблеми в якості довгострокового накопичення можна використовувати водень. Тема водню для України є надзвичайно важливою, адже водень є енергоносієм майбутнього. Він є поштовхом для створення нових технологій та посилення енергетичної безпеки. Водень надзвичайно важливий для позиціонування України на ринку енергетики. Ми маємо для цього ресурсну базу, технології можна отримати від США та Південної Кореї. Налагодивши виробництво можна покривати запити не тільки внутрішнього ринку, а й

експортувати водень до Європейського Союзу. Наразі питання стосовно виробництва водню контролюється міністерством енергетики за розробленим проектом Водневої енергетики.

Щодо того, як реалізувати виробіток водню на території України свою думку висловили такі компанії як НАЕК «Енергоатом», Укргідроенерго, Українська Вітроенергетична Асоціація, Український союз промисловців і підприємців, Інституту технічної теплофізики НАН України та ТОВ «Хімічна технологічна компанія». Представник Енергоатом заявив, що атомні електростанції можуть виробляти велику кількість низьковуглецевого водню. Компанія вже має певну кількість варіантів з видобутку водню і за підтримки французьких партнерів реалізують пробний проект [3].

Голова Української вітроенергетичної асоціації дав оцінку можливому майбутньому розвитку «зеленого» водню. Розраховують що саме даний вид водню матиме найбільший вклад у декарбонізацію. Варто зазначити що «зеленим» даний водень називається через те, що він утворюється під час процесу електролізу який використовує електроенергію, яка була отримана з відновлюваних джерел.

Компанія Укргідроенерго також спрямувала свої дослідження у напрямку «зеленого» водню. Її робота спрямована на використання в процесі виробництва енергії, отриманої на гідроелектростанціях. Таке джерело також вважається відновлюваним.

Конкурентом по популярності «зеленому» водню може стати водень, отриманий за допомогою синтетичної біології. Це нова технологія і вона полягає в тому, що створюються штучні мікроорганізми, які можуть виробляти водень з вуглеводнів. Поки що процес працює лише в лабораторних умовах, але і до поширення технології серед комерційних підприємств лишається не так багато часу. Даний вид водню має значну перевагу порівняно з «зеленим» воднем – він вдвічі дешевший. А все пов'язано з тим, що така технологія використовує вже відпрацьовані старі свердловини з видобутку нафти.

Україна має величезний потенціал у розвитку сектору біоенергетики. Україна має все необхідне для заміни природного газу біомасою, адже наша країна є аграрною і в процесі збирання врожаю залишається безліч відходів рослинного походження, переробка яких, за розрахунками Біоенергетичної асоціації України, може замінити близько десяти мільярдів метрів кубічних природного газу на рік. Приємним бонусом переходу на біогаз є те, що отримана з його використання енергія коштує менше, ніж з природного газу і це при нормальних ринкових умовах, а не тільки при підвищенні цін. За попередніми даними до 2050 року Україна має можливість вийти на обсяг виробництва біогазу до шести мільярдів метрів кубічних на рік, при цьому частково експортувати. До 2030 року Україна може замінити близько чотирьох мільярдів метрів кубічних природного газу біопаливом місцевого

виробництва. Також можна розвивати напрямок отримання теплової енергії використовуючи відходи деревної промисловості. Переробка відходів рослинного та тваринного походження дадуть можливість замінити значний відсоток енергії, зменшити кількість шкідливих викидів, зменшити площу звалищ.

На жаль, план відновлення України до 2032 року не ставить перед собою мету розвивати офшорну вітроенергетику. Але дані представлені Світовим банком (рис. 1) показують, що Україна має достатній технічний потенціал серед Чорноморських країн. Теоретичний потенціал офшорних ВЕС для вод України становить 250 ГВт при загальному потенціалі Чорноморського регіону 435 ГВт.

Із результатів інших прибережних країн Чорного моря, розвиток офшорної вітроенергетики для України є хорошим варіантом, що прискорить досягнення цілей Європейського Зеленого Курсу та RePowerEU. Також Україна є учасником регіонального співробітництва в контексті Спільного морського порядку денного для Чорного моря, який спрямований на те, щоб розвивати офшорні вітрові і хвильові технології, тому наша країна повинна розглядати варіант побудови офшорних ВЕС у прибережних зонах [4].



Рисунок 1 – Технічний офшорний вітровий потенціал України в водах Чорного та Азовського морів [4]

Відновлення і розвиток енергетичного ринку для України буде не простим і довгим шляхом. Але ми зможемо зробити нашу енергосистему гнучкою, незалежною. В разі розумного використання територій, ми можемо зменшити території звалищ, кількість викидів парникових газів в атмосферу, а також експортувати вироблені ресурси в Європу, особливо водень, який набирає шаленої популярності і який зможе замінити значну частину викопних палив.

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

1. Водяний А. Украина расширяет сотрудничество с Westinghouse. Построят не пять, а девять энергоблоков. Ліга-бізнес: веб-сайт. URL: <https://biz.liga.net/amp/all/tek/novosti/ukraina-rasshiryayet-sotrudnichestvo-s->

[westinghouse-postroyat-ne-pyat-a-devyat-energoblokov](#) (дата звернення: 03.06.2022).

2. Новіков В. Яким має бути «План Маршала» для України після війни. Економічна правда: веб-сайт. URL: <https://www.epravda.com.ua/columns/2022/03/11/683811/index.amp> (дата звернення: 11.03.2022).

3. Воднева енергетика – необхідний елемент післявоєнного відновлення країни за принципами «зеленої» економіки. Голос України. 27 травня 2022. URL: <http://www.golos.com.ua/article/360588> (дата звернення: 27.05.2022).

4. Конеченков А. Сектор відновлюваної енергетики України до, під час та після війни. Разумков-центр: веб-сайт. URL: <https://razumkov.org.ua/statti/sektor-vidnovlyuvanoyi-energetyky-ukrayiny-do-pid-chas-ta-pislya-viyny> (дата звернення: 11.11.2022).



## **АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ СТВОРЕННЯ МІКРОІНВЕРТОРІВ ДЛЯ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ**

Енергетична криза, яка спіткала державу у розпал російської військової агресії проти України, змушує замислитися щодо важливості знаходження додаткових (резервних) шляхів забезпечення стабільності енергозабезпечення приватних домогосподарств, підприємств тощо [1]. Очевидним є те, що нинішня ситуація оголила проблеми традиційного постачання електроенергії за допомогою електромереж. Виникає логічне запитання: чи є альтернатива електромережі, яка може покривати енергетичні потреби споживача у разі пошкодження ліній внаслідок воєнних дій, природних лих чи за інших умов? Зрозуміло, що джерелом резервного живлення може стати невелика електростанція із використанням нетрадиційних джерел енергії, зокрема, на основі фотоелементів.

Варто зазначити, що важливою проблемою при використанні фотоелементів є те, що останні генерують постійний струм. Оскільки переважна більшість приладів, яка використовується господарствами споживає змінний струм або постійний, який отримується зі змінного внаслідок попереднього його випрямлення, виникає необхідність його (постійного струму) перетворення у змінний. Станом на сьогодні найвідомішими перетворювачами постійного струму у змінний є інвертори.

У більшості своїй фотоенергетичні станції компонуються так званими стрінговими інверторами [2]. При цьому фотокомпоненти з'єднуються послідовно, утворюючи таким чином ланцюжок, який прийнято називати стрінгом (від англ. слова *string* – рядок). При цьому таке підключення фотоелементів має свої проблеми. Зокрема, як відомо, у колі, яке утворене послідовним з'єднанням активних провідників, струми на кожному із елементів кола рівні між собою. Тому, якщо хоча б один із фотомодулів починає перебувати за гіршої освітленості, струм, який ним генерується стає меншим, ніж решти елементів. Таким чином, загальний струм електричного кола зменшується до рівня струму, згенерованого цим фотоелементом. Іншим наслідком цього є те, що у місці, у якому генерується менший струм, ніж у інших частинах системи, відбувається перегрівання, що може призвести до пошкоджень.

У практичному середовищі таке явище спостерігається, наприклад, при повному чи частковому затіненні фотоелемента (-ів). Причиною цього може бути:

- сніг;
- лід;
- димар, ймовірно затіннення яким могло не враховуватися при розрахунках;
- проводи;
- опале листя;
- бруд;
- пил тощо.

Вищенаведені явища є дуже серйозною проблемою при експлуатації фотоелектростанції, адже фактично при збоях на одному елементі страждає уся система.

Іншою проблемою, що може спідкати експлуатача фотоелектростанції зі стрінговими інверторами є бажання її розширення за рахунок додаткових фотомодулів. По-перше, сучасні стрінгові інвертори дозволяється перевантажувати у середньому на 20%. Таким чином, якщо така можливість не була передбачена при проєктуванні станції й інвертор уже перевантажено, розширення станції можливо здійснити за рахунок приєднання додаткового інвертора. По-друге, якщо все ж інвертор не було перевантажено, приєднання додаткових фотомодулів до системи можливе лише за умови, що відмінність характеристик (струму короткого замикання, напруги холостого ходу тощо) додаткових модулів від параметрів ранішеустановлених знаходиться у допустимих межах. Оскільки часто додаткові сонячні панелі приєднуються до системи через певний час, старі елементи вже встигають зноситися чи застаріти, а тому виконання даного обмеження є дещо ускладненим. Але якщо система все ж довантажиться фотомодулями, внаслідок їх невідповідності старішим буде спостерігатися таке ж явище, як і при затінненні.

Третьою проблемою, яка спостерігається при експлуатації стрінгових інверторів є те, що сонячні панелі можуть мати різну орієнтацію на сонце. Зокрема, часто такі елементи встановлюються на дахах приватних будинків, де важко розмістити достатню кількість фотомодулів під однаковими кутами. У такому разі будуть спостерігатися такі ж явища, як і при вищезгаданих проблемах.

Одним із варіантів вирішення недоліків фотоелектричних станцій із використанням стрінгових інверторів є їх заміна на перспективні мікроінвертори.

Найбільшою перевагою мікроінверторів порівняно зі стрінговими є те, що вони приєднуються до одного чи кількох фотомодулів, а тому, якщо, наприклад, затінюється одна фотоодиниця, то інші генерують ту ж кількість енергії, що й до моменту потрапляння тіні на вказаний елемент [3]. Це ж стосується і інших проблем, вказаних вище. Також необхідно вказати, що сучасні мікроінвертори обладнані МРРТ-трекерами, як і стрінгові інвертори, а тому вони теж забезпечують практично максимальну

генерацію, яку може здійснити панель. Разом із тим за допомогою мікроінверторів можна досить легко розширювати станцію, а також вести моніторинг кожної панелі чи мікрозбірки панелей окремо.

Однак, попри все, мікроінвертори мають свої недоліки. Зокрема, вартість. Так, електростанція із мікроінверторами буде дорожчою, ніж така ж (із такою ж потужністю), але із компонуванням стрінговим інвертором. Та цей недолік частково може перекриватися тим, що мікроінвертор має середній практичний термін експлуатації на близько 13 років довший, ніж стрінговий.

Іншим суттєвим недоліком мікроінверторів є те, що при їх встановленні на дахах будинків, при якійсь технічній несправності фотосистеми встановити місце проблеми, а тим паче замінити його (мікроінвертор) у разі проблеми саме в ньому є досить нетривіальною задачею, адже це потребує відкріплення та знімання немалої кількості фотомодулів, аби провести ремонт.

Сьогодні мікроінвертори є частиною продуктового ряду деяких виробників. Зокрема, провідним світовим виробником таких приладів є австралійська компанія Enphase. В Україні мікроінвертори також представлені під брендами UNIVPRO та Ахіота Energy. Помітно, що спостерігається певне недостатнє насичення українського ринку ними. Частково це пов'язано з тим, що технології виробництва мікроінверторів не так активно розвивалися, у порівнянні зі стрінговими. У 90-тих роках минулого століття ще не було цілковитої упевненості у надійності використання мікроінверторів, а тому ресурси вкладалися інвесторами у розвиток саме стрінгових інверторів. Таким чином, виробництво останніх набуло промислового характеру, а тому й відбулося їх суттєве здешевіння, що нині ще більше заважає розвиткові мікроінверторів та їх популяризації.

Однак, вищезгадана енергетична криза в Україні та, що не менш важливо, у Європейському Союзі [4] змушує посилено звертатися до технологій, що дозволяють більш ефективно використовувати електроенергію. Сонячні панелі, які сьогодні мають коефіцієнт корисної дії близько 21% додатково можуть втрачати велику частину потенційно згенерованої енергії через проблеми, згадані вище. Разом із тим упевненість у подальшому стабільному використанні традиційних енергоресурсів, а саме нафти, газу та вугілля, є під великим питанням: як через невперше згадану тут російську агресію, так і через світові та європейські кліматичні потуги (Паризька кліматична конференція тощо).

Так як мікроінвертори малопредставлені на українському ринкові, відчуються потенційні можливості для стартап-компаній, які займатимуться імпортом, розробкою, інсталяцією, обслуговуванням мікроінверторів для фотоенергостанцій. Разом із тим варто зазначити, що такі стартап-компанії матимуть часткову фактичну монополію в Україні. Це ще більше підкреслює важливість осмислення можливостей для цього.

Іще одним аргументом на користь створення стартап-проєкту, пов'язаного із мікроінверторами, є те, що, вочевидь, в період повоєнного відновлення Україна потребуватиме значної кількості електроенергетичних потужностей, а тому будь-які пристрої, які даватимуть змогу зменшити енергетичні втрати, ймовірно, будуть користуватися попитом, що підвищує шанси такої діяльності на успіх.

Як бачимо, попри певні недоліки, мікроінвертори мають очевидні переваги у порівнянні зі стрінговими інверторами, а тому стартап-проєкти, пов'язані із застосуванням останніх можуть мати шанси на успіх, що повинно, як мінімум, звернути увагу потенційних інвесторів до вивчення можливостей практичної реалізації цієї ідеї. Також важливим є те, щоб на це звернули увагу певні урядові чи неурядові організації, щоб здійснювати певну стимуляцію цього зі свого боку чи проводити популяризацію цього важливого засобу досягнення економічної стабільності серед населення.

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

1. Зеленський В. О. Багато важливих для України тем обговорили сьогодні з членом Кабінету Президента США, Постійною представницею США при ООН Ліндою Томас-Грінфілд. *Telegram*. URL: [https://t.me/V\\_Zelenskiy\\_official/3924](https://t.me/V_Zelenskiy_official/3924) (дата звернення: 11.11.2022).

2. *Micro Inverters & AC Solar Panels - Are they worth it? | Solar Quotes. SolarQuotes*. URL: <https://www.solarquotes.com.au/inverters/micro/> (дата звернення: 11.11.2022).

3. *Microinverters. Emerging inverter topologies. The Economics of Solar Photovoltaic Systems. ScienceDirect*. URL: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/microinverters> (дата звернення: 11.11.2022).

4. *EU countries still split by 'different views' on gas price cap. euronews*. URL: <https://www.euronews.com/my-europe/2022/10/25/energy-crisis-eu-countries-still-split-by-different-views-on-gas-cap> (дата звернення: 13.11.2022).

УДК 911.5 (477.51)

*Яковенко О. І., викладач кафедри екології та охорони природи,  
Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка,  
м. Чернігів, Україна*

## **МЕРЕЖА ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНИХ ТЕРИТОРІЙ ЛЕСОВИХ «ОСТРОВІВ» ЧЕРНІГІВСЬКОГО ПОЛІССЯ: СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗШИРЕННЯ**

Сучасний стан використання земельних ресурсів України не відповідає вимогам раціонального природокористування. Порушено екологічно допустиме співвідношення площ угідь, що негативно впливає на їх стійкість [3].

Особливістю ландшафтів Чернігівського Полісся є те, що вони в тій чи іншій мірі є антропогенно змінені (розорювання, вирубування лісів, осушенні боліт і інше) [4].

Найбільшого впливу зазнали лісостепові місцевості, які поширені тут фрагментарно як окремі лесові «острови». На тлі Чернігівського Полісся ландшафти лесових «островів» є більш трансформованими і відрізняються значним сільськогосподарським освоєнням і невеликими площами лісових територій (пашня займає в середньому до 80%, лісистість до 2%) [2].

За палеоботанічними матеріалами (Пашкевич, 1971) в пізньольодовиковий і післяльодовиковий періоди на території лесових «островів» переважали широколистяні ліси. Археологічні дослідження (Веремейчик, 2010) доводять, що з кінця XIII – початок XIV ст. лісовий тип ландшафтів змінюється ландшафтом полів та пасовищ.

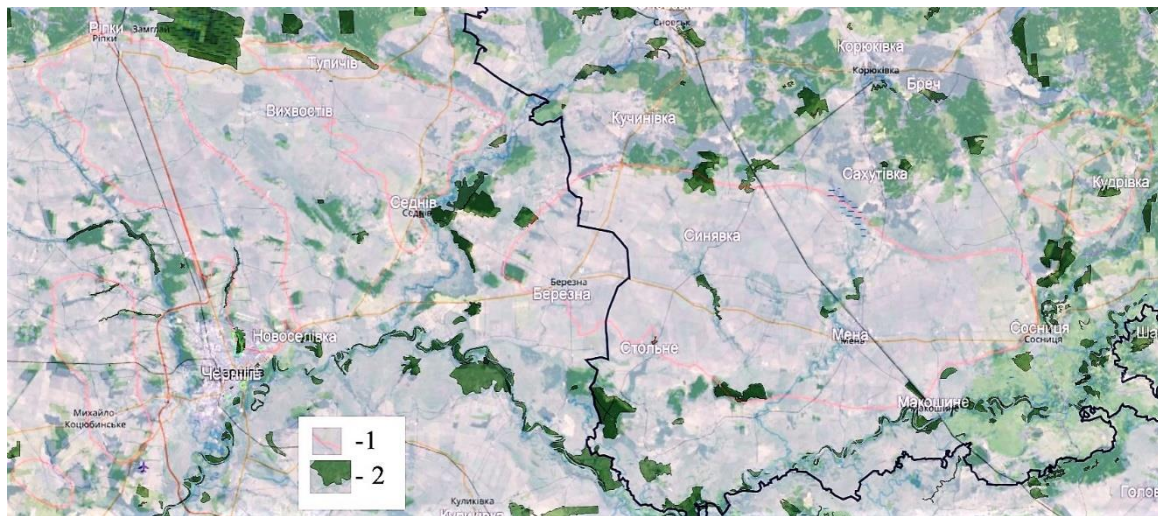
Інтенсивний розвиток землеробства на лесових «островах» став визначальним фактором трансформації ландшафтів [4].

Тому ці території потребують дбайливого ставлення та охорони. Ця діяльність має бути спрямована на підтримку екологічної рівноваги, збереження всієї специфіки та різноманітності компонентів і ландшафтів.

Серед оптимізаційних заходів найважливішим є регулювання сільськогосподарського природокористування і розвиток природоохоронної діяльності [4].

На територіях лесових «островів» Чернігівського Полісся вже є низка природно-заповідних територій (рис.1). Це переважно ділянки лісових масивів. Вони належать до п'яти категорій: гідрологічні заказники, ботанічні пам'ятки природи, ботанічні заказники, заповідні урочища і парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва. Всі місцевого значення. Загальна площа природно-заповідних територій лише 20,3 км<sup>2</sup>. В порівнянні з загальною площею лесових «островів» Чернігівського Полісся (Березнянсько-Менсько-Сосницький – 1012 км<sup>2</sup>, Рікинсько-Чернігівський – 508 км<sup>2</sup>, Седнівсько-Тупичівський – 246 км<sup>2</sup>, Михайло-Коцюбинський – 130

км<sup>2</sup> [5]), яка загалом становить 1896 км<sup>2</sup>, площа заповідних територій займає лише 1%.



**Рисунок 1 – Природно-заповідні території лесових «островів» Чернігівського Полісся (1 – межі «островів», 2 – ПЗТ)**

Для кожного з «островів» відсоток заповідних територій і їх категорії різний (таблиця 1).

**Таблиця 1 – Категорії та площі природно-заповідні території (ПЗТ) лесових «островів» Чернігівського Полісся**

Категорії ПЗТ	Кількість та площа природно-заповідних територій лесового «острова», шт./км <sup>2</sup>			
	Михайло-Коцюбинський	Ріпкинсько-Чернігівський	Седнівсько-Тупичівський	Березнянсько-Менсько-Сосницький
гідрологічні заказники	2/1,02	1/1,26	3/4 (межують)	2/4,4
ботанічні пам'ятки природи	1/ 0,012	-	-	-
ботанічні заказники	-	-	-	1/2,01
заповідні урочища	-	-	-	2/11,26
парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва	-	-	2/0,25	1/0,12
Всього	3/1,032	1/1,26	2/0,25	6/17,79
Відсоток заповідності, %	0,8	0,25	0,1	1,76

Найбільший відсоток заповідності відповідає найбільшому лесовому «острову» – Березнянсько-Менсько-Сосницький, Це пов'язано зі ступенем представленості природної рослинності на лесових островах (Березнянсько-Менсько-Сосницький – 18%, Ріпкинсько-Чернігівський – 15%, Седнівсько-Тупичівський – 11%, Михайло-Коцюбинський – 9%) [5].

Відповідно до «Рекомендації щодо виявлення ділянок, перспективних для заповідання» [1] враховуючи сучасні соціально-економічні та екологічні умови, перспективними для заповідання в межах лесових «островів» Чернігівського Полісся є:

1) землі водного фонду (водно-болотні угіддя, що не використовуються інтенсивно у сільському господарстві, заплави малих річок);

2) землі сільськогосподарського призначення (сільськогосподарські угіддя екстенсивного використання (пасовища, сіножаті); неугіддя, малопродуктивні, деградовані та еродовані землі, що підлягають відновленню; перелоги, що виведені з категорії орних земель).

### **Використані інформаційні джерела:**

1. Виявлення територій, придатних для оголошення об'єктами природно-заповідного фонду / Олексій Василюк, Анастасія Драпалюк, Григорій Парчук, Дарія Ширяєва. За заг. редакцією Олени Кравченко. Львів, 2015. 80 с.

2. Проблемы природопользования в трансграничном регионе Белорусского и Украинского Полесья: монография /авторский коллектив / науч. редакторы В. П.Палиенко, В.С. Хомич, Л. Ю.Сорокина; Институт географов НАН Украины, ГНУ «Институт природопользования» НАН Беларуси. К. : Изд-во «Сталь», 2013. 290 с.

3. Фурдичко О. І. Раціональне природокористування і охорона навколишнього природного середовища еколого-економічні особливості використання природних ресурсів в аграрному виробництві України Інститут агроекології і природокористування НААН.

URL: [file:///C:/Users/user/Downloads/ag\\_rog\\_2013\\_3\\_3.pdf](file:///C:/Users/user/Downloads/ag_rog_2013_3_3.pdf)

4. Яковенко А. И. Антропогенная трансформация ландшафтов лесовых «островов» Черниговского Полесья // Природнае асяроддзе Палесся: асаблівасці і перспектывы развіцця : зб. навук. прац VIII Міжнароднай навуковай канферэнцыі «Природнае асяроддзе Палесся і навукова-практычныя аспекты рацыянальнага рэсурсакарыстання», Брэст, 12-14 верасня 2018 г. / Палескі аграрна-экалагічны інстытут НАН Беларусі; рэдкал. М. В. Міхальчук (гал. рэд.) [і інш.]. Брэст : Альтернатыва, 2018. Вып. 11. С. 113-11

5. Lukash O., Yakovenko O. & Miroshnyk I., 2018, The mechanical degradation of the land surface and the present state of the loess «islands» plant cover of Chernihiv Polesie (Ukraine). *Ecological Questions* 29(4): 23–34.

### З М І С Т

<b>Chukhlib Yu.</b> APPROACHES TO THE FORMATION OF ESG-STRATEGY FOR OIL AND GAS COMPANIES.....	3
<b>Danchenko Yu. M., Kondratenko O. M., Nikulesko D. S., Nikulesko A. O.</b> JUSTIFICATION OF THE RELEVANCE OF A COMPLEX ASSESSMENT OF THE ARTILLERY IMPACT ON THE ENVIRONMENT CONDITION AS A COMBAT ACTIONS RESULT.....	7
<b>Glibovytska N. I.</b> PHYTOCENOTIC DIVERSITY OF GRASS COVER UNDER TRANSPORT LOADING CONDITIONS.....	11
<b>Kurhaluk N., Tkachenko H., Lukash O., Kamiński P.</b> BIOMARKERS OF OXIDATIVE STRESS IN THE BLOOD OF WHITE STORK ( <i>CICONIA CICONIA</i> ) NESTLINGS INHABITED CONTAMINATED REGIONS.....	14
<b>Petrushka K. I., Warchol J., Petrushka I. M., Malovanyy M. S.</b> ENVIRONMENTAL RISKS OF THE CONSEQUENCES OF MILITARY ACTIONS OF THE RUSSIAN FEDERATION IN UKRAINE....	18
<b>Polituchyi O.</b> IMPROVEMENT OF TECHNICAL MEANS OF PREPARATION AND PROCESSING OF DRILLING MUD.....	21
<b>Telyma S. V.</b> THE MAIN REASONS AND FACTORS OF GROUND WATERS FLOODING OF INDUSTRIAL- URBAN AGGLOMERATIONS.....	23
<b>Tkachenko H., Kurhaluk N., Lukash O.</b> LIPID AND PROTEIN OXIDATION IN VARIOUS TISSUES OF SEA TROUT ( <i>SALMO TRUTTA M. TRUTTA L.</i> ) WITH CLINICAL SIGHTS OF FURUNCULOSIS FROM THE BALTIC SEA BASIN.....	27
<b>Аравін П. А., Карпенко Ю. О.</b> МАКРОФІТИ РІЧКИ СТРИЖЕНЬ У МЕЖАХ ТЕРИТОРІЇ РЛП «ЯЛІВЩИНА», ЇХ БІОІНДИКАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ЗНАЧЕННЯ У ПІДТРИМАННІ ГІДРОЕКОЛОГІЧНОГО РЕЖИМУ.....	31
<b>Ахметова К. В., Кочмар І. М.</b> ВПЛИВ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ НА ТЕХНОГЕННО-ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН МІСТА МАРІУПОЛЬ ДОНЕЦЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	34
<b>Бедункова О. О., Статник І. І., Муравинець А. О.</b> РОЗМІРНЕ РІЗНОМАНІТТЯ КОРОПОВИХ РИБ У РІЧКОВІЙ ЕКОСИСТЕМІ.....	37
<b>Белоконь К. В.</b> ДЖЕРЕЛА ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ МІСТА ЗАПОРІЖЖЯ ФОРМАЛЬДЕГІДОМ.....	41



<b>Борецька І. Ю., Романюк О. І., Шевчик-Костюк Л. З., Джура Н. М.</b> ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР І РЕМЕДІАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ҐРУНТІВ.....	44
<b>Босяк А. С.</b> ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ РЕАГЕНТНИХ МЕТОДІВ ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД У ГАЛУЗІ ПРИЛАДО- ТА МАШИНОБУДУВАННІ.....	47
<b>Бредун В. І., Миколайчик Т. І.</b> ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ АНАЛІЗУ ПЕРСПЕКТИВ РОЗВИТКУ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ ОПІШНЯНСЬКОЇ ТҐ.....	50
<b>Буднік С. В.</b> ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАХОДІВ З АДАПТАЦІЇ ТЕРИТОРІЇ КРАЇНИ ДО ЗМІН КЛІМАТУ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНОЮ ІНФОРМАЦІЄЮ....	52
<b>Воробйова В. І., Васильєв Г. С., Трус І. М.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОХІМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИНТЕЗОВАНИХ ІОННИХ РІДИН.....	56
<b>Галактіонов М. С., Ганошенко О. М.</b> СТАН АВТОМОБІЛЬНОГО ПАРКУ УКРАЇНИ У РОЗРІЗІ ТЕРМІНУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ (НА ПРИКЛАДІ м. КРИВИЙ РІГ) .....	59
<b>Гапон Ю. К., Трегубов Д. Г., Пономаренко Р. В., Слепужніков Є. Д., Чиркіна М. А.</b> СИНТЕЗ КАТОДНОГО МАТЕРІАЛУ З ПІДВИЩЕНИМИ ФУНКЦІОНАЛЬНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ ДЛЯ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД.....	63
<b>Голік Ю. С., Серга Т. М.</b> ІНСИНЕРАЦІЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ ЯК ПРОЦЕС ОТРИМАННЯ ПАЛИВА.....	67
<b>Горносталь С. А., Горбань Д. Г.</b> АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД У РЕГЕНЕРАТОРІ АЕРОТЕНКА.....	70
<b>Горобець Н. В., Гальченко З. С.</b> МОНІТОРИНГ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ГІРНИЧОДОБУВНИХ РЕГІОНІВ – ІНФОРМАЦІЙНА ОСНОВА УПРАВЛІННЯ ЇХ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ.....	73
<b>Драниця Л. М., Кофанова О. В.</b> АНАЛІЗ СТАНУ ТА ПЕРСПЕКТИВНІ ТРЕНДИ РОЗВИТКУ ВІТЧИЗНЯНОГО РИНКУ ДЕЯКИХ ВИДІВ БІОПАЛИВ.....	77
<b>Жовнір В., Юхимчук Ю. П.</b> ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ ОСВІТИ ТА ЇЇ ЕФЕКТИВНІСТЬ У СУЧАСНИХ РЕАЛІЯХ УКРАЇНИ.....	80

<b>Зіараті Паріса, Савицька Барбара Крохмаль-Марчак Барбара, Вамболь В. В., Вамболь С. О.</b>	
ВИДАЛЕННЯ ТОКСИЧНИХ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ БІОСОРБЕНТАМИ З МУНІЦИПАЛЬНИХ, ПРОМИСЛОВИХ І ФАРМАЦЕВТИЧНИХ СТІЧНИХ ВОД.....	83
<b>Іваненко Н. П.</b>	
ЕКОЛОГІЧНА І ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ.....	87
<b>Ігнатишин В. В., Іжак Т. Й., Ігнатишин М. Б., Ігнатишин А. В.</b>	
ДОСЛІДЖЕННЯ ЗВ'ЯЗКІВ ГЕОФІЗИЧНИХ ПОЛІВ У ЗАКАРПАТСЬКОМУ ВНУТРІШНЬОМУ ПРОГІНІ: ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ .....	91
<b>Існюк С. Ю., Трембус І. В.</b>	
БІОІНДИКАЦІЯ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА.....	96
<b>Калінкевич О. В., Калінкевич О. М., Кулик О. М., Чіванов В. Д., Коченко О. В.</b>	
МАГНІТОКЕРОВАНІ СОРБЕНТИ НА ОСНОВІ ХІТИНУ КОМАХ ДЛЯ ОЧИСТКИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ВІД ЗАБРУДНЮВАЧІВ РІЗНОЇ ПРИРОДИ.....	98
<b>Коберник В. С.</b>	
ДЕКАРБОНІЗАЦІЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО СЕКТОРУ .....	102
<b>Коваленко С. А., Пономаренко Р. В., Дармофал Е. А.</b>	
ВИЗНАЧЕННЯ НАЙБІЛЬШ ЙМОВІРНИХ ПРИЧИН ЗАБРУДНЕННЯ ПОВЕРХНЕВОГО ВОДНОГО ОБ'ЄКТУ.....	105
<b>Ковальчук А. В., Ковальчук А. В., Дяченко Н. О., Улицький О. А.</b>	
СТАТИСТИЧНИЙ ІНСТРУМЕНТАРІЙ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВУГІЛЬНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ НА ДОВКІЛЛЯ.....	108
<b>Кондратенко О. М., Бабакін В. М., Краснов В. А., Семикін В. М.</b>	
АКТУАЛЬНІСТЬ РОЗРОБКИ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ВІД ВПЛИВУ ЕНЕРГОУСТАНОВОК З ПОРШНЕВИМ ДВЗ НА ОСНОВІ РІДИННОГО ФІЛЬТРУ ТВЕРДИХ ЧАСТИНОК.....	112
<b>Копач П. І., Данько Т.Т.</b>	
ПОКАЗНИК ІНТЕГРАЛЬНОЇ ЕКОЛОГІЧНОЇ РЕСУРСОЄМНОСТІ, ЯК ІНСТРУМЕНТ ОПТИМІЗАЦІЇ ТА ГАРМОНІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ.....	116
<b>Копач П. І., Мормуль Т. М., Гурська В. Т.</b>	
СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ОЧИЩЕННЯ ШАХТНИХ ВОД.....	120
<b>Кочмар І. М., Карабин В. В.</b>	
ДОСЛІДЖЕННЯ МІНЕРАЛІЗАЦІЇ ВОДНИХ ВИТЯЖОК ВІДВАЛЬНИХ ПОРІД ОБ'ЄКТІВ ВУГЛЕВИДОБУТКУ ЧЕРВОНОГРАДСЬКОГО ГІРНИЧОПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ .....	124

<b>Кремньов В. О., Беляєв Г. В., Жуков К. Л., Корбут Н. С., Стецюк В. Г., Тимощенко А. В.</b>	
СУЧАСНЕ ЛІСІВНИЦТВО УКРАЇНИ І МОЖЛИВОСТІ ЙОГО СИНЕРГІЙНОЇ ВЗАЄМОДІЇ З ЕНЕРГЕТИКОЮ.....	128
<b>Кривуля О. В., Крючкова В. В.</b>	
ВПЛИВ ВУГІЛЬНИХ ТЕС НА ПОВІТРЯНИЙ БАСЕЙН.....	132
<b>Крот О. П., Косенко Н. О., Левашова Ю. С., Лебедєва О. С., Строгіна Т. С., Крот О. Ю.</b>	
БЕЗПЕКА ПРАЦІ ТА ЇЇ ПРОДУКТИВНІСТЬ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ АЕРОІОНІЗАЦІЇ.....	135
<b>Крючкова С. В.</b>	
ДО ПИТАННЯ ЩОДО ОСНОВ ЕКОЛОГІЧНОЇ ОСВІТИ.....	138
<b>Кузик А. Д., Шуригін В. І., Карабин В. В.</b>	
МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ МІГРАЦІЇ ЗАБРУДНЮВАЛЬНИХ РЕЧОВИН ВУГЛЕВОДНЕВОГО СКЛАДУ ВНАСЛІДОК ЇХ ОДНОРАЗОВОГО СКИДУ У ГІРСЬКУ РІЧКУ .....	142
<b>Курепін В. М.</b>	
ВПЛИВ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН НА ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ ТА БІОРІЗНОМАНІТТЯ.....	145
<b>Лахорі Альтаф Хусейн, Міжва-Герштек Моніка Анна, Вамболь В.В., Вамболь С.О.</b>	
АНАЛІЗ МЕТОДІВ І ТЕХНОЛОГІЙ ВИДАЛЕННЯ ТОКСИЧНИХ МЕТАЛІВ ІЗ ЗАБРУДНЕНИХ ГРУНТІВ.....	149
<b>Левинська Х. В., Кочмар І. М.</b>	
ДЖЕРЕЛА ШУМОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ МАЛИХ МІСТ.....	153
<b>Лобань Л. О., Дідик Л. В.</b>	
РЕГІОНАЛЬНІ ЛАНДШАФТНІ ПАРКИ ЯК ОСНОВА КЛЮЧОВИХ ТЕРИТОРІЙ ЕКОМЕРЕЖІ ЧЕРНІГІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	156
<b>Лукаш О. В., Давиденко А. А., Пирожков Є. П.</b>	
БДЖІЛЬНИЦТВО ЯК ТРАДИЦІЙНА ЕКОЛОГІЧНА ГАЛУЗЬ ПОЛІСЬКОЇ ЧАСТИНИ ЧЕРНІГІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ ТА ЧИННИКИ ЗАГРОЗИ ЇЇ ВНАСЛІДОК ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ.....	160
<b>Лукаш О. В., Шахнаразян О.</b>	
ПРИЧИНИ ТА ТЕНДЕНЦІЇ ЗМІНИ РОСЛИННОГО ПОКРИВУ БОЛДИНИХ ГІР (ЧЕРНІГІВ).....	164
<b>Ляшенко А. В.</b>	
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ВІДХОДІВ БІОМАСИ НА ПРИКЛАДІ ТРІСКИ ПАЛИВНОЇ.....	166
<b>Магась Н. І.</b>	
ОЦІНКА РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ТА ЯКОСТІ ВОДИ В НИЖНІЙ ЧАСТИНІ БАСЕЙНУ РІЧКИ ПІВДЕННИЙ БУГ ЯК ДЖЕРЕЛА ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ.....	171

<b>Маляренко О. Є., Майстренко Н. Ю.</b> ОЦІНКА ПОТЕНЦІАЛУ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В СЕКТОРІ ЗАГАЛЬНОГО ДЕРЖАВНОГО УПРАВЛІННЯ ТА НЕКОМЕРЦІЙНИХ ОРГАНІЗАЦІЙ.....	174
<b>Манідіна Є. А., Сіденко І. В.</b> ТЕХНОЛОГІЯ ЗНЕШКОДЖЕННЯ СУЛЬФУР(ІУ) ОКСИД РОЗЧИНОМ, ЩО МІСТИТЬ ІОНИ ФЕРУМУ.....	177
<b>Медведєва О. О., Гальченко З. С.</b> ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В УМОВАХ ТЕХНОГЕННО ЗМІНЕНИХ ЛАНДШАФТІВ ГІРНИЧОДОБУВНИХ РЕГІОНІВ.....	180
<b>Медведєва О. О., Якубенко Л. В., Лубинський Р. С.</b> ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДКРИТОЇ РОЗРОБКИ КРУТОСПАДНИХ РОДОВИЩ З ПОРУШЕНОЮ СТІЙКІСТЮ МАСИВУ ГІРНИЧИХ ПОРІД ПІДЗЕМНИМИ ВИРОБКАМИ.....	184
<b>Мезенцева Д. О., Мовчан В. В.</b> ЗБЕРЕЖЕННЯ ЛІСОВИХ МАСИВІВ БІЛЯ СЕЛА БЕРЕЗОВА ЛУКА...	188
<b>Мирошніченко Д. В., Малік І. Д., Мещанін В. І.</b> ПРОГНОЗ ТЕПЛОТИ ЗАГОРЯННЯ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ЗА ДАНИМИ ЙОГО ЕЛЕМЕНТНОГО АНАЛІЗУ.....	191
<b>Мирошніченко Д. В., Мукіна Н. В., Мещанін В. І.</b> СИРОВИННА БАЗА КОКСУВАННЯ КХВ ПАТ «АРСЕЛОРМІТТАЛ КРИВИЙ РІГ» У ПЕРІОД ІЗ 2017 ПО 2021 РІК.....	195
<b>Мінко О. Ю., Рябко А. І.,</b> МЕТОДОЛОГІЧНІ ПРИНЦИПИ РАНЖИРУВАННЯ ВИРОБНИЦТВ ТЕХНОГЕННО НАВАНТАЖЕНИХ РЕГІОНІВ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ВОДНИХ РЕСУРСІВ.....	198
<b>Мозаффарі Настаран, Мозаффарі Нілуфар, Телу Стефа Сілланпяя Міка, Вамболь В. В., , Вамболь С. О.</b> ВИКОРИСТАННЯ ВУГЛЕЦЕВИХ НАНОТРУБОК ДЛЯ БІОСЕНСОРІВ У ДЖЕРЕЛАХ ПИТНОЇ ВОДИ.....	202
<b>Мольчак Я. О., Мисковець І. Я.</b> ДЕГРАДАЦІЯ ҐРУНТІВ І УПРАВЛІННЯ ЇХ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ.....	206
<b>Нестер А. А., Хоменко О. І.</b> СУЧАСНІСТЬ УКРАЇНИ ТА ЕКОЛОГІЧНА ОСВІТА.....	209
<b>Остапенко Н. С.</b> ВИЗНАЧЕННЯ ШКІДЛИВОГО ВПЛИВУ ГІРНИЧИХ РОЗРОБОК НА ОСНОВІ РИЗИК–ФОРМАЛІЗАЦІЇ.....	213
<b>Остапенко Н. С., Бондаренко Л. В., Уварова Л. І., Крючкова С. В., Кириченко В. А.</b> ДО ПИТАННЯ ЩОДО ПРОБЛЕМ ВІДНОВЛЕННЯ ПОРУШЕНИХ ЗЕМЕЛЬ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ.....	216

<b>Парамонов А. В., Сіпко І. О., Аблєєва І. Ю.</b> ПРОБЛЕМА ВМІСТУ ЗАБРУДНЮВАЛЬНИХ РЕЧОВИН В АНАЕРОБНОМУ ДИГЕСТАТІ.....	220
<b>Пащенко Р. Е., Марюшко М. В.</b> ФРАКТАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ДАНИХ ДЗЗ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ СТАНУ ЗЕМЕЛЬ .....	223
<b>Пічкур Т. В.</b> ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ РОЗВИТКУ ЕКЗОГЕНИХ ПРОЦЕСІВ У МЕЖАХ УКРАЇНИ НА ПРИКЛАДІ НОВОВОЛИНСЬКОГО ГЕОЛОГО-ПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ.....	228
<b>Пічугін С. Ф., Зима О. Є., Стеблянко В. С.</b> АВАРІЇ НА НАФТО-ГАЗОВИХ РОДОВИЩАХ ЯК ЧИННИК ВПЛИВУ НА ГЛОБАЛЬНУ ЕКОЛОГІЧНУ БЕЗПЕКУ В УКРАЇНІ.....	232
<b>Пічугін С. Ф., Оксененко К. О.</b> ПЕРСПЕКТИВНЕ РІШЕННЯ ФЕРМЕНТЕРІВ У СКЛАДІ ВИРОБНИЦТВ БІОЕТАНОЛА.....	236
<b>Потоцька С.О.</b> ВИКОРИСТАННЯ ФІТОРЕМЕДІАЦІЙНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ МАЛИХ РІЧОК (НА ПРИКЛАДІ ПРИБЕРЕЖНИХ ТЕРИТОРІЙ УРБОЕКОСИСТЕМИ ЧЕРНІГОВА).....	240
<b>Рибалко Л. М.</b> КОНЦЕПТУАЛЬНІ ІДЕЇ ЕКОЛОГО-ЕВОЛЮЦІЙНОГО ПІДХОДУ ДО НАВЧАННЯ ПРИРОДНИЧИХ ДИСЦИПЛІН.....	243
<b>Рішко Г. О., Кустовська А. В.</b> ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЦИТОСТАТИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СОРТІВ <i>MONARDA CITRIODORA</i> .....	246
<b>Рябко А. І., Мінко О. Ю.</b> МЕТОДОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО ВИЗНАЧЕННЯ ОЦІНКИ ГЕОДИНАМІЧНИХ АСПЕКТІВ ВПЛИВУ СИСТЕМ ВОДОКОРИСТУВАННЯ ГІРНИЧОДОБУВНОГО ВИРОБНИЦТВА НА ГІДРОСФЕРНЕ ДОВКІЛЛЯ.....	249
<b>Сидоренко В. Л., Бикова О. В., Азаров І.С.</b> ПРОГНОЗУВАННЯ ПОВЕДІНКИ СКЛАДНИХ ЕКОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ ІЗ ПОЗИЦІЙ НЕЛІНІЙНОЇ ДИНАМІКИ.....	253
<b>Силка Ю. М., Кустовська А. В., Пушкарьова Н. О.</b> ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЖИТТЄЗДАТНОСТІ КАТРАНА ШОРСТКОГО В УМОВАХ ЗАСОЛЕННЯ З МЕТОЮ ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ПОПУЛЯЦІЙ ВРАЗЛИВОГО ВИДУ .....	257
<b>Скляр В. Г., Ємець О. М., Скляр Ю. Л., Шерстюк М. Ю.</b> БІОРІЗНОМАНІТТЯ ЛАНДШАФТНОГО ЗАКАЗНИКА МІСЦЕВОГО ЗНАЧЕННЯ «УРОЧИЩЕ ХУТІРСЬКЕ».....	260

<b>Слюсаренко А. Г.</b> РОЛЬ КУРСУ «ІСТОРИЧНА ЕКОЛОГІЯ» В ПІДГОТОВЦІ ВИСОКОКВАЛІФІКОВАНИХ ФАХІВЦІВ ТА ФОРМУВАННІ СУЧАСНОЇ ЕКОЛОГІЧНОЇ КУЛЬТУРИ .....	262
<b>Слюта А. М., Кирієнко С. В.</b> ТЕХНОЛОГІЯ ПРОЄКТНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ В СИСТЕМІ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНЬОГО ВЧИТЕЛЯ ПРИРОДНИЧИХ ДИСЦИПЛІН.....	265
<b>Смоляр Н. О., Запорожець А. О.</b> ОЦІНКА ПОКАЗНИКІВ НАУКОВОЇ ЦІННОСТІ БІОРИЗНОМАНІТТЯ СУПРУНІВСЬКИХ ПЕРЕЛІСКІВ У КОНТЕКСТІ ЇХ ЗАПОВІДАННЯ...	269
<b>Сорочинська О. Л., Кралевич А. В.</b> ВПРОВАДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ.....	273
<b>Сухомлін Л. В.</b> СУЧАСНІ НАУКОВО-ПРАКТИЧНІ МОЖЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ПОРУШЕНЬ МЕЖ ЗЕМЕЛЬНИХ ДІЛЯНОК ТПВ .....	276
<b>Тищенко В. О., Пруський А. В., Єременко С. А., Сидоренко В. Л., Скоробагатько Т. М.</b> ВПЛИВ НА ЕКОЛОГІЮ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ В УКРАЇНІ.....	280
<b>Ткачук Н. В., Зелена Л. Б., Крапивний С.Б.</b> ЗАСОБИ ДЛЯ МИТТЯ ПОСУДУ У ПОСУДОМИЙНИХ МАШИНАХ ЯК ЗАБРУДНЮВАЧІ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА: ФІТОТОКСИЧНІСТЬ ЗА <i>LEPIDIUM SATIVUM</i> L.....	284
<b>Трус І. М., Твердохліб М. М., Галиш В. В., Макаренко І. М., Манишева Н. Ю.</b> ВИЛУЧЕННЯ ІОНІВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ РЕАГЕНТНИМ МЕТОДОМ ТА УТИЛІЗАЦІЯ УТВОРЕНИХ ОСАДІВ.....	287
<b>Федонюк В. В., Сапожник А.Р., Велесюк М.О.,</b> ПРИНЦИПИ ФОРМУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ ПОЛІТИКИ НА ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВАХ ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	291
<b>Ханнанова О. Р., Черних В. О.</b> ОЦІНКА ЯКОСТІ ҐРУНТІВ МІКРОРАЙОНУ ЛЕВАДА М. ПОЛТАВА ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ «РОСТОВОГО ТЕСТУ».....	294
<b>Хорольський А. О.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ, ОЦІНКА, РОЗРОБКА РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ СПОСОБІВ УПРАВЛІННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИМ СТАНОМ МАСИВУ ГІРСЬКИХ ПОРІД НА ОСНОВІ ФОРМАЛІЗАЦІЇ І ОПТИМІЗАЦІЇ МЕРЕЖЕВИХ МОДЕЛЕЙ.....	298
<b>Хорошев О. М.</b> «ЗЕЛЕНА ЕКОНОМІКА» ТА СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЇ.....	302

<b>Чергинець В. Л., Соловйов В. В., Іванченко А. В.</b> РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ СПОСОБИ ЕКСТРАКЦІЇ ВІДХОДІВ ТВЕРДИХ СПЛАВІВ КАРБІД ВОЛЬФРАМУ-КОБАЛЬТ.....	305
<b>Чоботько І. І.</b> МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЗАХОДІВ ПО ЗАПОБІГАННЮ САМОЗАЙМАННЯ ПОРОДНИХ ВІДВАЛІВ.....	308
<b>Чугай А. В., Клімов І. О.</b> ВПЛИВ ВІЙСЬКОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ НА СТАН ПОВІТРЯНОГО БАСЕЙНУ .....	312
<b>Чугай А. В., Кротов С. А.</b> СТАН РОЗВИТКУ ЕКОЛОГО-ТУРИСТИЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ НА ТЕРИТОРІЇ НИЖНЬОДНІСТРОВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ.....	315
<b>Чугай А. В., Лавров Т. В.</b> СТАН ПОВІТРЯНОГО БАСЕЙНУ ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ ЗА ДАНИМИ АВТОМАТИЗОВАНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ .....	317
<b>Шевчук О. А., Маноха О. М.</b> ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ БІОТЕС ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОГЕНЕРАЦІЇ В УКРАЇНІ.....	321
<b>Шевчук О. А., Нечай І. В.</b> ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМИ ІНОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ ЕНЕРГЕТИКИ В ПІСЛЯВОЄННИЙ ПЕРІОД В УКРАЇНІ.....	324
<b>Шевчук О. А., Скрипчук В. М.</b> АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ СТВОРЕННЯ МІКРОІНВЕРТОРІВ ДЛЯ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ.....	328
<b>Яковенко О. І.</b> МЕРЕЖА ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНИХ ТЕРИТОРІЙ ЛЕСОВИХ «ОСТРОВІВ» ЧЕРНІГІВСЬКОГО ПОЛІССЯ: СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗШИРЕННЯ.....	332
<b>ЗМІСТ.....</b>	335

*Електронне наукове видання  
комбінованого використання.  
Можна використовувати в локальному та мережовому режимах.*

**III Міжнародна науково-практична конференція  
«Екологія. Довкілля. Енергозбереження. 2022»  
1–2 грудня 2022 р.**

**ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ**  
Міжнародної науково-практичної конференції  
«Екологія. Довкілля. Енергозбереження»  
(Україна, Полтава, 1-2 грудня 2022 року)

---

Комп'ютерна верстка та  
редагування

Наталія СМОЛЯР

Відповідальна за видання  
завідувачка кафедри прикладної екології  
та природокористування

Олена СТЕПОВА

---

Обл.-вид. арк. 21,4

---

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.

---