

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
Bialystok University of Technology, Faculty of Civil Engineering and Environmental
Sciences, Department of HVAC Engineering
Institute of Mathematical Sciences, Faculty of Science,
University of Malaya, Kuala-Lumpur, Malaysia
Jamia Millia Islamia, New Delhi, India
Laval University, Quebec, Canada
Sindh Madressatul Islam University, Karachi, Pakistan
Deutsche Gesellschaft Für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
Gemeinde Filderstadt, Deutschland
University of Stuttgart, Stuttgart, Deutschland
Муниципалітет м. Фільдерштадт, Німеччина
Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
Національний університет «Львівська політехніка»
Національний технічний університет України
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
«Київський політехнічний університет імені І. Сікорського»
Одеський державний екологічний університет
Сумський національний аграрний 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
ТОВ «НЬЮФОЛК НТЦ»
СП «Полтавська газонафтова компанія»

IV Міжнародна науково-практична конференція «Екологія. Довкілля. Енергозбереження»



Полтава, НУП, 7-8 грудня 2023 року

УДК 502/504+620.9](2.064)
Е40

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

«Екологія. Довкілля. Енергозбереження» – 2023»: Збірник матеріалів IV Міжнародної науково-практичної конференції «Екологія. Довкілля. Енергозбереження» (7-8 грудня 2023 року, Полтава). Полтава: НУПП, 2023. 271 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», 2023 р.

УПРАВЛІННЯ ГЛОБАЛЬНОЮ ТА РЕГІОНАЛЬНОЮ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ Й ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ

UDC 502.174:628.4.04]:001.83(477+436)

¹*Illiash O., Dr.*, ^{1,2}*Hanoshenko O., Dr.*, ²*Allesch A., Dipl.-ing.*,
²*Huber-Humer M., Dr.Univ. Prof. DI Dr.*

¹*National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic»,
Poltava, Ukraine*

²*BOKU-University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna, Austria*

INTERNATIONAL COOPERATION IN THE CONTEXT OF THE JOINT UKRAINIAN-AVTRIAN PROJECT «SOLID MUNICIPAL WASTE COMPOSITION RESEARCH AND ITS RESOURCE POTENTIAL»

In Poltava region (Ukraine) and other regions of Ukraine, waste management problems are significant due to the resource-intensive economy and the long-standing lack of effective waste management solutions. In particular, the major share of the municipal solid waste is disposed of in landfills or even dumps. In addition, the absence of a recycling system (including an effective system of separate MSW collection) leads to the loss of significant amounts of valuable materials which could potentially be re-used or recycled leading to develop a circular economy in Ukraine. Hence, priorities are to increase the environmental protection and the resource efficiency by developing a separate MSW collection system with subsequent appropriate waste treatment (e.g., reuse, recycling, waste-to-energy).

Since 2016, Poltava region has been developing MSW management strategies in cooperation with European partners. After the decentralization of power in Ukraine in 2021, the task of developing mostly independent waste management systems in regions and individual communities becomes even more urgent. Therefore, the Poltava region Development Strategy until 2027 identifies waste management, especially MSW-management, as a priority.

As of the beginning of 2022, 78% of the population in Poltava region was covered by the MSW collection and removal service. In recent years, the amount of MSW collected in Poltava region has been about 180-280 thousand tons per year, which is about 30% of the total amount of waste collected in the region. The remaining 70% is industrial waste generated by various types of industrial activities, including hazardous waste, which is transferred to specialized organizations for disposal. The predominant type of MSW treatment in Poltava

region is landfilling. Accordingly, the total amount of MSW and similar waste landfilled in 2021 exceeded 330 thousand tons per year.

Currently, in Poltava region, data on waste composition is available only as a result of the research project «Municipal Reform in Eastern Ukraine» by Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. Therefore, only an estimate of MSW resources and recycling potential is available. In addition, during 2018-2022, a simple on-site inspection of the waste composition in individual settlements of the regions was conducted. Accordingly, a tentative planning of MSW management systems in the communities of the region was carried out. However, no comprehensive field studies of MSW composition and determination of the resource potential have been conducted in Poltava region.

But the next important step is to develop a system of MSW management in Poltava region based on sound data. Therefore, detailed studies of the composition of the MSW generated in different communities are needed to assess the resource potential and implement appropriate technical and organizational solutions for an efficient MSW management.

In the summer of 2023, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic» (NUPP) received funding within the joint Ukrainian-Austrian research project organized by the Ministry of Education and Science of Ukraine and the Austrian Agency for Education and Internationalization. The Austrian partner is the University of Natural Resources and Life Sciences (BOKU). The project is implemented by teachers of the Department of Applied Ecology and Environmental Management from the NUPP and the Institute of Waste Management and Circularity (ABF-BOKU). This project is building cooperation between institutions and sharing best practices, which will facilitate cooperation and development of joint initiatives.

The goal of this project is to improve the efficiency of natural resource use and transition to a sustainable economy by taking into account the experience of European stakeholders from processing companies, organizations, government, and universities. The main objectives of the project are:

1. Collecting information on the morphological composition of municipal solid waste.
2. Conducting field surveys and measurements of the morphological composition of MSW.
3. Determination of the dynamics of changes in the species composition of MSW, taking into account various factors.
4. Creation of an information database on the composition of MSW with a comparative characterization of their specifics.
5. Familiarization with the experience of Austria in organizing a solid waste management system.
6. Analyzing and forecasting the resource potential of MSW for Ukrainian communities.

7. Development and ecological and economic justification of recommendations on the feasibility of applying certain organizational and technical solutions within the organization of the MSW management system.

The preliminary results of the project show the importance to work together with experienced countries like Austria to implement an MSW management system based on sound data. Within the project a sorting guideline providing for Ukraine will be developed as a basis for planning and carrying out sorting analyses of MSW pointing out (minimum) requirements for scientific based sorting to reflect the best possible picture of the waste composition in regions. The importance of the project is that only when knowing the waste composition and the influencing factors, actions like waste prevention, increasing the recycling rate and resource potential are feasible. Hence the project aims to optimize the MSW management system in municipalities of the Poltava region, taking into account the acquired knowledge of more experienced countries like Austria.

The exchange of knowledge shall further improve the performance of NUPP by improving the quality of education activities, working processes based on BOKU's experiences and by expanding and continuing international cooperation's. Further international projects like this support the mobility of students and staff which is one of the main priorities of NUPP.

Rozhko V., Master student, Dudar T., Dr.Eng.Sc., Professor

National Aviation University, Kyiv, Ukraine

REMOTE MAPPING OF URBAN HEAT ISLANDS: THE CITY OF KYIV CASE STUDY

Rapid development in the technological and information spheres contribute to the spread of the satellite and space systems use. The article outlines the innovative methods and tools that we can use for remote Earth observation on the example of urban heat islands in the city of Kyiv. This approach helps us fulfill environmental research much easier and faster. Innovative methods of urban heat islands remote monitoring in the city of Kyiv presents the ability to detect the heat islands location and their distribution through all over the territory of urban agglomeration and its suburbs and also assess their possible environmental impact. Thus, thanks to the Landsat satellite, we can obtain useful information about a certain area in a short period of time. Satellite research has high value because of the speed of obtaining information and its availability.

The urban heat islands within the populated areas is widely discussed in recent publications (Alberto Martilli, E. Scott Krayenhoff, and Negin Nazarian, 2020; Federica Marando et al., 2022).

An important component of geocological monitoring is thermal monitoring of the earth's surface, which provides information on the level of thermal load on the natural or urban environment. On the basis of thermal monitoring, it is possible to perform various assessments: the spread of urban heat islands, the effectiveness of urban greening etc.

The research is aimed at outlining the heat islands on the urban territory of densely populated agglomeration identifying their development within the different city parts.

Research methods are: processing of the Landsat 8 satellite images using the **Google Earth Engine tool**, their interpretation, analysis and assessment.

Satellite remote sensing. Currently, the main data source on the thermal fields of the Earth's surface are satellite images obtained in the far infrared range of electromagnetic radiation. Infrared images from the Landsat series of satellite systems are available and distributed free of charge through USGS web resources. (Introduction to Remote Sensing, 2013).

Landsat-8 captures images in the visible wavelength range, near and far infrared, with an image resolution of 15 to 100 meters per point. Land and polar regions are surveyed. About 400 scenes are shot per day. OLI and TIRS sensors have a higher signal-to-noise ratio (SNR) and can capture up to 12 bits per point (Remote sensing techniques, 2013).

Urban heat island of the city of Kyiv and its suburbs. Kyiv as well as many other cities across the world have a large concentration of manmade structures made from heat-absorbing materials such as concrete, asphalt and reinforced concrete. We can't see the scale of problem with just a naked eye. So, we need to use the remote sensing technique that can provide us with needed information and data.

An urban heat island is a meteorological phenomenon when, due to human activity, the temperature in cities is higher than in the surrounding areas. Dark surfaces such as building roofs and roads absorb much more solar radiation, and their density is much higher than in non-urban areas. Usually, such materials as concrete and asphalt, which have significantly different thermal and reflective surface properties, are widely used in cities. This causes a change in the energy balance of the urban area, which often leads to a higher temperature than the background temperature. It is shown in some previous publications in different locations of Ukraine (Vitalii Rozhko, 2021). Another important reason is the lack of evaporation in urban areas. As the area of green spaces decreases, cities lose the shade and cooling effect of trees, and the absorption of carbon dioxide also decreases.

Figure 1 demonstrates us the data processed from Landsat 8 image using the Google Earth Engine tool. As we can see from obtained image, the city of Kyiv has a fairly large number of «blue», «yellow» and «red» zones, which indicate an increase in temperatures in this area. From «blue» – low temperature (~25 °C), that indicates mainly forest and water bodies (mainly, natural landscapes), to «yellow» (> 35 °C) that means the presence of human influence (zone of moderate thermal impact), to «red» (up to 50 °C) – which is the main problem of the city infrastructure. The «red» zone is one of dangerous and most important unseen threats that leads to creation of urban heat islands.

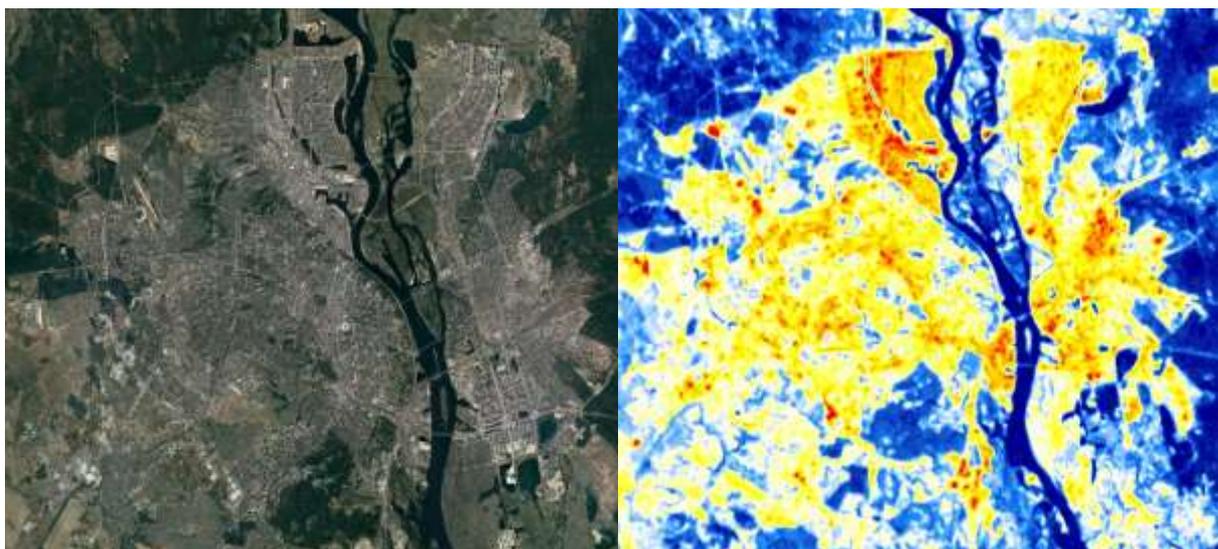


Figure 1 – Kyiv under the scope of the Landsat 8 satellite (summer, 2022)

Summer period was taken because it can clearly represent us most heated on the sun zones, that causes the main problems of urban heat areas. According to the fig. 1 we can say that «red» zones mainly concentrate on the North and East of the city of Kyiv. Firstly, we need to separate Kyiv into its real districts (fig. 2).

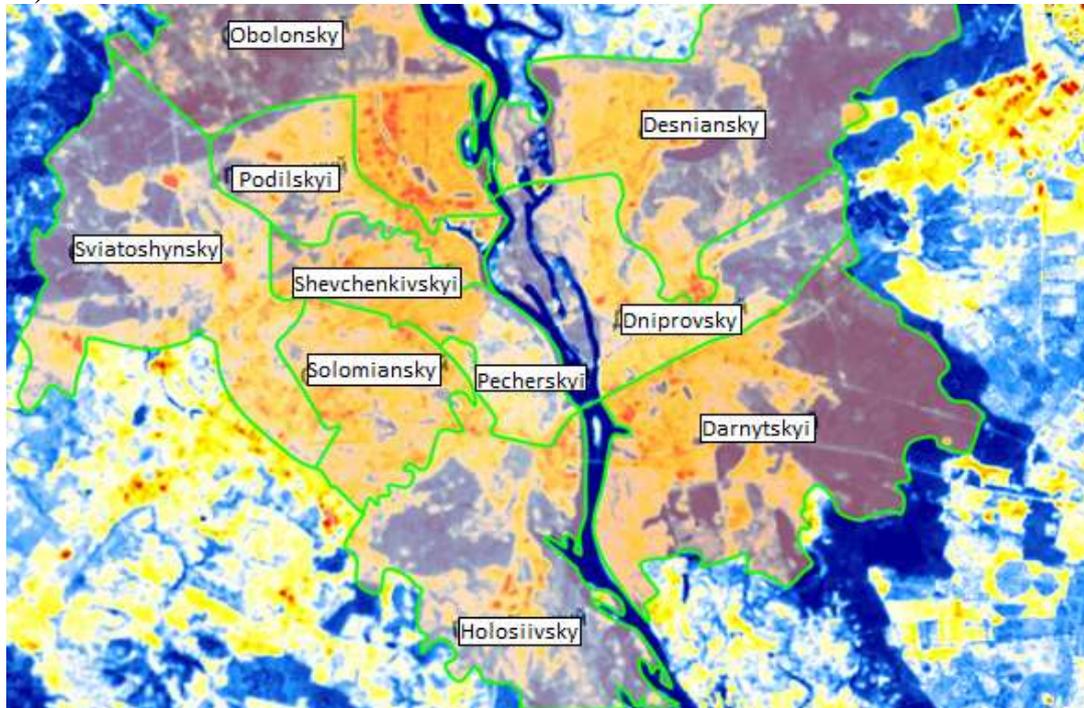


Figure 2 – **Urban heat islands of Kyiv and its suburbs**

According to the image above we can surely say that, the Obolonsky and Dniprovsky districts are the main concentrations of the «red» zones than other presented locations. These districts are characterized by industrial buildings and huge covered roof areas with reinforced concrete or iron structures, such as storages, hypermarkets, humanmade facilities, etc.

People try to negotiate this effect using different methods that can significantly decrease the size and impact of urban heat islands. Most primitive and easiest way to decrease the heat island is green plantings of trees and bushes. They provide green zones that cover humanmade structures from direct sun impact. Another way is to provide vertical greenery, but that requires big investments and application of special construction. Using of heat-resistant materials for roof also can show the great result for negotiation of urban heat.

Conclusions. We can conclude that remote research methods can provide a variety of important information about territory on the example of urban heat islands in the city of Kyiv. Because of martial law remote sensing becomes of high importance. Working with the correct tools and correct handling of researched data gives us a key to better understanding of what methods needed to be used for decreasing or negotiation of the negative impacts from different sources.

The heat islands spread through the territory of Kyiv agglomeration and its suburbs were mapped using the Landsat 8 space imageries. Two districts (Obolonsky and Dniprovsky) were distinguished as those having the largest amount of heat islands and the highest earth surface temperatures in the city of Kyiv.

Analyzing urban heat areas and remote monitoring altogether we can obtain really important results. Greenery approach to mitigate heat islands effects is considered. Moreover, the urban heat islands, their mapping and distribution can serve for further research of climate change causes.

Used information sources:

1. *Federica Marando et al. (2022). Urban heat island mitigation by green infrastructure in European. Functional Urban Areas. Retrieved from:*

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670721008301>

2. *Alberto Martilli, E. Scott Krayenhoff, and Negin Nazarian (2020) Is the Urban Heat Island intensity relevant for heat mitigation studies? Retrieved from:*

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212095519300070>

3. *Introduction to Remote Sensing (2013). [Electronic resource]. Retrieved from: <https://www.usgs.gov/faqs/what-remote-sensing-and-what-it-used>.*

4. *Remote sensing techniques (2013). [Electronic resource]. Retrieved from: https://openei.org/wiki/Remote_Sensing_Techniques.*

5. *Rozhko V. V. (2021). Mapping sources of heat pollution of anthropogenic origin on the example of the city of Kyiv (transl.: «Kartuvannia dzherel teplovoho zabrudnennia antropohennoho pokhodzhennia na prykladi mista Kyieva» in Ukrainian)*

https://www.dstu.dp.ua/uni/downloads/ekologia_2021.pdf.

¹*Sawicka Barbara, Professor, Doctor habilitowany, ²Krochmal-Marczak Barbara, Doctor habilitowany, ³Vambol Sergij, Professor, Doctor of Engineering Sciences, ^{1,4}Vambol Viola, Professor, Doctor of Engineering Sciences*

¹*University of Life Sciences in Lublin, Lublin, Poland*

²*State University of Applied Sciences in Krosno, Krosno, Poland*

³*Kharkiv Polytechnic National Technical University, Kharkiv, Ukraine*

⁴*Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic National University, Poltava, Ukraine*

RELEVANCE OF THE PROBLEM OF RISKS ASSOCIATED WITH WASTE ACCUMULATION

Waste generation and disposal is a global problem that almost every country faces today. Population growth, industrialization and many other factors have led to the generation of large amounts of waste. Improper management of such waste leads to air, water and soil pollution, which ultimately affects human health. Waste accumulation remains the most accessible and widespread method of waste management, although it is also the most unfavourable for the environment. The number of scientific publications devoted to research into the risks to the environment and public health arising from the accumulation of waste. Thus, over the past 20 years alone, 7,187 scientific publications have been published in the bibliographic and abstract database of peer-reviewed scientific literature Scopus (figure 1).

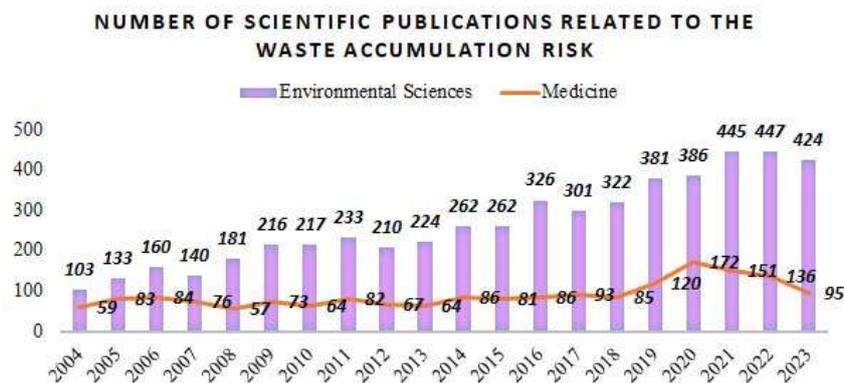


Figure 1 – Number of peer-reviewed scientific publications on risks associated with waste accumulation

Figure 1 clearly shows an increase in the number of publications, indicating an ever-increasing interest in this topic. At the same time, in Figure 1 presents two areas of knowledge: Environmental Science and Medicine, which have the largest number of publications in relation to other areas: Environmental Science more than 41%, Medicine more than 13%, other subject areas contributed to the development of risks with the accumulation of waste from 6% and less.

Environmental science is an applied science that studies the relationship between nature (its components) and humans, explores and explains environmental problems and the causes of their occurrence, and also aims to find ways to solve identified problems. Thus, this field of knowledge brings together various disciplines such as physics, chemistry and biology to understand what is happening on Earth, as well as the social, political and cultural processes that affect the state of the planet. Medicine ranks second among disciplines in the subject area, which can easily be explained by the serious negative impact of waste accumulation on public health.

Publications are represented by 137 countries/territories (Figure 2, showing the most numerous) in 14 languages (Figure 3).

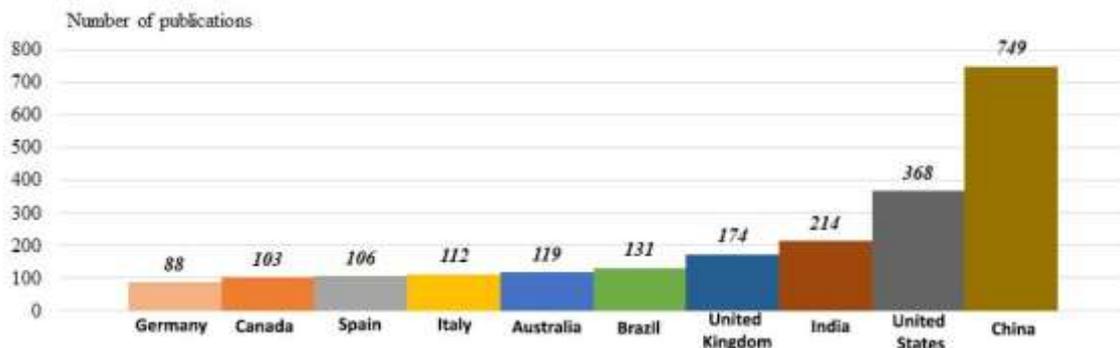


Figure 2 – Countries and territories that have published the largest number of scientific papers on the topic under study

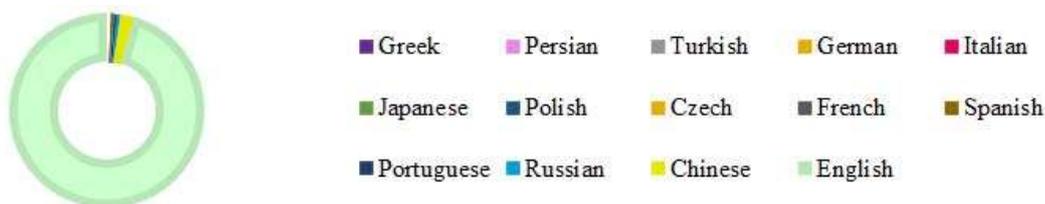


Figure 3 – Languages of analyzed scientific publications

A detailed study of the publications identified on this topic revealed the following. Solid waste landfills are sites used for the disposal of both biodegradable and non-biodegradable waste; however, these facilities directly or indirectly affect soil, water and air quality. All kinds of substances from waste diffuse into the soil, then penetrate into groundwater through leaching, and through weathering and evaporation they are dispersed into the atmospheric air.

Soils in the areas around landfills are constantly enriched with heavy metals contained in leachates such as Nickel, Iron, Manganese, Arsenic and Fluoride, etc., which can subsequently migrate into groundwater [1]. The results showed that the soil properties in the vicinity of the waste dump changed significantly compared to the local background. The level of soil contamination was very high, indicating the possible migration of pollutants into the subsoil and groundwater [1]. In China, a study of the effect of landfill leachate on groundwater showed that 35% of groundwater samples had at least one value

exceeding drinking water standards. The main characteristic pollutants were iron, arsenic and fluoride, with average pollution indices of 12.91, 1.1 and 2.47, respectively [2]. Human exposure to environments containing high levels of nickel can cause various pathological effects. Accumulation of nickel and its compounds in the body due to chronic exposure can cause a variety of adverse human health effects, such as pulmonary fibrosis, kidney and cardiovascular diseases, and respiratory tract cancer. There has been a high incidence of nasal and lung cancer in workers exposed to nickel and its compounds [3]. In addition, pathogens and bacteria present in waste can cause diseases such as cholera, dysentery, etc.

Mathematical modelling is an important method for risk assessment, in particular the management of solid waste at a landfill [4]. Within this topic, we can highlight:

- Environmental risk assessment, that is, the potential impact of human activities on the environment is assessed. Such an assessment identifies potential threats to natural resources and ecosystems, namely their functioning, air, water and soil quality, and biodiversity.

- Health risk assessment, that is, the potential health risks associated with exposure to chemicals, biological agents, physical hazards or other harmful substances are assessed. This assessment identifies pathways of exposure, dose-response relationships, and other factors affecting human health.

Scientific publications on the study of risks associated with the accumulation of waste in the field of Computer Science – 17 publications, and in the field of Mathematics – 7 publications. Since risk assessment is extremely important in matters of waste management, environmental conservation and public health, these areas need active development.

Used information sources:

1. Bernardo, B., Candeias, C., & Rocha, F. (2022). *Soil properties and environmental risk assessment of soils in the surrounding area of Hulene-B waste dump, Maputo (Mozambique)*. *Environmental Earth Sciences*, 81(24), 542.

2. Guo, Y., Li, P., He, X., & Wang, L. (2022). *Groundwater quality in and around a landfill in northwest China: characteristic pollutant identification, health risk assessment, and controlling factor analysis*. *Exposure and Health*, 14(4), 885–901.

3. Genchi, G., Carocci, A., Lauria, G., Sinicropi, M. S., & Catalano, A. (2020). *Nickel: Human health and environmental toxicology*. *International journal of environmental research and public health*, 17(3), 679.

4. Chinchodkar, K. N., Jadhav, O. S., & Bajaj, V. H. (2017). *Some contributions of statistical studies on decision support tools for waste management: A review*. *Journal of the Indian Society for Probability and Statistics*, 18, 119–146.

*Shkil S.O., lecturer of the highest category,
Khlivetska U.P., lecturer of first category*

*Poltava Applied Oil and Gas College of National University
«Poltava Yuri Kondratyuk Polytechnic»,
Poltava, Ukraine*

ENVIRONMENTAL ASPECTS OF APPLICATION OF RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES

In today's conditions, there is a colossal demand for energy resources and, accordingly, a reduction in the reserves of traditional types of fuel. The question of the use of energy-efficient and energy-saving technologies, the use of renewable and alternative energy sources is especially acute.

In recent years, many countries of the world, including Ukraine, have faced the problem of ecological balance in the "man-environment" system, since one of the economically and ecologically important factors of the environment is the geological environment – the mineral basis of the biosphere and the main supplier of energy resources. Ukraine belongs to the countries that have a significant impact on the global environmental situation due to high resource consumption and energy consumption by the main branches of the economic complex.

It is known that the use of any type of energy and the production of electricity by traditional methods is accompanied by environmental pollution and depletion of natural resources, which entails inevitable economic losses. The question naturally arises whether these processes must always be accompanied by negative environmental and economic consequences? Energy is one of the main polluters of the environment. Of all the impacts on the natural environment and the country's population, the largest and most dangerous are gas and dust emissions from the enterprises of the fuel and energy complex.

The oil and gas crises, the deterioration of the environmental situation forced society to look for ways to meet its energy needs in the use of non-traditional energy sources, and the introduction of energy-efficient and energy-saving technologies at the state level. Energy efficiency means the rational use of energy resources, the achievement of economically feasible efficiency in the use of already existing fuel and energy resources at the current level of technical and technological development and compliance with environmental protection requirements.

Promotion of the spread of alternative sources of energy supply in our country takes place both at the local and national level. In particular, according to the Law of Ukraine «On Alternative Energy Sources», the main principles of state policy in the field of alternative energy sources are [1]:

- increasing the volume of production and consumption of energy produced from alternative sources with the aim of economical consumption of traditional fuel and energy resources and reducing Ukraine's dependence on their imports by restructuring production and rational consumption of energy at the expense of increasing the share of energy produced from alternative sources;

- compliance with environmental safety by reducing the negative impact on the environment during the creation and operation of alternative energy facilities, as well as during transmission, transportation, supply, storage and consumption of energy produced from alternative sources;

- scientific and technical support for the development of alternative energy, popularization and implementation of scientific and technical achievements in this field, training of relevant specialists in higher and secondary educational institutions;

- compliance with the legislation by all subjects of relations related to the production, storage, transportation, supply, transmission and consumption of energy produced from alternative sources;

- attracting domestic and foreign investments and supporting entrepreneurship in the field of alternative energy sources, including through the development and implementation of national and local programs for the development of alternative energy.

Modern technologies for the production of non-traditional energy sources for the purpose of energy saving include:

- use of agricultural waste to obtain biogas as fuel;
- use of solar energy for heat supply systems using collectors and passive solar heating systems;
- use of geothermal water for heat supply;
- use of wind energy (wind energy);
- use of the energy of small rivers (hydropower);
- use of the energy of small rivers (hydropower);
- use of heat pumps of small and medium capacity for heat supply of individual buildings and disposal of heat emissions;
- production of biodiesel fuel.

The production of energy carriers from renewable energy sources and alternative types of fuel is defined as one of the priority areas of state policy in Ukraine, and provides several ways to solve this problem [3]:

- development and implementation of individual industry and regional energy efficiency programs;

- continuation of the work on the implementation of the Comprehensive State Energy Saving Program of Ukraine and the State Support Program for the Development of Non-Traditional and Renewable Energy Sources and Small Hydro- and Thermal Energy;

– development and implementation of the State target economic program of energy efficiency and development of the sphere of production of energy carriers from renewable energy sources and alternative types of fuel.

Ways of solving energy saving problems can be conditionally divided into organizational, technical and psychological, but the most effective are complex measures [2].

Stimulation of the production and consumption of energy produced from alternative sources is carried out in accordance with the legislation by:

– the use of economic levers and incentives provided by the legislation on energy conservation and environmental protection, with the aim of expanding the use of alternative energy sources;

– creation of favorable economic conditions for the construction of alternative energy facilities;

– establishment of a «green» tariff for each economic entity that produces electricity from alternative energy sources and for each electric power facility or for each phase of power plant construction [1].

Therefore, energy saving reduces the consumption of energy services, and its result can be an increase in the quality of the environment, national security and personal financial independence, the use of renewable and alternative energy sources in conditions of energy scarcity and energy intensity of the economy, the difficult economic situation of the country and political factors is inevitable, which makes the study of economic and ecological effect from the implementation of these measures is an important theoretical and practical task.

Used information sources:

1. *Law of Ukraine «On Alternative Energy Sources» [Electronic resource]. 2003. Mode of access to the resource: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15>.*

2. *Dudar I. N. «Energy industry of Ukraine. Present and development priorities» / Dudar I. N., Shvets V. V.//Environmental Bulletin November-December. 2004. P. 11–12.*

3. *State targeted economic program of energy efficiency and development of energy production from renewable energy sources and alternative fuels for 2010-2017 [Electronic resource]. 2010. Mode of access to the resource: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/243-20>*

4. *Alternative fuels and other unconventional energy sources. Monograph./ Adamenko O. M., Vysochanskyi V., Lyotko V., Mykhailiv M. Ivano-Frankivsk : IME, 2001. 432 p.*

^{1,2}*Безсонний В. Л., к. т. н., доцент, ¹Некос А. Н., д. геогр. н., професор*

¹*Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Україна*

²*Харківський національний економічний університет ім.С.Кузнеця,
м. Харків, Україна*

МОНІТОРИНГ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД ВІДПОВІДНО ДО ВОДНОЇ РАМКОВОЇ ДИРЕКТИВИ – ДОСВІД НІМЕЧЧИНИ

Управління водними ресурсами є серйозною проблемою в багатьох густонаселених країнах по всьому світу. У Європі та завдяки Водній рамковій директиві (далі – ВРД) [1] управління водними ресурсами є надзвичайно важливим зараз і в майбутньому. Головною метою ВРД є досягнення високої якості води в усіх європейських водах шляхом управління водними об'єктами, тобто озерами, річками, підземними водними об'єктами, перехідними водами та прибережними водами не пізніше 2027 року. Офіційна реалізація ВРД почалася 22 грудня 2000 року і ознаменувала початок нової ери в європейському управлінні водними ресурсами. ВРД проголошує уніфіковану та гармонізовану систему охорони вод для всіх європейських країн. Об'єднання в цьому контексті означає, що європейські води були консолідовані у великі райони річкових басейнів, якими спільно керують відповідні держави-члени (ДЧ). Успішне управління такими районами річкових басейнів поза національними кордонами вимагає ефективної співпраці в дусі партнерства між усіма зацікавленими ДЧ. Таким чином, ВРД спрямована на гармонізацію правил охорони води в межах Європейського Союзу (ЄС). Одиницею моніторингу та управління ВРД є «водний об'єкт». Він визначається як дискретний і значущий елемент поверхневих вод, який є однорідним за типом і статусом.

Програма моніторингу ВРД спрямована на збір даних для оцінки стану та контролю ефективності застосованих заходів з охорони води.

Додатки II і V ВРД визначають комплексну оцінку та план моніторингу вод. Dodatok V ВРД детально визначає мінімальні вимоги до самого моніторингу. Ключові аспекти тут включають типи та цілі моніторингу, вибір місць моніторингу, елементи якості (ЕЯ), які підлягають моніторингу, та необхідну частоту моніторингу. Згідно зі статтею 7 ВРД, країни-члени мають забезпечити створення програм моніторингу, щоб забезпечити безперервне та комплексне уявлення про стан вод. До 22 грудня 2006 року мали бути підготовані відповідні програми моніторингу. Результати інвентаризації забруднення 2004 року стали основою для розробки перших програм моніторингу. З метою

забезпечення послідовних програм моніторингу по всій Німеччині німецька робоча група з водних питань федеральних земель та федерального уряду склала концептуальну основу для розробки програм моніторингу та оцінки стану поверхневих вод. Основи цього підходу до оцінки та моніторингу були реалізовані через постанову про захист поверхневих вод. Ця постанова, яка була оновлена в 2016 році, встановлює, серед іншого, стандарти якості навколишнього середовища для певних речовин і окреслює програми моніторингу. Крім того, вона визначає місця відбору проб різних категорій вод, визначає, як саме та як часто потрібно відбирати проби та встановлює правила оцінки стану води на основі результатів моніторингу. Результати моніторингу представлені в плані управління, який подається до Комісії ЄС.

Якщо цілі ВРД, тобто «хороший екологічний стан» або «хороший екологічний потенціал» і «хороший хімічний стан», не досягнуті, заходи з поліпшення повинні бути сплановані та реалізовані згодом.

Німецькі оцінки стану поверхневих водних об'єктів базуються на даних програм моніторингу. Схема класифікації екологічного стану водних об'єктів включає п'ять класів стану: 1 – дуже добрий, 2 – добрий; 3 – помірний; 4 – поганий і 5 – дуже поганий. Для класів від 3 до 5 необхідно вжити заходів для досягнення цілей ВРД. ВРД відрізняє сильно модифіковані та штучні води від природних водойм. Вони або були створені штучно (наприклад, канал), або їх структура була модифікована настільки значно, що «хороший екологічний стан» більше не може бути досягнутий без значного погіршення існуючого, економічно значущого використання води, якого неможливо досягти іншими засобами.

У загальному випадку місця моніторингу обирають регіональні управління водного господарства. Вибір місць моніторингу базується на оцінках щодо репрезентативності місця моніторингу для конкретного водного тіла. Термін «репрезентативність» кількісно не визначений. При виборі місць моніторингу слід отримати відповіді на наступні питання:

- скільки місць моніторингу необхідно для отримання надійних результатів оцінки для кожного водного тіла?
- де розташувати об'єкти моніторингу, щоб бути впевненими, що вони дійсно є репрезентативними для всього водного об'єкту?
- яких невизначеностей оцінки можна очікувати та якою мірою вони проявляться?
- наскільки природна мінливість біоценозів впливає на результати оцінки?
- виходячи за межі мінімальних вимог ВРД, чи потрібно кількість місць моніторингу та частоту вимірювань коригувати відповідно до переважаючого тиску на водне тіло?

Багато з цих питань залишаються актуальними й досі. Зараз завдання полягає в тому, щоб відповісти на ці запитання на основі досвіду,

отриманого під час моніторингу та на основі додаткового аналізу даних моніторингу, що є частиною процесу адаптивного управління.

У Німеччині речовини, які скидаються в прісні водойми, що призводять до концентрацій, перевищуюючих половину екологічного стандарту якості (ЕСЯ) на репрезентативних місцях моніторингу, були визначені як «значні», а юридично обов'язкові ЕСЯ були визначені загалом для 162 специфічних забруднювачів річкового басейну (СЗРБ). Дотепер відповідність ЕСЯ перевірялася за допомогою середньорічних показників. ЕСЯ для екологічного стану поверхневих вод визначаються на основі хімічної оцінки ЄС, як це передбачено в Додатку V, 1.2.6 ВРД [1]. Проведено довгострокові дослідження щодо впливу речовини на організми на різних рівнях водного харчового ланцюга, тобто на водорості, безхребетних і риб, і вибрано найбільш чутливе з цих значень. Однак, оскільки організми в природі можуть бути навіть більш чутливими, ніж ті, які використовуються для виконання лабораторних тестів, це значення ділиться на коефіцієнт безпеки, щоб обчислити ЕСЯ.

Завдяки специфікаціям ВРД, моніторинг води *сильно змінився* впродовж останніх 15 років. Зокрема, це позначилося на таких параметрах:

- фокус моніторингу змін (більше біології та менше окремих речовин);
- часовий темп і площний обсяг біологічного моніторингу води;
- діапазон контрольованих біологічних елементів якості;
- розробка, вдосконалення та доповнення методів біологічної оцінки;
- рівень стандартизації та гармонізації методів біологічної оцінки.

Завдяки специфікаціям ВРД європейський моніторинг води більше не зосереджується на первинному моніторингу сапробності, поживних речовин і забруднювачів, а зосереджується на комплексній інтегративній концепції оцінки, яка надає пріоритет біологічним елементам якості як індикаторам для загальної оцінки впливу на водне середовище. Крім того, оцінка включає як фізичні, так і хімічні фактори, що слугують підтримкою елементів якості та СЗРБ, а також гідрологію та гідроморфологію. Таким чином, моніторинг та оцінка стану води згідно з ВРД використовують помітно більш цілісний підхід, ніж у минулому.

Дослідження [2], які базуються на даних Європейського агентства з навколишнього середовища (ЕЕА) між 1965 і 2005 роками, чітко вказують на те, що інтенсивність, обсяг і масштаб моніторингу води в Європі помітно зросли за останні 40 років. У ході впровадження ВРД часові темпи та площа німецького біологічного моніторингу води продовжували помітно зростати протягом останніх 13 років. Станом на травень 2012 року база даних ЕЕА включала інформацію про якість води з:

- понад 10 000 місць моніторингу вздовж проточних вод у 37 країнах Європи;
- 3500 місць моніторингу в озерах у 35 країнах Європи;
- 5000 місць моніторингу в прибережних водах у 28 країнах Європи.

Біологічний моніторинг води в Європі помітно активізувався завдяки специфікаціям ВРД. Ніколи раніше не існувало порівняно вичерпного уявлення про флору та фауну європейських вод. Дані, зібрані в рамках моніторингу ВРД, є міцною основою для майбутнього управління водними ресурсами завдяки їх великій кількості та високій якості. Гармонізація методів оцінки та підходів до управління помітно просунулася в Європейському Союзі, але потребує подальшої уваги. Якість води у Німеччині покращилася за останні 50 років. Проте необхідні подальші зусилля та заходи для досягнення амбітних цілей ВРД, наприклад, шляхом зменшення втрат поживних речовин у сільському господарстві та підтримки природної гідроморфології, а також шляхом вирішення інших антропогенних навантажень [3].

Для подальшого вдосконалення практики управління прісною водою згідно з ВРД необхідно розглянути наступні теми шляхом фундаментальних і прикладних досліджень:

- міжнародна гармонізація ЕСЯ для забруднюючих речовин;
- взаємодія багатьох факторів (природних факторів і антропогенного тиску) та їх вплив на прісноводні угруповання;
- наслідки «землекористування» як великомасштабного тиску та спроби роз'єднати «групу землекористування – тиск»;
- оцінка відносної важливості різних тисків у їхньому впливі на біологічні угруповання, щоб визначити пріоритетність конкретних заходів проти різних тисків;
- роль біологічних взаємодій в екологічному стані (наприклад, місцеві види);
- визначення ефективності заходів проти різного тиску та питання про те, чи можна біологічними системами прісних вод «керувати» або «можна їх відновити» до визначеного «екологічного стану», який визначається ВРД як «невелике відхилення» від попередніх стандартних умов.

Використані інформаційні джерела:

1. *Water Framework Directive, European Union (WFD E.U.). Establishing a Framework for Community Action in the Field of Water Policy; Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000.*

2. *Borja A., Bricker S.B., Dauer D.M., et al. Overview of integrative tools and methods in assessing ecological integrity in estuarine and coastal systems worldwide. Mar. Pollut. Bull. 2008, 56, 1519–1537.*

3. *Безсонний В. Л., Третьяков О. В., Пляцук Л. Д., Некос А. Н. Ентропійний підхід до оцінки екологічного стану водотоку. Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Екологія». 2022. Вип. 27. С. 6–19. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2022-27-01>*

Бредун В. І., к. т. н, доцент, Єфремов А.В., магістрант

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

ДОВОЄННІ ПОКАЗНИКИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ КРЕМЕНЧУЦЬКОГО РАЙОНУ

Аналіз тенденцій, сформованих до початку війни, розпочатої росією проти України, є ключовою основою для прогнозування змін техногенного навантаження у регіоні у післявоєнний період. Комплексний аналіз довоєнних статистичних даних, а також доступної інформації соціально-економічного характеру за поточний період може допомогти визначити базисний рівень факторів екологічної небезпеки у регіоні у повоєнний період та визначити основні вектори їх розвитку.

Зміни в тенденціях формування чинників техногенного навантаження на території після війни можуть служити показником впливу військових дій на навколишнє середовище. Наприклад, зменшення рівня забруднення повітря під час військового конфлікту може бути пов'язане зі зменшенням промислової та транспортної активності. Однак, у повоєнний період у зв'язку з відновленням економіки логічно очікувати зростання обсягів викидів у атмосферне повітря.

Отже, аналіз динаміки факторів техногенного навантаження на довкілля до війни є важливим інструментом для прогнозування та оцінки впливу військових дій на навколишнє середовище. Це може сприяти розробці ефективних стратегій забезпечення оптимального рівня екологічної безпеки у регіоні в післявоєнний період.

Встановлення тенденцій формування факторів екологічної небезпеки на території Кременчуцького району Полтавської області є вкрай важливим для всієї області.

Завдяки розташуванню на перехресті важливих транспортних (залізничних, автомобільних, водних) маршрутів, наявності корисних копалин, високорозвиненої інженерно-транспортної інфраструктури, потенціалу для відпочинку та сільськогосподарських земель, Кременчуцький район відіграє ключову роль у Полтавській області.

Територією району проходять залізниці Кременчук – Полтава, Кременчук – Ромодан, Потоки – Редуті, а також автомобільні дороги Полтава – Олександрія, Бориспіль – Дніпро – Запоріжжя, Канів – Чигирин – Кременчук, територіальні та місцеві автодороги.

Однією з особливостей експлуатації території Кременчуцького району, що впливає на економіку, екологію, трансформацію та функціональну структуру, є наявність великого промислового комплексу в

межах міст Кременчук та Горішні Плавні, який сформувався на основі розробки та обробки залізорудних покладів Кременчуцької магнітної аномалії, нафтопереробної та машинобудівної галузей.

Методологічною основою дослідження стало групування статистичних даних щодо забруднення атмосферного повітря, водного середовища, стану ґрунтів, показників радіаційної небезпеки, показників виникнення лісових пожеж та ін. в Кременчуцькому районі Полтавської області за попередній період (не менше 10 років); використання методів математичної статистики для визначення тенденцій динаміки вище зазначених показників в регіоні; використання методів геоінформаційного аналізу для визначення просторового розподілу небезпек у межах району та побудова карт довоєнних тенденцій формування техногенного навантаження у Кременчуцькому районі Полтавської області.

Кременчуцький район – адміністративний район в Україні, у південно-західній частині Полтавської області, межує з Черкаською та Кіровоградською областями, був утворений під час адміністративно-територіальної реформи в Україні 2020 року. Адміністративний центр – місто Кременчук. Площа його – 6101,3 км² [1] (21,3 % від площі області), населення – 396, 1 тис. осіб (2020).

Кременчуцький район був створений 19 липня 2020 року на підставі Постанови Верховної Ради України № 807-ІХ від 17 липня 2020 року в рамках Адміністративно-територіальної реформи в Україні. До його складу увійшли Кременчуцька, Глобинська, Горішньоплавнівська міські, Градизька, Козельщинська, Семенівська селищні та Кам'янопотоківська, Новогалещинська, Оболонська, Омельницька, Піщанська, Пришибська сільські територіальні громади [2]. Раніше ця територія входила до складу Кременчуцького, Глобинського, західної частини Кобеляцького, Козельщинського, Семенівського районів, а також міст обласного підпорядкування з територією, підпорядкованою міським радам міст Кременчук та Горішні Плавні Полтавської області.

Така ситуація дещо ускладнює процес аналізу показників техногенного навантаження і вимагає комплексного підходу до оперування статистичними даними різних адміністративно-територіальних одиниць.

Згідно зі звітом Головного управління статистики Кременчуцького району на 2022 рік, обсяг викидів забруднюючих речовин з фіксованих джерел у повітря склав 25,8 тис. тонн (за винятком діоксиду вуглецю), що є на 26,635 тис. тонн, або 50,8% менше порівняно з 2021 роком [3].

За останніми даними, основними джерелами забруднення визнані підприємства міст Кременчук та Горішні Плавні. У порівнянні з ними, обсяг викидів в обласному центрі становить всього 1,87% від загального обсягу викидів. На місто Кременчук припадає 27,4% від усіх викидів забруднюючих речовин у повітря з фіксованих джерел, практично так само, як і в місті Горішні Плавні – 26%.

Річкова мережа Кременчуцького району включає одну велику річку – Дніпро (довжина в межах району становить 145 км), 8 середніх річок (Сула – 213 км, Псел – 350 км, Ворскла – 226 км). На півдні району протікає річка Дніпро, більша частина якої зарегульована Кременчуцьким та Кам'янським водосховищами, з повним об'ємом води 13520 та 2450,94 млн.м³ відповідно.

Підземні води району розвинені слабо, оскільки основні водоносні горизонти області, придатні для використання, (четвертинний (алювіальний) Полтавський, Харківський, Сінеман-нижньокрейдний та Юрський) не проходять через територію району.

Найбільше води використовується у житло-комунальному та побутовому господарстві (водопостачання, каналізація, поводження з відходами) – 48% від загального використання води, та у добувній промисловості та розробці кар'єрів – 13,232 млн. м³, що становить 18,4% від загального використання води в області.

У Кременчуцькому районі поверхневі водойми використовуються для задоволення питних потреб міст Горішні Плавні та Кременчук. Ці міста використовують воду Дніпра, яка за останні роки показала погіршення якості за деякими показниками, такими як БСК та ХСК.

У Кременчуцькому районі переважно знаходяться сільськогосподарські угіддя, які використовуються для обробки та вирощування сільськогосподарських культур. За інформацією Полтавської філії ДУ «Держгрунтохорона», площа ґрунтів району з низьким вмістом гумусу становить 0,1%, із середнім – 24,2%, із підвищеним – 54,1%, із високим – 20,0%, з дуже високим – 1,6%. Порівняно з іншими регіонами України, Полтавська область відзначається одним із найвищих рівнів гумусу в ґрунтах.

Кременчуцький район має сприятливі умови та оптимальні показники, які визначають родючість ґрунту для розвитку сільського господарства. Однак, важливо уникати виснаження ґрунту, систематично контролювати вказані параметри та відновлювати їх в ґрунтах.

Таким чином, екосистеми Кременчуцького району відчувають найбільший із усіх районів Полтавської області техногенний вплив. Найбільшу занепокоєність викликає стан атмосферного повітря.

Під час військової агресії російської федерації базові показники стану атмосферного повітря дещо покращились. Але це відбулося за рахунок зменшення обсягів (або взагалі припинення) діяльності промислових об'єктів, які були найпотужнішими в районі забруднювачами атмосферного повітря. Тому тенденція останніх двох років не може вважатись трендовою. І в післявоєнний період слід очікувати відновлення цих показників упродовж певного часу.

Аналіз тенденцій, що сформувалися до воєнного періоду, становить базу для прогнозування післявоєнного впливу та може слугувати

індикатором впливу військових дій на процеси формування екологічної безпеки в регіоні.

Використані інформаційні джерела:

1. *Полтавська область - Райони.* Режим доступу: <https://web.archive.org/web/20210128033856/https://decentralization.gov.ua/areas/0532/rayons>. 19 січня 2021.

2. *Постанова Верховної Ради України від 17 липня 2020 року № 807-IX «Про утворення та ліквідацію районів»* Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/807-IX#Text>

3. *Екологічний паспорт Полтавської області (2022 рік) : Полтава.2023, 256 с.*

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЛОГІСТИЧНОЇ СКЛАДОВОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ КОТЕЛЕВСЬКОЇ ТГ

Питання, пов'язані із збором, утилізацією та зберіганням відходів виробництва та споживання, є актуальними для майже всіх регіонів України. Збір, транспортування та зберігання є важливими етапами процесу санітарного очищення населених місць.

При створенні Регіонального плану управління відходами в Полтавській області до 2030 року (далі – РПУВ або Регіональний план) необхідно забезпечити ефективне функціонування системи управління відходами в даному регіоні. Основною складовою цієї системи є техніко-логістична складова, яка визначає загальну ефективність системи управління відходами. Зокрема, важливо розглядати логістичні аспекти в перспективному плануванні для широкого впровадження роздільного збирання твердих побутових відходів (ТПВ) та багатоетапних схем перевезень у перспективному періоді.

Регіональний план передбачає реструктуризацію системи поводження з відходами до 2030 року й має декілька варіантів реалізації. Але військовий стан в державі вимагає корегування планів через зміну умов їх реалізації. Ряд факторів, таких як демографічна динаміка, структура транспортного забезпечення та ін., обумовлюють необхідність корегування попередніх планів розвитку системи управління відходами.

Ці обставини обґрунтовують необхідність проведення аналізу техніко-логістичної складової регіональної системи управління відходами та можливих перспектив розвитку цієї системи як одного із можливих шляхів для вирішення актуальної науково-практичної задачі зі зниження ризиків реалізації проекту Регіонального плану та підвищення ефективності системи обробки відходів, особливо з урахуванням наслідків військової агресії РФ.

Нами проведено дослідження перспектив розвитку системи управління відходів в Котелевській територіальній громаді (ТГ) Полтавської області за такими напрямками:

- визначення чинників, які впливають на структуру системи управління відходами Котелевської територіальної громади;
- аналіз технологічної складової Регіонального плану управління відходами в Полтавській області до 2030 року за такими показниками:

- транспортне забезпечення;
 - структура та якість дорожньої мережі;
 - демографічна ситуація;
- встановлення можливих загроз техніко-логістичного характеру для реалізації перспективних етапів регіонального плану на основі результатів аналізу;
 - визначення перспективних тенденцій логістично-технологічної організації системи управління відходами.

За результатами дослідження обґрунтовано та спрогнозовано ключові тенденції у розвитку логістичної структури системи управління відходами в Котелевській громаді Полтавської області на наступні 10 років:

1. Для Котелевської ТГ рекомендовано використовувати комбінацію технологічної схеми №1 для сіл на першому етапі та технологічної схеми №3 для селища Котельва. В подальшому для сіл рекомендована технологічна схема №2.

2. Демографічні чинники відіграють важливу роль у формуванні структури системи перевезень. У всіх населених пунктах громади останні довоєнні роки спостерігалась негативна демографічна тенденція. Останні два роки кількість населення стабілізувалась за рахунок вимушено переміщених осіб. Таким чином, всі населені пункти Котелевської ТГ доцільно включати в систему поводження з відходами громади на поточний та перспективний період. Перспективність сіл Камінне та Чернещина у віддаленому періоді має бути уточнена додатково.

1. Структура системи збору та транспортування муніципальних відходів повинна бути багатоетапною, особливо у перспективному періоді реалізації РПУВ.

2. Дорожня мережа населених пунктів Котелевської ТГ здатна забезпечити збір ТПВ в повній мірі по смт Котельва, транспортування ТПВ від сільських населених пунктів до полігону. Збір ТПВ на території сіл Котелевської ТГ дещо обмежений через наявність доріг із ґрунтовим покриттям. Але при раціональному логістичному плануванні, що доведено в, можливо досягти майже повного охоплення населених пунктів процесами збирання ТПВ.

3. Головне навантаження припадає на дороги категорій О та С. Більшість доріг категорій «Т», «О» і «С» вже перевищили свій проектний термін служби і потребують часткового ямкового ремонту. На основі проведеного аналізу можуть бути розроблені рекомендації для відповідних дорожніх служб. За останні 2-3 роки довоєнного періоду намітилась тенденція покращення стану як магістральних доріг, так і доріг місцевого значення.

4. За своїми конструктивними технологічними параметрами всі дороги громади відповідають технічним характеристикам і проектним нормам для спеціалізованого транспорту.

5. Дорога Н-12 використовується для місцевого та може бути використана для магістрального транспортування ТПВ при плануванні багатоступових регіональних логістичних схем збору та перевезення твердих побутових відходів.

6. Парк сміттєвозів Котелевської ТГ потребує оновлення в перспективному періоді. В умовах Котелевської громади перспективним є використання сміттєвозів малої (9м^3) та середньої (12м^3) місткості із заднім завантаженням.

7. Для магістральних перевезень ТПВ у віддаленому перспективному періоді реалізації РПУВ по дорозі Н-12 рекомендується використовувати сміттєвози, які можуть підтримувати високу швидкість руху та мають об'єм кузова $50\text{-}60\text{ м}^3$. Для планових магістральних перевезень ТПВ на СПК «Затурине» необхідно мати мінімум один транспортний сміттєвоз.

8. Асортимент продукції українських виробників спеціалізованої комунальної техніки відповідає потребам спеціалізованих підприємств, які займаються управлінням відходами, в рамках існуючої системи. Однак, ринок транспортних сміттєвозів майже відсутній.

9. На даний час перед українськими виробниками стоїть задача заміни шасі виробництва росії та білорусії на техніку інших виробників. Світові лідери в виробництві спеціалізованої техніки для збору і транспортування побутових відходів мають у своєму асортименті повний набір необхідних автомобілів.

10. Суттєвого розвитку потребує структура контейнерного забезпечення. На даний час на території громади існує 109 контейнерних майданчиків оснащених контейнерами об'ємом $0,75$ та $1,1\text{ м}^3$. Схемою [1] заплановано обладнання 321 контейнерного майданчика. Їх передбачається оснащувати контейнерами об'ємом $0,12\text{ м}^3$, $0,24\text{ м}^3$, $0,77\text{ м}^3$ та $1,1\text{ м}^3$. Із точки зору технологічної уніфікації процесу збору ТПВ в перспективному періоді доцільною є заміна контейнера об'ємом $0,75\text{ м}^3$ у ході їх поступового виводу з експлуатації на контейнери об'ємом $0,77\text{ м}^3$.

11. Сміттєзвалище Котелевської ТГ є перспективним для використання, але в подальшому потребує модернізації з метою зменшення негативного екологічного впливу на довкілля.

12. У залежності від вибору варіанту співпраці між територіальними громадами, перспективному періоді на території існуючого сміттєзвалища може бути рекомендовано спорудження сміттєперевантажувальної або сортувально-перевантажувальної станції з продуктивністю 10 000 тонн на рік (із однозмінним або двоззмінним режимом роботи) або перевантажувального об'єкта з потужністю 5000 тонн на рік (із однозмінним режимом роботи).

ПРОГНОЗ РОЗВИТКУ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ ДИКАНСЬКОЇ 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 обґрунтовують 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. Поставлена задача передбачає комплексність досліджень, яка реалізується за такими напрямками:

- визначення чинників, що впливають на ефективність системи управління відходами Полтавської області та Диканської громади зокрема;
- аналіз концептуальних положень Регіонального плану управління відходами у Полтавській області до 2030 року за такими показниками:

планування регіональних об'єктів поводження з відходами за різних сценаріїв розвитку системи управління відходами Полтавської області;

тенденції демографічного розвитку регіону;

транспортне забезпечення;

структура та якість дорожньої мережі;

аналіз регіональних особливостей Диканської територіальної

- громади як об'єкту технологічно-логістичного планування системи поводження з відходами на рівні громади та області;
- визначення перспективних тенденції формування технологічно-логістичної структури системи управління відходами Диканської ТГ як окремого об'єкту планування та структурної складової системи управління відходами Полтавської області на найближчі 10 років.

Опрацювання зазначених напрямів дало змогу визначити перспективні напрями організації системи управління відходами Диканської ТГ:

1. Регіональний план управління відходами є основою для планування систем управління відходами на муніципальному рівні. Він передбачає поступове збільшення участі населення у централізованому зборі побутових відходів із метою охоплення до 2033 року 90% населення області й одночасний перехід до багаторівневої структури збору та транспортування цих відходів.

2. Роздільний збір твердих побутових відходів є ключовим способом запобігання хаотичному накопиченню на звалищах та втраті цінних ресурсів.

3. Для Диканської ТГ план передбачає наявність регіонального об'єкту обробки відходів (РООВ) для кожного зі сценаріїв із його розміщенням на місці існуючого сміттєзвалища.

4. Характерною особливістю Диканської громади є наявність у її складі великої кількості сільських населених пунктів із невеликою чисельністю населення. З 58 населених пунктів громади тільки 27 є перспективними в плані соціального та економічного розвитку і мають доцільність їх включення в перспективні проекти системи поводження з відходами Диканської ТГ. Аналіз населення та стану доріг показує необхідність виключення деяких неперспективних населених пунктів із розрахунків

5. Останні роки у Диканській ТГ спостерігається стійка тенденція на зменшення кількості населення. У структурі житлового фонду громади більше 99% складають приватні садиби, в яких проживає 14841 особа, або 81,47% населення громади. Ці фактори суттєвим чином впливають на обсяги та морфологію відходів.

6. На даний час у Диканській ТГ існує 14 звалищ, із яких тільки 8 паспортизовано. Однак, у найближчі 3-5 років передбачається експлуатація всіх 14 звалищ, що протирічить основним положенням Регіонального плану.

7. Прогнозується скорочення обсягів утворення ТПВ, але це не вплине на логістичну структуру системи управління відходами.

8. У найближчі роки необхідно провести повне охоплення територій і населення Диканської ТГ послугою організованого збору ТПВ, для чого

додатково закупити євроконтейнери різних типорозмірів та розмістити їх у сільських населених пунктах громади.

9. Населені пункти Диканської ТГ не мають обмежень щодо розміру транспорту, тому можна рекомендувати машини з об'ємом бункера від 9-10 м³ до 26-35 м³. Також важливо, щоб машини мали заднє механізоване завантаження та універсальні захвати для роботи з різними видами тари (мінімум 0,75 і 1,1 м³, краще 0,12-1,1 м³).

10. На даний час екіпаж сміттєзбиральної машини складається з одного працівника. Для підвищення ефективності процесу збирання доцільно ввести до складу екіпажу ще одного працівника та розподілити обов'язки: один водій – оператор гідросистеми та один вантажник.

11. Для транспортування ТПВ від населених пунктів на СПК «Затурино» необхідно мати один транспортний сміттєвоз.

12. До складу маршрутів першого етапу входить вся дорожня мережа громади. У схемах перевезень задіяні всі категорії доріг. Особливо навантаженими є дороги четвертої категорії. Також значне навантаження припадає на деякі дороги п'яти категорії. Більшість доріг громади мають незадовільний стан та потребують ремонту.

13. Основний шлях до зменшення кількості ресурсоцінних ТПВ на звалищах: створення заготівельних пунктів та стимулювання населення до здавання вторсировини на заготівельні пункти; роздільне збирання ресурсоцінних компонентів у окремі контейнери з подальшим транспортуванням на сміттєсортувальний майданчик або безпосередньо спеціалізованим підприємствам для переробки вторсировинних відходів.

14. В якості перспективного автомобіля для Диканської ОГ пропонуються автомобілі сміттєвози із заднім механізованим завантаженням типу АТ-2121 або «ВЛІВ МІКРО» або їх аналоги.

Для задоволення потреб Диканської ТГ в майбутньому плані потрібно приблизно чотири спеціалізовані автомобілі: три машини для збору відходів і один – для їх транспортування на СПК «Затурино».

*Бунякіна Н. В., к. х. н., доцент, Бурда А. Ю., студентка,
Дрючко О. Г., к. х. н., доцент*

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

ОЦІНКА ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ МІСТА ПОЛТАВИ ЗА ФІЗІОЛОГІЧНОЮ ПОВНОЦІННІСТЮ МІНЕРАЛЬНОГО СКЛАДУ

Проблема забезпечення якісною питною водою з фізіологічною повноцінністю мінерального складу має вагоме соціальне значення, оскільки вода безпосередньо впливає на стан здоров'я громадян і визначає ступінь екологічної та епідеміологічної безпеки окремих міст і регіонів України. Збалансованість мінерального складу питних вод – це не тільки показник якості питної води, але й важливий чинник формування здоров'я населення.

Місто Полтаву питною водою забезпечує Комунальне підприємство «Полтававодоканал», яке перебуває у власності Полтавської обласної ради. Джерелом господарсько-питного водопостачання є артезіанські води сеноман-нижньокрейдяного горизонту, який залягає на глибині 400-800 м. На відміну від більшості міст України, де воду беруть переважно з поверхневих джерел, мешканцям Полтави пощастило пити артезіанську воду [1].

У підземних джерелах запасів води настільки багато, що існуючих потужностей 60 високодебітних свердловин цілком достатньо, щоб збільшити подачу води у декілька разів. Надійність окремо розташованих дев'яти водозаборів дозволяє в будь-якій аварійній ситуації здійснювати водозабезпечення міста [1].

Відповідно до [2] питна вода повинна мати оптимальний вміст мінеральних речовин за показниками фізіологічної повноцінності мінерального складу. До цих показників належать: загальна жорсткість, загальна лужність, йод, калій, кальцій, магній, натрій, сухий залишок, фториди.

За результатами аналізів хімічної бактеріологічної лабораторії «Полтававодоканалу» у березні 2023 року загальна лужність на п'яти водозаборах була від 5,4 до 6,2 ммоль/дм³, що відповідає вимогам 0,5-6,5 ммоль/дм³ [2].

Сухий залишок (сумарний вміст розчинених у воді речовин) знаходився у межах 772-986 мг/дм³, що перевищує нормативне значення за показником фізіологічної повноцінності (200-500 мг/дм³), але не

перевищує нормативне значення за показником безпечності та якості питної води (1000 мг/дм³) [2].

За показниками фізіологічної повноцінності мінерального складу питна вода має містити 0,7-1,2 мг/дм³ фторидів, однак на всіх п'яти водозаборах уміст фторидів дещо перевищував нормативне значення і становив від 1,34 до 1,46 мг/дм³.

Фтор є важливим елементом, без якого аж ніяк не обійтися людині, він входить до складу емалі зубів та кісток і сприяє їх міцності та перешкоджає розвитку карієсу. Але фтор корисний лише за умови, що цей показник в нормі. Якщо ж спостерігається його нестача, або надлишок, то вони однаково згубно діють на організм. Перенасичення фтором може викликати флюороз – захворювання, яке починається з накопичення фтору в емалі зубів, специфічного забарвлення їх та призводить до поступового руйнування. Втім кожен організм реагує на його надходження по-різному. Якщо в одному змін не відбувається, то в іншого підвищений рівень фтору може викликати порушення функцій нервової системи, сонливість, слабкість, зниження пам'яті, головний біль, збій у роботі серцево-судинної системи, щитовидної залози, органів кровотворення, імунної системи [3].

Жителям населених пунктів із завищеним вмістом фтору у питній воді радять уникати фторовмісних зубних паст та уважніше стежити за збалансованістю свого раціону, адже їжа багата на кальцій та магній сприяє меншому засвоєнню фтору з питної води [3].

За показником фізіологічної повноцінності питна вода повинна мати загальну жорсткість 1,5-7 ммоль/дм³, однак результати хімічного аналізу лабораторії вказують на жорсткість у межах 0,242-0,546 ммоль/дм³, що значно менше, ніж нижня межа фізіологічної норми.

Оскільки загальна жорсткість характеризує властивість води, зумовлену наявністю в ній розчинених солей кальцію та магнію, то очікувано, що у питній воді буде незначний уміст кальцію та магнію: кальцій – від 2,52 до 5,46 мг/дм³ (норматив 25-75 мг/дм³), магній – від 1,41 до 3,32 мг/дм³ (норматив 10-50 мг/дм³). Це приблизно у 10 разів менше за показник фізіологічної повноцінності мінерального складу питної води.

Кальцій і магній є мікроелементами, необхідними для людського організму щодня. Вода з низьким вмістом кальцію і магнію сприяє виникненню серцево-судинних захворювань і розвитку остеопорозу кісткової системи.

Кальцій забезпечує нормальний перебіг багатьох життєво важливих процесів. Без нього неможливі звуження та розширення судин, передача нервових імпульсів, скорочення м'язів, вироблення інсуліну та інших гормонів. Він є незамінним, тобто він не може синтезуватися самостійно та має надходити в необхідних кількостях не тільки з їжею, але й водою [4].

Така ж багатогранна роль магнію в організмі людини. Він необхідний для нормального перебігу багатьох біохімічних реакцій і фізіологічних

процесів, що забезпечують енергетику і функціонування різних органів. Магній сприяє підтримці нормального рівня кальцію у кістковій тканині та його постійному оновленню в кістці, перешкоджає втратам кальцію. Вважають, що магній відіграє ключову роль у регуляції сну, зменшенні проявів стресу, нормалізації адаптаційних процесів. Його дефіцит є фактором ризику розвитку серцево-судинних захворювань, у тому числі артеріальної гіпертензії і порушень серцевого ритму, зниження активності ферментів ліпідного метаболізму і вуглеводного обміну, що створює умови для швидкого накопичення надлишку жирової тканини у дітей. Тим, хто довго п'є м'яку воду, потрібно поповнювати дефіцит кальцію та магній як дієтичними, так і фармакологічними засобами [5].

Важливу роль у біологічних процесах організму відіграють також йод, калій та натрій. Нажаль, дані про вміст цих показників фізіологічної повноцінності питної води м. Полтава у результатах аналізів лабораторії відсутні.

На основі оцінки якості питної води за фізіологічною повноцінністю мінерального складу можна зробити висновок, що вода у м. Полтава має дещо завищений показник сухого залишку і фторидів. Загальна жорсткість, уміст кальцію і магнію значно нижчі за фізіологічну норму для питної води, наведену у додатку 4 ДСанПіН 2.2.4–171–10 [2]. Це потрібно враховувати не тільки лікарям і дієтологам, але й пересічним жителям міста, котрі дбають про своє здоров'я.

Використані інформаційні джерела:

1. КП ПОР «Полтававодоканал»
URL: <https://www.vodokanal.poltava.ua/> (дата звернення 26.11.2023).
2. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної до споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4–171–10). Затверджені наказом МОЗ України від 12.05.2010 № 400, зареєстровано Мін'юстом України наказом від 01.07.2010 за № 452/17747.
3. Шкода і користь фтору у воді URL: <https://poltava.to/news/6836/> (дата звернення 19.11.2023).
4. Кальцій та його значення для людини URL: <https://biovit.ua/ua/news/mineraly-statiy/kaltsyi-eho-znachenye-dlia-cheloveka> (дата звернення 27.11.2023).
5. Марушко Ю. В., Асонов А. О., Гищак Т. В. Роль магнію в організмі людини та вплив зменшеного вмісту магнію на якість життя дітей із гастроезофагеальною рефлюксною хворобою <https://med-expert.com.ua/journals/wp-content/uploads/2019/03/19.pdf> (дата звернення 27.11.2023).

Вамболь В. В., д. т. н., професор, Горобець Д. О., аспірантка,

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

НАФТОШЛАМАМИ ВІД ПЕРЕРОБКИ ГАЗУ – ПРОБЛЕМА ЧИ РЕСУРС

На сьогоднішній день нафтова та газова промисловість є основою паливно-енергетичного комплексу України та світу. Світова залежність від нафти та газу зростає, оскільки глобальна економіка та інфраструктура продовжують сильно покладатися на нафтопродукти. Дискусії про те, коли світовий видобуток нафти і газу набуде піку, виявляються на периферії, навіть на тлі ослабленої світової економіки та зменшенні доступності нафти. Нафтогазова промисловість продовжує надавати неймовірний вплив у міжнародній економіці та політиці – особливо з огляду на рівень зайнятості в цьому секторі. Вона включає в себе глобальні процеси розвідки, видобутку, переробки, транспортування, а також збуту продуктів. Однак, не зважаючи на популярність цього сектору, залишається актуальною проблема впливу галузі на навколишнє середовище.

Під час переробки природного газу та газового конденсату, в процесі зберігання сировини, унаслідок осідання механічних домішок, що містяться в сировині утворюється осад, що з часом на дні резервуарів та ємностей перетворюється на нафтовий шлам, який класифікується як відходи. В складі цього відходу нафтові вуглеводні, тверді частки, ароматичні сполуки, метали та інші речовини, у зв'язку з чим нафтошлами не можуть бути розміщені в навколишньому середовищі й потребують спеціальних методів поводження.

Обробка та утилізація нафтошламів важлива для зменшення негативного впливу на навколишнє середовище та людське здоров'я. Технології утилізації можуть включати біологічну очистку, термічну обробку, використання для енергії та інші методи, спрямовані на зменшення кількості та небезпеки нафтошламів.

Ось деякі аспекти, які роблять утилізацію нафтошламів актуальною:

1. Екологічні питання: нафтошлами можуть включати різні токсичні речовини, що можуть шкодити навколишньому середовищу та здоров'ю людей. Утилізація дозволяє зменшити викиди забруднюючих речовин та зменшити негативний вплив на природу.

2. Ефективне використання ресурсів: утилізація може включати повторне використання нафтошламів або їх переробку для отримання

вторинних сировин. Це сприяє більш ефективному використанню ресурсів та зменшенню потреби в нових матеріалах.

3. Сприяння круговому економічному підходу: утилізація нафтошламів може бути частиною стратегії кругової економіки, яка передбачає зменшення відходів та створення замкненого циклу використання ресурсів.

4. Зменшення потреби в сировині: переробка та утилізація нафтошламів дозволяє зменшити потребу в видобутку нової сировини та мінімізувати деградацію природних резервів.

5. Поліпшення енергоефективності: утилізація може включати в себе використання нафтошламів для виробництва енергії, сприяючи розвитку альтернативних джерел енергії та зменшенню залежності від традиційних енергетичних джерел.

6. Відповідність нормам та законодавству: у багатьох країнах існують закони та норми, які обов'язують підприємства утилізувати або відновлювати відходи, включаючи нафтошлами.

7. Спільна відповідальність: утилізація нафтошламів відповідає принципам спільної відповідальності за збереження навколишнього середовища та забезпечення сталого розвитку.

Аналіз існуючих технологій поводження з нафтовими шламами має велике значення з точки зору екології та ефективності використання ресурсів, він включає вивчення та оцінку різних методів та підходів до утилізації цих відходів.

Цей аналіз дозволяє обрати оптимальний метод чи комбінацію методів для поводження з нафтовими шламами, забезпечуючи ефективність, екологічну безпеку та економічну вигоду. Окрім того, важливо враховувати місцеві законодавчі вимоги та стандарти в галузі утилізації та поводження з небезпечними відходами.

Деякі методи обробки нафтошламів включають в себе три етапи поводження з відходами: зменшення утворення нафтового шламу за допомогою використання технологій, відновлення нафти з нафтового шламу та утилізація невідновлюваного нафтового шламу. Перший етап допомагає запобігти та зменшити утворення нафтового шламу, а дві інші фази зосереджені на ефективній обробці неочищеного нафтового шламу [1].

Нижче подано загальний огляд деяких технологій, які застосовуються для обробки та утилізації нафтових шламів, ці технології можуть застосовуватися окремо чи в комбінації в залежності від конкретних умов і завдань обробки нафтових шламів. При виборі технології важливо враховувати екологічні, економічні та соціальні аспекти утилізації нафтових шламів:

Метод	Опис	Переваги	Недоліки
Біологічна очистка [2]	Застосування мікроорганізмів для розкладання забруднюючих речовин у нафтових шламах	Екологічно чистий метод, може бути ефективним для відновлення забруднених об'єктів	Залежність від умов навколишнього середовища, тривалий час розкладання
Термічна обробка [3]	Використання високих температур для розкладання органічних речовин	Швидке знищення забруднюючих речовин, може бути застосовано для великих обсягів шламу	Енергоємність, може викликати певні викиди газів
Хімічна очистка [4]	Застосування хімічних реагентів для розкладання забруднюючих речовин	Широкий спектр застосування, може бути ефективним для різних видів забруднень	Потребує великої кількості хімікатів, може викликати утворення відходів
Механічні методи [5]	Використання механічних процесів, таких як центрифугування та фільтрація, для видалення твердих часток із нафтових шламів	Ефективне для видалення твердих включень, може використовуватися на постійних об'єктах	Може не бути ефективним для розчинених забруднюючих речовин
Спекулятивні технології [6]	Використання новаторських технологій, таких як ультразвукова обробка або наноматеріали	Висока ефективність та можливість використання для специфічних типів забруднень	Великі витрати на впровадження, обмежені дані про довгострокові наслідки
Використання для енергії [7]	Процес конвертації нафтових шламів в енергію, наприклад, виробництво біогазу чи використання для генерації тепла	Зменшення обсягів відходів та одночасне використання вторинних ресурсів	Потребує високотехнологічного обладнання, витрати на транспортування

Вибір найкращого методу очищення може ґрунтуватися на різних елементах, таких як склад нафтового осаду, потужність методу, витрати та доступний метод утилізації. Таким чином, це може вимагати спеціальних підходів до аналізу рішень, щоб мати можливість оцінити загальну ефективність методів обробки та утилізації. Зважаючи на всі вищезазначені переваги та недоліки обробки та утилізації нафтового шламу, необхідно визначити, або розробити більш екологічний та

економічно життєздатний метод, чи комбінацію методів безпечної утилізації цих екологічно небезпечних матеріалів.

Використані інформаційні джерела:

1. Olufemi Adebayo Johnson, Augustine Chioma Affam. *Petroleum sludge treatment and disposal: A review. Environmental Engineering Research* 2019; 24(2): 191–201.
2. Ward O, Singh A, van Hamme J. *Accelerated biodegradation of petroleum hydrocarbon waste. J Ind Microbiol Biotechnol.* 2003; 30:260–270.
3. Scala F, Chirone R. *Fluidized bed combustion of alternative solid fuels. Exp Therm Fluid Sci.* 2004; 28: 691–699.
4. Mulligan CN. *Recent advances in the environmental applications of biosurfactants. Curr Opin Colloid Interface Sci.* 2009; 14: 372–378.
5. da Silva VL, Alves FC, de Franc FP. *A review of the technological solutions for the treatment of oily sludges from petroleum refineries. Waste Manage Res.* 2012;30:1016–1030.
6. Li J, Song X, Hu G, Thring RW. *Ultrasonic desorption of petroleum hydrocarbons from crude oil contaminated soils. J Environ Sci Health A.* 2013; 8:1378–1389.
7. Liu J, Jiang X, Zhou L, Han X, Cui Z. *Pyrolysis treatment of oily sludge and model-free kinetics analysis. J Hazard Mater.* 2009; 161: 1208–1215.

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

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

ОСОБЛИВОСТІ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ М. КРИВИЙ РІГ

Місто Кривий Ріг є одним із основних центрів розвитку промисловості України, та, зокрема, Дніпропетровської області. Промисловість міста налічує близько 100 великих підприємств різних галузей: чорної металургії, машинобудівної, промислових будматеріалів, хімічної, поліграфічної, легкої, харчової тощо.

У місті 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.

Кількість приватного транспорту в місті невинно збільшується, власний транспорт надає автовласникам такі суттєві переваги, як комфорт і свободу пересування, економію часу, при цьому додатково створює навантаження на існуючу інфраструктуру міста.

Збільшення транспорту наразі демонструє збільшення інтенсивності руху транспортних потоків, що призводять до негативних наслідків та нерациональної організації транспортних потоків. Транспорт є джерелом підвищеної небезпеки для життя і здоров'я людей і ця проблема стає все більш нагальною та потребує вирішення за рахунок оптимізації дорожнього руху. Крім того, автотранспорт є потужним джерелом надходження забруднювальних речовин у навколишнє середовище, насамперед, викидів в атмосферне повітря, а також – утворення відходів.

Населення м. Кривий Ріг становить 646 000 мешканців, загальна площа міста складає 431,4 км² [1, 2]. Місто поділено на 7 адміністративних районів (таблиця 1).

У кожному районі міста розташовані як об'єкти промисловості, так і об'єкти громадської та житлової забудови. Житлові масиви міста представлені мікрорайонами з багатоквартирною житловою забудовою та приватним сектором.

Автомобільний транспорт є важливою складовою сучасного індустріального суспільства, без нього практично неможливе функціонування жодної галузі господарства. Велика протяжність

автомобільних доріг забезпечує можливість їх експлуатації при значній пропускній здатності.

Таблиця 1 – Адміністративний поділ м. Кривий Ріг

№	Назва району	Площа району, %	Кількість населення, тис. осіб
1	Покровський район	12,2%	126,7 (20,6%)
2	Саксаганський район	8,0%	125,3 (20,5%)
3	Довгинцівський район	10,9%	91,9 (14,9%)
4	Центрально-Міський район	13,6%	83,3 (13,5%)
5	Тернівський район	15,9%	77,5 (12,4%)
6	Металургійний район	9,1%	59,9 (9,7%)
7	Інгулецький район	30,3%	51,4 (8,4%)

Транспортна система м. Кривий Ріг забезпечує не тільки транспортне сполучення міста, а і функціонування господарського комплексу міста, регіону та держави в цілому. Транспортна система Кривого Рогу представлена практично усіма видами наземного, повітряного та трубопровідного транспорту. Розвиненим є комунальний електро- (трамвай, тролейбус, метрополітен) та автомобільний транспорт, а також транспорт, що є приватною власністю.

У Кривому Розі налічується 1742 одиниць автомобільних доріг загальною протяжністю 2787,8 км, площею 27943,4 тис.м², з них 2070 км автодоріг площею 27106,5 тис.м² перебувають у комунальній власності міста. Також у комунальній власності міста знаходиться 94 мости та шляхопроводи [3].

Кривий Ріг – великий транспортний вузол Дніпропетровщини. До основних транспортних артерій, що з'єднують місто з іншими містами, можна віднести чотири основні автошляхи: Н-11, Н-23, Р 74, Т-0434, з яких два – національного, один – регіонального та один територіального значення. Залізничний вокзал Кривий Ріг-Головний є центральною станцією Криворізької дирекції залізничних перевезень [4].

Підприємства міста розташовані відносно жилих мікрорайонів таким чином, що мешканцям міста необхідно добиратися до місця роботи, використовуючи міський комунальний транспорт або власний автотранспорт.

Для забезпечення пасажирських перевезень в місті діє розвинена мережа міського транспорту, до якої входять великі транспортні підприємства. КП «Міський тролейбус» забезпечує перевезення пасажирів автобусним та тролейбусним транспортом, КП «Швидкісний трамвай Кривого Рогу» забезпечує функціонування міського та швидкісного трамваїв. Забезпечення міських та приміських перевезень маршрутними транспортними засобами та автобусами здійснюються автоперевізниками різних форм власності. Перевезення залізничним транспортом

забезпечується Криворізькою дирекцією залізничних перевезень АТ «Укрзалізниця».

На теперішній час в місті Кривий Ріг діють 99 міських маршрутів, 17 приміських маршрутів, 46 залізничних маршрутів [5]. Склад громадського транспорту міста наведено в таблиці 2.

Таблиця 2 – Склад громадського транспорту м. Кривий Ріг

№ з/п	Тип міського транспорту	Кількість маршрутів
Міські маршрути		
1	Автобус	12
2	Маршрутне таксі	43
3	Трамвай	17
4	Тролейбус	23
5	Швидкісний трамвай	4
Приміські маршрути		
6	Автобус	17
Залізничні маршрути		
7	Пасажирські поїзди	10
8	Електрички	36

За даними Єдиного державного реєстру транспортних засобів станом на 01 січня 2022 року в місті Кривий Ріг зареєстровано 174596 транспортних засобів, з них 133636 – легкові автомобілі, 16513 – ватажні бортові, 322 – автобуси, 13144 – інші [6].

Кількість автомобільного транспорту Кривого Рогу у значній мірі визначає розвиток промисловості міста і є потужним джерелом надходження забруднювальних речовин у повітряне середовище.

Рух транзитного транспорту здійснюється об'їзними дорогами, проте щороку навантаження на транспортну інфраструктуру збільшується. Це спричинено збільшенням кількості автотранспорту на найбільш жвавих автошляхах та вулицях, старінням рухомого складу, недостатністю заходів щодо організації руху автотранспорту, станом дорожнього покриття, відсутністю паркінгів.

Збільшення навантаження на транспортну інфраструктуру спричиняє затори та сприяє зростанню кількості викидів у загальний фон забруднення атмосферного повітря міста.

Забруднення автотранспорту має локальний характер, накопичується біля поверхні землі уздовж шосейних доріг, вулиць, в тунелях, на перехрестях і ін., тим самим створюючи локальні осередки забруднення. Окрім цього, автотранспорт є джерелом фізичних забруднень навколишнього середовища, таких як шум, коливання, вібрація, електромагнітне випромінювання.

У зв'язку з постійною зміною інфраструктури міста виникає потреба у розробленні моделі екологізації автотранспорту міста, з оптимізацією транспортних маршрутів муніципального й іншого транспорту, що у свою

чергу призведе до зменшення впливу автотранспорту на навколишнє середовище.

Враховуючи те що, місто Кривий Ріг є найдовшим містом Європи, протяжність якого складає з півночі на південь 126 км, транспортно-дорожній комплекс міста розгалужений та має свої особливості. Постійне збільшення кількості автотранспорту, в свою чергу, потребує вдосконалення дорожньої інфраструктури та більш зваженого підходу до організації руху автотранспорту.

Таким чином, необхідно більш детальне вивчення впливу інтенсивності руху автотранспорту на промислово навантажені райони, розроблення заходів з оптимізації транспортних потоків, розроблення комплексних природоохоронних заходів, впровадження системи моніторингу за викидами забруднюючих речовин від автотранспорту, регулювання правових аспектів для зменшення ризиків для здоров'я населення.

Використані інформаційні джерела:

1. *Гендер у цифрах: скільки жінок та чоловіків у криворізькому реєстрі територіальної громади? Офіційний вебсайт Криворізької міської ради та її виконавчого комітету [Електронний ресурс]. – URL: https://kr.gov.ua/ua/news/pg/60320632936773_n/*
2. *Кривий Ріг у цифрах і фактах 2021 [Електронний ресурс]. – URL: https://ig.krmisto.gov.ua/dwn/citycard/kriviy_rih_facts_2021.pdf*
3. *У Кривому Розі будується нова об'їзна дорога, рух по якій дозволить «розгрузити» центр міста. Офіційний вебсайт Криворізької міської ради та її виконавчого комітету [Електронний ресурс]. – URL: https://kr.gov.ua/ua/news/pg/120811718893318_n/*
4. *Транспорт. Діюча індустрія [Електронний ресурс]. – URL: <http://krt.dp.ua/ua/infrastruktura-dop/transport>*
5. *Easyway. Кривий Ріг [Електронний ресурс]. – URL: <https://www.easyway.in.ua/ua/cities/kryvyrih>*
6. *Лист головного сервісного центру МВС України №31/10зі від 17.01.2022 р.*

¹Національний університет «Полтавська політехніка
імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна,

²ВOKU-University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna, Austria

АНАЛІЗ НАСЛІДКІВ ВПЛИВУ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ НА КОМПОНЕНТИ ДОВКІЛЛЯ УКРАЇНИ

Російсько-українська війна характеризується застосуванням всього можливого арсеналу систем озброєння, військової техніки та боєприпасів. Всі типи воєнно-техногенного навантаження спричиняють потужне забруднення та руйнування всіх компонентів навколишнього середовища. Для всіх видів боєприпасів, які застосовуються на війні (фугасні, осколково-фугасні, бронебійні, кумулятивні снаряди та міни), характерним є утворення ударної хвилі та продуктів вибуху, які розповсюджуються в середовищі [1].

Основним джерелом забруднення при проведенні вогневих стрільб є продукти вибуху, що представляють собою дрібнодисперсні часточки та іони важких металів, які проникають у ґрунт разом із водою, та уламки боєприпасів. Характер поширення та вплив боєприпасів на навколишнє середовище залежить від швидкості вибухового перетворення вибухової речовини, маси вибухової речовини снаряду [2].

Аналіз хімічного складу вибухових речовин, які використовуються для спорядження сучасних боєприпасів при проведенні бойових стрільб, свідчить, що в результаті горіння, вибуху та детонації утворюються різноманітні похідні продукти, більшість із яких є або токсичними, або небезпечними забруднювачами [3].

Основні забруднюючі речовини, що виникають у результаті бойової діяльності та потрапляють у довкілля:

- у повітря: C_nH_m , CO , CO_2 , NO , NO_2 , CH_4 , NH_3 , C , SO_2 , H_2S , HCl , Cl_2 , HF , H_2SO_4 , $C_{20}H_{17}$, CH_2O , Cu , Mn , Al , Mg , Fe , C , Pb .
- у воду: Cu , Fe , Al , Mn , Zn , Pb , Sn , Mg , нафтопродукти.
- у ґрунт: Cu , Fe , Al , Fe , Mn , Zn , Pb , Sn , Mg , P , Al , Hg , Cd , Cr , хлориди, нітрати, нафтопродукти.

Токсичні гази можуть виникати також у результаті хімічної взаємодії продуктів вибуху із навколишнім природним середовищем (атмосферним повітрям), у результаті чого вуглекислий газ (CO_2) може бути відновлений до отрутного оксиду вуглецю (CO). Оксид вуглецю (чадний газ) зустрічається скрізь, де існують умови для неповного згоряння речовин, що містять вуглець. Гази, що утворюються під час вибуху димного пороху, містять 9% CO , під час вибуху тринітротолуолу – 57% CO , мелініту 61%

CO, пікринової кислоти – 64% CO. Оксид вуглецю (CO) і оксиди азоту (NO, NO₂) є отрутою крові. Діоксид сірки (SO₂) дратує дихальні шляхи, викликаючи спазм бронхів. Сірководень H₂S – сильна нервова отрута, що викликає смерть від зупинки дихання. Такі дані висвітлені у роботах [4, 5].

Дослідження [6, 7] підтверджують, що більшість забруднювачів, які є наслідком бойової діяльності, являють собою газоподібні, розчинні чи тверді дрібнодисперсні речовини.

Воєнні дії спричиняють ряд механічних, фізичних та хімічних впливів на довкілля. Для різних типів військових об'єктів комплекси порушень можуть різнитись залежно від виду й типів бойових дій [8].

Якщо узагальнити дані [9, 10], можна виділити такі типи бойових дій, як фактори впливу на навколишнє середовище:

1. Військові маневри (переміщення військової техніки, її обслуговування, ремонт, миття).
2. Бойові дії (стрільба, вибухи боєприпасів, авіаудари, артилерійські та ракетні удари, бомбардування).
3. Мінування територій (замінування, розмінування).
4. Інфраструктура (оборонні споруди – бліндажі, траншеї; місця розгортання вогневих позицій; польові табори – розміщення військ, техніки; склади боєприпасів).
5. Місця масових поховань.

Все це супроводжується порушенням рельєфу поверхні, ґрунтів (воронки вибухів, наслідки руху бойової техніки), руйнуванням будівель, забрудненням верхніх горизонтів ґрунтового покриву продуктами бойової діяльності, захаращенням поверхні (залишками бойової техніки, захисних споруд, осколками тощо). Знищення рослинності, порушення ґрунтового покриву, дефіцит природного зволоження, опустелювання є поширеними наслідками воєнно-техногенного навантаження. Внаслідок цього різко скорочуються біологічні популяції та види, а втрата біорізноманіття посилюється зміною структури та функцій ландшафтів.

Взявши до уваги дослідження, наведені у роботах авторів [11-15], можемо констатувати, що вплив військових дій на атмосферне повітря відбувається внаслідок забруднення хімічними речовинами при:

- вибухах боєприпасів та інших вибухонебезпечних предметів та речовин;
- виникненні пожеж із утворенням продуктів горіння (в т.ч. парникових газів, а також перенесення та вторинне забруднення територій радіонуклідами, важкими металами та токсичними сполуками);
- підвищенні температури унаслідок викидів нагрітого повітря, порохових газів, продуктів вибуху;
- руйнуванні об'єктів промислової та цивільної інфраструктури, з наступним витоком газів та інших забруднювальних речовин;

- збільшенні споживання паливно-мастильних матеріалів військовою технікою;
- збільшенні користування твердопаливними котлами та дизельними чи бензиновими генераторами.

Згідно даних системи Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів «Екозагроза» [16] найбільшої шкоди внаслідок воєнних дій завдається саме атмосферному повітрю. Так, станом на 17 серпня 2023 року орієнтовні розрахунки збитків внаслідок забруднення повітря, нараховані Державною екологічною інспекцією відповідно до затвердженої методики [17], склали 1071 млрд. грн.

За цією Методикою проводиться розрахунок маси неорганізованих викидів забруднюючих речовин або сумішей таких речовин в атмосферне повітря внаслідок виникнення надзвичайних ситуацій та/або під час дії воєнного стану, перелік яких визначено додатком 1 до цієї Методики, та визначення розмірів шкоди завданої такими викидами.

Загальна шкода атмосферному повітрю від горіння нафтопродуктів – 51018 млн. грн., від лісових пожеж – 1013823 млн. грн., від загоряння інших об'єктів – 5735 млн. грн.

Наразі важко оцінити фактичні обсяги та склад викидів у повітря внаслідок військових дій, можливо лише констатувати, що російська агресія прямо чи опосередковано але негативним чином впливає на загальний стан компонентів довкілля не лише на території України, а й усього Світу.

Використані інформаційні джерела:

1. Ролі Еванс, Боб Седдон, Йована Чараніч. *Вибухові боєприпаси. Посібник для України. 2-ге видання. Київ : Вид. дім «Професіонал». 2023. 224 с. ISBN 978-966-370-775-4.*

2. Голубцов О., Сорокіна Л., Сплодитель А., Чумаченко С.. *Вплив війни Росії проти України на стан українських ґрунтів. Результати аналізу. Київ : ГО «Центр екологічних ініціатив «Екодія», 2023. 155 с.*

3. Jay E. Austin, Carl E. Bruch. *The Environmental Consequences of War: Legal, Economic, and Scientific Perspectives. 2000. P. 667. ISBN-10: 0521780209.*

4. Jacob, D.J. *Introduction to Atmospheric Chemistry; Princeton University Press : Princeton, NJ, USA, 1999. [Google Scholar].*

5. Manisalidis I, Stavropoulou E, Stavropoulos A and Bezirtzoglou E (2020) *Environmental and Health Impacts of Air Pollution: A Review. Front. Public Health 8:14. doi: 10.3389/fpubh.2020.00014.*

6. Rehman, K., Fatima, F., Waheed, I., Akash, M.S.H., 2018. *Prevalence of exposure of heavy metals and their impact on health consequences. J. Cell. Biochem. 119 (1), 157–184. https://doi.org/10.1002/jcb.26234.*

7. Barker, A.J., Clausen, J.L., Douglas, T.A., Bednar, A.J., Griggs, C.S., Martin, W.A., 2021. *Environmental impact of metals resulting from military training activities: a review*. *Chemosphere* 265, 129110. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.129110>.

8. Steven D. Warren, Scott W. Holbrook, Debra A. Dale, Nathaniel L. Whelan, Martin Elyn, Wolfgang Grimm, and Anke Jentsch. 2007. *Biodiversity and the Heterogeneous Disturbance Regime on Military Training Lands*. *Restoration Ecology*. Vol. 15, No. 4, pp. 606–612. <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2007.00272.x>

9. *Project Environmental Protection of Heavy Weapon Ranges: Technical and Practical Solutions (EPHW)*. <https://www.defmin.fi/haku?searchterms=ENVIRONMENTAL+PROTECTION+OF+HEAVY+WEAPONS+RANGES%3A+TECHNICAL+AND+PRACTICAL+SOLUTIONS>.

10. Marchenko V., Hrechko A., Korohodova O., Kuzminska N., Osetskyi V., Shutuyuk V., Danilova E. *Construction of Models for Managing Military Waste Generated under the Conditions of War*. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(13 (120), 6–19, 2022; doi.10.15587/1729-4061.2022.268283.

11. Olexiy Angurets, Pavlo Khazan, Kateryna Kolesnikova, Maksym Kushch, Černochova Marcela, Havránek Miroslav. *Environmental consequences of Russian war in Ukraine*. P. 80. ISBN: 978-80-88508-05-2.

12. Meng X, Lu B, Liu C, Zhang Z, Chen J, Herrmann H, Li X. *Abrupt exacerbation in air quality over Europe after the outbreak of Russia-Ukraine war*. *Environ Int*. 2023. doi: 10.1016/j.envint.2023.108120.

13. Zhang C, Hu Q, Su W, Xing C, Liu C. *Satellite spectroscopy reveals the atmospheric consequences of the 2022 Russia-Ukraine war*. *Sci Total Environ*. 2023. doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.161759.

14. Isaac Appiah-Otoo & Xudong Chen, 2023. «Russian-Ukrainian war degrades the total environment» *Letters in Spatial and Resource Sciences*, Springer, vol. 16(1), p. 1–17. DOI: 10.1007/s12076-023-00354-8.

15. *The impact of military operations on air quality in Ukraine: report by Iryna Chernysh at the Verkhovna Rada Committee on Environmental Policy and Nature Management (ua)*. 2022. URL: <https://www.savednipro.org/vpliv-voyennix-dij-na-yakist-povitrya-v-ukrayini/>.

16. *Dashboard with data on environmental threats Official data of the Armed Forces of Ukraine for the period 24.02.2022-18.08.2023*. URL: <https://ecozagroza.gov.ua/en>.

17. Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України № 175 від 13.04.2022 «Про затвердження Методики 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».

*Гржегоржевська М. О., здобувач вищої освіти,
Карлаицук С. В., к. с-г. н, асистент*

*ННЦ «Інститут біології та медицини»
Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

ДОСВІД ВИКОРИСТАННЯ LCA МЕТОДУ ДЛЯ ОБ'ЄКТІВ ЯДЕРНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Відповідно до стандарту *ISO 14040:2006 Environmental management. Life cycle assessment. Principles and framework* LCA являє собою «збір інформації, співставлення та оцінку вхідних та вихідних потоків, а також можливих впливів на навколишнє середовище протягом усього життєвого циклу продукції». Ключовою перевагою даного методу в порівнянні з іншими методами системного аналізу (оцінка ризиків, аналіз руху матеріалів і сировини, оцінка екологічної стійкості, є оцінка впливу протягом усього екологічного циклу продукції, або сервісу. Завдяки такому всеохоплюючому підходу, потенційне викривлення ступеня впливу на довкілля (здебільшого в кращу сторону) є неможливим.

Оцінка життєвого циклу (*Life cycle assessment (LCA)*), вуглецевого сліду (*carbon footprinting*) та інші підходи обліку парникових газів зазвичай використовуються для підтримки прийняття рішень [1]. У LCA потенційні впливи на навколишнє середовище, пов'язані з життєвим циклом продукту/послуги, оцінюються на основі інвентаризації життєвого циклу (LCI), яка включає відповідні вхідні/вихідні дані та викиди, зібрані для системи, пов'язаної з цим продуктом/послугою. Комплексна сфера LCA корисна для уникнення переходу проблеми з однієї фази життєвого циклу в іншу, з однієї області в іншу або з однієї екологічної проблеми в іншу.

У ряді досліджень метод LCA використовується для порівняння різних технологій генерації енергії, наприклад, для вугільних ТЕС та сонячних панелей. Набори даних та коефіцієнти викидів для виробництва електроенергії (наприклад, кг CO₂/МВт) часто використовуються при виконанні LCA та/або GHG (парникові гази) обліку продукції [1]. Однак, незважаючи на важливість надійності даних і велику кількість досліджень, які оцінюють виробництво електроенергії, значні розбіжності можна знайти серед наборів даних LCI для аналогічних технологій електроенергії.

Дослідження LCA, як правило, проводиться шляхом ітерації чотирьох фаз (визначення мети та сфери дослідження, інвентаризаційний аналіз, оцінка впливу, інтерпретація) і використовується для кількісної оцінки основних потенційних впливів на навколишнє середовище, пов'язаних з

даним продуктом або послугою. LCA часто застосовуються як інструменти підтримки прийняття рішень для вибору між різними альтернативами, що забезпечують один і той же продукт або послугу.

Аналіз систем генерації електроенергії «від колиски до могили» (*cradle-to-grave analyses*) має вирішальне значення для виявлення потенційних проблем, що виникають вздовж ланцюгів постачання та життєвих циклів технологій, або різних видів екологічного навантаження (наприклад, зменшення викидів парникових газів при збільшенні потреб у ресурсах або використанні землі) [1,4]

У дослідженнях LCA для ядерної енергетики використовуються наступні індикатори: викиди парникових газів (GHG) як міра впливу на зміну клімату; іонізуюче випромінювання; утворення твердих частинок (первинних і вторинних); землекористування; закислення; екотоксичність; токсичність для людини.

LCA охоплює повний так званий «ядерний енергетичний ланцюг», включаючи видобуток уранової руди, перетворення та збагачення, виготовлення паливних елементів, будівництво електростанцій, експлуатацію та виведення з експлуатації, а також геологічне зберігання радіоактивних відходів. Аналіз різних досліджень LCA показує, що їх точність залежить від таких аспектів: моделювання ланцюга виробництва ядерної енергії, часових рамок, що використовуються при складанні інвентарних даних, діапазонів необроблених даних, які були використані для інвентаризаційного аналізу. Найбільш важливими є припущення, зроблені для моделювання ланцюга виробництва атомної енергії.

Ядерно-енергетичний паливний цикл передбачає наступні етапи: видобуток і подрібнення уранової руди, виділення оксиду урану для транспортування; перетворення і збагачення урану, перетворення твердого оксиду урану в газоподібний UF_6 для збагачення, що підвищує концентрацію корисного ізотопу ^{235}U ; виготовлення палива, перетворення збагаченого урану в високостабільну сполуку перед завантаженням у виготовлені збірки; вироблення електроенергії на АЕС; управління відпрацьованим паливом; поводження з радіоактивними відходами.

Перші кроки, від видобутку до виготовлення палива, зазвичай називають «*front end*», тоді як «*back end*» називають відновлення використаного палива. Основні процеси (*core processes*) зазвичай стосуються всіх операцій, що відбуваються на майданчику АЕС.

Із позиції оцінки життєвого циклу, ядерна енергетика є низьковуглецевою і має ряд переваг. Це обумовлює низьку зайнятість і трансформацію земель упродовж всього життєвого циклу, а також високу щільність енергії паливних елементів, що мінімізує площу видобутку на кВт/год. Вплив на здоров'я людини та біорізноманіття є загалом низьким для технологій PWR та BWR [6]. Із іншого боку, виробництво ядерної електроенергії, що притаманно також ТЕС, вимагає значної кількості води

в першу чергу для цілей охолодження. При відкритому циклі охолодження використовується 1 кВт/год випуску, що вимагає вилучення до 200 літрів води, поверненої в навколишнє середовище після одного циклу. Від 1 до 3 літрів буде втрачено через випаровування. Якщо використовується охолодження замкнутого циклу, таке як градирня, то 3-4 літри води будуть випаровуватися й споживатися на кВт/год.

Дослідження життєвого циклу також показують помірний потенційний токсичний вплив від видобутку та подрібнення руди. Нарешті, ядерна енергетика є однією з двох технологій, що показують значну кількість іонізуючого випромінювання на всьому ланцюгу постачання ядерної сировини. Іонізуюче випромінювання – це категорія впливу, що входить до більшості досліджень LCA для врахування потенційного впливу внаслідок радіоактивних викидів матеріалів, процесів або продуктів.

Кожен МДж використаного палива (дизельне паливо, бензин, легке паливо) вносить 86-105 г CO₂ екв./МДж. Це призводить до емісії 0,22-0,26 г CO₂ екв./кВт-год на кожні 100 МДж вхідних копалин енергії на стадії видобутку (при 25 мг U в руді на кВт-год) протягом повного життєвого циклу. Передбачається, що ці запаси викопного палива становлять 306 і 381 МДж/кг у руді для відкритого й підземного видобутку, відповідно, і 141 МДж/кг у U₃O₈ для видобутку ISL (*In Situ Leach Mining of Uranium*) [2, 5].

У глобальному масштабі викиди парникових газів на всіх етапах життєвого циклу атомної енергетики оцінюються в 5,5 г CO₂ екв./кВт-год. До того ж, більшість викидів відбувається в front end процесах (видобуток, перетворення, збагачення урану й виробництво палива). В інших дослідженнях LCA наводяться нижчі значення цього показника. Це пов'язано з такими припущеннями: переглянуті енерговитрати для гірничодобувної промисловості, включаючи витрати електроенергії для ISL, збагачення тільки центрифугуванням, більший термін служби, передбачений для АЕС (60 років замість 40).

Ядерна енергетика є єдиною технологією, яка використовує радіоактивний матеріал як основне паливо, і для якої радіоактивні викиди систематично вимірюються й враховуються. Іонізуюче випромінювання оцінюється з 475 г 235U екв./кВт год (на основі консервативних припущень) або 14 г 235U екв./кВт-год (реалістичні припущення). Для порівняння, ТЕС на вугіллі показує діапазон 9-15 г 235U екв./кВт-год. Останні дослідження показують, що вплив на працівників також відбувається для інших технологій (геотермальна енергетика протягом свого життєвого циклу, меншою мірою – сонячна енергетика під час фази генерації). Решта негативних впливів в незначному діапазоні (близько декількох грамів на кВт-год) по front end частині ланцюга, в основному під час перетворення й збагачення уранової руди.

У LCA дослідженнях іонізуюче випромінювання від розпаду радіонуклідів характеризується за допомогою імпактного підходу [6]. Дві основні моделі використовуються для розрахунку впливу радіонуклідів у методі LCIA за аварійного режиму та режиму нормального функціонування енергетичного об'єкта. Це моделювання засноване на властивостях радіонуклідів. Сучасні методи оцінки впливу життєвого циклу на довкілля (ILCD, ReCiPe, LC-IMPACT) успадкували таке припущення моделювання [3]. Оцінки впливу на навколишнє середовище в контексті одного року, недостатньо для підтримки довгострокової політики. Оскільки енергетичний перехід триває, режими виробництва (енергетика, промисловість) можуть самі зазнати радикальних змін, що означає, що ті самі технології електроенергії, які оцінюються в LCA, можуть мати значно інший екологічний профіль до 2050 року, залежно від сценарію. Вважаємо, що майбутні дослідження в сфері LCA української атомної енергетики повинні бути спрямовані на уточнення даних про постачання та переробку палива. Як показує міжнародний досвід, якість даних цих процесів часто є недостатньою, а ці процеси мають велике значення в цілому LCA ядерної енергетики. Такі поточні прогалини даних викликають високу невизначеність результатів.

Використані інформаційні джерела:

1. *Deviatkin I., Havukainen J., Horttanainen M. Comparative life cycle assessment of thermal residue recycling on a regional scale: A case study of South-East Finland // Journal of Cleaner Production. 2017. (149). С. 275–289.*
2. *Dreicer, M., V. Tort, and H. Margerie, The external costs of the nuclear fuel cycle: implementation in France. 1995.*
3. *Huijbregts, M.A., et al., ReCiPe2016: a harmonised life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level. The International Journal of Life Cycle Assessment, 2017. 22(2): p. 138–147.*
4. *Hertwich, E., et al., Green Energy Choices: The benefits, risks, and trade-offs of low-carbon technologies for electricity production. 2016.*
5. *Lenzen, M. Lenzen Life cycle energy and greenhouse gas emissions of nuclear energy: a review Energy Convers. Manag., 49 (8) (2008), pp. 2178-2199*
6. *Frischknecht, R., et al., Human health damages due to ionising radiation in life cycle impact assessment. Environmental Impact Assessment Review, 2000. 20(2): p. 159-189 Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0195925599000426>.*

*Довбик А. Ю., магістрант, Маркіна Л. М., д.т.н., проф.,
Власенко О. В., викладач
Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління,
м. Київ, Україна*

ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ВІДХОДІВ

Переробка відходів залишається однією з найбільших проблем сталого розвитку. Велика кількість відходів, що створюються людьми викликають забруднення вод, землі, повітря, що в свою чергу негативно впливає на біосферу Землі. Одним із необхідних етапів переробки відходів є сортування.

Сортування є, мабуть, найбільш важливим етапом переробки відходів.

Тип відходів, сортованих у конкретному місці, залежить від низки факторів; наприклад, будівельне сміття можна сортувати на загальному конвеєрі, а металеве – на спеціалізованому.

Як правило, відходи сортують відповідно до матеріалу, придатності до вторинної переробки або будь-якого конкретного необхідного процесу. До відсортованих відходів належать папір, картон, скло, пластик, деревина, металобрухт, компост, небезпечні відходи, залишкові відходи тощо.

Органічні відходи також збирають і сортують (овочі, фрукти, яєчна шкаралупа тощо), що має значний потенціал для компостування.

Починаючи з окремого розділення типів відходів і закінчуючи утилізацією, або переробкою матеріалів, процес сортування відходів має вирішальне значення для ефективної переробки.

Процес починається з викидання. Існують як роздільні смітники, так і нероздільні смітники. Вже на цьому етапі розділення сміття має значну перевагу через те, що це спрощує і покращує ефективність сортування у подальшому. Далі відбувається збір і транспортування сміття у спеціально обладнаному автотранспорті. Після цього відбувається зважування і реєстрація сміття. Наступним етапом є вивантаження відходів на конвеєрні стрічки, що готові до сортування. Зазвичай існує зона попереднього сортування, де видаляються матеріали, що не підлягають переробці.

Безпосередній процес сортування залежить від матеріалів і кількості. Тому процеси сортування можуть відрізнятися. Існують передові технології сортування відходів, але деякі етапи можна виконувати й вручну. Від барабанів і балістичних сепараторів для сортування скла та паперу до сканерів і магнітів для сортування металу. Після сортування за типами відходи підлягатимуть перевірці якості для моніторингу домішок.

Певні матеріали можна сортувати далі, наприклад, відокремлюючи різні сорти паперу чи картону [1].

Перед передаванням відсортованих відходів на подальшу обробку для переробки, матеріали будуть підготовлені до відправлення. Це може включати пресування, подрібнення, дроблення, ущільнення тощо, щоб утримувати відсортований матеріал разом і ефективно використовувати простір під час переміщення.

У процесі сортування все ще залучено багато ручної людської праці. Така праця є дуже шкідливою і небезпечною. Мінімізація ручної праці є одним із напрямів роботи вчених та інженерів. Ще однією проблемою ручної праці в цій сфері є темп збирання, сортування і переробки. Темп переробки сміття не відповідає темпу, з яким сміття утворюється. Для вирішення даної проблеми вони звертаються до нових досягнень науки та технологій.

До технологій сортування належать спектроскопія, сортування за рентгенівським випромінюванням, електромагнітним (для металів) та ін. Також одним із таких методів є метод комп'ютерного зору.

Сучасні технології штучного інтелекту і в особливості комп'ютерного зору дозволяють прискорити сортування й мінімізувати участь людей у цьому процесі. Для цього потрібно мати камеру з високою роздільною здатністю. На основі зображення навчена модель на основі штучної нейронної мережі визначає тип сміття (метал, пластик, скло, органічні відходи, папір) і його місцезнаходження. Ці дані використовуються алгоритмом керування роботом (або системою роботів). Алгоритм керування роботів визначає керуючі сигнали приводів робота, що в свою чергу керують електродвигунами. Загальна схема представлена на рисунку 1. Роботи демонструють кращі результати в процесі сортування [2].

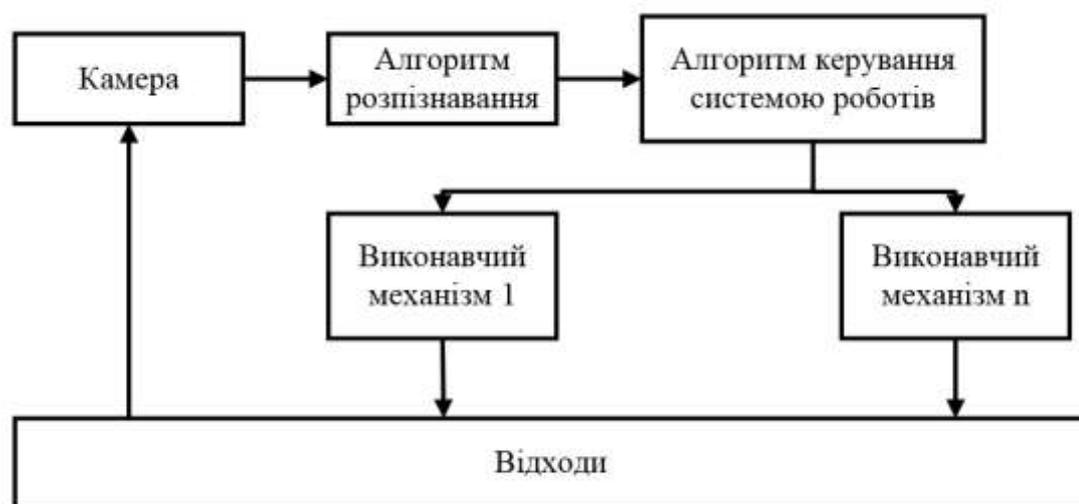


Рисунок 1 – Загальна схема системи сортування відходами

Ключовим для обробки є якість зображення. На відміну від інших технологій сортування, тип сміття не відіграє великої ролі для його визначення. Тобто метали не мають переваги над пластиком, а пластик перед папером при визначенні типу відходу. Натомість певну перевагу визначення може мати форма та колір певного відходу. Найбільш оптимальний спосіб навчання штучної нейронної мережі для даного застосування може бути визначений емпірично. Для машинного навчання необхідний великий обсяг фото відходів. Більш складним є застосування системи глибокого навчання [3].

Іншою проблемою є розробка коректного алгоритму керування системою роботів, таким чином, щоб роботи були безпечними в роботі та не заважали один одному.

Висновок: виконано огляд технологічного процесу сортування, сучасних технологій сортування. Представлено загальну систему сортування відходів на основі технології комп'ютерного зору.

Використані інформаційні джерела:

1. *What is the Waste Sorting Process? | SL Recycling. SL Recycling. URL: <https://www.slrecyclingltd.co.uk/what-is-the-waste-sorting-process/> (date of access: 27.11.2023).*

2. *Computer-vision-powered Automatic Waste Sorting Bin: a Machine Learning-based Solution on Waste Management / T. Limsila et al. Journal of Physics: Conference Series. 2023. Vol. 2550, no. 1. P. 012030. URL: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2550/1/012030> (date of access: 26.11.2023).*

3. *N. Ramsurrun, G. Suddul, S. Armoogum and R. Foogooa, «Recyclable Waste Classification Using Computer Vision And Deep Learning». 2021. Zooming Innovation in Consumer Technologies Conference (ZINC), Novi Sad, Serbia, 2021, pp. 11–15, doi: 10.1109/ZINC52049.2021.9499291 (date of access: 26.11.2023).*

4. *Sharma H., Kumar H., Mangla S. K. Enablers to computer vision technology for sustainable E-waste management. Journal of Cleaner Production. 2023. P. 137396. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137396> (date of access: 26.11.2023).*

5. *An Internet of Things Based Smart Waste Management System Using LoRa and Tensorflow Deep Learning Model / T. J. Sheng et al. IEEE Access. 2020. Vol. 8. P. 148793–148811.*

URL: <https://doi.org/10.1109/access.2020.3016255> (date of access: 26.11.2023).

*Іващенко Т. Г., д. т. н., старший науковий співробітник,
Громова І. Ю., к. т. н., доцент, Печений В. Л., аспірант,
Салімов Е., студент*

*Державний заклад «Державна екологічна академія
післядипломної освіти та управління», м. Київ, Україна*

КОНЦЕПТУАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ПОБУДОВИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ ЩОДО ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

Екологічна ситуація в Україні залишається вкрай складною, навантаження на навколишнє природне середовище зростає. Забруднення і виснаження природних ресурсів продовжує загрожувати здоров'ю населення, екологічній безпеці та економічній стабільності держави.

Тому, забезпечення екологічної безпеки може розглядатися як комплекс взаємопов'язаних інформаційних процесів в екосистемах, які використовують відповідні методи й моделі за допомогою систем штучного інтелекту. При цьому процес прийняття управлінських екологічних рішень розглядається як комплекс взаємопов'язаних процедур перетворення екологічної інформації від моменту отримання вихідних даних до надання екологічної інформації особі, яка приймає управлінські екологічні рішення для досягнення певної мети. Отримання результатів аналізу потрібно в стислий термін, що робить обов'язковим залучення математичного моделювання та сучасних інформаційних технологій. Необхідним стає розробка інструменту наукових досліджень про відтворення сценаріїв розвитку екологічних ситуацій та прийняття відповідних ефективних управлінських рішень. Таким інструментом є, зокрема, система підтримки прийняття рішень з використанням штучного інтелекту. Тому запропоновано автоматизовану систему підтримки прийняття управлінських рішень (рисунок 1).

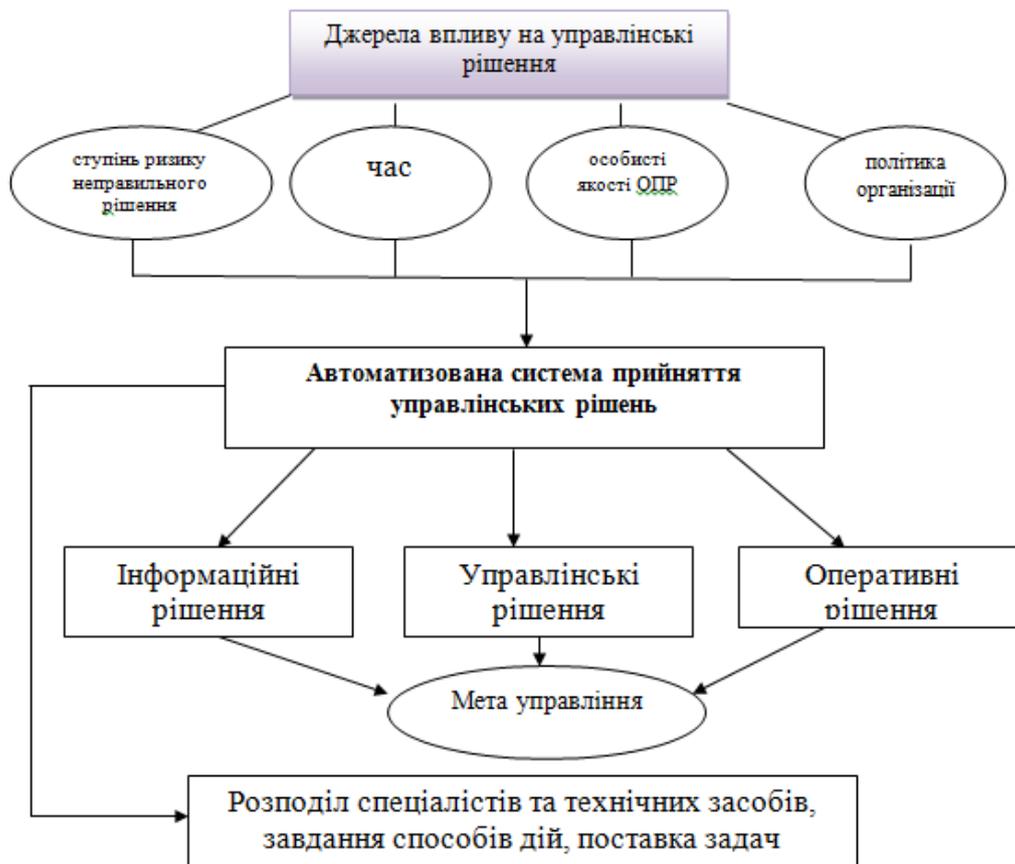


Рисунок 1 – Схематичне зображення структури автоматизованої системи підтримки прийняття управлінських рішень

Розроблено концептуально-методичні основи побудови автоматизованої системи підтримки прийняття управлінських рішень щодо покращення екологічного стану атмосферного повітря, які передбачають створення структура автоматизованої системи підтримки прийняття управлінських рішень щодо покращення екологічного стану атмосферного повітря; розробки концепцій прийняття інформаційних, організаційних та оперативних рішень щодо покращення екологічного стану атмосферного повітря, а також синтез алгоритму прийняття управлінських екологічних рішень.

За результатами оцінки ефективності застосування експертної системи підтримки прийняття рішень в інтелектуальній системі екологічного моніторингу атмосферного повітря промислового регіону на прикладі золошлаковідвалу ТОВ «Єврореконструкція» встановлено, що застосування автоматизованої системи підтримки прийняття управлінських рішень із провадженням запропонованої методики дозволяє зменшити похибки першого (до 0,015) та другого роду (до 0,001) при оцінюванні екологічних загроз та ризиків. Оцінено ефективність основних проектних рішень по системам екологічного моніторингу атмосферного повітря (на прикладі золошлаковідвалу ТОВ «Єврореконструкція»).

Інтелектуальна система підтримки прийняття рішень передбачає послідовне виконання наступних процедур:

- створення статичного шару просторової моделі об'єктів спостереження;
- прийом і обробка даних моніторингу стану об'єктів спостереження і в умовах можливих надзвичайних екологічних ситуацій;
- моделювання екологічних процесів в районі спостереження і уточнення параметрів моделі відповідно до даних екологічного моніторингу;
- візуальне відображення динаміки розповсюдження надзвичайної екологічної ситуації;
- візуалізація геопросторової інформації, необхідної для підтримки прийняття управлінських рішень з метою підвищення ефективності її сприйняття особою, яка приймає рішення;
- діагностика ситуації в районі спостереження в умовах можливих надзвичайних екологічних ситуацій за допомогою обчислення екологічних загроз та ризиків і візуальне відображення цих оцінок у просторовій моделі у вигляді динамічних зон на відповідному шарі просторової моделі району спостереження.

Інтелектуальна система підтримки прийняття управлінських екологічних рішень передбачає: просторову прив'язку об'єктів спостереження; моделювання динаміки надзвичайних екологічних ситуацій; аналіз екологічних загроз та ризиків у районі спостереження; діагностику та прогнозування розвитку екологічних ситуації на основі оцінки екологічних загроз та ризиків; підтримку прийняття інформаційних, організаційних та оперативних управлінських екологічних рішень за допомогою представлення і відображення екологічної обстановки засобами візуалізації.

Використані інформаційні джерела:

1. Машков О. А., Іващенко Т. Г., Оводенко Т. С., Печений В. Л. *Перспективи та проблеми створення інтелектуальних систем підтримки прийняття екологічних рішень // Науковий журнал: Екологічна безпека та технології захисту довкілля. 2003, №4. С. 29–42.*

2. Машков О. А., Іващенко Т. Г., Оводенко Т. С., Печений В. Л. *Особливості екологічного прогнозування за допомогою штучних інтелектуальних систем підтримки прийняття управлінських рішень // Екологічні науки: науково-практичний журнал. К.: ДЕА, 2023. № 1(46). С. 9–17.*

3. Іващенко Т. Г., Денисенко І. Ю., Печений В. І. *Система моніторингу довкілля в Україні: проблеми та шляхи їх вирішення // Судостроение и морская инфраструктура. 2020/ №1(13). С. 51–56.*

УДК 502.171.3:661.083.81

*Ілляш О. Е., к. т. н., доцент, Бредун В. І., к. т. н., доцент,
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія
Кондратюка», м. Полтава, Україна*

КРИТЕРІЇ ТИПІЗАЦІЇ ГРОМАД ПРИ ДОСЛІДЖЕННЯХ МОРФОЛОГІЧНОГО СКЛАДУ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

Регіональним планом управління відходами в Полтавській області до 2030 року [1] та Комплексною програмою поводження з твердими побутовими відходами у Полтавській області на 2022-2030 роки [2] передбачено поетапне формування та подальший розвиток регіональної та місцевих систем управління відходами. Важливим завданням у рамках реалізації зазначених програм є впровадження передового європейського досвіду щодо технологій роздільного збирання відходів. Але в умовах різних за особливостями територіальних громад морфологічний склад відходів може суттєво відрізнитись. Тому важливим є визначення відповідних чинників, що впливають на формування морфологічного складу твердих побутових відходів в рамках муніципальних структур.

У рамках українсько-австрійського науково-дослідного проекту, спрямованого на дослідження складу твердих побутових відходів та їх ресурсного потенціалу, нами встановлено критерії, на основі яких можливе здійснення обґрунтованого вибору місця/об'єкту/території дослідження морфологічного складу побутових відходів в умовах територіальних громад Полтавської області.

1. Тип громади – міська, селищно-сільська, сільська. Визначається в залежності від типу населеного пункту, який лежить в основі громади тих типів населених пунктів, в яких проживає основна частина населення громади. Більшість громад Полтавської області належить до селищно-сільських та сільських.

Характерними особливостями селищно-сільських громад є концентрація інфраструктури міського типу в центрі селища, наявність незначної кількості об'єктів багатоповерхової забудови, а також значна кількість територій, які мають сільський характер планування. Основна частина населення громади проживає в адміністративному центрі. Інша частина населення проживає у селах. Як правило, чисельність сільських населених пунктів становить від декількох одиниць до декількох сотень осіб на один населений пункт. Незначна кількість населених пунктів сільського типу мають кількість населення в районі 1000 осіб.

2. Демографічні показники громади. Для громад селищно-сільського та сільського типів властиві такі демографічні показники:

– у структурі населення переважають люди передпенсійного та пенсійного віку;

– у громадах спостерігається тенденція на скорочення кількості молодого населення.

3. Структура забудови та житлового фонду. Близько 58% від всього населення Полтавської області (за даними 2021 року) – це мешканці приватного сектору забудови (в більшості це одноповерховий житловий фонд) із присадибними ділянками, які використовуються для ведення особистого сільського господарства. Для селищно-сільських громад приватна забудова може складати до 90% від усього житлового фонду, а у громадах сільського типу – 100%. Для громад селищно-сільського та сільського типів, в яких більшість житлового фонду – це одноповерхова приватна садибна забудова, характерними є такі ознаки:

- наявність присадибних індивідуальних ділянок, при обслуговуванні яких утворюються сільськогосподарські відходи;

- забезпеченість мережами освітлення, мережами газопостачання та переважна відсутність мереж централізованого водопостачання та мереж централізованої каналізації. Каналізація організована у вигляді вигрібних ям та септиків на територіях приватних ділянок, що передбачає утворення рідких побутових відходів;

- наявний нечисельний багатоквартирний житловий фонд, який, як правило, не має одного з видів благоустрою (централізованих опалення або водопостачання, або каналізації) та відсутні присадибні індивідуальні ділянки, що, з одного боку, знижує обсяги потенційного утворення відходів садівництва, а з іншого боку, збільшуються обсяги харчових відходів за відсутності можливостей індивідуального компостування;

4. Архітектурно-планувальні особливості населених пунктів громади, їх розташування відносно основних транспортних магістралей та полігону (звалища) ТПВ. Для сільських населених пунктів характерною особливістю архітектурного планування є або наявність однієї центральної вулиці, вздовж якої розташована більшість одноповерхового приватного житлового фонду з присадибними ділянками різної площі, або невисока щільність приватної забудови. Для багатьох сільських населених пунктів характерна низька якість або відсутність твердого дорожнього покриття. Організованих об'єктів поводження з відходами більшість населених пунктів не має. Для селищ часто є притаманною обмеженість ширини окремих вулиць, що впливає на можливості санітарного обслуговування даних територій.

5. Специфіка соціально-побутової сфери. Селища, як правило мають достатньо розвинену структуру об'єктів соціально-побутового призначення, особливо в центральній частині, та об'єкти промислової сфери. 20-40% від загального обсягу побутових відходів у селищах утворюються в сфері соціального обслуговування та промислово-господарської діяльності і в подальшому видаляються на полігони й звалища ТПВ. У сфері соціально-побутового обслуговування населених пунктів одними з найбільших утворювачів побутових відходів є заклади охорони здоров'я та навчальні заклади. Соціально-побутова мережа

сільських населених пунктів як правило обмежується сільрадою, магазином, може бути фельдшерсько-акушерський пункт. Відповідно переважні обсяги побутових відходів утворюються в житловому фонді.

6. Промислово-господарська специфіка громади. Основним напрямом діяльності більшості промислових об'єктів області є сільське господарство та переробка сільськогосподарської сировини. Також, в селищах, як правило, функціонують декілька невеликих промислових підприємств, які є значними утворювачами відходів, зокрема тих, що видаляються на полігони й звалища. Відповідно цей фактор впливає на формування морфологічної структури відходів.

7. Структура комунального господарства громади. Як правило, у більшості громад Полтавської області існує одне комунальне підприємство, територіально розташоване в адміністративному центрі громади. Воно обслуговує, здебільшого, адміністративний центр громади. В окремих громадах здійснюється і обслуговування сільських населених пунктів громади, які мають максимальну чисельність жителів або територіально розташовані в рамках однієї агломерації з адміністративним центром.

8. Наявна спецтехніка. В більшості сільських та селищно-сільських громад транспортне забезпечення, яке існує на комунальних підприємствах даних громад, потребує суттєвої модернізації. Часто вік транспортних засобів складає понад 10 років. Це, здебільшого, застарілі моделі спецтехніки із застарілим технологічним обладнанням. Рівень їх технологічної ефективності нижчий, ніж у передових європейських зразків.

9. Існуюча система збору ТПВ. На даний час у Полтавській області переважає форма організації процесів збору твердих побутових відходів за декількома технологічними схемами. Максимально поширена на даний час схема з унітарним збиранням ТПВ. Роздільне збирання ТПВ, як правило, організовано за однією з таких схем: ресурсоцінні відходи збираються в один контейнер або ресурсоцінні компоненти збираються в три контейнери (папір й картон, пластик, скло). Загальною тенденцією для громад Полтавської області є поступове поширення організації систем роздільного збирання ТПВ.

Використані інформаційні джерела:

1. Регіональний план управління відходами у Полтавській області до 2030 року : проект [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.adm-pl.gov.ua/advert/oprilyudnennya-dlya-obgovorennya-proektu-regionalniy-plan-upravlinnya-vidhodami-u-poltavskiy>.

2. Комплексна програма поводження з твердими побутовими відходами у Полтавській області на 2022-2030 роки. Полтава, 2022. 268 с. (проект). [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.adm-pl.gov.ua/advert/oprilyudnennya-dlya-obgovorennya-proektu>

УДК 504.064.47

*Ілляш О. Е., к. т. н., доцент, Серга Т. М., аспірантка, асистент,
Бредун В. І., к. т. н., Чепурко Ю. В., аспірантка, асистент*

ДОСЛІДЖЕННЯ МОРФОЛОГІЧНОГО СКЛАДУ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ СЕЛИЩА КОТЕЛЬВА ПОЛТАВСЬКОГО РАЙОНУ ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

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

Нинішня ситуація в Україні відкрила ряд проблем, пов'язаних із національною безпекою. Зокрема, це питання енергетичної безпеки, яка є базовою потребою суспільства поряд із продовольчою безпекою та безпекою життя. Вплив і наслідки військових дій вимагають пошуку альтернатив для опалення, енергопостачання, нових видів палива тощо. Водночас залишаються завдання, виділені концепцією збалансованого розвитку: скорочення викидів парникових газів, скорочення використання невідновлюваного викопного палива, зменшення кількості утворених відходів.

Одними з найгостріших екологічних проблем у Полтавській області залишаються питання, що пов'язані з побутовими відходами (далі – ПВ): їх утворення, накопичення, відсутність належного рівня переробки, переважне видалення відходів, зокрема на полігони та несанкціоновані сміттєзвалища [1].

Що стосується ефективності системи управління відходами, то одним із факторів є аналіз морфологічного складу відходів. Не менш важливим є питання щодо подальшого поводження з окремими видами вторинної сировини. Оскільки остання являє собою більш дешевий ресурс, який потенційно може замінити природні джерела багатьох речовин та матеріалів [2, 3].

У рамках роботи над спільним українсько-австрійським науково-дослідним проєктом та виконання відповідної науково-дослідної роботи згідно Договору від 23.08.2023 № М/41-2023 між Міністерством освіти і науки та Національним університетом «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» за тематикою «Дослідження складу твердих побутових відходів та їх ресурсного потенціалу» було проведено 27 вересня 2023 року дослідження компонентного (морфологічного) складу побутових відходів смт Котельва Полтавського району Полтавської області викладачами кафедри прикладної екології та природокористування. Дослідження проводилось згідно вимог Наказу Міністерства ЖКГ від 16.02.2010 №39 [4]. Систематизовані результати досліджень представлено у таблиці 1.

Таблиця 1

Компонентний склад побутових відходів смт Котельва

№ з/п	Назва компоненту проби	Маса твердих побутових відходів за кількістю зважувань, кг									Частка від загальної маси, %
		1	2	3	4	5	6	7	8	Усього	
1	Харчові відходи (овочі, фрукти, відходи садівництва тощо)	4,445	4,015	7,635	6,145	13,25	2,025	-	16,731	54,246	34,53
2	Папір і картон	2,905	3,795	1,065	-	-	-	-	-	7,765	4,94
3	Полімери (пластик, пластмаси)	1,725	2,415	3,025	4,225	5,035	1,795	0,855	-	19,075	12,14
4	Скло	11,23	1,235	-	-	-	-	-	-	12,465	7,93
5	Чорні метали	2,1	2,635	0,225	-	-	-	-	-	4,96	3,16
6	Кольорові метали	0,375	-	-	-	-	-	-	-	0,375	0,24
7	Текстиль	4,505	1,735	-	-	-	-	-	-	6,24	3,97
8	Дерево	0,255	-	-	-	-	-	-	-	0,255	0,16
9	Небезпечні відходи (батареї, сухі та електролітичні акумулятори, тара від розчинників, фарб, ртутні лампи, телевізійні кінескопи тощо)	0,012	-	-	-	-	-	-	-	0,012	0,01
10	Кістки, шкіра, гума	0,845	0,3	-	-	-	-	-	-	1,145	0,73
11	Залишок ТПВ після вилучення компонентів (дрібнобудівельне сміття, каміння, вуличний змет тощо)	7,135	6,275	4,755	5,995	7,395	7,675	6,725	15,005	44,229	28,15
12	Фольга	1,295	-	-	-	-	-	-	-	1,295	0,82
13	Медичні відходи	0,245	-	-	-	-	-	-	-	0,245	0,16
14	Памперси (22 шт.)	4,545	-	-	-	-	-	-	-	4,545	2,89
15	Фільтр автомобільний (1 шт.)	0,265	-	-	-	-	-	-	-	0,265	0,17
	Загальна маса проби ТПВ									157,117	100 %
	Щільність проби ТПВ									0,157	тон/м³

При дослідженні встановлено, що серед компонентів побутових відходів переважають харчові відходи, полімери, скло, папір і картон та текстиль. Також наявні відходи із вмістом чорних металів, які в основному представлені банками з-під фарб.

У середньому біорозкладні елементи (папір і картон, текстиль та дерево) складають близько 9,0% від загальної маси ПВ, які потенційно можуть вилучатися й використовуватись як вторинний ресурс або як компонент альтернативного твердого палива для автономних енергетичних систем малої потужності.

У ході досліджень були виявлені види відходів, що не відповідали класифікаційним категоріям морфологічного складу ПВ, визначеним Наказом Міністерства ЖКГ від 16.02.2010 № 39 [4]. До таких відходів віднесено: фольга, медичні відходи, памперси та фільтр автомобільний. Це в свою чергу зумовлює необхідність корегування та розширення класифікаційних категорій з урахуванням досвіду країн ЄС у даній сфері, зокрема досвіду проведення сортувальних аналізів та визначення складу ПВ Австрії. Саме такі завдання поставлені перед групою дослідників – викладачів кафедри прикладної екології та природокористування Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» на другому етапі проведення даних досліджень.

Результати оцінювання вмісту окремих компонентів у загальній масі побутових відходів необхідні для вибору оптимального рішення з управління побутовими відходами на місцевому рівні, зокрема організації раціональної схеми збирання (у тому числі роздільного), перевезення та подальшого оброблення побутових відходів, а також можливостей використання їх залишкового енергетичного ресурсу.

Використані інформаційні джерела:

1. Проект «Регіональний план управління відходами у Полтавській області до 2030 року». [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.adm-pl.gov.ua/advert/oprilyudnennya-dlya-obgovorennya-proektu-regionalniy-plan-upravlinnya-vidhodami-u-poltavskiy->

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

3. Субрегіональна стратегія поводження з твердими побутовими відходами для Полтавської області, проект «Реформа управління на сході України» «Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH», представлено для Полтавської обласної державної адміністрації, GFA Consulting Group, 2016. 83 с.

4. Наказ Міністерства ЖКГ від 16.02.2010 № 39 «Про затвердження Методичних рекомендацій з визначення морфологічного складу твердих побутових відходів».

Ілляш О. Е., к. т. н., доцент, Шведюк А. С., студентка

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія
Кондратюка»*

АНАЛІЗ ЕКОЛОГО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ АСПЕКТІВ МЕТОДУ БЕЗАМБАРНОГО БУРІННЯ

Процес спорудження свердловин супроводжується застосуванням матеріалів і хімічних реагентів різного ступеня екологічної небезпеки. Найбільшу небезпеку для об'єктів природного середовища представляють виробничо-технологічні відходи буріння, які накопичуються і зберігаються безпосередньо на території бурової. У своєму складі вони містять широкий спектр забруднювачів мінеральної та органічної природи, представлених матеріалами і хімреагентами, використаними для приготування і обробки бурових розчинів.

Система буріння являє собою конфігурацію обладнання для обробки бурових рідин для мінімізації кількості відходів, що скидаються. Після вилучення газу або нафти бурову установку прибирають, а верхні шари ґрунту повертаються до початкового стану [1, 2].

При бурінні утворюються бурові стічні води, відпрацьовані бурові розчини і буровий шлам. Вони містять значну кількість різноманітних хімічних реагентів, що використовуються для приготування і обробки бурових розчинів. Відпрацьований буровий розчин виключається з технологічних процесів буріння свердловин і підлягає утилізації або захоронення. Буровий шлам – суміш вибуреної породи і бурового розчину, що видаляється з циркуляційної системи бурової різними очисними пристроями. Буровий розчин, що містить токсичні хімічні реагенти, змішуючись з буровими стічними водами, забрудненими нафтою, нафтопродуктами, відпрацьованими мастилами та ін., й? потрапляючи у відкриті водойми, утворює вельми стійкі суспензії, що важно розшаровуються [1].

Бурові розчини можуть стати основним джерелом забруднення надр. При цьому зона їх проникнення в надра й підземні водні горизонти може бути досить значною. Хімічні реагенти, що знаходяться в промивної рідини, можуть підвищити мінералізацію і токсичність прісних питних і бальнеологічних вод; можуть бути носіями мікроорганізмів, для яких пластові умови є сприятливим середовищем для розмноження; в деяких випадках викликати незворотні реакції в пласті [2].

Бурові стічні води внаслідок їх високої рухливості та акумулюючої здатності до забруднювачів є значним і найнебезпечнішим відходом при

бурінні, здатним забруднення великі зони гідро- і літосфери. Вони утворюються при різних технологічних операціях буріння. Хімічні реагенти (основні забруднювачі) потрапляють у них у процесі приготування бурового розчину, зберігання і приготування хімічних реагентів, а також із ємностей для запасу бурового розчину.

Тому, враховуючи вагомні екологічні аспекти проведення бурових робіт та подальшого поводження з відходами буріння, пріоритетним методом стає безамбарне буріння.

Поняття безамбарного буріння належить до системи з високим ступенем очищення бурових рідин. Метод безамбарного буріння спрямований на дотримання екологічних стандартів і норм під час технологічних операцій буріння шляхом усунення скидання у навколишнє середовище рідких і твердих відходів [3].

Відпрацьований буровий розчин має форму полікомпонентного складу: рідина з включенням твердої фази. Суть методу полягає в забезпеченні максимально можливого вилучення твердої фази в розчині відходів із найменшими втратами рідини. Пристрої та системи, що використовуються, здатні видаляти до 90% твердих компонентів з розміром частинок до 2 мікрметрів, перетворюючи їх у буровий шлам. Склад кожної фази різниться в залежності від випадків, оскільки залежить від складу і параметрів бурового розчину. Після очищення можна повторно використовувати буровий розчин [3].

Безамбарне буріння свердловин може здійснюватися в таких напрямках:

1. Обробка напіврідких відходів буріння в техногенний ґрунт під час самого процесу буріння та його захоронення в траншеях безпосередньо на місці буріння.
2. Збір і транспортування бурових відходів на спеціально обладнаний полігон для тимчасового накопичення і подальшої переробки.

Безамбарна бурова система знижує загальну вартість буріння, маючи такі технологічні ефекти:

- збільшення швидкості проходження;
- зниження вартості розчину;
- збільшення терміну служби долота;
- скорочений час буріння свердловини;
- зниження витрат на обслуговування та ремонт обладнання;
- підвищення точності показників контрольно-випробувального обладнання;
- зниження ризику прихвату бурового інструменту;
- зменшення пошкоджень пластів;
- мінімізація проблем при цементуванні;
- зниження витрат на виробництво та утилізацію шламу.

Метою безамбарного буріння є максимальне вилучення твердої фази за мінімальних втрат рідкої фази. Ця мета досягається шляхом повернення в систему максимально можливого об'єму рідкої фази та скидання якнайбільше сухого шламу. Цією метою керуються під час вибору типу очисного устаткування. Тільки вібросита, центрифуги та зневоднювальна установка здатні скидати відносно сухий шлам. При звичайній обробці необтяжувального бурового розчину шлам з гідроциклонів скидається в амбар.

Наводимо етапи очищення у разі безамбарного буріння:

- шлам із гідроциклонів пропускається через дрібну сітку вібросита;
- сітка очищувача (ситогідроциклону) зневоднює шлам із гідроциклонів і скидає напівсухий пісок та частинки розміром із мул у шламовий контейнер;
- пройшовши через сітку очищувача розчин, що містить колоїдні частинки, повертається в активну систему. Висока швидкість циркуляції обмежує мінімальний розмір сіток на віброситах першого ступеня, і щоб компенсувати це, розчин із піско- та мулорозподільвача пропускається через дрібну сітку очищувача;
- циркуляційна система представляє досить складну систему розподілу потоків бурового розчину та хімреагентів, водо- та електропостачання, опалення тощо;

В останні роки нафтовидобувними підприємствами у виробництво впроваджуються різні технологічні рішення, спрямовані на знешкодження або перероблення відходів буріння. Однак, уніфікованого способу або найбільш оптимального для різних умов функціонування об'єктів бурових робіт поки не має. Тому, на сьогодні пошук методу забезпечення безперервного процесу переробки відходів буріння та створення відповідного надійного обладнання є завданням, що більш актуальне, аніж розробка однієї окремої технології утилізації чи знешкодження бурових відходів.

Використані інформаційні джерела:

1. СОУ 73.1-41-11.00.01:2005 Охорона довкілля. Природоохоронні заходи під час споруджування свердловин на нафту та газ.

2. Рудько Г. І., Нецький О. В., Григіль В. Г Геолого-економічна оцінка родовищ корисних копалин України та проблеми надрокористування. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2015/25_4/20.pdf

3. Безамбарні методи буріння [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://jak.bono.odessa.ua/articles/bezambarnogo-burinnja-vse-pro-burinnja.php>

*Гльїна А. О., PhD з Наук про Землю
Одеський державний екологічний університет, м. Одеса, Україна*

РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМЕЛЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МИКОЛАЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Раціональне використання та охорона земель сільськогосподарського призначення є найактуальнішою проблемою сьогодення. Саме землі сільськогосподарського призначення є основою для забезпечення продовольчої безпеки країни та стійкого розвитку агропромислового комплексу не тільки країни в цілому, але й окремих її регіонів [1].

За площею сільськогосподарських угідь Україна посідає одне з перших місць у світі, що становить 60% від її загальної площі. Найбільшу площу посівних земель нашої країни займають посіви зернових культур, вирощування яких має широтну зональність. Характерною особливістю структури сільськогосподарських угідь України є загальна висока питома вага розораних земель. Наприклад, землі Полісся розорані на 68,9%, землі Кіровоградської, Вінницької та Тернопільської областей – на 80%, землі лісостепової зони, до якої належить Миколаївська область – на 85,4%.

Миколаївська область розташована на півдні України, у басейні нижньої течії Південного Бугу. До 2020 року адміністративно область була розділена на 19 районів, але з 17 липня 2020 року прийнято новий поділ області на чотири райони – Первомайський, Вознесенський, Баштанський та Миколаївський. Територія дослідження розташована у південній частині степової зони України, яка характеризується дуже посушливими кліматичними умовами. Невелика кількість опадів при значному надходженні теплових ресурсів призводить до того, що ведення землеробства знаходиться на межі постійного ризику, а урожайність коливається в широких межах. Ґрунти області досить родючі, однак екстенсивне використання землі в останні роки призвело до дисбалансу в землеробстві.

Миколаївщина вважається одним із регіонів інтенсивного землеробства в Україні, а сільськогосподарське освоєння території області в порівнянні із іншими регіонами надзвичайно високе (82%). Загальна площа зрошуваних земель в області, станом на 1 листопада 2021 року, займає 190,3 тис. га, у т.ч. сільськогосподарських угідь – 189,78 тис. га [2].

Розглянемо валовий збір зернових, зернобобових та олійних на великих підприємствах, які займаються безпосередньо сільськогосподарським виробництвом в Миколаївській області. За даними Державної служби статистики України на 01.12.2021 перше місце по

валовому збору займають зернові та зернобобові (662 тис. т), на другому місці пшениця (433 тис. т) та третє місце посідає соняшник (332 тис. т).

Якщо розглядати посівні площі зернових культур у сільськогосподарських підприємствах Миколаївської області за 2017-2021 роки, то найбільші посівні площі на території Миколаївської області зайняті під соняшником – 22%. Друге місце займають озима пшениця та яра пшениця 2 %. На третьому місці ячмінь (13%), на четвертому – ярий ячмінь (10%) та на п'ятому – кукурудза з 5%.

У даній роботі розглянуто та запропоновано шляхи вирішення проблеми раціонального використання земель сільськогосподарського призначення Миколаївської області. Метою є оптимізація посівних площ основних зернових культур шляхом проведення оцінки часової мінливості врожаїв основних зернових культур Миколаївської області, враховуючи погодний коефіцієнт варіації урожайності зернових культур [3].

Розрахунок погодного коефіцієнту варіації урожайності дозволив визначити такі якісні характеристики зон мінливості врожайності зернових культур на території Миколаївської області та виділити наступні градації для досліджуваних культур: озимий ріпак, ярий ячмінь та кукурудза – найстійкіші урожаї, озима пшениця та соняшник – помірно стійкі урожаї, овес – нестійкі урожаї (таблиця 1).

Таблиця 1 – Погодний коефіцієнт варіації урожайності зернових культур стосовно території Миколаївської області

Сільськогосподарська культура	Погодний коефіцієнт варіації урожайності, C_m	Характеристика
Озима пшениця	0,29	помірно стійкі урожаї
Озимий ріпак	0,06	найстійкіші урожаї
Ярий ячмінь	0,02	найстійкіші урожаї
Овес	0,33	нестійкі урожаї
Соняшник	0,29	помірно стійкі урожаї
Кукурудза	0,09	найстійкіші урожаї

Шляхом оптимізації виявлено, що культури, які належать до найстійкіших урожаїв (ярий ячмінь, озимий ріпак) займають не значні посівні площі на території області. Найбільші площі зайняті під посівами озимої пшениці і соняшника. Перевищення посівних площ під посівами соняшнику виснажує ґрунт і призводить до суттєвого зменшення урожайності культури й погіршення стану ґрунту. Тому, рекомендовано збільшення площ кукурудзи та ярого ячменю та помірного збільшення площі під озимим ріпаком, який, на жаль, у значній мірі виснажує ґрунти. Рекомендовано зменшити площі озимої пшениці та соняшника на 15-20%.

Загальний комплекс ефектів, що будуть отримані, передбачає збільшення частки та збалансування використання наявних земель

сільськогосподарського призначення Миколаївської області, а також збільшення обсягів виробництва та технологічне оновлення ведення сільського господарства.

Використані інформаційні джерела:

1. Клочан І. В., Потриваєва І. А. Сучасний стан та основні напрями підвищення ефективності виробництва сільськогосподарської продукції в Миколаївській області. *Агросвіт*. 2019. №24. С. 35–41.

2. Екологічний паспорт Миколаївської області, 2021 рік: офіційний сайт Управління екології та природних ресурсів Миколаївської області. URL: <https://ecolog.mk.gov.ua/ua/ecoreports/ecopassport/> (Дата звернення 24.11.2023)

3. Польовий А. М., Божко Л. Ю., Дронова О. О. Просторово-часова оцінка мінливості врожайів озимої пшениці на території України. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2011. № 8. С. 84–91.

*Максюта Н. М., доктор філософії
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія
Кондратюка», м. Полтава, Україна*

ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ЗЕЛЕНИЙ КУРС ЯК ІНСТРУМЕНТ ЄВРОІНТЕГРАЦІЇ ТА ВІДБУДОВИ УКРАЇНИ

Європейський Зелений Курс став головною темою для обговорень українського політичного середовища, зосереджуючи на собі увагу мас-медіа, експертів, представників бізнесу, громадськості та їх об'єднань. Ця ініціатива визначає напрямок масштабних стратегій на майбутнє і викликає обговорення щодо оцінки ризиків [1].

Першочерговим вбачається внесення визначеності у напружений дискурс про високу витратність та ймовірну нерентабельність бізнесу, у разі амбітних кліматичних цілей; про безперечність переходу до відновлюваних джерел енергії без використання викопних палив та необхідність досягнення, із встановленням конкретного терміну, кліматичної нейтральності безпосередньо державою Україна. З цих болючих питань прозорі відповіді проглядаються у Висновках Європейського Економічного та Соціального Комітету від 28.10.2020:

- заходи по боротьбі зі зміною клімату повинні здійснюватися таким чином, щоб мінімізувати витрати та отримати економічні вигоди;
- досягнення кліматичної нейтральності потребує збільшення поглинання і зберігання вуглецю за допомогою, наприклад, сталого управління лісами та ґрунтами;
- досягнення кліматично нейтрального ЄС до 2050 року означає, що не кожна держава-член має домагатися кліматичної нейтральності індивідуально: оптимальний розподіл зусиль може бути досягнутий у масштабах ЄС з урахуванням відповідних відмінностей між державами-членами.

Наступним, хоча далеко не другорядним, та надскладним питанням є програмування імплементації з кінцевою метою кліматичної нейтральності багатовекторного Європейського Зеленого Курсу (забезпечення чистою, доступною і безпечною енергією; будівництво та реконструкція енергетично- та ресурсоефективним шляхом; мобілізація промисловості для чистої та циклічної економіки; від «ферми до виделки»: створення справедливої, здорової та екологічно чистої системи харчування; прискорення переходу до сталої та інтелектуалізованої (smart) мобільності; збереження й відновлення екосистем та біорізноманіття; прагнення до нульового забруднення навколишнього середовища без токсичних речовин).

Унаслідок розгортання широкомасштабного вторгнення росії, приблизно 90% виробничих можливостей вітрової енергетики та 45-50% сонячної енергетики в Україні припинили свою роботу [2].

Україна має значний потенціал для розвитку відновлювальної енергетики, особливо в галузі вітроенергетики. Після завершення конфлікту Європа виявляє зацікавленість в інвестуванні в цей сектор.

Усі об'єкти енергетики України підлягають відновленню, але деякі з них доцільніше побудувати заново.

Усе підлягає ремонту й відновленню, питання лише в термінах. Є об'єкти, які можна відновити за кілька днів, є ті, що відновлюють за тижні, а є – за місяці.

Після перемоги у війні Україну чекає серйозна робота з відновлення об'єктів критичної інфраструктури.

Першочергові кроки для громад після завершення бойових дій:

1. Оцінити завдані збитки, провести ревізію негативних впливів та зайнятися невідкладним пошуком можливих кроків задля відновлення.

Громадам потрібно розуміти масштабність роботи, адже починаючи від проблем із замінуванням полів до залізного шроту. Все це впливає на природну систему та екологію та відкидає нас на кілька кроків назад. Але через такий негативний вплив нам доведеться більше зусиль кинути саме на цей напрям, він буде в топі поряд із експортом.

Тим не менш, спостерігаємо, що в регіонах де фермери вже здійснюють перехід на сталі практики в сільському господарстві, наприклад, використання мінімальної обробки ґрунту, та ж сама органіка, вони і продовжують рухатися в даному напрямі, не відмовляються від таких практик.

Це є важливим сигналом для наших європейських колег, що Україна це стала країна, яка готова до руху в рамках Європейського Зеленого Курсу як партнер.

2. Створити ефективний план розвитку. Громади повинні вже готуватися і думати про опалення з відновлювальних та незалежних джерел енергії, про інші аспекти сталої регіональної економіки.

Війна лише прискорить процес децентралізації, тобто громади вже зараз змушені самостійно приймати багато рішень на місцевому рівні задля забезпечення свого функціонування [3].

Під час дії воєнного стану на територіях України [4]:

– Орендні земельні угоди автоматично продовжуються на 1 рік без потреби внесення відомостей у відповідні реєстри.

– Районні військові адміністрації отримують право передавати в оренду для сільськогосподарського виробництва на строк до одного року земельні ділянки державної, комунальної власності, а також ті, що залишилися у колективній власності колективних сільськогосподарських підприємств, сільсько-господарських кооперативів, сільськогосподарських

акціонерних товариств, нерозподілених та невитребуваних земельних ділянок і земельних часток (паїв). При цьому розмір орендної плати не може перевищувати 8% нормативної грошової оцінки земельних ділянок, і для цілей визначення розміру орендної плати використовується середня нормативна грошова оцінка одиниці площі ріллі по області.

– Вводяться жорсткі обмеження для орендарів стосовно цільового використання сільськогосподарських земель, переданих районними військовими адміністраціями, включаючи зміну призначення земель, суборенду, будівництво та інші аспекти.

– Для швидкого передавання в оренду земельних ділянок районними військовими адміністраціями договори оренди землі будуть укладатися в електронній формі, а передача земель в оренду буде здійснюватися без проведення земельних торгів. Однорічні договори оренди землі не можна буде поновлювати чи укладати на новий строк; вони припинятимуться по закінченню терміну, на який були укладені.

– Договори оренди землі, укладені військовими адміністраціями, будуть реєструватися в Книзі реєстрації договорів оренди, веденій у паперовій та електронній формі. Примірники договорів оренди землі передаватимуться електронною поштою місцевим радам та центральному органу виконавчої влади, який відповідає за земельні відносини.

Використані інформаційні джерела:

1. Гахович, Н. Г. (2020). *Європейський зелений курс: перспективи для України. Серія «Податкова та митна справа в Україні», 31.*

2. Nychuk, O., Salavor, O., & Vublienko, N. (2022, October). *Перспективи вітчизняної вітрової та сонячної енергетики у контексті екологічної та енергетичної політики європейського союзу. In Selected papers of the IV International Conference on European Dimensions of Sustainable Development, October 20-21, 2021. Kyiv : NUFT, 2022. 177 p.*

3. Садовська, Л. М. (2022). *Ключові принципи екологічної безпеки в умовах воєнного часу. Затверджено до оприлюднення рішенням Вченої ради Харківського національного університету імені ВН Каразіна, протокол № 10 від 27.06. 2022, 100.*

4. *Закон України Про внесення змін до Податкового кодексу України та інших законодавчих актів України щодо дії норм на період дії воєнного стану. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2120-20#Text>.*

ДІЯЛЬНІСТЬ СЛУЖБИ ДЕРЖАВНОЇ ОХОРОНИ В ПРИРОДНОМУ ЗАПОВІДНИКУ «МИХАЙЛІВСЬКА ЦІЛИНА» ЯК СКЛADOVA ЗАХОДІВ ЗІ ЗБЕРЕЖЕННЯ УНІКАЛЬНИХ ПРИРОДНИХ КОМПЛЕКСІВ

Унікальність природного заповідника «Михайлівська цілина» полягає в тому, що тут охороняється ділянка плакорного лучного степу, які в Україні майже всі розорані. Цей невеликий куточок неораного степу репрезентує особливі, лучні степи, які в минулому були поширені в лісостеповій частині України, зокрема, на Сумщині.

Територія «Михайлівської цілини» донедавна входила до Українського степового природного заповідника, який є одним із найстаріших заповідників України. Згідно з Указом Президента України за № 1035 від 11.12.2009 року відділення УСПЗ «Михайлівська цілина» реорганізовано у окремий природний заповідник площею 882,9 га, за рахунок земель декількох заказників, зокрема ботанічних заказників «Катеринівський» (773,1 га) у Лебединському районі (Сумському районі, відповідно до Постанови Верховної Ради України від 17.07.2020 № 807-ІХ) та «Саївський» у Недригайлівському районі (Роменському районі, відповідно до Постанови Верховної Ради України від 17.07.2020 № 807-ІХ) [1]. Ефективність реалізації на теренах заповідника природоохоронної роботи залежить і від результативності роботи служби державної охорони (далі – СДО), яка входить до складу служби державної охорони природно-заповідного фонду України та, згідно зі статтею 61 Закону України «Про природно-заповідний фонд України», має статус правоохоронного органу [2, 3].

Основним завданням СДО є: забезпечення додержання режиму охорони території природного заповідника; попередження та припинення порушень природоохоронного законодавства на території природного заповідника.

«Проектом організації території природного заповідника «Михайлівська цілина» та охорони його природних комплексів» територія природного заповідника розділена на два обходи. Кожний обхід закріплений наказом по установі за інспектором з охорони природно-заповідного фонду і має площу близько 400 га. Інспектори здійснюють

охорону території шляхом проведення щоденних патрулювань у межах закріплених обходів та відповідно затвердженого графіку. Обходи проводяться пішим патрулюванням, а також на транспортних засобах. Межі обходів наведено у Плані охорони території.

Завдяки наполегливій праці адміністрації заповідника та працівників служби державної охорони налагоджено співпрацю з органами виконавчої влади та органами місцевого самоврядування, іншими природоохоронними органами, громадськими організаціями, керівниками агрофірм, а саме із: Катеринівським, Гринцівським та Козельнянським старостинськими округами; Державною екологічною інспекцією у Сумській області; Головним управлінням Державної служби надзвичайних ситуацій України у Сумській області; Сумською обласною прокуратурою; Лебединським відділенням поліції ГУНП України в Сумській області; Департаментом захисту довкілля та природних ресурсів Сумської обласної державної адміністрації; ТОВ «РАЙЗ ПІВНІЧ»; ТОВ «ВОРОЖБАЛАТІНВЕСТ»; Лебединською міською територіальною громадою; Сумським національним аграрним університетом; Сумським державним університетом; Сумським державним педагогічним університетом ім. А. С. Макаренка; Вільшанською сільською радою; 10 школами Сумської області.

Улітку 2021 року з метою набуття практичного досвіду працівники СДО проходили триденне навчання на базі національного природного парку «Слобожанський». Наразі триває ефективна співпраця із рядом установ природно-заповідного фонду України, зокрема: національними природними парками «Деснянсько-Старогутський», «Гетьманський», регіональними ландшафтними парками «Сеймський», «Кременчуцькі плавні». Співпраця з природоохоронними установами, й особливо з тими, які мають значний досвід в охороні територій ПЗФ, дає змогу отримати нові навички та підвищити рівень фахових компетентностей працівників заповідника.

Працівниками СДО проводиться регулярний моніторинг заповідної території не лише власними силами, а у тісній співпраці з працівниками Державної екологічної інспекції в Сумській області та з Лебединським відділенням поліції ГУНП України в Сумській області. Відділ державної охорони ПЗФ має тісний робочий взаємозв'язок із державними та громадськими інспекторами з охорони довкілля задля проведення спільних рейдів для посилення роботи щодо виявлення та притягнення порушників природоохоронного законодавства до відповідальності, недопущення нанесення шкоди природним комплексам заповідника.

Проведення рейдів по території заповідника є дуже важливою місією служби державної охорони. Такі заходи допомагають і в проведенні щорічних планових ревізій обходів, якими охоплена вся територія установи (рис. 1).



Рисунок 1 – Рейд по території природного заповідника «Михайлівська цілина» з участю авторів публікації

Матеріали проведення рейдових перевірок свідчать, що впродовж п'яти останніх років на території заповідника грубих порушень природоохоронного режиму не виявлено, кількість дрібних порушень також щорічно зменшується. Це свідчить про добре налагоджену роботу з охорони території природного заповідника «Михайлівська цілина».

Використані інформаційні джерела:

1. Проект організації території природного заповідника «Михайлівська цілина» та охорони його природних комплексів. Київ, 2021. 272 с.

2. Закон України «Про природно-заповідний фонд України» від 08.08.2021 [Електронний ресурс] Відомості Верховної Ради України. 2021. № 2456-ХІІ. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2456-12#Text> (дата звернення 18.10.2023)

3. Постанова КМУ № 1127 «Про службу державної охорони природно-заповідного фонду України» від 14.07.2000 р. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1127-2000-n#Text> (дата звернення 18.10.2023)

*Нонік Л., аспірантка, асистент,
Пацева І., д. т. н., професор*

*Державного університету «Житомирська політехніка»,
Житомир, Україна*

ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА СОЦІОЕКОЛОГІЧНИХ ПРИНЦИПІВ УПРАВЛІННЯ ТВЕРДИМИ ПОБУТОВИМИ ВІДХОДАМИ В УКРАЇНІ ТА ЄВРОПІ

У процесі розвитку людства відходи завжди були наслідком функціонування соціально-економічних систем, але ще ніколи питання їхнього антропогенного впливу не стояло так гостро, як сьогодні, набувши планетарного масштабу [1].

В останні десятиріччя через індустріалізацію, технологічний прогрес і збільшення населення процес споживання продуктів розширювався дуже стрімко. Індустріалізація призвела до масового виробництва товарів, що збільшило їхню доступність для широких груп, це призвело до збільшення обсягів споживання товарів та послуг. Також із поширенням товарів широкого попиту, упаковка стала важливим елементом маркетингу. Зростання використання упаковки також сприяло збільшенню обсягу сміття. У другій половині ХХ століття стало популярним використання одноразових матеріалів, таких як пластикові посудини та упаковка, це також призвело до збільшення обсягу відходів. Зростання використання електроніки та технологічних пристроїв призвело до появи нових категорій відходів, таких як електронний сміття.

Таким чином, зростання споживання призвело до збільшення обсягу відходів і проблемі з їхнім управлінням, людство зрозуміло, що, поліпшуючи умови свого існування з позицій споживача товарів, воно одночасно погіршує глобальну рівновагу екосистем відходами виробництва, пакувальними матеріалами тощо. Відмовитися від благ цивілізації суспільство не зможе, тому, з огляду на розвиток науково-технічного прогресу, надалі ситуація лише погіршуватиметься. Упродовж останніх десятиліть провідні країни світу, зокрема європейські, орієнтуючись на процеси перероблення відходів, впевнено будували «суспільство утилізації». Це дало змогу уникнути негативних наслідків генерування відходів і згодом спрямувати розвиток у напрямі «циркулярної» економіки [1].

Проблема твердих побутових відходів є актуальною і досить гострою для України. Щоб досягти цілей сталого розвитку, економічного зростання та чистого довкілля більшість держав розробляють національні програми та стратегії поводження з відходами, залучають місцеві органи влади,

намагаються змінити ставлення домогосподарств та підприємств до утворення побутових відходів, а також вносять нові парадигми у виробничі процеси та виробництво продукції [2].

До прийняття Національної стратегії управління відходами до 2030 року відходи в нашій країні не потрібні були ні власникам, ні виробникам, тож загалом, значна частка цих відходів видалялася на полігони та звалищах, які були розміщені, спроектовані та експлуатувалися неналежним чином. Національна стратегія поводження з твердими побутовими відходами має на меті забезпечувати комплексні засади для розвитку системи поводження з твердими побутовими відходами в Україні у довгостроковій перспективі. По суті, вона спрямовуватиме регіони та муніципалітети України у розвитку технічних, інституціональних, регулятивних та фінансових аспектів їхніх систем поводження з твердими побутовими відходами у стійкому напрямі, враховуючи як національне законодавство, так і законодавство ЄС [3].

Основна мета Національної стратегії поводження з твердими побутовими відходами полягає у зменшенні утворення та негативного впливу всіх видів твердими побутовими відходами, а відтак – сприянні розвитку в Україні стійких, чистих та процвітаючих міських центрів і сільських населених пунктів. Для досягнення цієї мети Національна стратегія поводження з твердими побутовими відходами забезпечує покращення та майбутній розвиток системи поводження з твердими побутовими відходами в країні. Одним із аспектів Національної стратегії поводження з твердими побутовими відходами є створення структури заохочування до участі національних та місцевих органів влади України у інвестиційних проектах, наприклад, із полігонного газу, шляхом одержання вигоди для всіх залучених сторін [4].

Важливим напрямом екологічної політики нашої держави має бути шлях до зменшення обсягів розміщення промислових відходів і збільшення обсягів їх рециклінгу (переробки, повторного використання й утилізації). Важливим на всіх етапах застосування відходів обов'язково має бути сортування, від цього залежить можливість подальшої переробки й утилізації відходів руйнацій, особливо це важливо для України під час ведення військових дій [5].

На даний час, в Україні залежність між динамікою соціально-економічного розвитку й накопиченням відходів вимагає нових підходів до систем управління. Незбалансованість у генеруванні та утилізації відходів за недостатніх утилізаційних потужностей спричинюють їхнє накопичення з відповідними негативними екологічними наслідками, а у разі зайвих утилізаційних потужностей без належного їхнього сировинного забезпечення – негативні економічні наслідки [1].

Порівняльна оцінка соціоекологічних принципів управління твердими побутовими відходами в Україні та Європі відображає значні відмінності в

підходах та практиках. У таблиці 1 відображено основні принципові відмінності між Україною та Європейськими державами.

Таблиця 1 – Порівняльна оцінка соціоекологічних принципів управління твердими побутовими відходами в Україні та Європі

Підходи та практики	Україна	Європа
Законодавча база та регулювання	Законодавство України щодо поводження з відходами стало більш сучасним та гармонізованим з європейськими нормами за останні роки, зокрема завдяки підписанню Угоди про асоціацію з ЄС. Проте існують проблеми з реалізацією та контролем, особливо на рівні місцевих органів влади.	Європейський Союз має багатий досвід управління відходами та встановив строгі стандарти в цій області. Це включає у себе ієрархію управління відходами (зменшення, повторне використання, переробка, утилізація), обов'язкове сортування відходів та регулярний моніторинг.
Сортування відходів	Процес сортування та роздільного збору відходів в Україні ще не досить розвинений, і відсортовані потоки відходів можуть бути недостатньо чистими для подальшої переробки.	У Європі сортування відходів стало загальноприйнятою практикою, і на багатьох територіях встановлено обов'язковий роздільний збір.
Переробка та використання	Україна зростає в кількості переробних підприємств, але існують питання щодо їхньої технічної оснащеності та якості переробки.	В Європі існують великі інвестиції в високоякісні переробні установки, що сприяє використанню вторинної сировини та зменшенню негативного впливу на довкілля.
Споживчий підхід	В Україні споживчий підхід до відходів ще не є загальнопоширеним, і багато людей несвідомо генерують забруднюючі відходи.	У багатьох країнах Європи активно пропагується екологічний споживчий підхід, зокрема зменшення використання одноразового пластику та інших шкідливих матеріалів.
Моніторинг та звітність	Забезпечення моніторингу та звітності в Україні залишається проблемою, і відсутність даних може ускладнювати ефективне управління відходами.	Європейські країни мають більш розвинені системи моніторингу та звітності, що дозволяє вчасно виявляти проблеми та вживати необхідні заходи.

Загалом, Європейський Союз у порівнянні з Україною має великий досвід та більш суворі стандарти управління твердими побутовими відходами порівняно з Україною. Проте Україна прагне гармонізувати свою систему з європейськими нормами і працює над покращенням ситуації. Важливо враховувати, що ефективне управління відходами є важливою складовою сталого розвитку та збереження навколишнього середовища.

Використані інформаційні джерела:

1. Колодійчук І. А. *Формування територіально збалансованих систем управління відходами: регіональний вимір : монографія.* Львів : ДУ «Інститут регіональних досліджень імені М. І. Долишнього НАН України», 2020. 524 с.

2. Коцюба І. Г., Лефтер Ю. О., Нонік Л. Ю., Єльнікова Т. О., Герасимчук О. Л. *Аналіз сучасного досвіду та напрямів вирішення проблем управління твердими комунальними відходами. Екологічні науки: науково-практичний журнал.* К. : Видавничий дім «Гельветика», 2021. № 6(39). С. 166–170.

3. *Управління та поводження з відходами. Частина 2. Тверді побутові відходи : навчальний посібник / Петрук В. Г., Васильківський І. В., Кватернюк С. М. та ін.* Вінниця : ВНТУ, 2015. 100 с.

4. *Про схвалення Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року.* 2023. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-%D1%80#Text>

5. Нонік Л. Ю., Пацева І. Г., Пічкур Т. В. *Розроблення стратегії управління відходами руйнацій в умовах воєнного стану. Екологічна безпека та технології захисту довкілля №4.* 2023. С. 40–47.

¹*Панкова О. В., к. с.-г. н., доцент,* ²*Харченко С. О., д. т. н., професор,*
³*Сировицький К. Г., ст. викладач*

¹*Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
м. Харків, Україна*

²*Полтавська державна академія, м. Полтава, Україна*

³*Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна*

ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ В АГРАРНОМУ СЕКТОРІ

Збільшення виробництва сільськогосподарських культур на основі зростання їх врожайності – шлях до продовольчої безпеки та розвитку України. Одним із шляхів є передпосівна обробка насіння з метою його знезараження, захисту проростків від зовнішніх патогенних чинників і підвищення стійкості до них, а також стимулювання зростання й розвитку рослин як в період їх проростання, так і в продовж всієї вегетації.

За останні п'ять років в світі отримав розвиток принципово новий метод передпосівної обробки насіння, який базується на використанні енергії електромагнітних випромінювань (ЕМВ) та забезпечує збільшення виробництва продукції рослинництва, зниження енерговитрат, запобігання забрудненню навколишнього середовища. Однак, незважаючи на очевидну перспективність цього методу, до теперішнього часу залишаються невирішеними багато принципів питань. До них належать: відсутність переконливого теоретичного обґрунтування механізмів стимулюючого впливу електромагнітного випромінювань на фізіологічний стан і розвиток рослин. Не встановлені уніфіковані узагальнюючі параметри та наслідки впливу випромінювання на насіння різних сільськогосподарських культур, за їх відмінних властивостей. Не простежено вплив цих наслідків на весь хід онтогенезу рослин. Із розширенням використання електромагнітного випромінювання в рослинництві виникає необхідність вивчення впливу цих фізичних факторів на навколишнє середовище.

Метою науково-дослідної роботи є розроблення та теоретичне обґрунтування продуктивних, ресурсозберігаючих, екологічно-безпечних технічних засобів із підготовки високоякісного насінневого матеріалу сільськогосподарських культур шляхом інтенсифікації процесів очищення, калібрування та обробки з використанням електромагнітного випромінювання. Завдання проведених лабораторних досліджень з використанням ЕМВ: встановити особливості дії, оптимальні дози та

режими дії ЕМВ на посівні та товарні якості, метаболічні процеси в насінні та елементи продуктивності сільськогосподарських культур.

Попередні дослідження з використанням світлодіодів показали, що монохроматичне оптичне випромінювання червоного діапазону ($\lambda=660$ нм) активізує проростання насіння ячменю і прискорює гідролітичні розпад запасних речовин внаслідок стимуляції ферментативної активності, що дає можливість говорити про те що воно приводить до підвищення продуктивності рослин. (Pankova O.V., 2010, Lysyshenko M., Pankova O., 2016).

Дослідження були проведені на базі навчально-наукової лабораторії екологічного землеробства та природокористування Центру колективного користування Сумського національного аграрного університету. Обробка здійснювалась з використанням експериментальної лабораторної установки на основі напівпровідникових світлодіодних джерел ЕМВ з довжиною хвилі 660 нм (червоний діапазон) та 460 нм (синій діапазон). Застосовували як окремо кожний з діапазонів, так і сумісно. В якості контролю було неопромінене насіння. Експозиція 10 хвилин та 30 хвилин за кожним із варіантів опромінення. Було вивчено: посівні якості насіння (енергія проростання, схожість насіння). В якості контролю використовували неопромінене насіння.

Для проведення досліджень відбирали 4 проби по 100 насінини на кожний варіант досліду, розміщували в ростильнях на зволоженому фільтрувальному папері, пророщування проводили в термостаті відповідно до ДСТУ 4138-2002. Проросле насіння підраховувати у два строки: на 3-й день визначити енергію проростання, на 7-й – схожість. Для проведення досліджень обрали одну з найбільш популярних в Україні та перспективну сільськогосподарську культуру – кукурудзу.

Отримані результати показали певний вплив обробки насіння ЕМВ різних режимів. Так, найбільший показник енергії проростання спостерігали у варіанті 660+460 нм 30 хв. (97%), найнижчий у контролі та варіанті 660 нм 10 хв. (84%) відносно контролю де показник становив 83%. У випадку кукурудзи високий результат показав варіант 660 нм 90 хв. і склав 98%, що говорить про значний вплив фітохрому на дану культуру.

Відсутність ефекту від опромінення з експозицією 10 хвилин на енергію проростання та на схожість може бути пов'язаним з недостатнім часом експозиції та тим, що такі показники відносяться до пролонгованих відповідей, а не швидких. Більш істотний прояв впливу ЕМВ на кукурудзу можливо пояснити по-перше розміром насіння, яке у кукурудзи є крупним, а значить і площа поверхні велика. По-друге виявлений факт можливо пояснити особливостями біохімічних процесів, зокрема їх швидкості, що потребує подальшого вивчення.

Серед різних режимів ЕМВ увагу заслуговує обробка насіння комбінованим червоним та синім діапазоном впродовж 30 хвилин.

Отримані результати пояснюється літературними даними. Так, показано, що фізичні фактори імпортують різні види енергії в клітини. Це свого роду «енергетичний вплив», який стимулює ферменти та інші біохімічні реакції, що важливі на перших етапах проростання. Імпортована енергія поглинається електронами в різних молекулах. Поглинена енергія може бути перетворена в інший вид енергії (швидше за все хімічний), а потім використана для прискорення метаболізму (Govindaraj et al., 2017). Прискорення розпаду та утилізації запасних речовин зародку може викликати в свою чергу ростових процесів.

Таким чином, можна констатувати що обробка насіння сумісною дією червоного (660 нм) та синього (460 нм) діапазонів впродовж 30 хвилин оказує вплив на перші етапи проростання сільськогосподарських культур (кукурудзи), а саме показники енергії проростання та лабораторної схожості у межах декількох процентах, що може мати значний вплив у виробничих умовах.

Використані інформаційні джерела:

1. Lysyshenko, M., Pankova, O. (2016). *Intensyfikatsiia biokhimichnykh protsesiv u nasinni silskohospodarskykh kultur. Inzheneriia Pryrodokorystuvannia*, 44–47 (№ 2 (6)). [Method of intensification of seeds crops vital activity] <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/2975> (in Ukrainian).

2. Pankova O.V. *Proteoliz riznykh sortiv yachmeniu v zalezhnosti vid obrobky nasinnia monokhromatychnym optychnym vyprominiuvanniam chervonoho diapazonu.* (2010). *Fotobiolohiia Ta Fotomedytsyna*, 3–4, 66–69. [Proteolysis of different sorts of barley in dependence on treatment of seeds by monochromatic optical radiation of red range of spectrum] http://fnjournal.univer.kharkov.ua/Ua/nomera/3_4_2010.pdf (in Ukrainian)

3. Pankova, O., Puzik, V., & Lysishenko, M. (2021). *Vplyv elektromahnitnoho vyprominiuvannia na roslyny.* TOV «Planeta-Print», Kharkiv, 159. [The influence of electromagnetic radiation on plants] https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/8096/3/Pankova_Effect_of_electromagnetic_radiation_monograph_2021.pdf (in Ukrainian)

4. Govindaraj, M., Masilamani, P., Albert, V. A., & Bhaskaran, M. (2017). *Effect of physical seed treatment on yield and quality of crops: A review.* *Agricultural Reviews, OF.* <https://doi.org/10.18805/ag.v0iof.7304> (in English).

*Петрук Р. В., д. т. н., професор, Іщенко В. А., к. т. н., професор,
Петрук В. Г., д. т. н., професор, Гавадза С. В., аспірант*

*Вінницький національний технічний університет,
м. Вінниця, Україна*

ІНТЕГРОВАНЕ УПРАВЛІННЯ ПОСТМАЙНІНГОМ БАГАТОТОННАЖНИХ ВІДХОДІВ ВІННИЧЧИНИ

У результаті добування та переробки корисних копалин у Вінницькій області утворилися й зростають значні об'єми, зокрема, гірничорудних, золошлакових, хімічних та інших багатотоннажних промислових відходів, зберігання яких спричиняє значне забруднення довкілля, а також шкідливо впливає на здоров'я людей і стан тваринного та рослинного світу. При цьому якщо стан твердих побутових й небезпечних відходів періодично досліджуються, то багатотоннажним гірничорудним промисловим відходам приділяється значно менше уваги. Разом із тим, переробивши їх на корисні вторинні продукти та здійснивши процеси відновлення, ревіталізації та постмайнінгу територій і ландшафтів, на яких зберігаються ці відходи, держава й область мали б значний екологічний, економічний і соціальний ефекти. При цьому в області, в основному, превалюють відходи: каолінового виробництва, каменеподрібнення та каменепилення, добування технологічного каменю-вапняку для виробництва цукру, відходи хімічної промисловості, теплоенергетики, фосфогіпсові відвали та інші небезпечні хімічні відходи, зокрема, непридатні до використання пестицидні препарати й інші пестицидвмісні відходи (конструкції приміщень хімскладів, забруднена територія і ґрунти навколо них, використана з-під пестицидів, мінеральних добрив та інших хімічних засобів захисту рослин тара тощо), а також відходи харчової галузі, військові, медичні, будівельні відходи та ін.

Як відомо, Вінниччина славиться, в першу чергу, своїми залежами каолінітів, вапняків та камінних кар'єрів. При цьому первинний каолін являє собою глинисті утворення, основою яких є мінерал каолініт. Крім каолініту, до їх складу входять кварц, іноді мікроклін і гідроксиди. Родовища є на території України не тільки у Вінницькій, але й Житомирській, Кіровоградській, Дніпропетровській, Запорізькій, Сумській, Черкаській і Донецькій областях. Діапазон використання каолінів надзвичайно широкий: паперова продукція, керамічна (порцеляна, фаянс), електротехнічна (ізолятори), вогнетривкі матеріали, алюмінієве виробництво, текстильна, кабельна, гумова, хімічна,

миловарна, парфумерна продукція, виробництво олівців і мінеральних фарб, наповнювачі у фармацевті та ін. (рис.1).

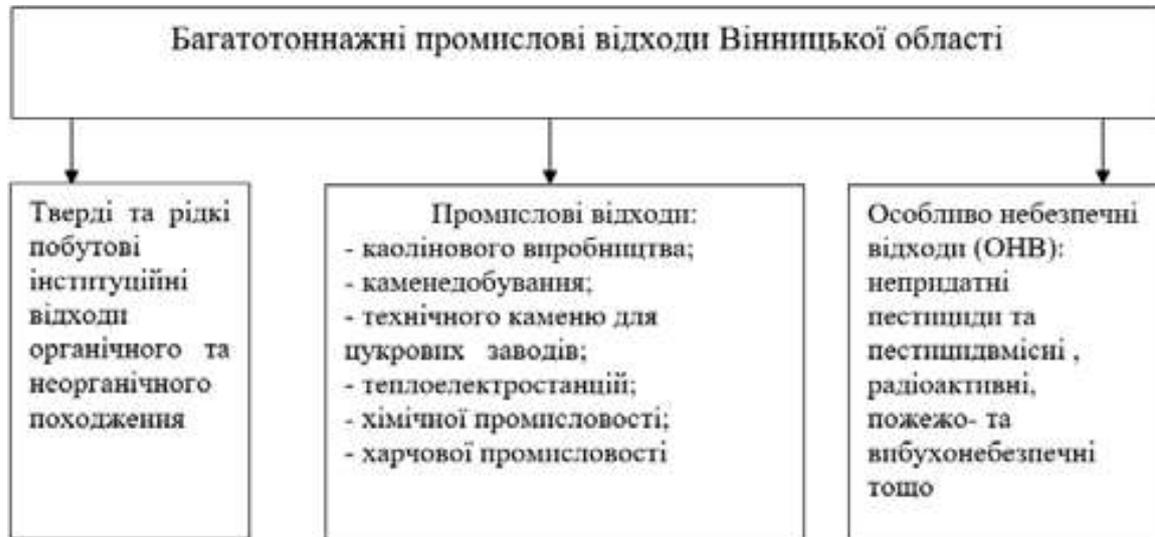


Рисунок 1 – Багатотоннажні промислові та побутові відходи Вінницької області

Вінницька область також є однією з головних в Україні виробників будівельного каміння. Кар'єрів у ній нараховується понад 60. У них відбуваються різноманітні технологічні процеси каменеподрібнення та каменепилення. Крім того, є значні запаси вапняків. У результаті добування та розпиловки цієї сировини утворюється значна кількість відходів у вигляді щебеню, вапнякової муки, яка так само, як і будівельна блочна продукція, широко використовується в оптово-роздрібній торгівлі для різних цілей.

При цьому вапняк або найпоширеніший його різновид - карбонат кальцію являє собою осадову породу, що складається головним чином з кальциту з домішками глинистого матеріалу, кремнезему, оксидів заліза тощо і має теж широке застосування. Також родовища мохуваткових і нумулітових піляльних вапняків розробляють у Причорномор'ї, у Вінницькій, Хмельницькій, Чернівецькій, Дніпропетровській та інших областях. Вапняк широко застосовується як будівельний матеріал, дрібнозернисті різновиди використовують для створення скульптур. Випал вапняку дає негашене вапно – важливий в'язучий матеріал, що інтенсивно застосовується в будівництві. Одним із основних будівельних матеріалів, одержуваних із вапняку, є вапняковий щебінь, який широко використовується в дорожньому будівництві та у виробництві бетону.

Крім того, на території Вінниччини є значні обсяги твердих побутових відходів, які зберігаються значною мірою на несанкціонованих звалищах і полігонах, що часто не знаходять практичного використання. Водночас, вони згубно впливають на довкілля та на живі екосистеми. Але

при розумному їх інтегрованому управлінні та поводженні з ними вони мали б бути зараховані не до відходів, а до тимчасово невикористаної сировини, яку необхідно переробити, повернути у рециклінг та з якої отримати корисну вторинну продукцію. При цьому вивільняються десятки тисяч гектарів територій, які можна буде теж використати або з рекреаційною метою, або для сільськогосподарського виробництва тощо.

У результаті, досягається значний екологічний, соціальний та економічний ефекти, оскільки при цьому здійснюється всебічна робота щодо збереження й відновлення природних ландшафтів, оздоровлення середовища проживання людини та інших живих систем. Крім того, це має бути й стимулом для всебічного впровадження маловідходних і замкнених технологій переробки відходів, запобігання їх новому утворенню в рамках удосконалення та реформування чинної системи управління й поводження з відходами відповідно новому Закону «Про відходи». Тож, потрібно застосовувати оптимізовану систему інтегрованого управління екологічною безпекою всіх видів промислових і побутових відходів, яка даватиме змогу застосовувати комплексні методи та здійснювати інтегровані управлінські дії до всіх компонентів вищезазначених промислових і побутових відходів. Такого роду постмайнінгові роботи, безперечно, нададуть можливість підвищити екологічну безпеку території Вінницької області, значною мірою зменшити рівень її забруднення та суттєво покращити ландшафти і соціально-економічні умови проживання мешканців цих територій [1-5].

Використані інформаційні джерела:

1. Снісар Н. Г., Бент О. І., Яцун В. К. *Комплексне використання промислових відходів у Вінницькій області*. Одеса : Маяк, 1991. 88 с.
2. *Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 року* : Розпорядження Кабміну України від 08.11.2017, № 820-р.
3. *Регіональний план управління відходами Вінницької області на період до 2030 року*. Швейцарсько-український проект DESRO. Вінниця, 2020. 556 с.
4. Петрук Р. В., Петрук В. Г., Кравець Н. М. *Аналіз стану інтегрованого управління екологічною безпекою багатотоннажних промислових відходів на Вінниччині*. *Екологічні науки*, 2021. Випуск 1(34). С.215–218.
5. Рудько Г. І., Яковлев Є. О. *Постмайнінг гірничодобувних регіонів України як новий напрям еколого безпечного використання мінерально-сировинних ресурсів*. *Мінеральні ресурси України*, 2020. №3. С.37–44.

УДК 574.5;572.1/4

*Петрушка І. М., д. т. н., професор, Мороз О. І., д. т. н., професор,
Кузь О. Н., к. т. н., доцент, Петрушка К. І., к. т. н., доцент
Національний університет «Львівська політехніка»,
м. Львів, Україна*

ПРОГНОЗУВАННЯ МІГРАЦІЇ ОКСИДІВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ГРУНТІ ВНАСЛІДОК ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ В УКРАЇНІ

Важкі метали надходять у ґрунт у формі оксидів і солей (як розчинних, так і практично нерозчинних у воді). З наукових досліджень існує припущення, що оксиди важких металів групуються, головним чином, у твердій фазі ґрунту, особливо при нейтральному або лужному pH середовищі. Неохідно відмітити, що їхня токсична дія у повній мірі залежить від таких чинників, як тип ґрунту та pH порового розчину. Поведінка важких металів у ґрунтах значною мірою відрізняється від поведінки більшості катіонів макроелементів. Мета даної роботи – прогнозувати антропогенний вплив оксидів важких металів, а також супутніх оксидів, які утворюються внаслідок вибуху на ґрунт. Оцінити степінь забруднення ґрунту, розподіл та іммобілізацію важких металів у ґрунтах промислових агломерацій.

Військові злочини проти навколишнього середовища стосуються не лише заподіяння шкоди природі. Війна може спричинити багато ранніх смертей у майбутньому через забруднену воду, землю, повітря тощо.

Внаслідок вибухів у повітря викидаються шкідливі речовини, які через те, що вони не затримуються в повітрі тривалий час, надходять у вигляді опадів і накопичуються в ґрунті. Крім того, території, забруднені вибухівкою та заміновані території, будуть загрозою протягом десятиліть. Забруднення родючого ґрунту та гірських порід є результатом багатьох деструктивних процесів, включаючи розрив оболонки, витік забруднюючих і небезпечних речовин із пошкоджених резервуарів та відходів унаслідок руйнування дамб поля фільтрації, руйнування очисних або гідротехнічних споруд. Унаслідок масової загибелі людей і тварин трупною отрутою забруднені ґрунт і підземні води. Усі ці екологічні катастрофи призводять до надходження хімічних речовин у ґрунт.

Один із найнебезпечніших способів впливу на властивості ґрунту є військова діяльність. Порушення ґрунту, спричинені бойовими діями, в основному бувають трьох типів – фізичні, хімічні та біологічні. Фізичні порушення ґрунту включають ущільнення внаслідок будівництва оборонної інфраструктури, риття траншей або тунелів, ущільнення через рух техніки та військ або утворення кратерів бомбами. Важливо відмітити, що вміст важких металів у ґрунті суттєво впливає на рослини.

Хімічне забруднення внаслідок воєнних дій треба розглядати з трьох позицій: забруднення потенційно токсичними елементами, вибуховими речовинами та іншими елементами. Хімічні речовини, що

використовуються в боєприпасах і вибухових речовинах, представляють собою довгий список органічних і неорганічних речовин, які можна розділити на: потенційно токсичні елементи (PTE), енергетичні сполуки (EC) і бойові хімічні речовини (CWA). PTE з постраждалих від війни територій – це в основному Pb та його супутні забруднювачі, включаючи сурму (Sb), хром (Cr), миш'як (As), ртуть (Hg), нікель (Ni), цинк (Zn) і кадмій (Cd).). Вибухові речовини містять величезну кількість Pb і Hg, зокрема фульмінат ртуті (II). Zn, Cu, Ni, Pb і Cr використовуються для покриття куль, ракет, стволів гармат і військових транспортних засобів. Ва, Sb і В є зарядними сполуками для зброї, а вольфрам (W) використовують для кінетичне бомбардування через його високу густину (19,3 г/см³). Після надходження в навколишнє середовище більшість ПТЕ в боєприпасах окислюється під впливом повітря, решта потрапляє в ґрунт, де проходить різні хімічні процеси. Вибухи ракет і артилерії створюють безліч хімічних сполук: оксид і діоксид вуглецю (CO і CO₂), оксиди азоту (NO та NO₂), формальдегіди, пари ціаніду водню (HCN), азот (N₂) і навантаження токсичної органіки. Вони також викликають підкислення ґрунту, деревини, корозії металевих конструкцій, таких як уаприклад мости. Після вибуху ці сполуки повністю окислюються, а продукти реакції викидаються в атмосферу. Металеві осколки снарядів також не є абсолютно безпечними для навколишнього середовища. Чавун у суміші зі сталлю є найпоширенішим матеріалом для гільз для боєприпасів і містить не тільки звичайне залізо та вуглець, але також сірку та мідь. Ці речовини потрапляють у ґрунт і можуть дрейфувати в підземні води, зрештою проникаючи в харчові ланцюги, впливаючи на людей і тварин. У менших масштабах забруднення також може бути спричинене горінням військової техніки, транспорту, літаків та іншого військового обладнання.

Зважаючи на багаточисельні дослідження вчених всього світу про вплив важких металів на ґрунтовий покрив і його відновлення, для України, яка має найбільший запас чорноземних ґрунтів, яка і під час війни постачає зерно в країни, які потерпають від голоду, – основна задача це відновлення родючості ґрунтів через масштабне військове вторгнення росії. Тому дослідження впливу оксидів важких металів на ґрунтовий покрив внаслідок військових дій є актуальною задачею. Вибух снаряду будь-якого типу – це надходження ряду токсичних сполук у ґрунт. У місцях бойових дій важкі метали подекуди перевищують фонові значення у 30 разів. Небезпеку несуть уламки боєприпасів, артилерійські снаряди. Ці речовини потрапляють до ґрунту, мігрують до ґрунтових вод і в результаті потрапляють до харчових ланцюгів, впливаючи і на тварин, і на людей. Тобто отруєний вибухами ґрунт буде повільно вбивати нас в перспективі.

Концентрації потенційно небезпечних речовин (Pb, Ni, Zn, Al, Sr, Cr, Ti, Mn, Zr, P) порівнювалися з фоновими, наданими ЕРА США в

Офіційних рекомендаціях щодо вибухових речовин у ґрунтах. Цей підхід подібний до того, що використовується для контролю промислового забруднення, заснованого на встановлених гранично допустимих концентраціях речовин у навколишньому середовищі. Із отриманих експериментальних даних стосовно елементного складу ґрунту після ракетних обстрілів можна стверджувати про небезпечну кількість таких елементів, як титан (Ti), цинк (Zn), свинець (Pb) та стронцій (Sr) та хром (Cr).

У даний час титан широко використовується в ракетно-космічній техніці, в суднобудуванні і транспортному машинобудуванні, де особливо важливу роль відіграють мала щільність у поєднанні з високою міцністю і опірністю корозії. Зі сплавів титану роблять обшивку фюзеляжу і крил надшвидкісних літаків, панелі та шпангоути ракет, диски і лопатки турбін. самого початку розвитку ракетно-космічна техніка всіх країн широко використовує титанові сплави. Сплав ТІ-6А1-4У застосований для виготовлення корпусів ракети-носія (ФРН, росія). В ракетно-космічній та авіаційній техніці в даний час використовується до 75-80% с від загального обсягу виробництва титану.

Діоксиду титану (TiO_2) – це хімічна сполука у вигляді дрібнодисперсного кристалічного порошку білого кольору, що не має запаху. При нагріванні діоксид титану змінює колір на жовтий. У воді, кислотах, лугах розчиняється. У природі він знаходиться в складі мінералів – рутил, анатаз і брук. Фізичні властивості діоксиду титану: висока здатність відбілювання матеріалів різного походження; вологостійкість, стійкість до впливу факторів зовнішнього середовища (ультрафіолету); хімічна стабільність з'єднання; оптимальну взаємодію з плівкообразователями; світлорозсіюючі властивості; пожежо-вибухобезпечними – не горить і не підтримує вогонь. Особливе занепокоєння наукової спільноти викликає природа наночастинок. Учені говорять про новий механізм прояву токсичності у вигляді фізико-хімічної реакції. Це дозволяє TiO_2 накопичуватися в різних тканинах і викликати окислювальний стрес. Перевищення гранично допустимих концентрацій оксиду титану в 1,5-2 рази характерне для всіх проб досліджуваного ґрунту. Проте, найвища концентрація його характерна для проби G12.

Алюміній є одним із хімічних елементів, який широко розповсюджений в земній корі та в побуті людини. Джерелами надходження алюмінію до людського організму є атмосферне повітря, лікарські препарати, косметичні засоби, вироби побутової хімії, вода. Окрім того, алюміній та його оксиди може потрапляти в харчові продукти з ґрунту, який містить алюмосилікати і які внаслідок антропогенного впливу переходять у рухомі міграційні форми. Марганець у ґрунтах знаходиться у вигляді дво-, три- і чотиривалентного іона. Сполуки марганцю добре розчинні, особливо за кислої реакції середовища. У ґрунті

марганець може заміщувати обмінні основи – Ca^{2+} і Mg^{2+} , а у ґрунтовому розчині утворює комплекси з органічною речовиною (в основному з фульвокислотами). З гідроксидами заліза марганець утворює залізомарганцеві конкреції. Токсична дія марганцю на людину та теплокровних пов'язана з ураженням ЦНС, де він спричиняє органічні зміни екстрапірамідального характеру, у тяжких випадках – паркінсонізм. В основі екстрапірамідальної недостатності в разі хронічного отруєння марганцем лежить ураження дофамінергічної системи мозку. Але марганець є і політропною отрутою, що вражає також легені, серцево-судинну і гепатобіліарну системи, впливає на еритропоез, ембріогенез, спричиняє алергічний і мутагенний ефекти. Перевищення фонових концентрацій оксиду марганцю у 2,5 рази в досліджуваному ґрунті спостерігається у пробах G5 та G8.

Вміст хрому в ґрунтах в основному визначається його вмістом у ґрунтоутворювальній породі. Кларк хрому для ґрунтів світу дорівнює 200 мг/кг. У кислих ґрунтах хром практично нерухомий, а за рН 5,5 випадає в осад. Надлишок хрому в організмі людини може спричинити ракові захворювання, астму, порушення вуглеводного обміну. Незначне перевищення гранично допустимих концентрацій хрому шестивалентного в перерахунку на оксид відмічається у зразках ґрунту G4 та G12.

Для оксиду цинку не спостерігається перевищень фонових концентрацій у досліджуваних пробах ґрунту.

Через широкомасштабне забруднення довкілля свинцем (Pb), верхні горизонти більшості ґрунтів збагачені цим елементом. Кларк свинцю в ґрунтах світу становить 10 мг/кг. Рівень ГДК свинцю для ґрунтів дорівнює 0,032 мг/г. У ґрунтах свинець менш рухливий, ніж інші важкі метали. За нейтральної і лужної реакції середовища рухливість свинцю значно знижується. Свинець добре закріплюється органічною речовиною ґрунту. Крім цього, цей елемент у ґрунтах хемосорбується у формі фосфатів, гідроксидів і карбонатів. Основна частина свинцю, яка надходить в організм тварин і людини (до 90 %), депонується у кістковій тканині, де може акумулюватися у значних концентраціях внаслідок тривалого періоду напіввиведення (5-20 років). Відповідно отриманих експериментальних даних стосовно присутності оксидів свинцю у ґрунті перевищення ГДК у 1,5-2 рази спостерігається у пробах Залізничного району Львова. Присутність оксиду стронцію (SrO) у пробах досліджуваного ґрунту після ракетного обстрілу обумовлена використанням нітрату стронцію ($\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$), який використовується в управлінні вектором тяги із впорскуванням рідини (LITVC) у ракетах, щоб забезпечити керування кермом за допомогою простого фіксованого сопла. Перевищення фонових концентрацій у 1,7 разів спостерігається у пробі ґрунту Шевченківського району (G12). Величина концентрацій оксиду нікелю в досліджуваних пробах ґрунту вказує на його перевищення ув 1,7

разів у пробі G12. Вміст нікелю у ґрунтах переважно залежить від насиченості цим елементом ґрунтоутворювальних порід. Проте, у більшості випадків рівень нікелю у ґрунтах пов'язаний з масштабами техногенного забруднення.

Необхідно відмітити присутність у досліджуваних пробах ґрунту такого рідкісного оксиду як ZrO. Металевий цирконій має широкий спектр застосування в різних сферах діяльності людини: як матеріал для виготовлення окремих елементів конструкції ядерних реакторів; Цирконій входить до складу багатьох сплавів, які використовуються у виробництві ракет та інших літальних апаратів. Сплави цирконію з іншими металами покращують технічні характеристики, підвищують вогнестійкість і п'єзокерамічні властивості матеріалів. Хімічний елемент як добавка до інших матеріалів багаторазово підвищує їх здатність протистояти різноманітним агресивним середовищам.

Кожна війна чи навіть військові навчання залишають «хімічний слід» на ґрунті. Ґрунти втрачають родючість через зміну фізичних, хімічних та фізико-хімічних властивостей при потраплянні у них важких металів. За даними фахівців, під час детонації ракет та артилерійських снарядів утворюються чадний газ, вуглекислий газ, водяна пара, закис азоту, діоксид азоту, формальдегід, пари ціанистої кислоти, азот, а також значна кількість токсичної органіки. Ґрунтознавці відзначають систематичне перевищення в 6-8 разів показників ртуті, цинку та кадмію. На місцях обстрілів фіксують високий вміст міді, нікелю, свинцю, фосфору та барію. Ці тенденції помічають ще з початку війни на Сході України у 2014 році, в місцях бойових дій в сотні разів перевищені гранично допустимі концентрації свинцю, наявні також стронцій та титан, які нехарактерні для ґрунтів у значних кількостях. Зрозуміло, що вирощувати будь-що на таких ґрунтах буде неможливо впродовж довгого часу.

Забруднення важкими металами може відгукуватись не один десяток років. Наприклад, кулі можуть вивільняти свинець, який потім поглинатимуть рослини. Свинець, розподілений у різних фракціях ґрунту, спочатку може бути інертним, але потім стає реакційноздатним через зміну умов ґрунту (наприклад, рН, вологість). Окрім свинцю, із залишками зброї у ґрунт потрапляють такі метали як хром (Cr), миш'як (As), ртуть (Hg), нікель (Ni), цинк (Zn) і кадмій (Cd). Зважаючи на всю серйозність та небезпеку ситуації, що склалася, в Україні науковці вже шукають шляхи вирішення проблеми забруднення ґрунтів внаслідок війни. Фахівці зайняті розробкою інструментарію та механізмів, впровадження яких дозволить мінімізувати наслідки воєнних дій у подальші роки. Проведені нами дослідження проб ґрунту після вибуху крилатих ракет свідчать про значний антропогенний вплив на ґрунтове середовище, що відповідно буде негативно впливати і на довкілля.

*Петрушка І. М., д. т. н., професор, Петрушка К. І., к. т. н., доцент,
Голдріч А. І., аспірант*

*Національний університет «Львівська політехніка»,
м. Львів, Україна*

ПРОГНОЗУВАННЯ ВПЛИВУ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ НА ГРУНТОВЕ СЕРЕДОВИЩЕ

Одним із найдраматичніших способів впливу людини на ґрунт є військова діяльність. Він передбачає фізичні порушення внаслідок будівництва оборонної інфраструктури, риття траншей або тунелів, ущільнення через переміщення обладнання та військ або утворення кратерів бомбами. Крім того, вибухи можуть видалити велику кількість землі, утворюючи порожнисту засипку з порушеним ґрунтом, забрудненим металевими уламками та попелом (так звана, бомбова турбація порушує ландшафт, оскільки змішує ґрунтові горизонти, що призводить до значної трансформації рельєфу та властивостей ґрунту. Військові дії призводять до екологічних проблем, пов'язаних із накопиченням різноманітних забруднюючих речовин у ґрунті та поверхневих водах. Злочини проти довкілля також є частиною військових злочинів. Відповідно до Женевської конвенції, «забороняється використовувати методи або засоби ведення війни, які мають на меті завдати або, як очікується, завдадуть широкомасштабної, тривалої та серйозної шкоди навколишньому середовищу».

Хімічні речовини, що використовуються в боєприпасах і вибухових речовинах, – це довгий список органічних і неорганічних речовин, які можна розділити на: потенційно токсичні елементи (PTE), енергетичні сполуки (ЕС) і бойові хімічні. PTE з постраждалих від війни територій – це переважно Pb та пов'язані з ним забруднювачі, включаючи сурму (Sb), хром (Cr), миш'як (As), ртуть (Hg), нікель (Ni), цинк (Zn) і кадмій (Cd). Вибухові речовини містять величезну кількість Pb і Hg, зокрема фульмінат ртуті (II). Zn, Cu, Ni, Pb і Cr використовуються для покриття куль, ракет, стволів гармат і військових транспортних засобів. Ва, Sb і В – зарядні сполуки для зброї, а W – кінетичне бомбардування через його високу щільність (19,3 г/см³.)

Після потрапляння в навколишнє середовище більша частина PTE у боєприпасах окислюється під час контакту з повітрям і конденсується в дрібні частинки в атмосфері, а потім осідає в екологічних матрицях під час опадів. Із часом PTE може мобілізуватися, й тоді нові мінерали (переважно оксиди) можуть випадати в осад, починаючи з перенасиченого ґрунтового

розчину. Різні фракції ґрунту можуть спочатку бути інертними, але потім стають реактивними після зміни умов ґрунту (наприклад, рН, вологість) або коли їх кількість у ґрунті перевищує сорбційну здатність ґрунту.

Основна мета досліджень – визначити ступінь забруднення ґрунтів у постраждалих від війни регіонах України. Ми зосереджені на ідентифікації потенційно токсичних елементів (РТЕ) і характеристики екологічного ризику. Визначення вмісту важких металів у ґрунті внаслідок бойових дій базується на даних, отриманих двома методами – РФА та ІСП. Вплив потенційно токсичних елементів досліджуваного ґрунту на рослини охарактеризовано на основі схожості. Наслідки та прогнозовані варіанти антропогенного впливу базувалися на основі отриманих експериментальних даних. У результаті нами сформована схематична блок-схема дослідження, яка представлена на рисунку 1:

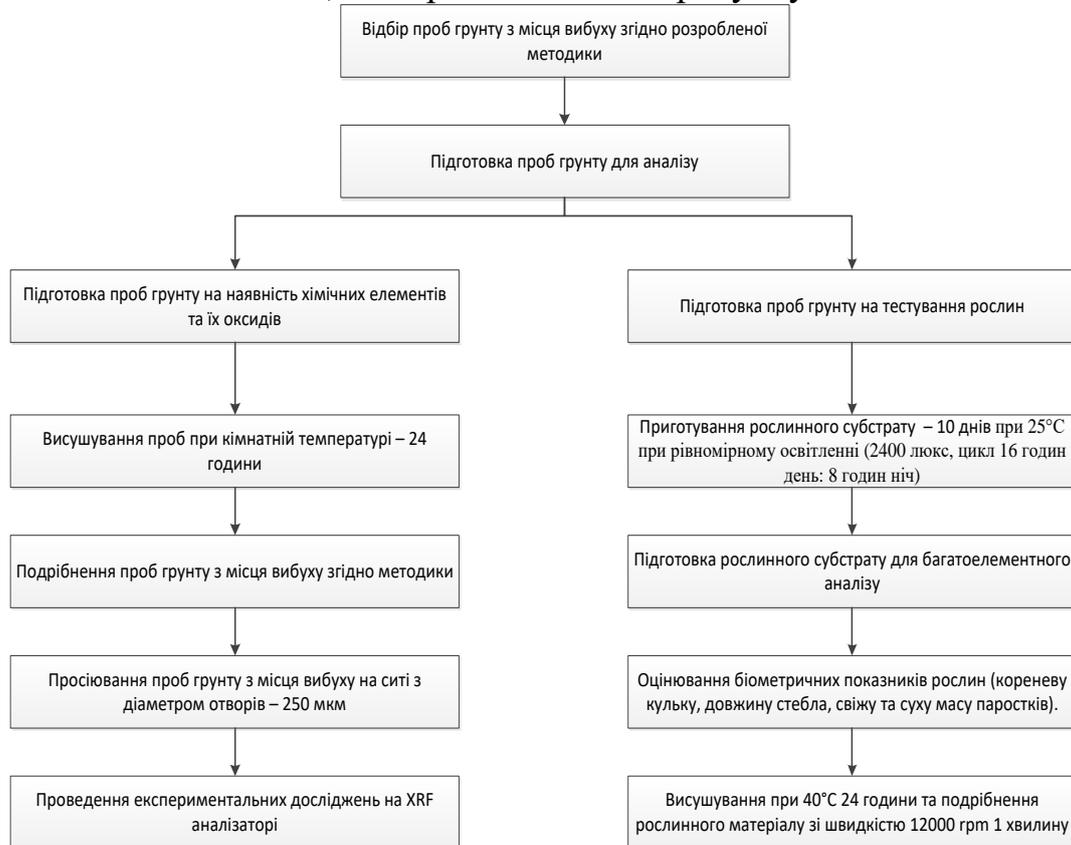


Рисунок 1 – Схема експериментальних досліджень проб ґрунту

Щоб перевірити здатність до вимивання та біодоступність елементів, присутніх у ґрунті, були проведені тести екстракції відповідно до європейських стандартів EN 15958:2011 (екстракція у воді) та EN 15957:2011 (екстракція нейтральним цитратом амонію). Багатоелементний склад оцінювали методом ICP-OES (ICP-OES Varian Vista-MPX, Австралія). Аналіз проводили окремо для ґрунту, рослинної сировини та різних екстрактів із повною компенсацією ефектів матриці з урахуванням принципів простежуваності вимірювань.

Мікроструктуру зразків ґрунту проаналізовано методом скануючої електронної мікроскопії за допомогою скануючого електронного мікроскопа SEM (Quanta 250 FEI, Нідерланди) з вольфрамом. Крім того, SEM, оснащений енергодисперсійним EDS – спектрометром (Octane Elect EDAX TEAM. Оцінку забруднення ґрунту характеризували такими факторами: коефіцієнт забруднення (Cf), фактор екологічного ризику (Er), індекс потенційного екологічного ризику (RI) та індекс геоаккумуляції (Igeo). істотуваним для підтвердження наявності важких металів у зразках ґрунту.

Аналіз досліджуваного ґрунту методом екстракції свідчить про більшу ефективність використання лимонної кислоти як екстрагента по відношенню до таких важких металів, як цинк, мідь, хром. Відповідно, надлишок цих елементів уповільнює ріст рослини. Зокрема, уповільнення росту рослин у межах 5-10% характерне для зразків, які містять надлишок цинку, хрому, нікелю та титану.

Значення розрахункового індексу геоаккумуляції для кожного окремого елемента, зокрема міді, цинку та свинцю, знаходиться в зоні помірного забруднення ґрунтів ($1 < I_{geo} < 2$). Проте значення коефіцієнта оцінки екологічного ризику, який враховує сумарний вплив усіх елементів ($NIRI = 49,001$ та $NIRI = 54,941$), свідчить про те, що досліджувана територія є сильно забрудненою. Фактор екологічного ризику (Er) дозволяє прогнозувати величину впливу важких металів на навколишнє середовище. Найбільший фактор ризику характерний для хрому, цинку і кадмію.

Дані тематичні дослідження впливу військових дій розглядають лише один регіон України, вказують на серйозну загрозу громадській безпеці та наразі становлять серйозну небезпеку для здоров'я людей. На даний час дослідження впливу військових дій різного характеру (ракетні, гарматні, безпілотні літальні апарати-камікадзе, безпілотні літальні апарати тощо) вивчені недостатньо, тому поставлена мета є актуальною не лише для України, а й для всієї країни. планета.

Отже, військові дії в Україні мають наслідки для біосфери, яка зазнає негативного впливу бойових дій, спричиняючи її руйнування та деградацію, – це ґрунти. У всіх пробах ґрунту виявлено перевищення гранично допустимих концентрацій важких металів. Найбільш забрудненим є ґрунт після вибуху в Залізничному та Стрийському районах. Усі проби ґрунту характеризуються значним перевищенням гранично допустимих концентрацій таких елементів, як титан (у два рази), цинк (в чотири рази), мідь (у шість разів) та нікель (у 2,5 рази), що підтверджується експериментальними даними, отриманими за Методи XRF та ICP.

Прокопенко Н. В., к. б. н., доцент

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

м. Харків, Україна

ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМИ УТИЛІЗАЦІЇ СЕЗОННИХ ВІДХОДІВ ЗЕЛЕНИХ ЗОН МІСТА

Зелені насадження та міські ліси – невід’ємна частина сучасного міста та найважливіша складова його екологічної безпеки. Ці зелені масиви входять до системи життєзабезпечення міста, як найважливіший фактор, що забезпечує комфортність та якість середовища проживання людини, а також як обов'язковий і важливий елемент міського ландшафту.

Рослинність у місті є також важливим стабілізуючим фактором, що знижує напруженість та конфліктність природного та техногенного міського середовища. У межах міської забудови зелені насадження виконують певні санітарно-гігієнічні функції. Вони поглинають з повітря ряд різних за хімічним складом та ступенем токсичності забруднюючих речовин, нейтралізують їх в клітинах, і таким чином сприяють збереженню газового балансу в атмосфері, біологічному очищенню приземного шару повітря. Зелені рослини відіграють величезну роль у збагаченні навколишнього середовища киснем і поглинанні діоксиду вуглецю.

Також рослини здатні підвищувати іонізацію повітря, збагачувати його різноманітних фітонцидами. Зелені насадження знижують рівень міського шуму, послаблюючи звукові коливання в момент проходження їх крізь гілки, листя та хвою. Аналогічні здібності щодо поглинання шуму мають також трав'яні газони та системи вертикального озеленення. Вони покращують мікроклімат міської території, перешкоджають надмірному перегріву ґрунта, стін будівель, тротуарів і, таким чином, створюють більш комфортні умови для відпочинку на відкритому повітрі. В інфрачервоній (тепловій) області сонячного спектру рослини мають дуже високу величину альбедо – близько 90%.

Збільшення відносної вологості повітря, як компонент показників покращення мікроклімату, пов'язане зі здатністю випаровувати воду рослинним покривом. Завдяки великому випару води листям зелені насадження збільшують вологість довкола себе на 20-30%. Змінюючи швидкість і напрям вітрових потоків, зелені насадження підвищують повітрообмін міських територій, також певним чином сприяють формуванню комфортних температур. При цьому, правда, слід відмітити, що в реальних умовах міського середовища лише значні за площею зелені масиви мають помітний вплив на мікроклімат території, а також захищають забудову від

пилу та газів тільки в тому випадку, якщо вони розташовуються між джерелом забруднення та забудовою. Саме тому одним із пріоритетних напрямків вдосконалення міських територій є розширення площі зелених насаджень.

Однак одночасно з необхідністю і бажаністю збільшення кількості зелених насаджень, важливою проблемою в містах є проблема раціонального, екологічно безпечного поводження з опалим листям. Масу такого листя формують листові пластини з дерев та чагарників міських парків, вулиць, насаджень прибудинкової території та скверів

На сьогодні в Україні прийнята наступна схема поводження з опалим листям: під керівництвом місцевих структур житлово-комунального господарства, в осінній період, проводиться збір листя і, в найбільш оптимістичному варіанті, вивезення на полігони твердих побутових відходів; при найгіршому сценарії, в деяких віддалених районах великих міст збір опалого листя не проводиться взагалі. При цьому, природні процеси розкладання листової біомаси дуже складні та тривалість їх становить понад два роки. Утилізація на полігонах відходів потребує значних фінансових витрат, а спалювання (що достатньо часто є розповсюдженим побутовим способом утилізації маси листя) призводить до забруднення навколишнього повітряного середовища.

Аналіз способів утилізації опалого листя, які використовуються, або можуть бути використаними на сьогодні показав, що є декілька достатньо традиційних способів, що вже використовуються, а також декілька перспективних, однак їхнє широке використання потребує додаткових досліджень.

У даний час існує кілька достатньо широко використовуваних способів утилізації листя: збирання та компостування опалого листя, заорювання опалого листя при міжрядній обробці садів і гранулювання опалого листя для використання у вигляді горючих пелет або гранул для підвищення родючості ґрунтів.

До відносно нових способів утилізації опалого листя можна віднести метод вермікомпостування. Вермікомпостування – приватний аспект вермикультивування (вирощування дощових хробаків на органічних субстратах), пов'язаний із отриманням особливого продукту переробки дощовими хробаками органічних субстратів – вермікомпоста. Вермікомпост, отриманий з різних побутових, сільськогосподарських, різного рода рослинних, відходів, є хорошим добривом і стимулятором росту різних культур. У ряді випадків вермікомпостування розглядається як універсальна широкодоступна методика підвищення родючості ґрунтів, що не вимагає особливих знань і зусиль.

Виходячи з фундаментальних уявлень про еволюційну екологію дощових черв'яків, як самодостатній харчовий субстрат для цієї групи організмів слід розглядати різноманітні види й форми відмираючої

органічної речовини рослин: деревний листовий опад, суха трава, дерева, що напіврозклалася, кора тощо. Якими б не були вихідні харчові субстрати вермикомпостування, вони повинні містити воду і три органогени: вуглець, кисень та азот. Без цього комплексу речовин повноцінний процес вермикомпостування буде практично неможливий, у тому числі через неоптимальні умови для життєдіяльності угруповань мікроорганізмів.

Застосування вермикомпоста як добрива має здійснюватися з урахуванням контролю його складу, зокрема і мінерального компонента. Ще більш прогресивний підхід полягає у спрямованому варіюванні хімічного складу біогумусу за допомогою використання вихідних субстратів різної природи – наприклад, сумішей, що містять різні види гною, торфу та листовий опад від рослин різних видів. На наш погляд, у перспективі, різноманіття комбінацій вихідних компонентів дозволить отримати ряд кінцевих продуктів вермикомпостування, відрізняються між собою за такими параметрами, як вміст калію, азоту, кальцію та деяких інших елементів мінерального живлення. При цьому кожен вид біогумусу має специфічні корисні властивості для певних рослин і на певних етапах онтогенезу.

Крім того, достатньо перспективним є використання листового опад для виробництва пластику. Високий вміст лігніну в опалому листі дозволяє говорити про можливість її застосування як добавка до наповнителя для отримання пластику без додаткового в'язучого. Тобто формується полімерний композит на основі матеріалів з деревини та відходів палого листя. При цьому отримані матеріали мають немало корисних властивостей. Висока щільність одержуваного матеріалу обумовлена в першу чергу фракційним складом прес-матеріалу. Більш дрібні частки володіють значною відносною ущільненістю в процесі пресування. Збільшення відсоткового вмісту листя в прес-матеріалі також призводить до збільшення щільності одержуваного матеріалу. Це, швидше за все, пов'язано з пластичною деформацією листя в процесі пресування.

Таким чином, відходи опалого листя мають значний, проте досі недостатньо вивчений, ресурсний потенціал. Зростає інтерес до використання опалого листя як потенційної сировини рослинного походження. Інтенсивно впроваджуються технології утилізації цього виду відходів у органічні добрива, ґрунтові меліорати, тверде альтернативне паливо тощо. Крім того, існують технічно можливі напрями ефективного використання цієї сировини для виробництва пластику, целюлози та ін.

ОЗНАКИ МОЖЛИВОЇ НАЯВНОСТІ ДІОКСИНІВ У ПИТНИХ ВОДАХ ОКРЕМИХ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ

Серед хлорорганічних сполук (ХОС) у питних водах найбільшу екологічну небезпеку мають такі основні групи діоксинів: поліхлоровані дибензо-пара-діоксинів (ПХДД), поліхлоровані дибензофурани (ПХБФ), поліхлоровані біфеніли (ПХБ). Серед них 2,3,7,8-тетрахлордобензо-пара-діоксин (ТХДД) найбільш токсичний, а тому його токсичність прийнято за одиницю та інші хлоровані вуглеводні мають свій коефіцієнт токсичності відносно ТХДД. Діоксини мають високу температуру плавлення, дуже низьку леткість, нерозчинні у воді, але вони можуть поглинатися завислими (колоїдним) домішками. Завдяки гідрофобним властивостям вони адсорбуються твердими частинками і накопичуються у донних відкладах (мулах) водойм.

При наявності їх у питній воді діоксини мають канцерогенний ефект, руйнують ендокринну систему, згубно впливають на розвиток ембріона, викликають імунодефіцит, підвищення чутливості до інфекційних захворювань. Допустима добова доза цих екоотоксикантів не повинна перевищувати 320 піктограм (пг). Наприклад, у США діоксини входять до переліку показників вищого рівня екологічного ризику та згідно стандартів якості питної води, встановлених Агенцією із захисту довкілля (ЕРА), їх концентрація не повинна перевищувати 0,00000003 мг/дм³. За даними ВООЗ, концентрація діоксинів у питній воді зазвичай не перевищує 0,1-0,5 нг/дм³. Відповідно, людина, випиваючи 2 дм³ води на день, буде отримувати добову дозу в 0,01-0,02 нг/кг, а місячну в 0,2-0,6 нг/кг (при масі тіла 50-100 кг), а допустимий рівень щомісячного надходження становить 70 пг/кг або ж 0,07 пг на місяць. Системних досліджень вмісту діоксинів у питних вод в Україні немає, передусім, через складність методів визначення їх, а поодинокі експерименти сильно розрізнені. Крім того, у ДСанПіН 2.2.4-171-10 [1] немає окремої норми для діоксинів.

Визначення діоксинів – це дорога хіміко-аналітична процедура, яку можуть здійснювати лише окремі лабораторії, наприклад, оснащені хромат-мас-спектрографами. В той же час, потенційна загроза забруднення питних вод діоксинами опосередковано може бути оцінена шляхом визначення фенолів – попередників діоксинів. Крім того, феноли – це група небезпечних промислових органічних сполук, а тому для багатьох регіонів України це необхідно ураховувати тому, що основним джерелом централізованого водопостачання є поверхневі води, а існуючі системи

водопідготовки мають дуже низьку ефективність очищення від цих екотоксикантів. Тому доцільно використання непрямих методів оцінки їх можливої наявності у питних водах регіонів України.

Діоксини виділяються в навколишнє природне середовище внаслідок роботи хімічної, целюлозно-паперової та нафтопереробної промисловості, автомобільного транспорту, сміттєспалювальних заводів тощо. Однак, ПХДД і ПХДФ можуть утворюватися безпосередньо у питній воді. Істотним фактором новоутворення діоксинів у водопровідних комунікаціях може стати процес знезараження питної води шляхом обробки молекулярним хлором.

Понад 80% населення України забезпечуються питною водою за рахунок річкових водозаборів, для знезараження води яких зазвичай застосовується скраплений хлор. Внаслідок взаємодії органічних речовин з хлором утворюються ХОС. На водоочисних станціях звичайно видаляють майже 90% діоксинів, хоча іноді їх концентрація збільшується після хлорування. Вода основних відкритих джерел водопостачання України (Дунай, Дністер, Південний Буг, Дніпро, Сіверський Донець та інші річки) містить значну кількість органічних речовин природного походження. Забруднення річок і водосховищ органічними речовинами зростає внаслідок скидання стічних та інших зворотних вод, у яких навіть після повного біологічного очищення залишаються різні органічні сполуки, а саме: 18- 22% – гумусові сполуки, 6,5-10% – нафтопродукти, а також аніонні поверхнево-активні речовини, вуглеводні, протеїни, таніни та ін. Вміст фенолів коливається від 10 до 140 мг/дм³. Протягом року в басейн Дніпра надходить 50,14-67,2 т фенолів, Дністра – 1,62 т, Дунаю (у межах України) – 0,36-0,47 т, Сіверського Донця – 10,39-12,9 т.

У процесі хлорування питної води утворюються сполуки, здатні трансформуватися в діоксини. Наприклад, гумінові кислоти та фульвові кислоти, що знаходяться у воді, є природними джерелами фенолів, вони у процесі хлорування перетворюються на поліхлорбіфеніли та хлорфеноли.

У поверхневій водній об'єкти феноли надходять зі стоками промислових підприємств. Феноли природного походження є необхідним компонентом біосистем, обов'язковим учасником і продуктом метаболізму рослинних та тваринних організмів, не становлять жодної небезпеки. Відомо, що феноли природного походження розповсюджені в поверхневих водах (наприклад, низькомолекулярні феноли утворюються із гумінових та фульвових кислот при їх мікробіологічній або гідролітичній деструкції). Крім того, джерелами фенолів можуть бути продукти метаболізму синьо-зелених водоростей в період їх масового розвитку. В незабруднених або слабо незабруднених річкових водах вміст фенолів не перевищує 20 мкг/дм³, але перевищення природного фону може бути показником забруднення водного об'єкту. У такому разі вміст фенолів може сягати десятків і навіть сотень мкг/дм³. Нагадаємо, що у водопровідній воді вміст летких фенолів

не повинен перевищувати 0,001 мг/дм³ [1]. За даними [2] були зафіксовані такі середньорічні значення вмісту фенолів: Південний Буг та його притоки – 0,001 – 0,005 мг/дм³; Дніпро та його притоки – 0,001-0,006 мг/дм³; річки Приазов'я – 0,001-0,003 мг/дм³. Як бачимо, вміст фенолів у річкових водах, як правило, перевищує значення ГДК для водних об'єктів як господарсько-питного (0,001 мг/дм³), так і рибогосподарського ($\leq 0,001$ мг/дм³) призначення.

У залежності від частоти та об'ємів надходження фенолу до поверхневих вод, а також темпів його деструкції, концентрації фенолу в них можуть бути різними. У чистих природних водах його вміст складає близько 0,01-2,0 мкг/дм³, у той час як води річок, забруднених промисловими стоками, можуть містити більше 40 мг/дм³. У поверхневих водах як джерелах питного водопостачання вміст фенолів нормується значенням < 1 мкг/дм³ для I класу якості води і < 50 мкг/дм³ для IV класу [3]. Згідно з дослідженнями [4], феноли та їх похідні можуть здійснювати негативний вплив на водні об'єкти навіть при концентрації нижче за 0,1 мг/дм³.

Феноли та інші речовини природного або штучного походження, які потрапляють у водні джерела, можуть перетворюватися в ПХДД та ПХДФ такими шляхами: 1) прямий синтез ПХДД і ПХДФ в процесі хлорування домішок дібензофурану та дібензо-пара-діоксинів молекулярним хлором; 2) хлорування фенолів техногенного походження та природних гумінових і фульвових кислот із подальшим перетворенням утворюючих хлорфенолів в ПХДД; 3) у процесі додаткового хлорування, тобто перетворення ПХДД і ПХДФ в нові гомологи та ізомери з більшої кількістю атомів хлору. Крім того, діоксини потрапляють у питну воду в результаті не тільки хлорування фенолвмістких вод, але і з «кур'ерами», тобто із зваженими частинками коагулянтів. Трансформація вихідних фенолів в хлорпохідні, що відбувається на стадії знезаражування питної води активним хлором, – це наступна небезпечна проблема. І хоча достатньо жорсткі вимоги до вмісту окремих хлорфенолів у водопровідній воді ($\leq 0,0003$ мг/дм³) [1] зумовлені їх органолептичними властивостями, необхідно враховувати їх мутагені і канцерогенні властивості. Хлорфеноли є дуже небезпечними політантами, що пов'язано з токсичністю самих фенолів і утворенням діоксинів при конденсації двох молекул хлорфенолів.

Традиційно вважається, що хлорфеноли у питній воді утворюються внаслідок прямого хлорування фенолу, або іншим джерелом хлорфенолів можуть бути хлоровані гумусові кислоти, які утворюються на стадії дезінфекції питної води активним хлором, а їхня подальша деструкція супроводжується утворенням різних низькомолекулярних хлорорганічних сполук, у тому числі і хлорфенолів.

При підвищенні концентрації біомаси синьо-зелених водоростей до 100 мг/дм³ сухої речовини падає киснева продуктивність клітин,

посилюються процеси розкладання і у водному середовищі накопичуються органічні речовини та продукти їхнього розпаду. У воді з'являються феноли у концентрації, що перевищує ГДК до 200 разів. Наприклад, влітку 2009 року, коли були зафіксовані аномально високі температури води і підвищені концентрації біогенних речовин у Нижньому Дністрі, спостерігалися процеси евтрофікації річкової води, що не тільки ускладнювало функціонування водоочисної станції «Дністер», але могло бути причиною потрапляння у водопровідну систему вод з підвищеним вмістом фенолів і гумусових кислот, при хлоруванні яких могли утворюватися не тільки хлорфеноли, але й інші ХОС.

Що ж стосується утворення діоксинів при кип'ятінні, то одними дослідниками вважається, що не існує будь-яких підстав для цього, тому що для їх утворення потрібні три умови: наявність у воді розчинених органічних сполук (природних або штучних), вільного хлору та високої температури (570-1300 °С). Тому діоксини потрапляють у воду не на стадії кип'ятіння (100 °С), а на етапі її знезараження активним хлором і при наявності у воді органічних сполук, наприклад, гумінових кислот та фульвових кислот. Слід зазначити, що сполуки хлору при наявності кисню, незалежно від їх властивостей, розкладаються з утворенням діоксинів, а їх гарантоване руйнування можливо лише при температурі понад 1250 °С, тобто при кип'ятінні водопровідної води формування цих екологічно-небезпечних сполук ймовірно, а якщо вони є у воді від самого початку, то нагрівання до 100 °С не зможе їх нівелювати. Крім того, при кип'ятінні водопровідної води зростає концентрація фенолів та хлорфенолів (при 15-хвилинном кип'яченні концентрація фенолів зростає в 3,5 разів).

Використані інформаційні джерела:

1. ДСанПіН 2.2.4-171-10 Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною.

URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=27272 (дата звернення: 21.10.2023).

2. Огляд стану забруднення навколишнього природного середовища на території України за даними спостережень гідрометеорологічних організацій у 2020 році. URL: <http://cgo-sreznevskiy.kyiv.ua/data/ukr-zabrudviz-1/oglyad-stanu-zabrudnennya-2020-sayt.pdf> (дата звернення: 21.10.2023).

3. ДСТУ 4808:2007 Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=53159 (дата звернення: 21.10.2023).

4. Mahajan S. P. Pollution Control in Processes Industries. New Delhi : Tata McGraw-Hill, 1994. 273 p.

*Смоляр Н.О., к. б. н., доцент,
Бездудний В.В., магістрант*

*Національний університет
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

АНАЛІЗ КІЛЬКІСНИХ І ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОЇ МЕРЕЖІ ПОЛТАВСЬКОЇ ГРОМАДИ (УКРАЇНА)

У контексті реалізації екологічної політики держави з метою забезпечення національних інтересів було прийнято Указ Президента України від 30 вересня 2019 року «Про цілі сталого розвитку України на період до 2030 року», серед яких зазначаються й ті, які спрямовані на запобігання втратам екосистемного та біологічного різноманіття, його відтворення та охорону.

Найбільш дієвим механізмом реалізації цих завдань є природозаповідання, оскільки природно-заповідні об'єкти й території є важливими біоцентрами збереження й відтворення біорізноманіття на всіх рівнях (індивідуальному, популяційному, видовому, ценотичному, біотопічному екосистемному, ландшафтному, біомному), а також ті осередки біорізноманіття, з яких біорізноманіття поширюється й на ті місцевості, які деградовані.

Відсоток заповідності конкретної території (природної чи адміністративної) є важливим показником її стану, збереженості природи й екологічної грамотності мешканців. Він вираховується як співвідношення загальної площі всіх природно-заповідних територій та об'єктів території до її загальної площі.

Природно-заповідна мережа Полтавської області станом на 1 січня 2021 року налічувала 393 об'єкти загальною площею 142,79 тис. га, що визначило показник заповідності в 4,97%. Природно-заповідний фонд (ПЗФ) Полтавської області репрезентують: національні природні парки – 2 (площа – 22792,62 га); регіональні ландшафтні парки – 5 (площа – 53056,45 га); заказники загальнодержавного значення – 20 (площа – 41226,9 га) та місцевого значення – 159 (площа – 38492,31 га); пам'ятки природи загальнодержавного значення – 1 (площа – 145 га) та місцевого значення – 137 (площа – 1739,03 га); ботанічний сад загальнодержавного значення – 1 (площа – 18 га); дендрологічні парки загальнодержавного значення – 2 (площа – 20,9 га) та місцевого значення – 1 (площа – 7,64 га); парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва загальнодержавного значення – 4 (площа – 442,5 га) та місцевого значення – 13 (площа – 179,64 га); заповідні урочища – 48 (площа – 7116,2 га) [2].

Уведення в Україні в 2021 році нового адміністративно-територіального устрою визначило в межах Полтавської області 60 територіальних громад, які знаходяться в чотирьох адміністративних районах – Кременчуцькому, Миргородському, Лубенському та Полтавському.

Проведений аналіз розподілу територій та об'єктів ПЗФ Полтавщини відносно окремих територіальних одиниць виявив, що показник заповідності Полтавської області дещо поступається національному (6,77%) та знаходиться на значно нижчому рівні, ніж європейський. Різняться він і за районами й за територіальними громадами [1].

Показник заповідності окремих територіальних громад коливається в досить широкому діапазоні – від 20,65% (у Кобеляцькій ТГ Полтавського району) до 0,025% (у Терешківській ТГ Полтавського району). А в трьох ТГ (Пришибська, Гоголівська, Ромоданівська) взагалі об'єкти ПЗФ відсутні [1], незважаючи на наявні природні ресурси та добрий стан збереження біорізноманіття окремих територій.

Полтавська ТГ є однією з 24 громад у Полтавському районі. Вона займає площу 54870,0 га, і за цим показником знаходиться на 6-му місці в районі. Однак, показник заповідності (0,46) є одним із найнижчих у розрізі територіальних громад у районі. Пов'язане це тим, що, незважаючи на відносно репрезентативну кількість об'єктів ПЗФ (37) загальною площею 266,36, майже всі вони (36 об'єктів; 97,3%) є точковими, тобто мають площу меншу 50,0 га.

У категоріальному відношенні ПЗФ Полтавської громади представляють:

- заказники (три об'єкти загальною площею всього 56,7 га), із яких два ботанічних («Рожаївський», «Руднянський») та один («Кротенківський») ландшафтний;
- пам'ятки природи ботанічні (26 об'єктів загальною площею 30,24 га): «Березовий гай», «Дуб пірамідальний», сім об'єктів збереження вікових дерев дуба звичайного під однаковою назвою «Дуб черешчатий», «Дуби черешчаті», два об'єкти збереження дубових насаджень під назвою «Дубовий гай», а також «Каштан Вавілова», «Каштанова алея», «Парк Полтавської дослідної станції», «Парк обласної лікарні»;
- парки – пам'ятки садово-паркового мистецтва (вісім об'єктів загальною площею 179,15 га): «Полтавський міський парк», «Бульвар Гоголя», «Бульвар Котляревського», «Корпусний сад», «Парк аграрного технікуму», «Парк агробіостанції педуніверситету», «Парк ім. Котляревського», «Парк на садибі Панаса Мирного», «Петровський парк».

Майже всі об'єкти ПЗФ Полтавської громади мають місцеве значення й тільки парк – пам'ятка садово-паркового мистецтва «Полтавський міський парк» – загальнодержавне.

Статус заказників забезпечує збереження біологічного різноманіття, зокрема й раритетного. Це – об'єкти природного блоку охорони. Ландшафтний заказник «Кротенківський» створений із метою збереження ландшафтів долин р. Ворскла, а саме – правого корінного берега річки із лучно-степовою й лісо-чагарниковою рослинністю, а також паркового насадження на території пансіонату «Кротенківський». Ботанічний заказник «Рожаївський» є найціннішим об'єктом ПЗФ не тільки Полтавської ТГ, а й Полтавської області, оскільки на його території охороняється рослинний світ лучних степів, у складі якого чисельні популяції рідкісних созофітів – сім видів, включених до Червоної книги України, та п'ять – до регіонального списку. Мета ботанічного заказника «Руднянський» – збереження сосново-дубових насаджень на борівій терасі р. Ворскла з багатим рослинним і тваринним світом, у складі яких – і рідкісні созофіти (два види включені до Червоної книги України, 10 – до регіонального списку).

Статус ботанічної пам'ятки природи забезпечує охороною вікові та меморіальні дерева дуба звичайного (12), дуба піраміадного (1), гіркокаштану звичайного (1), групи дерев дуба звичайного (2), алеї (1), бульварів і гаїв (5), парків міста (10).

Парки – пам'ятки садово-паркового мистецтва створені з метою збереження цінних паркових насаджень із колекційними блоками, які є зразками зеленого та паркового будівництва, і є цінними в історичному та краєзнавчому аспектах.

Усі природно-заповідні об'єкти Полтавської громади виконують важливі екологічні, краєзнавчі, рекреаційні та просвітницькі функції. Вони є об'єктами екскурсійної та полігонами еколого-просвітницької діяльності.

Одним із найціннішим і еталонним об'єктом ПЗФ колекційного блоку в межах Полтавської громади є парк – пам'ятка садово-паркового мистецтва «Полтавський міський парк». Створений як об'єкт ПЗФ колекційного блоку, в межах нього охороняється й спонтанне природне біорізноманіття, зокрема й цінний лісовий масив природнього походження «Яківчанський ліс» – останець природних дібров, так званого, «зеленого кільця» Полтави.

Для стабілізації екологічного стану території громади, реалізації ідей стійкого розвитку на рівні громади важливими є й питання підвищення показника заповідності, зокрема шляхом створення нових об'єктів ПЗФ. Нами в попередніх публікаціях [1] наголошувалося на заповіданні лісового масиву в межах Полтави «Гришків ліс», природних та напівприродних місцевостей у районі Монастирської гори, природних комплексів лівого берега р. Ворскла районі села Вакуленці (соснові

насадження, вологі ліси із тополь та вільхи, водойм та заплавлених лук), водоохоронні зони річок Ворскли й Коломаку в районі Прирічкового парку та інших територій – осередків збереження біорізноманіття.

Використані інформаційні джерела:

1. Голік Ю. С., Смоляр Н. О., Остапенко П. О., Чепурко Ю. В. *Особливості розподілу територій і об'єктів природно-заповідного фонду Полтавської області в умовах нового адміністративно-територіального устрою України* // *Екологічні науки*. 2021. Вип.6 (39). С. 171–177.

2. *Природно-заповідний фонд Полтавської області : Реєстр-довідник* / Смоляр Н.О. Полтава : ШвидкоДРУК, 2014. 149 с.

3. *Регіональна екомережа Полтавщини / колектив авторів під заг. ред. О.М. Байрак*. Полтава : Верстка, 2010. 214 с.

4. Смоляр Н.О., Гостудим О.М. *Сучасна природно-заповідна мережа м. Полтави та перспективи її оптимізації* // *Географія та екологія Полтави : Збірник матеріалів Всеукр. наук.-практ конф. Полтава : Верстка, 2008. С. 7–17.*

УДК 502.173:574.1(477.53-751.4)

Смоляр Н.О., к. б. н., доцент,

Бондар С. О., магістрант

*Національний університет «Полтавська політехніка
імені Юрія Кондратюка»*

**ПЕРСПЕКТИВИ ОХОРОНИ ПРИРОДНИХ КОМПЛЕКСІВ І
РАРИТЕТНОГО БІОРИЗНОМАНІТТЯ В ОКОЛИЦЯХ
с. НИЖНІ МЛИНИ ПІД ПОЛТАВОЮ**

Біорізноманіття є національним ресурсом України, збереження та невиснажливе його використання визнано одним із головних пріоритетів державної політики у сфері природокористування, екологічної безпеки та охорони довкілля, невід'ємною умовою поліпшення його стану та екологічно збалансованого соціально-економічного розвитку.

Збереження біорізноманіття в Україні розглядається як система заходів щодо збереження екофонду – ієрархічної системи біоти, що охоплює гено-, демо-, цено-, екосистеми, біоми в їх єдності з навколишнім природним середовищем. Такий підхід до збереження біорізноманіття означає, що антропогенна діяльність повинна орієнтуватися на максималізацію природних процесів та об'єктів у довкіллі й мініміалізацію втручання в біосферу.

Дієвим механізмом такого підходу є природозаповідання, тобто створення на територіях із репрезентативними та унікальним біорізноманіття (на видовому, популяційному, ценотичному,

екосистемному, ландшафтному, біотопічному рівнях) об'єктів природно-заповідного фонду відповідної категорії, для кожного з яких чітко визначено умови режиму заповідності.

В умовах всезростаючого антропогенного навантаження та природні та напівприродні території ця проблема постає надзвичайно актуально і для Полтавської області. Хоча сучасна природно-заповідна мережа Полтавщини є в цілому репрезентативною за кількісними й якісними показниками [3], все ж для області визначено умови та ресурси й для розширення площ природно-заповідного фонду, що оговорюється як в державних, так і європейських доктринах.

Одним із таких об'єктів, перспективним для заповідання, є частина відносно добре збереженого долинного комплексу р. Ворскла в її середній течії в околицях с. Нижні Млини під Полтавою. Нами пропонується створення на цій території ландшафтного заказника місцевого значення (перспективного природно-заповідного об'єкта) місцевого значення.

В адміністративному відношенні територія розташована в межах Полтавської територіальної громади в Полтавському районі Полтавської області. У системі фізико-географічного районування України досліджувана територія знаходиться в межах Східно-Полтавської підвищеної області Лівобережно-Дніпровської лісостепової провінції Лісостепової зони Східно-Європейської країни, за геоботанічним районуванням України [5] – до Роменсько-Полтавського (Дикансько-Котелевського) геоботанічного округу Лівобережно-Придніпровської підпровінції Східно-Європейської провінції Європейсько-Сибірської лісостепової області. Територія розташована в лісостеповій зоні (з переважанням природних ландшафтів лісостепового типу східноєвропейського рівнинного класу) [2]. В ландшафтному відношенні територія перспективного заказника є частиною долини р. Ворскла в її середній течії, а саме. Її репрезентують руслові, прируслові та заплавні структурні елементи.

Річка на цій ділянці звивиста, на заплаві сформовані лимани, старорічища й заболочені озера. На річці в околицях села Нижні Млини побудований шлюз-регулятор.

Рослинний покрив території є диференційованим і репрезентативним для такого роду місцевостей. Природні та напівприродні комплекси (лучні, лучно-болотні, болотні, заплавнолісові) приурочені до річища Ворскли, заплавних ділянок лівобережжя та правобережжя долини річки, а також до боровотерасових ландшафтів, зайнятих, в основному, різновіковими культурами *Pinus sylvestris* L., так званими, сосновими лісами.

На заплавних місцевостях долини р. Ворскла поширені лучні та болотні природні комплекси з явними ознаками галофітізації. Про засоленість ґрунтів у біотопах свідчить значне поширення таких видів рослин-галофітів як костриця східна (*Festuca regeliana* Pavl.), *Juncus*

gerardii Loisel., *Carex distans* L., *Trifolium fragiferum* L., *Alopecurus arundinaceus* Poir. та ін. Ближче до руслової частини річки та у зниженнях заплави формуються угруповання болотної рослинності із домінуванням *Phragmites australis* (Cav.) Trin ex Steud., *Bolboschoenus maritimus* (L.) Palla), *Typha angustifolia* L. У складі лучної рослинності представлені засолені та заболочені луки. Основними домінантами лучних угруповань, які формуються на середніх елементах заплави виступають злаки (*Elytrigia repens* (L.) Nevski), *Dactylis glomerata* L.) та осоки (зокрема *Carex distans*).

На знижених елементах рельєфу заплави в умовах ближчого залягання значно мінералізованих ґрунтових вод формуються угруповання болотистих лук. Типовими видами таких угруповань є *Geranium palustre* L., *Stachys palustris* L., *Phalaroides arundinacea* (L.) Rausch, *Lythrum virgatum* L., *Lycopus exaltatus* L. із набором фонових видів лучно-болотного різнотрав'я.

Біотопи слабозасолених лук є місцезнаходженнями видів, включених до Червоної книги України, – *Orchis palustris* (L.) Jacq. й *Fritillaria meleagroides* Patrin ex Schult.& Schult.f. (рис.1), де в різні роки виявлені різночисельні, життєві популяції, загрозами існуванню для яких є неврегульована рекреація, масове збирання квітучих рослин на букети, розвиток чагарникової рослинності в умовах відсутності помірного випасання та сінокосіння, ранньовесняні пали сухої рослинності та ін.



Рисунок 6 – Популяція *Fritillaria meleagroides* Patrin ex Schult.& Schult.f. (включений до Червоної книги України на заплавах луках в околицях с. Нижні Млини

На підвищених елементах рельєфу заплави та прирусловому піщаному валу сформовані угруповання остепнених лук, які перебувають на різних

стадіях заростання рослинністю. На найменш зарослих та гривистих ділянках зустрічаються угруповання жита лісового (*Secale sylvestre* Host) – рідкісного середземноморського псамофітного виду, який включений до регіонального списку Полтавської області [6]. Ценопопуляція чисельна. На час дослідження рослини перебувають у фазі плодоношення і поширення насіння. Вид є піонером заростання піщаних остепнених ділянок і виконує важливу екологічну функцію в сукцесійних процесах.

Лучно-болотні угіддя в межах перспективного заказника в останні роки слабо випасаються, тільки на деяких ділянках викошуються. На територіях, які меншою мірою використовуються як пасовища та сінокоси спостерігається наявність сухостою, забур'яненість і активне заростання дереватною рослинністю (груша звичайна (*Pyrus communis* L.), маслинка вузьколиста (*Elaeagnus angustifolia* L.), гльоди (*Crataegus* sp.) та ін.), що значно змінює екологічні умови лучно-болотних біотопів і є загрозою для типового лучного і лучно-болотного біорізноманіття, насамперед, рідкісних і вразливих його представників.

Водна рослинність у межах перспективного заказника приурочена до водних біотопів і представлена суто водною та прибережно-водною рослинністю. Особливістю поширення водної рослинності є її фрагментованість. Дуже рідко (в затоках, заводях та на старорічищах) зустрічаються угруповання латаття білого (*Nymphaea alba* L.) – виду, який охороняється в Полтавській області [1], і є індикатором якості води. Угруповання *Hydrocharis morsus-ranae*, *Nuphar lutea* та *Nymphaea alba* включені до Зеленої книги України [4]. Такі ценози різнорозмірні і мають вигляд переривчастих фрагментарних смуг. У таких умовах зустрічається ще один рідкісний вид – *Salvinia natans* (L.) All. – реліктова водна папороть, включена до Червоної книги України [9], Додатків Бернської конвенції. В окремі роки вона масово зустрічається на Ворсклі.

Ближче до берегів на мілкіших ділянках формуються угруповання прибережно-водної рослинності, які теж не утворюють заростей, а представлені фрагментарно, різними за площею угрупованнями, які в більшості мають «острівний» характер. Це значною мірою обумовлено хвилебоями від човнів, значною площею водних плес, і відповідно дією вітрів, а також витоштуванням (заходи до води, дрібні пляжі та ін.). Куртини таких угруповань утворюють доміанти – *Phragmites australis* (Cav.) Trin.ex Steud., *Typha angustifolia* L., *Sagittaria sagittifolia* L., *Glyceria maxima* (C. Hartm.) Holmb.), а подекуди й лепеха звичайна (*Acorus calamus* L.). Такі угруповання є цінними для формування відповідних біотопів, адже вони – місця гніздування, перебування та годівлі багатьох водно-болотних птахів (крижнів, крачків, водяних курочок, лисок та ін.).

Загальний флористичний список території перспективного заказника, визначений за результатами оригінальних досліджень, складає близько 400 видів вищих судинних рослин. У складі флори встановлена наявність п'яти

созофітів, три з яких включені до Червоної книги України (*Salvinia natans*, *Orchis palustris* і *Tritillaria meleagroides*) [9], а два (*Nymphaea alba*, *Secale sylvestre*) – до регіонального списку Полтавської області [6]. *Salvinia natans*, до того ж, має європейський статус охорони – вид включений до Додатку Бернської конвенції. На досліджуваній території виявлено чотири фітоценози включені до Зеленої книги України [4]: водні угруповання *Nymphaea alba*, *Nuphar lutea*, *Hydrocharis morsus-ranae* і *Sagittaria sagittifolia*. Угруповання *Secale sylvestre* на лучно-степових піщаних ділянках прируслового піщаного валу лівого берега Ворскли рекомендовані до регіональної Зеленої книги [8].

Щодо тваринного світу, то загалом тут можна зустріти близько 160 видів наземних хребетних, які об'єднані у 24 ряди, 56 родин та 114 родів. Фауну наземних хребетних парку можна розподілити за чотирма фауністичними комплексами: лісовим, прибережно-водним, лучно-степовим та синантропним. Серед наземних хребетних тварин відмічено шість видів, включених до Європейського Червоного списку, 13 – до Червоної книги України [9, 10] та 18 – до регіонального охоронного списку, 97 видів належать до II Додатку Бернської конвенції та 36 видів складають групу мисливських тварин.

Досліджувана територія, згідно зі схемою регіональної екомережі Полтавської області [7], входить до складу Ворсклянського екокоридору. За умови створення заказника, він стане його ключовою територією. До того ж, територію перспективного заказника розглядаємо й у складі інших перспективних об'єктів природно-заповідного фонду, наприклад, регіонального ландшафтного парку «Полтавський».

Таким чином, територія перспективного ландшафтного заказника в околицях с. Нижні Млини характеризується високими показниками наукової цінності біорізноманіття, виконує значні екологічні й природоохоронні функції. Створення такого об'єкта (з рекомендованою площею в понад 600 га та назвою «Нижньомлинський») значно розширить площу локальної природно-заповідної мережі Полтавської громади, підвищить показник заповідності її території й забезпечуватиме охороною біорізноманіття та природних комплексів, що стабілізуватиме екологічну рівновагу в регіоні.

Використані інформаційні джерела:

1. Байрак О.М., Стецюк Н.О. Атлас рідкісних і зникаючих видів рослин Полтавщини. Полтава : Верстка, 2005. 248 с.
2. Булава Л. М. Географія Полтавської області. Полтава, 1996. 540с.
3. Голік Ю. С., Смоляр Н. О., Остапенко П. О., Чепурко Ю. В. Особливості розподілу територій і об'єктів природно-заповідного фонду Полтавської області в умовах нового адміністративно-територіального устрою України // Екологічні науки. 2021. Вип.6 (39). С. 171–177.

4. Зелена книга України / під заг. ред. Я.П. Дідуха. К. : Альтерпрес, 2009. 448 с.
5. Національний атлас України ; голов. ред. Л. Г. Руденко ; голова ред. кол. Б. Є. Патон. К. : ДНВП «Картографія», 2007. 435 с.
6. Офіційні переліки регіонально рідкісних рослин адміністративних територій України (довідкове видання) / Укладачі: докт. біол. наук, проф. Т. Л. Андрієнко, канд. біол. наук М. М. Перегрим, Київ : Альтерпрес, 2012. 148 с
7. Регіональна екомережа Полтавщини / колектив авторів під заг. ред. О.М. Байрак. Полтава : Верстка, 2010. 214 с.
8. Смоляр Н.О. Зелена книга Полтавщини. Рідкісні й такі, що перебувають під загрозою зникнення, та типові природні рослинні угруповання: [Науково-методичне видання]. Полтава : Швидкодрук, 2014. 74 с.
9. Червона книга України. Рослинний світ / за ред. Я.П. Дідуха. К. : Глобалконсалтинг, 2009. 900 с.
10. Червона книга України. Тваринний світ / за ред. А.І. Акімова. К. : Глобалконсалтинг, 2009. 600 с.

УДК 502.12(4):911.375-043.96”366”

Смоляр Н. О., к. б. н., доцент, Кулікова В. В., магістрантка

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

ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ЗЕЛЕНИЙ КУРС – БАЗИС ДЛЯ ПОВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ ТА МОДЕРНІЗАЦІЇ УКРАЇНСЬКИХ МІСТ

Загальновідомо, що Європейський союз – економічний і політичний союз, який починався з утворення Європейської спільноти з вугілля і сталі. Сьогодні ж, замість видобувних копалин Європа хоче спиратися, насамперед, на відновлювану енергетику (вітер, сонце, водень та біогаз), і надважливий крок до цього – European Green Deal (Європейський зелений курс) – концептуальний план глобальної трансформації Європи на перший у світі кліматично нейтральний континент. Мета, задекларована Європейським зеленим курсом (далі – ЄЗК), – кліматично нейтральна Європа до 2050 року (проміжна ціль – до 2030 року скоротити викиди парникових газів щонайменше на 55% порівняно з рівнем 1990 року). Основну ставку в реалізації цього масштабного плану трансформації зроблено на європейські міста, адже за статистикою, саме міста відповідають за 60-70% світових викидів вуглецю. При цьому, саме в містах фактично сконцентровано інтелектуальний та виробничий

потенціал, який необхідний для ефективного здійснення реформ. Тож, ЄЗК безсумнівно стосується міст, а відповідним органам місцевої влади відведена важлива роль у його реалізації в якості посередників (між тими, хто приймає рішення та суспільством і бізнесом)[1].

Європейський союз безпосередньо залучає міста та регіони до розробки та реалізації інвестицій, які стосуються ЄЗК, зокрема через Комітет регіонів ЄС. При цьому в ЄС впроваджується ряд ініціатив щодо підтримання місцевих органів влади, які бажають активно впроваджувати «зелений курс», – Виклик для 100 розумних міст, Угода зелених міст, Декларація європейських міст із круговою економікою, Платформа справедливого переходу тощо [2].

Україна прагне бути повноцінним членом великої європейської родини і не залишається осторонь цього масштабного процесу впровадження глобальних змін. Так, Україна першою з країн поза ЄС заявила про добровільне приєднання до Європейського зеленого курсу в 2020 році. Було започатковано відповідний діалог між урядом України та Єврокомісією, розпочалась робота над формуванням українського зеленого курсу (при цьому було заявлено, що Україна досягне вуглецевої нейтральності у 2060 році).

Встановлено, що в Україні більшість екологічних реформ мають чітко виражену регіональну складову, адже вони покладають нові функції на місцеву владу та створюють суттєві можливості для регіонів. Ефективність виконання як Угоди про асоціацію з ЄС, так і ЄЗК безпосередньо залежить від впровадження на місцях необхідних нових механізмів та практик, і пов'язана з державною політикою в екологічній сфері [2].

З'ясовано, що 28 січня 2022 року Вінниця стала першим в Україні містом, яке ухвалило декларацію про Зелений курс. Тоді ж було затверджено відповідну Дорожню карту (документ визначив зацікавлені сторони, конкретні заходи на виконання декларації, строки їх виконання та відповідальних за це). Дорожня карта мала слугувати орієнтиром руху громади у напрямі зеленої трансформації та сприяти залученню зелених інвестицій, модернізації, впровадженню інновацій та цифровізації громади. До того ж, очільник міста зазначав, що Зелений курс Вінниці – це логічне продовження довгострокових планів громади у зеленому розвитку, зафіксованих як у Концепції інтегрованого розвитку Вінниці до 2030 року, так і в Стратегії 3.0. Зокрема, йдеться про такі пріоритети Стратегії розвитку громади у найближчі 9 років, як «Зелена економіка та смарт-спеціалізація» і «Доступне, безпечне та екологічно чисте середовище». Проте, далі цей процес призупинився через розпочату в лютому 2022 року повномасштабну війну росії проти України, яка внесла свої корективи у всі процеси [3].

Нині, коли пройшло майже два роки від лютого 2022 року в Україні виникло багато нових глобальних проблем, таких як знищення знаної

частини економічного потенціалу та виробничих потужностей, масштабне руйнування житлового фонду та інфраструктури в цілому, пошкодження й збитки, завдані довкіллю, біорізноманіттю тощо. І вже сьогодні потрібно думати й планувати те, яким буде відновлення країни: чи відбудуємо ми все «як раніше» і повернемося назад до часто не досить зручних та енергоефективних будинків та «мартеновських печей» чи будемо будувати нове екологічно безпечне та комфортне майбутнє, підвищувати енергоефективність будівель, відновлювати й зберігати природне середовище, підтримувати ініціативу громад щодо сталої енергії й клімату.

Декарбонізація житлових і нежитлових приміщень; низьковуглецева та ресурсоефективна промисловість; екологічно чистий транспорт; радикальне зменшення утворення промислових і побутових відходів та потреб у видобутку сировини завдяки переходу від лінійної моделі економіки до циркулярної; відновлення старих і створення нових міських екосистем шляхом активного озеленення та впорядкування місцевих водойм і запровадження та масштабування практики міського землеробства, відтворення біорізноманіття, акумуляція його екосистемних послуг і їх раціональне використання – такими мають бути українські відновлені міста завтра.

За результатами аналізу ситуації, що склалася, можна дійти висновку, що основними завданнями на шляху до втілення цього амбітного плану для України (з врахуванням специфіки та потреб кожного окремо взятого міста та регіону) мають бути такі: провести широкомасштабну термореновацію будівель для досягнення питомого споживання енергії на квадратний метр до середнього показника країн ЄС; будувати нові енергоефективні будівлі, будівлі стандарту «пасивний дім»; впровадити ефективну національну систему технічного регулювання з питань «зеленого» будівництва; підвищити ефективність індивідуального опалення та охолодження будівель, заміщуючи вуглецеємні енергоресурсні екологічно чистими – електричною та тепловою енергією з відновлюваних джерел; розвивати системи централізованого теплозабезпечення, охолодження та гарячого водопостачання на основі відновлюваних джерел енергії; впровадити технології акумулювання енергії на побутовому рівні та на промисловому рівні; популяризувати здійснення заходів із підвищення енергоефективності; знизити енергоємність промислової продукції до рівня економічно розвинених країн завдяки інноваційним енергоефективним технологіям; максимально ефективно утилізувати тепло, що утворюється від технологічних процесів; збільшити промислове виробництво водню та використання водню та інших синтетичних енергоресурсів, вироблених з відновлюваних джерел енергії; запровадити циркулярну економіку для підвищення ресурсної ефективності виробництва промислової продукції; переоснастити парк транспортних

засобів з двигунами внутрішнього згорання на електричні, водневі транспортні засоби та автомобілі на паливних елементах або інші, що відповідатимуть критеріям сталості та екологічності; оптимізувати структуру пасажиро- та вантажопотоку шляхом збільшення частки пасажиропотоку громадським транспортом, а частки вантажопотоку – залізничним; удосконалити планування транспортної мережі та маршрутів громадського транспорту; розвивати використання екологічного транспорту в містах; модернізувати та збільшити кількість водних і річкових портів; запровадити енергозбереження на всьому технологічному ланцюгу; забезпечити належний рівень процесів поводження та управління відходами; оптимізувати стан зелених насаджень міст і збільшувати їх площі до екологічно й законодавчо обґрунтованих показників тощо [4].

Окремим надважливим завданням для влади буде створення в цілому дієвих механізмів, які будуть спонукати і людей, і бізнес до прийняття «правильних рішень», спрямованих на впровадження зеленого курсу в життя (наприклад, це можуть бути відповідні пільги, нормативи та ін.).

Важлива роль у цьому процесі повинна бути відведена екологічному просвітництву як запоруки підвищення рівнів екологічної свідомості й культури громадян.

Таким чином, головними перевагами залучення України до Європейського зеленого курсу є застосування нових механізмів та втілення ідей щодо покращення міського простору й підвищення екологічної якості життя кожної окремо взятої людини, залучення зеленого фінансування та інвестицій і гарантований вихід на ринки ЄС, преференції та програми підтримки тощо. До того ж, в Україні, крім глобальних викликів, реальними є й глобальні можливості, адже більша частина країн світу готова протягнути нам руку допомоги та поділитися не лише своїми коштами, а й знаннями та досвідом.

Список використаних інформаційних джерел:

1. Навчальний курс «Європейський зелений курс (ЄЗК) та Україна»/Електронний ресурс. - Режим доступу: <https://prometheus.org.ua>.
2. Європейський Зелений курс (Інформація Представництва України при Європейському Союзі, опублікована 15 квітня 2021 року). – Режим доступу: <https://ukraine-eu.mfa.gov.ua>.
3. Вінниця – перша українська громада, яка проголосила Зелений курс (Інформація Вінницької міської ради). – Режим доступу: <https://www.vmr.gov.ua>
4. Концепція «зеленого» енергетичного переходу України до 2050 року [Текст]: Режим доступу: <https://www.menr.gov.ua>.

Титаренко Л. М., к. пед. н., доцент, Гаврилюк М. М., магістрант

*Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького,
м. Черкаси, Україна*

ТЕМПЕРАТУРНИЙ РЕЖИМ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ТА ДИНАМІКА ОПАДІВ НА ТЕРИТОРІЇ ЧЕРКАСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Незважаючи на прогрес щодо моніторингу та розуміння процесів зміни клімату, наукових досліджень потребують технічні та інституційні засади з метою розробки заходів адаптацій та пом'якшення наслідків зміни клімату. Зокрема, існує значна невизначеність щодо швидкості очікуваних змін окремих метеопараметрів та їхніх взаємозалежностей. На міжнародній платформі стратегія зміни клімату реалізується через ряд законодавчих документів (Кіотський протокол [1], Четверта доповідь з оцінки Міжурядової групи експертів зі змін клімату (МГЕЗК) [2], Декларація Конференції Організації Об'єднаних Націй з проблем навколишнього середовища [3] та інші). В контексті євроінтеграції, Україною було ратифіковано ряд міжнародних документів та розроблено загальнодержавні інструменти щодо запобігання та адаптацій до змін клімату [4].

Із метою реалізації вищеназваних заходів важливим є дослідження проблем проявів та наслідків змін показників кліматичного режиму на регіональних рівнях. Особливо актуальним є з'ясування взаємозалежностей між окремими метеорологічними параметрами, що сприяє розробці методів моніторингу процесів щодо адаптації екосистем та запобігання у них негативним змінам, які пов'язані із атмосферними трансформаціями.

Метою дослідження було вивчення багаторічної динаміки температури атмосферного повітря та опадів на території Черкаської області. Відповідно до мети були сформульовані основні завдання, які передбачали аналіз показників температури та опадів упродовж 2007-2022 років в умовах Черкаської області.

Аналіз температури та опадів було здійснено з використанням даних сайту Метеопост Архів погоди. Показники температури атмосферного повітря було проаналізовано за даними Черкаського обласного центру з гідрометеорології (дані обласної метеостанції м. Черкаси)

Середньомісячні значення температурного режиму атмосферного повітря у Черкаській області впродовж 2007-2022 років за всіма місяцями перевищує нормативні показники. Зокрема, найвищі температури

відмічаються протягом літніх місяців у червні – плюс 21,04 °С, липні – плюс 22,5 °С, серпні – 21,96 °С. Найменші температури повітря спостерігаються протягом зимових місяців: у грудні – мінус 0,72 °С, січні – мінус 4,23 °С, лютому – мінус 2,73 °С. Враховуючи, що м. Черкаси знаходяться у межах помірної кліматичної зони, такі показники є закономірними. Однак, як видно із гістограми, середньомісячні значення протягом досліджуваного періоду перевищує нормативи.

За всіма місяцями відмічається тенденція до збільшення середньомісячних температур. Значення температури повітря мають лише додатні значення відхилення від норми, та знаходяться в межах від плюс 1,69 °С до плюс 3,26 °С. Максимальне значення плюс 3,26 °С було відмічено для серпня, однак, є також досить високими для березня – плюс 3,21 °С та липня – плюс 3°С.

Підвищення температури повітря вище плюс 25 °С обумовлює опіки листків рослин, відмирання кореневої системи, руйнування хлорофілу, що значно сповільнює процес фотосинтезу тощо. За таких умов рослини стають дуже вразливими та гинуть. Процеси підвищення середньорічного значення температури підсилюються відсутністю опадів та низькою вологістю повітря, що сприяє зниженню інтенсивності процесів вегетації, а в окремих випадках – загибелі рослин [5].

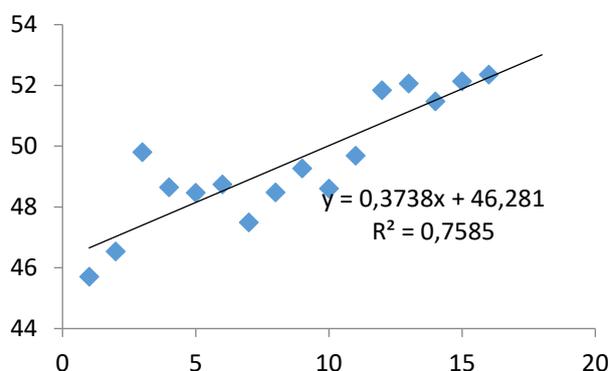


Рисунок 1 – Лінія тренду динаміки температури повітря м. Черкаси протягом 2007-2022 років

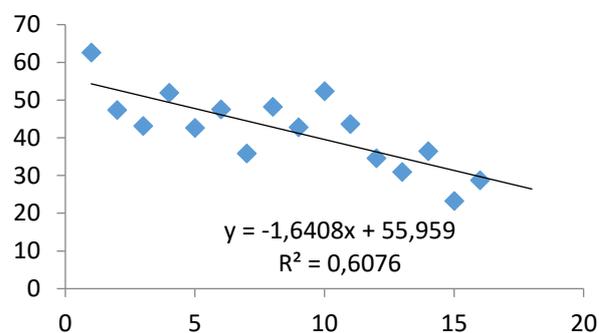


Рисунок 2 – Лінія тренду динаміки атмосферних опадів на території Черкаської області впродовж 2007-2022 років

Протягом досліджуваного періоду спостерігається позитивна тенденція щодо підвищення температури повітря в Черкаській області (рис. 1). Найменше середньорічне значення температури спостерігалось 2007 році – 7,72°С та 2008 року – 8,37°С. Найвищі значення температури повітря було відмічено протягом 2021 та 2022 років 13,14 °С та 13,29 °С відповідно (норма – плюс 7,7 °С), що свідчить про її середньорічне зростання. Про підвищення температури також свідчить лінія тренду (рис.1), що підтверджується показником $R^2=0,76$.

Кількість опадів на території Черкаської області має виражений сезонний характер: найбільша кількість спостерігається протягом липня 61,44 мм та червня – 59,19 мм, найменша кількість опадів випадає у квітні – 24,06 мм та у листопаді – 26,51 мм. Однак, середні значення кількості опадів на території Черкаської області за більшістю місяців відхиляються від нормативів для помірної зони. У січні, березні та квітні показники опадів дещо перевищують норматив, але протягом всіх інших місяців є меншими.

Порівняльний аналіз показників фактичних значень опадів із нормативними на території Черкаської області свідчить про те, що для більшості місяців спостерігається негативна тенденція відхилення від нормативних (рис. 2.).

Амплітуда між фактичними значеннями та нормативними є найбільшими у квітні – $\Delta 19,94$ мм, липні – $\Delta 19,56$ мм, серпні – $\Delta 19,44$ мм та має від’ємні показники. На території Черкаської області опади випадають нерівномірно та мають тенденцію до зменшення ($R^2=0,61$) (рис. 2). Найбільшу кількість атмосферних опадів упродовж року було відмічено для 2007 року 762 мм, а найменшу – для 2021 року – 290 мм.

Відповідно даних динаміки температури атмосферного повітря та опадів упродовж періоду 2007-2022 років на території Черкаської області характеризується недостатньою зволоженістю та наявністю посушливих періодів. Зокрема, графік опадів протягом чотирьох місяці – травня, червня, липня – перебуває на межі температурних значень (рис. 3). Цей період характеризується інтенсивною вегетацією рослин, яка потребує значною кількості вологи. Упродовж квітня та серпня температурні показник значно перевищують криву опадів, що свідчить про посушливий період.

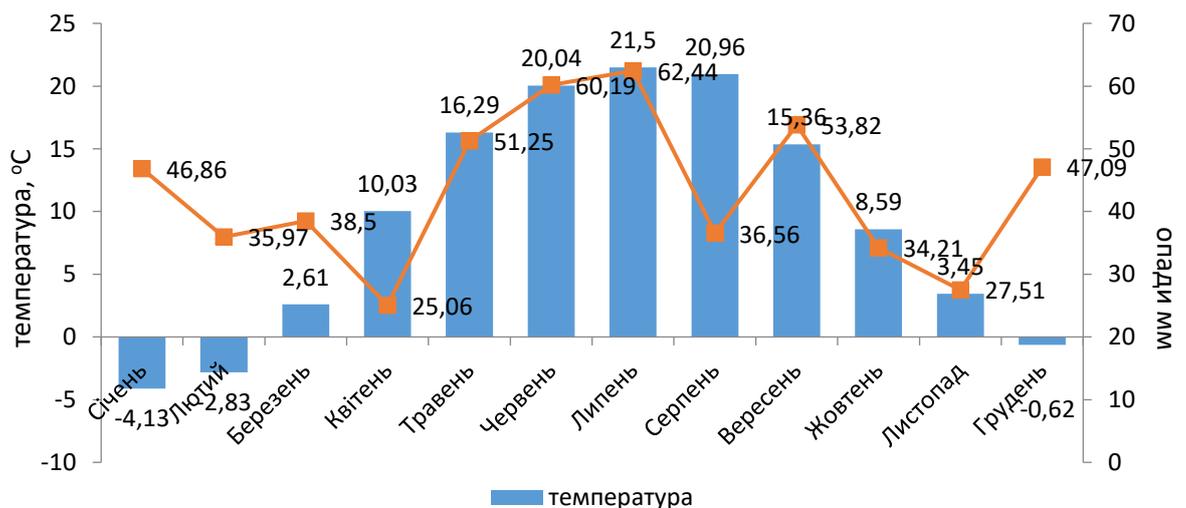


Рисунок 3 – Кліматограма території Черкаської області (2007-2022 роки)

Середньорічні дані кліматограми динаміки температурного режиму та опадів на території Черкаської області впродовж 2007-2022 років, демонструють чітку тенденцію до посилення посушливих періодів та зменшення кількості опадів. Розрахований коефіцієнт кореляції між середніми значеннями показників температури повітря та опадів становить $r=0,75$, що свідчить про досить високий ступінь залежності температури та опадів.

Таким чином, сезонні та річні кліматограми температурних показників атмосферного повітря та режиму опадів на території Черкаської області демонструють недостатню зволоженість останньої, що сприяє посиленню процесів випаровування та формуванню негативних умов для вегетації рослин.

Використані інформаційні джерела:

- 1. Кіотський протокол до Рамкової конвенції Організації Об'єднаних Націй про зміну клімату URL: http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/995_801*
- 2. Зміна клімату: Узагальнююча доповідь. Четверта оцінююча доповідь Міжурядової групи експертів із зміни клімату / за ред Р. К. Пачаури та Л. А. Мейє . Женева, Швейцарія. 2022. 163 с.*
- 3. Декларація Конференції Організації Об'єднаних Націй з проблем навколишнього середовища URL: <https://zakon.rada.gov.ua>*
- 4. Про ратифікацію Рамкової конвенції ООН про зміну клімату. Закон України від 29.10.1996 № 435/96 URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show>*
- 5. Government Office for Science. Foresight, International Dimensions of Climate Change : Final Project Report. London, 2011. 129 p.*

¹*Тимова А. О., аспірантка, ¹Андреев В. Г., аспірант,*
²*Ригас Т. Є., к. т. н., доцент, ²Шмандій В. М., д. т. н., професор*

¹*Кременчуцький національний університет
імені Михайла Остроградського, Україна*
²*Кременчуцький льотний коледж Харківського національного
університету внутрішніх справ, Україна*

АНАЛІЗ ПОТЕНЦІЙНИХ ЗАБРУДНЮВАЧІВ ДОВКІЛЛЯ В РАЙОНІ РОЗТАШУВАННЯ СМІТТЄЗВАЛИЩА

Як відомо, сміттєзвалища побутових відходів завдають негативного впливу на довкілля. До чинників, які сприяють забрудненню належать різні процеси. Розкладання відходів є одним із основних процесів, який відбувається на полігонах. Під час розкладання органічних речовин утворюються метан, діоксид вуглецю, аміак та інші. Через процеси відведення стічних вод і просочення води через відходи, небезпечні складники відходів можуть потрапляти у ґрунт і підземні води, забруднюючи їх. Деякі хімічні речовини, що містяться у відходах, можуть випаровуватись у повітря, стаючи джерелом забруднення атмосферного повітря. Це можуть бути токсичні речовини, хлоровані органічні сполуки та інші шкідливі речовини. Пожежі на полігонах, які виникають у наслідок самозаймання, спричиняють забруднення атмосферного повітря. Внаслідок створення та утримання полігонів відбувається руйнування природних екосистем.

Вода, ґрунт і повітря в зоні впливу сміттєзвалищ побутових відходів можуть містити різноманітні забруднюючі речовини, залежно від складу відходів та способу їх обробки [1]. Під час розкладання органічних відходів у воді утворюються нітрати та фосфати, що може призвести до забруднення підземних вод та водоносних джерел. Також відходи можуть містити важкі метали, такі як свинець, кадмій, ртуть і інші, які можуть перетворитися на розчинені форми і потрапити до води, а також інші токсичні хімікати, наприклад, пестициди, фармацевтичні речовини, нафта і інші забруднюючі речовини.

Забруднення ґрунту також здійснюється важкими металами в результаті просочення рідких відходів у ґрунт або використання в якості покриття. Розкладання органічних відходів у ґрунті може призводити до викиду шкідливих органічних сполук, які можуть мати негативний вплив на біоту ґрунту.

Із метою оцінки впливу сміттєзвалищ побутових відходів проводиться моніторинг впливу на навколишнє природне середовище і здоров'я людей, до основних складових якого, на наш погляд, належать:

- моніторинг якості атмосферного повітря – здійснюється вимірювання концентрацій шкідливих речовин, таких як азотні оксиди (NO_x), оксиди вуглецю (CO і CO_2), сульфурний діоксин (SO_2), тверді частки ін. Це дозволяє виявити можливе забруднення повітря у наслідок діяльності полігону. Вимірювання рівнів метану дають уявлення про ступінь викидів парникових газів з полігону;

- моніторинг ґрунту і підземних вод, що включає вимірювання рівнів забруднюючих речовин, таких як нітрати, фосфати, важкі метали та інші хімічні сполуки, які можуть потрапляти в ґрунт і водні джерела через тіло полігону;

- моніторинг стічних вод (фільтрату) для виявлення наявності у ньому токсичних хімічних забруднень. Також проводяться вимірювання об'ємів і складу стічних вод;

- моніторинг шуму, що виникає на сміттєзвалищі, для оцінки впливу на оточуючі житлові масиви;

- із метою виявлення змін у біологічному різноманітті та впливу сміттєзвалища на природні екосистеми проводиться моніторинг біологічного різноманіття;

- моніторинг обсягу та складу відходів дозволяє оцінити кількість твердих, рідких та небезпечних відходів.

Наведені складові моніторингу можуть варіюватися залежно від конкретних умов і вимог законодавства країни.

При дослідженні впливу міського сміттєзвалища м. Кременчук на навколишнє середовище, окрім прямого впливу захоронених на сміттєзвалищі відходів, встановлена низка додаткових можливих чинників забруднення.

Територія, яку займає сміттєзвалище, межує з двома полігонами промислових відходів – це заглиблені у землю відкриті резервуари та відвали сталеливарного виробництва. Відходи, що видалені у відвали, вважаються нетоксичними, але їх розміщення на відкритому ґрунті, внаслідок розмиву та розвіювання порід шахтних відвалів може призвести до забруднення земної поверхні важкими металами та призвести до небезпечних негативних наслідків.

На території самого сміттєзвалища розміщено худобо могильник - біотермічна яма для утилізації біологічних відходів. На даний момент його ресурс вичерпаний [2]. Іншого місця утилізації продуктів тваринного походження не існує.

На відстані менше 1 км від полігону вниз по напрямленню течії підземних вод розташований діючий міський цвинтар та сільськогосподарські угіддя.

Таким чином, створюється потужне середовище потенційного забруднення атмосферного повітря, ґрунтів навколишніх територій, підземних вод, які гідравлічно пов'язані з водами Кам'янського водосховища.

Результати аналізу підземних вод, які здійснювалися на території сміттєзвалища та за його межами в районі найближчої житлової забудови, свідчать про наступне. У підземних водах, відібраних зі свердловин розташованих на території сміттєзвалища, вода хімічно забруднена важкими металами, фенолами, нафтопродуктами та ін. Концентрація забруднюючих речовин у підземних водах неоднорідна. Забрудненість під сміттєзвалищем спостерігається переважно позалізу. Допустима концентрація перевищена у 20 раз. На відстані 200-400 м від звалища перевищення ГДК становить 10 разів, на відстані 500-600 м воно п'ятикратне, на відстані 700-800 м концентрація не перевищує ГДК. Менш виражено, але подібна тенденція прослідковується й із марганцем.

Концентрація нітратів у пробах зі свердловин на території сміттєзвалища концентрація не перевищувала допустиму, але на відстані 1000 м від нього концентрація нітратів у воді значно перевищує ГДК.

Поширення нітратів вказує на те, що джерелом забруднення за межами звалища можуть бути інші об'єкти, адже поблизу прилеглої до сміттєзвалища території концентрація нітратів не перевищує допустиму. Підвищена концентрація фіксується поблизу кладовища та поля, що розташовані між сміттєзвалищем та житловою забудовою. Найвищий показник концентрації нітратів виявлено на території житлової забудови, що становить до 350 мг/л. Можна зробити висновок, що причиною нітратного забруднення є внесення органічних та мінеральних добрив на поля, функціонування кладовища, господарська діяльність на присадибних ділянках житлової забудови, відсутність каналізації та наявність вигрібних ям.

Отже, з метою всебічного аналізу впливу сміттєзвалищ та полігонів побутових відходів на здоров'я людей та довкілля доцільним є проведення детального моніторингу всіх об'єктів, розташованих як у санітарно-захисній зоні, так і за її межами.

Використані інформаційні джерела:

1. Шмандій В. М. *Управління екологічною безпекою на регіональному рівні (теоретичні та практичні аспекти)* : дис. докт. техн. наук: 21.06.01 «Екологічна безпека». Харків, 2003. 356 с.

2. *Екологічний паспорт міста Кременчука, 2020, інформаційне джерело: http://pleddg.org.ua/wp-content/uploads/2019/11/Ecopasport_mista_Kremenchuka.pdf.*

*Тодчук Д. В., аспірант, Маркіна Л. М., д. т. н проф.,
Власенко О. В., викладач*

*Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління,
м. Київ, Україна*

ДИНАМІКА ЗМІНИ ВИКИДІВ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ В УКРАЇНІ

В Україні впродовж останніх десятиліть відчувається значна зміна клімату.

Зокрема, згідно із Національним кадастром антропогенних викидів із джерел та абсорбції поглиначами парникових газів в Україні за 1990-2021 роки викиди становили 911,4 млн. т CO₂-еквівалент. У 2021 році однак загальні викиди парникових газів склали 341,5 млн. т CO₂-еквівалент (рис. 1) [2].

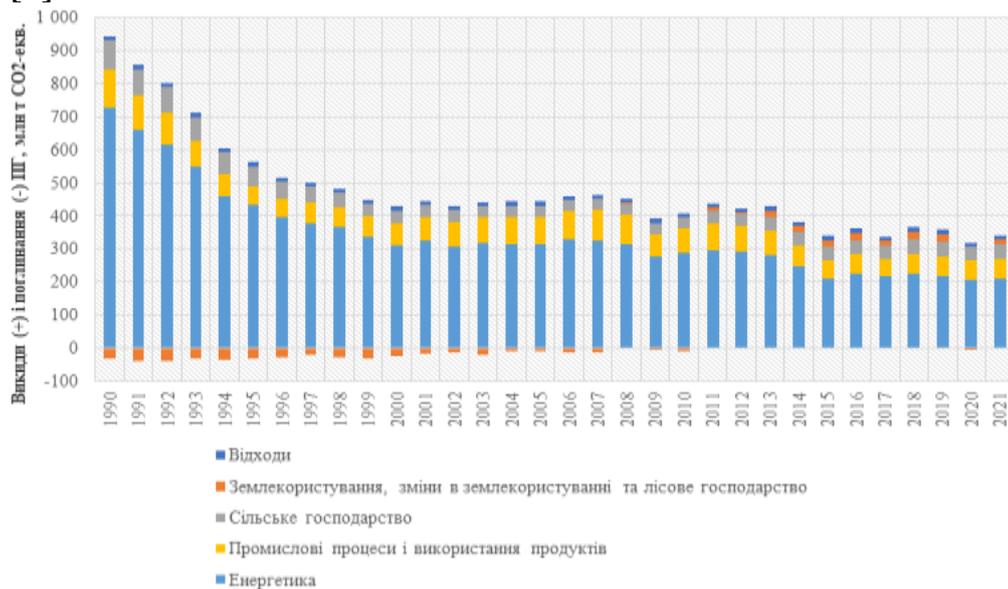


Рисунок 1 – Структура викидів парникових газів в Україні, 1990-2021 роки

На даний час найбільші викиди парникових газів в Україні припадають на сектор енергетики. У 2021 році на частку цього сектора припадає близько 64% (рис. 2). Близько 7,6% викидів у цьому секторі припадає на викиди в категорії «Спалювання палива», до якої належать категорії «Енергетична промисловість», «Обробна промисловість і будівництво», «Транспорт», «Інші галузі» та «Інші», а також 24% – неконтрольовані викиди в категорії «Викиди палива».

Зазначимо, що частка неконтрольованих викидів парникових газів у категорії «Викиди палива» у загальних викидах парникових газів в енергетиці поступово зростала впродовж 1990-2000 років: із 17,6% у 1990 році до 28,7% у 2000 році.



Рисунок 2 – Структура викидів парникових газів в Україні за секторами в 1990 та 2021 роках

Цей період характеризується старінням інфраструктури й промислового капіталу країни. З 2001 року частка викидів, пов'язаних із втратами від викопних видів палива, поступово зменшувалася до 24,0% у 2021 році. Це пов'язано зі зменшенням видобутку викопного палива в Україні, зменшенням транзиту природного газу, а також зменшенням використання природного газу населенням через підвищення цін.

Економічний спад, що настав після розпаду радянського союзу в 1991 році, призвів до значного скорочення виробництва, споживання енергії, а отже, до зниження викидів CO₂. У період між 2000 і 2007 роками відбулася деяка стабілізація з незначним зростанням виробництва, а в період з 2008 року в зв'язку зі світовою фінансово-економічною кризою відбулося падіння виробництва і, таким чином, викидів CO₂. У 2021 році викиди в секторі промисловості скоротилися на 50,6% порівняно з базовим роком.

2021 рік характеризувався як відновлення економіки після глобальної пандемії COVID-19. У секторі промисловості це пов'язано зі зростанням викидів у металургійній промисловості порівняно з падінням у 2020 році.

Частка сектору сільського господарства у загальних викидах парникових газів у 2021 році склала 14,4%. Основними джерелами викидів у сільськогосподарському секторі є кишкова ферментація та сільськогосподарські ґрунти (15,0% та 80,0% відповідно). Викиди в цьому секторі зменшилися на 45,9% порівняно з базовим роком, але зросли на 12,8% порівняно з попереднім роком, переважно за рахунок викидів у сільськогосподарських ґрунтах.

Зміни викидів в категорії «Кишкова ферментація» (-82,1 і -5,3% до базового і попереднього років відповідно) пов'язана зі зміною чисельності поголів'я, структури стада і валових енергетичних значень.

Значна швидкість коливання викидів метану в категорії «Управління гноєм» у порівнянні з викидами в інших категоріях за період 1990-2021 роки безпосередньо пов'язана з частковим заміщенням у структурі розподілу гною на тваринницьких підприємствах рідкого способу зберігання гною на тверде зберігання: у 1990 р. відсоток гною великої рогатої худоби в рідкій суспензії склав 21,0% від загального обсягу виробленого гною, тоді як у 2021 році – лише близько 5,3%.

Зміна викидів закису азоту в категорії «Сільськогосподарські ґрунти» до 2021 року обумовлена зміною кількості внесених добрив, площ під певними культурами та їх продуктивності.

Сектор землекористування та лісове господарство включає як викиди, так і абсорбції вуглекислого газу, а також викиди CH_4 і N_2O . Отримані значення запасів у секторі у 2021 році є чистим джерелом. Чисті викиди CO_2 у секторі у 2021 році дорівнюють 14,2 млн. т CO_2 -екв. порівняно з чистим видаленням 31,4 млн. т CO_2 -екв. у базовому 1990 році. Основною причиною такого переходу є зміна системи управління сільським господарством на орних землях, що призвело до зміни з 4,6 млн. т CO_2 -екв. поглинань у 1990 році до 48,3 млн. т CO_2 -екв. викидів у 2021 році. Зокрема, значний вплив мають площі, врожайність і структура зібраних із цих земель культур, а також внесені добрива. Ці фактори також сприяли швидкій зміні викидів у порівнянні з 2020 роком на 76,0%, що пов'язано з високою врожайністю сільськогосподарських культур у 2021 році. Також значний вплив має зменшення площ та обсягів видобутку торфу, що зменшило викиди парникових газів із 12,0 млн. т CO_2 -екв. у 1990 році до 0,2 млн. т CO_2 -екв. у 2021 році. Внесок сектору відходи у 2021 році у загальні викиди становить 3,7%. Основним джерелом викидів CH_4 є звалища твердих побутових відходів (ТПВ), а викидів N_2O – стічні води. Відносно базового року викиди в секторі скоротилися на 2,4% у 2021 році.

Отже, ключовими причинами скорочення викидів в Україні за звітний період є зниження рівня виробництва через відтік інвестиційного капіталу, нестабільна динаміка експорту, скорочення внутрішнього ринку, а також розбіжності в усталених зв'язках «сировина-виробництво-збут» у регіонах країни. Значний вплив на розвиток промисловості має воєнна агресія проти України

Використані інформаційні джерела:

1. *Visualized: Historical Trends in Global Monthly Surface Temperatures (1851-2020)*
<https://www.visualcapitalist.com/global-temperature-graph-1851-2020/>
2. *Ukraine's Greenhouse Gas Inventory 1990-2021. Annual National Inventory Report for Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol. Kyiv, 2023.*
3. *Закон України «Про засади моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів» № 377-IX від 12.12.2019 р.*

¹*Трохименко Г. Г., д. т. н., професор, ¹Магась Н. І., к. т. н., доцент*
²*Клочко В. І., к. м. н.*

¹*Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова,
м. Миколаїв, Україна*

²*ДУ «Миколаївський обласний центр контролю та профілактики хвороб
МОЗ України», Миколаїв, Україна*

АНАЛІЗ ВПЛИВУ РУЙНУВАННЯ ГРЕБЛІ КАХОВСЬКОЇ ГЕС НА ГІДРОСИСТЕМУ РІЧКИ ІНГУЛЕЦЬ У МЕЖАХ МИКОЛАЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Враховуючи значний масштаб затоплення міських і промислових територій, сільськогосподарських угідь, осушення водних об'єктів внаслідок російської агресії та руйнування греблі Каховської ГЕС варто проводити постійний моніторинг стану постраждалих територій та акваторій. На сьогодні важко оцінити всю небезпеку і спрогнозувати віддалені наслідки цієї катастрофи. Проте, можна очікувати, що ризики накопичення забруднюючих речовин та поширення інфекцій будуть лише зростати. Затоплення територій, що знаходяться нижче дамби, та подальше осушення дна водосховища вплинуло як на рослинний світ, наземну та водну фауну, бентос, рідкісні біотиби на території природно-заповідного фонду та Смарагдової мережі, водно-болотні угіддя міжнародного значення та спричинило затоплення річок. Відновлення екологічного балансу – це справа багатьох десятирічь.

Внаслідок підриву греблі Каховської ГЕС 6 червня 2023 року значна товща води рушила вниз за течією, обумовивши різке підвищення рівнів води і затоплення значних територій, що призвело до катастрофічних наслідків [1]. Підйоми рівнів води, зумовлені затоком дніпровської води спостерігались на пригирлових ділянках річок, які впадають в р. Дніпро, в Дніпро-Бузькому лимані та річках Південний Буг, Інгул та Інгулець.

Метою даної роботи є аналіз якості поверхневих вод р. Інгулець у Миколаївській області внаслідок руйнування греблі Каховської ГЕС.

Визначення динаміки показників якості поверхневих вод Миколаївської області та аналіз рівня бактеріального забруднення водних об'єктів, було виконано на основі отриманих та оброблених результатів санітарно – хімічних та мікробіологічних лабораторних досліджень води водойми у районі м. Снігурівка.

Дослідження проводились в лабораторіях: мікробіологічна та санітарно-гігієнічна лабораторії ДУ «Миколаївський ОЦКПХ МОЗ», мікробіологічна та санітарно-гігієнічна лабораторії Миколаївського районного відділу ДУ «МОЦКПХ МОЗ». Відбір проб проводився згідно ДСТУ ISO 5667-6:2009. Якість води. Відбирання проб. Частина 6. Настанови щодо відбирання проб води з річок і струмків [2], ДСТУ ISO 5667-9:2005 Якість води. Відбирання проб. Частина 9. Настанови щодо відбирання проб морської води [3]. Кризовий моніторинг якості поверхневих вод було виконано за 11 хімічними та двома мікробіологічними показниками.

Руйнування греблі Каховської ГЕС викликало різке підвищення рівня води у р. Інгулець. Через масове затоплення об'єктів цивільної інфраструктури, житлових будинків та домогосподарств в населених пунктах, розташованих вздовж річки на території Миколаївської області, спостерігалось значне забруднення річкової води. Аналіз результатів досліджень якості поверхневої води у річці Інгулець показав, що спостерігається перевищення встановлених нормативів, а також зростання значень протягом періоду спостереження за такими показниками, як запах, БСК-5, мінералізації (сухого залишку), сульфідів та хлоридів, заліза загального (рис. 1-3), зменшення кількості розчиненого кисню у період до початку зниження рівня води. Особливо високий рівень спостерігався індекса ЛКП, який досягав значень до 240 млн. одиниць (перевищення нормативів у 48000 разів).

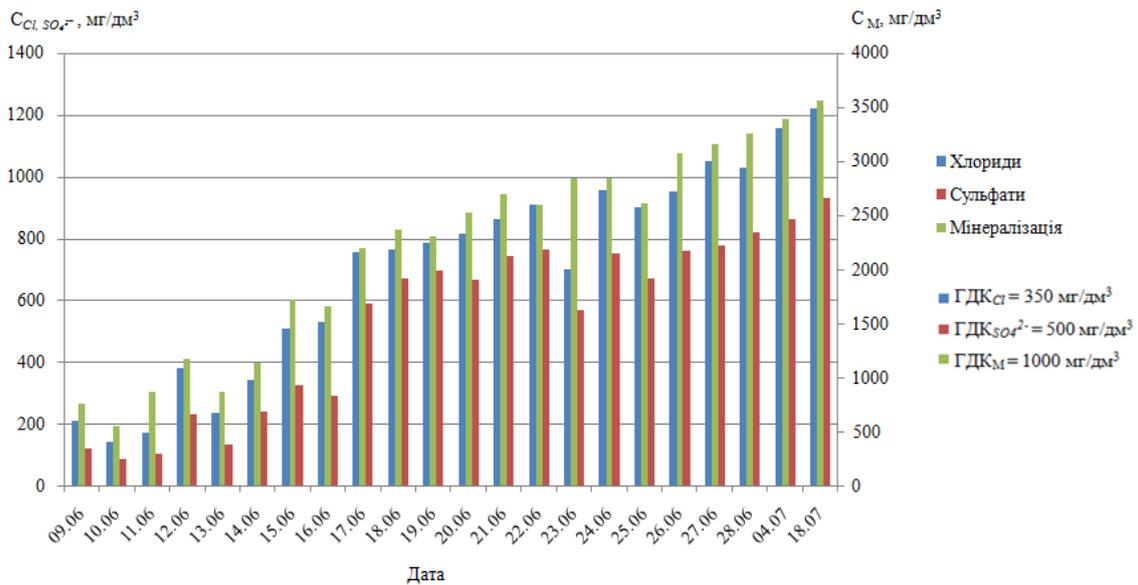


Рисунок 1 – Динаміка вмісту хлоридних, сульфатних іонів та мінералізації у воді р. Інгулець

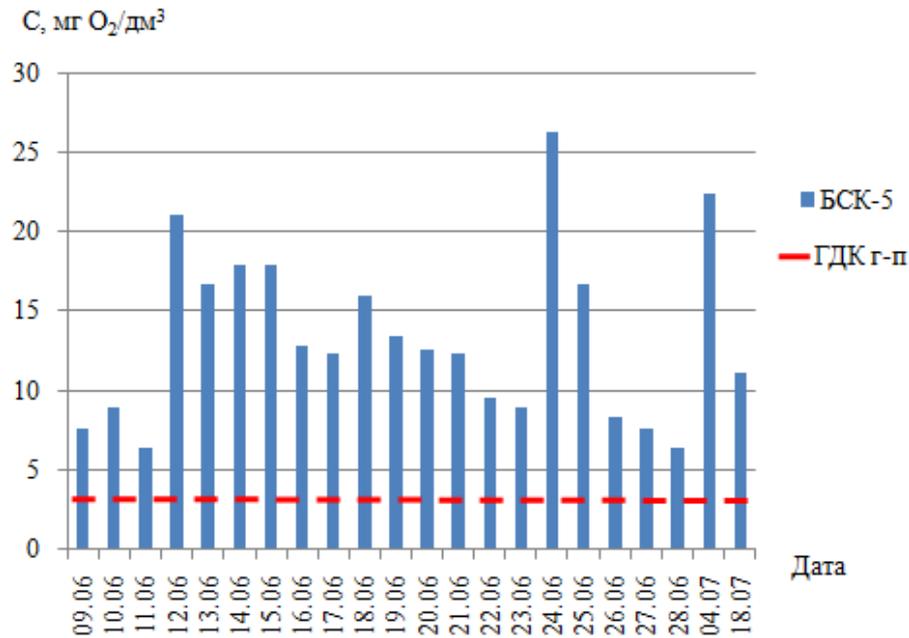


Рисунок 2 – Динаміка показників біохімічного споживання кисню (БСК₅) у воді р. Інгулець

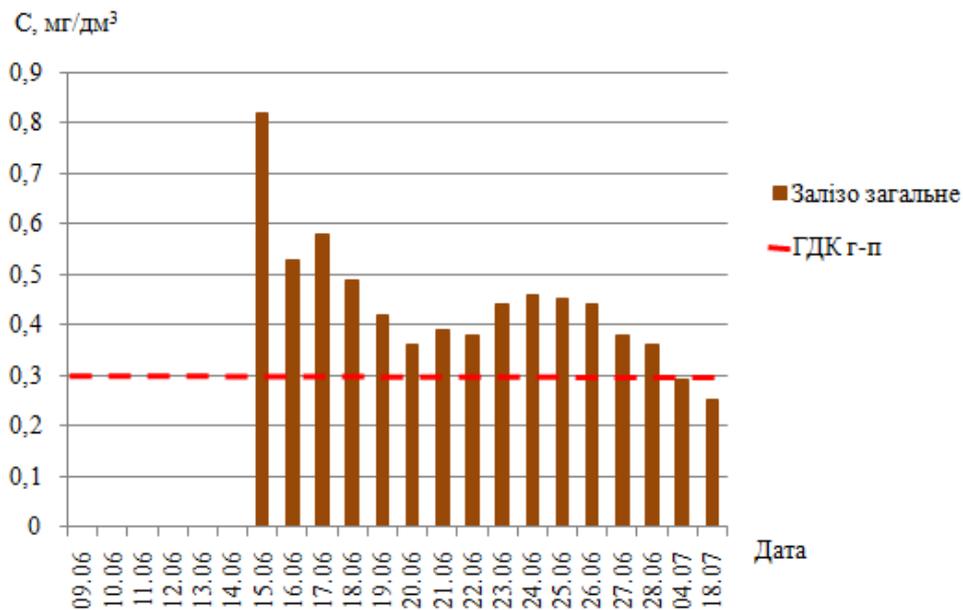


Рисунок 3 – Динаміка вмісту заліза загального у воді р. Інгулець

Така ситуація свідчить, як про підвищення рівня мікробного забруднення внаслідок розмивання вигрібних ям, стічних вод каналізації, так і про забруднення внаслідок руйнування скотомогильників, які були на березі водосховища, великої кількості вимитого сміття. Більше того, концентрація сухого залишку у воді стабільно підвищувалася, не зважаючи на падіння рівня води. Отже, кількість розчинених речовин тільки

зростала. Рівень мікробного забруднення коливався, досягаючи своїх максимальних значень у середині червня та у середині липня.

Причиною виникнення сильного запаху є процеси гниття та продукти життєдіяльності залізистих і сірчастих бактерій, що повністю корелює з підвищенням рівня заліза загального та сульфатів. Однак, зростання кількості сульфатів та хлоридів вже після спаду рівня води свідчить про концентрування цих речовин.

Висновки. Основною причиною погіршення якості води є забруднюючі речовини, які перенесені з затоплених територій, серед яких є паливно-мастильні матеріали, сміття, агрохімікати, інші небезпечні матеріали, стічні води з очисних споруд, каналізації. Забруднення водних джерел становить значний ризик для здоров'я. Хімічні речовини та патогени, що можуть потрапили до колодязів та відкритих водойм на затоплених територіях, становлять небезпеку захворювань та сприяли масовій загибелі риби, що в подальшому спостерігалось у Дніпропетровській та Миколаївській областях. Особливо небезпечний рівень забруднення був характерний для гідросистеми р. Інгулець. Ресурси річки використовуються аграріями з метою зрошення земель Миколаївської та Херсонської областей. Після руйнування Дніпровського водоводу вода р. Інгулець є основним джерелом водопостачання міста Миколаїв. Це свідчить про наявність складної екологічної ситуації в регіоні й необхідність проведення детального вивчення та розробки заходів стабілізації та попередження погіршення якості поверхневих вод.

Використані інформаційні джерела:

1. Magas N., Khorenzhenko H., Zamuruieva K., Beshevets Yu., Ryndiuk S., Barkar V., Zamrii M., Bondar M. *Analysis of the hydrological situation in the Dnipro-Bug estuary region following the destruction of the Kakhovka hydroelectric power station dam. Ecological Sciences. Issue 4 (49), 2023. P. 15–25.* <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.4-49.2>
<http://ecoj.dea.kiev.ua/archives/2023/4/2.pdf>

2. ДСТУ ISO 5667-6:2009. *Відбирання проб. Частина 6. Настанови щодо відбирання проб з річок і струмків» (ISO 5667-6:2005, IDT) - К.: Держстандарт України, 2012.*

3. ДСТУ ISO 5667-9:2005 *Якість води. Відбирання проб. Частина 9. Настанови щодо відбирання проб морської води (ISO 5667-9:1992, IDT). К. : Держстандарт України, 2005.*

*Харламова О. В., д. т. н., професор,
Петряшев І. І., аспірант, Мланюк Н. І., аспірант*

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

АНАЛІЗ СТАНУ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ м. КРЕМЕНЧУК ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ІНДИКАТОРІВ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Кременчук – індустріальний центр Полтавщини, тому питання екологічної безпеки регіону є досить актуальним. У трьох сферах розвитку (економічній, соціальній та екологічній) ми визначили множину індикаторів сталого розвитку, або базові показники (БП), які об'єднали у групи, утворивши агреговані показники (АП). Розрахувавши їх числові значення, визначили екологічний стан регіону.

Прикладом БП сфери економічного розвитку можуть слугувати: обсяг реалізованої промислової продукції та сальдо зовнішньоторговельного обороту товарів (рис. 1 та 2).

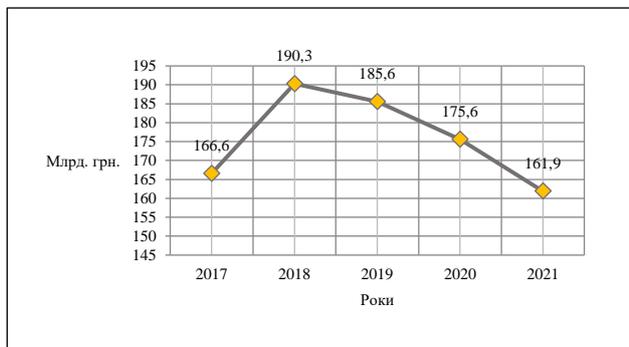


Рисунок 1 – Обсяг реалізованої промислової продукції, млрд.

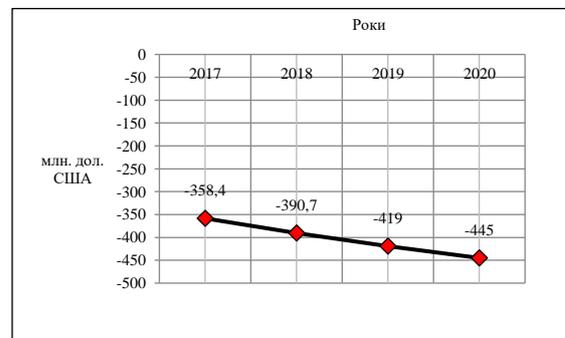


Рисунок 2 – Сальдо зовнішньоторговельного обороту товарів, млн. дол.США

За результатами аналізу економічних БП та розрахунків робимо висновок, що згідно уніфікованої шкали оцінювання (таблиця 1), АП економічного розвитку, знаходяться у критичному стані.

Таблиця 1 – Уніфікована шкала оцінювання

Числове значення показника p	Стан показника
$X_n < 0$	Критичний
$0 < X_n < 1$	Задовільний
$X_n > 1$	Еталонний

При оцінці соціальної сфери основна увага приділялась демографічним показникам, показникам соціального захисту та зайнятості населення (рис. 3 та 4).

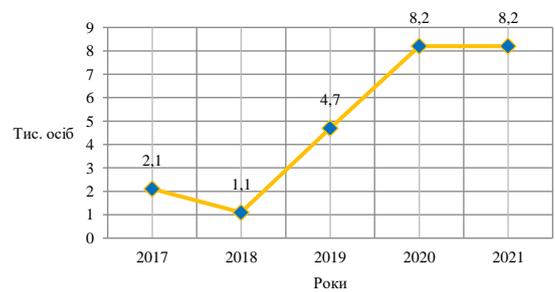


Рисунок 3 – Чисельність населення, осіб

Рисунок 4 – Кількість зареєстрованих безробітних, осіб

У результаті аналізу БП та розрахунків числового значення АП соціального розвитку було встановлено, що ця сфера також перебуває у критичному стані.

Промисловість Кременчука є суттєвим джерелом забруднення довкілля.

В якості БП стану екологічної безпеки регіону, можуть виступати показники, пов'язані з відходами (рис. 6 та 7).

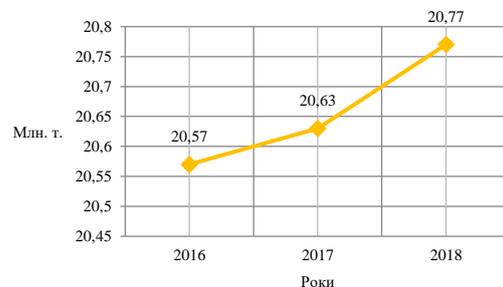
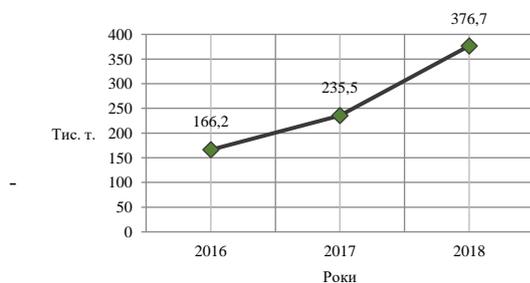


Рисунок 6 – Обсяги творення відходів, тис. т.

Рисунок 7 – Загальний обсяг накопичених відходів, млн. т.

БП сфери екологічного розвитку регіону та розрахунок числового значення АП, на жаль, продемонстрували результат ідентичний до попередніх.

Проведений аналіз вказує на те, що кожна з підсистем перебуває у «критичному» стані, що призводить до зниження рівня екологічної безпеки регіону. Задля поліпшення ситуації, рекомендуємо комплексне запровадження нововведень у сферах економічного, соціального та екологічного розвитку на усіх рівнях, адже лише комплексне вирішення проблем є гарантією безпеки.

Використані інформаційні джерела:

1. *Екологічний паспорт міста Кременчук URL: http://pleddg.org.ua/wp-content/uploads/2019/11/Еcopasport_mista_Kremenchuka.pdf*

2. *Програма економічного і соціального розвитку міста Кременчука URL: https://kremen.gov.ua/index.php?view=single-str&dep-id=36&page_id=270*

*Чугай А. В., д. т. н., проф., Недострелов М. В., аспірант,
Сотніченко О. В., магістрант*

Одеський державний екологічний університет, м. Одеса, Україна

ОЦІНКА ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ВОДНІ ОБ'ЄКТИ РЕГІОНІВ ЗАХІДНОЇ УКРАЇНИ У ДОВОЄННИЙ ПЕРІОД

Територія Західної України належить до найбільш водозабезпечених регіонів. Проте інтенсивне водокористування в окремих областях спричиняє як значний рівень забруднення поверхневих вод, так і техногенного навантаження на водні об'єкти.

Метою роботи було оцінка рівня техногенного впливу на водні об'єкти території Західної України у довоєнний період (2017-2021 роки).

Для оцінки навантаження на водне середовище було використано дві методики. Одна з них враховує коефіцієнти ефективності водопостачання і водовідведення [1]:

- коефіцієнт ефективності водопостачання

$$K_1 = (Q_{заб} - Q_{втр.тр.}) / Q_{заб}, \quad (1)$$

- коефіцієнт ефективності водовідведення

$$K_2 = 1 - (Q_{б/оч.} / (Q_{ск.} - Q_{н/чис})), \quad (2)$$

- комплексний коефіцієнт оцінки ефективності водокористування

$$K = K_1 \cdot K_2, \quad (3)$$

де $Q_{заб.}$ – забір води з природних водних джерел для використання, млн. м³;
 $Q_{втр.тр.}$ – втрати води при транспортуванні, млн. м³;
 $Q_{б/оч.}$ – скидання СВ без очищення, млн. м³;
 $Q_{ск.}$ – скидання СВ у водні об'єкти, млн. м³;
 $Q_{н/чис.}$ – обсяг нормативно-чистих (які не потребують очищення) СВ, що скидаються у водні об'єкти, млн. м³ [1].

Значення коефіцієнтів змінюються від 0 до 1, кращі їх значення наближені до 1.

Також було використано модуль техногенного навантаження на водні об'єкти ($M_{ВО}$) за показниками скидів стічних. Даний показник

розраховується як сума річних обсягів скидів стічних вод, віднесена до площі території дослідження [1].

За даними Регіональних доповідей окремих областей Західної України проаналізовано динаміку водозабору і водовідведення. Отримано, що максимальні показники водозабору та водовідведення відзначались у Львівській області. Також значні обсяги використання вод відзначено у Івано-Франківській, Рівненській і Хмельницькій областях.

Оцінка навантаження на водні об'єкти території Західної України на основі розрахунку коефіцієнтів ефективності водопостачання та водовідведення показала, що фактично у всіх областях показники були відносно стабільними за період дослідження. У переважній більшості областей значення коефіцієнту K_2 були фактично максимальними. Розрахунок комплексного коефіцієнту показав, що у Волинській, Закарпатській, Рівненській, Тернопільській і Чернівецькій областях відзначалось незначне погіршення умов водокористування в останні роки.

Майже максимальні значення коефіцієнтів відзначались для Івано-Франківській області. Отримані результати пов'язані з тим, що в офіційних даних фактично відсутня була інформація про втрати води при транспортуванні.

У Хмельницькій області значення коефіцієнту K_2 фактично весь період дослідження дорівнювали 1. Така ситуація пояснюється відсутністю у 2017-2020 роках скидів неочищених стічних вод.

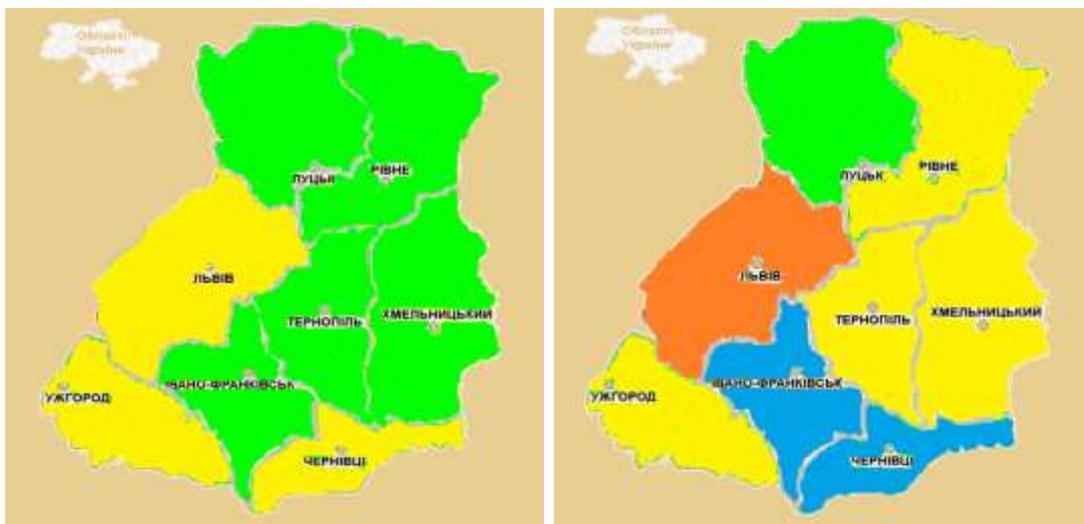
Отримані результати були осереднені, що стало основою для районування території Західної України за показниками ефективності водокористування (рис. 1а). Фактично територія Західної України була розподілена на дві групи. До I групи з найкращими умовами увійшли Волинська, Івано-Франківська, Рівненська, Тернопільська і Хмельницька області, до II групи з менш кращими умовами – Закарпатська, Львівська і Чернівецька області. Проте, в цілому ефективність водокористування в регіонах Західної України можна вважати задовільними в довоєнний період.

Для більш детальної оцінки техногенного впливу нами було розраховано модуль техногенного навантаження на водні об'єкти M_{BO} . Так, максимальні показники навантаження серед усіх областей відзначаються у Львівській області. Також у Волинській, Тернопільській і Чернівецькій областях відзначалось незначне зменшення навантаження на водні об'єкти в останні роки.

Отримані осереднені показники дозволили також районувати територію Західної України за рівнем техногенного навантаження на водні об'єкти (рис. 1б), що дійсно дозволило деталізувати районування території дослідження.

Як видно, на відміну від районування за показниками ефективності водокористування територія Західної України була умовно розподілена на

чотири групи. До I групи з мінімальними показниками навантаження увійшла лише одна область – Волинська. Вона належить і до областей із найкращими умовами ефективності водокористування (рис. 1а). До II групи з середніми показниками навантаження увійшли Закарпатська, Рівненська, Тернопільська і Хмельницька області. За даними рис. 1а вказані регіони, за виключенням Закарпатської області, також віднесено до областей із кращими показниками ефективності водокористування. До III групи з підвищеними показниками навантаження увійшли Івано-Франківська і Чернівецька області. При цьому Івано-Франківська область була вище віднесена до регіонів з найкращими умовами водокористування. IV групу репрезентує лише одна область – Львівська.



а) за показниками ефективності водокористування

б) за значенням модуля техногенного навантаження

Рисунок 1 – Районування території Західної України за рівнем техногенного впливу на водні об’єкти у довоєнний період

*карта регіонів Західної України за даними [2]

На нашу думку, отримані результати за значенням M_{BO} більш об’єктивно характеризують рівень техногенного впливу на водні об’єкти Західної України.

Представлена частина роботи є складовою дослідження щодо оцінки техногенного впливу на складові довкілля регіонів Західної України в довоєнний період.

Використані інформаційні джерела:

1. Чугай А. В., Сафранов Т. А. Методи оцінки техногенного впливу на довкілля. Навчальний посібник. Одеса : Букаєв Вадим Вікторович, 2021. 118 с.

2. Мапи міст Західної України. URL: http://ukrmap.org.ua/Zapadnaja_ukr.htm (дата звернення: 22.10.2023).

Шара С. Ю., аспірантка

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

УНІКАЛЬНІСТЬ КРЕМЕНЧУЦЬКОГО ВОДОСХОВИЩА ТА ЙОГО ЗНАЧЕННЯ В ВОДОГОСПОДАРСЬКОМУ КОМПЛЕКСІ УКРАЇНИ

Річки України, це як «кровоносні судини» людини, які між «скороченнями серця» – повеннями й меженнями – забезпечують життя екосистеми

Річка Дніпро на протязі 871 км протікає в межах шести штучних водойм, водосховищах, які побудовані в радянські часи й акумулюють 40 км³ прісної води. Вони є унікальними водними об'єктами. Особливо унікальне Кременчуцьке водосховище, що акумулює 13,5 км³ води і є по суті найціннішим в каскаді, забезпечуючи весь водо-регулівний цикл Дніпровського каскаду.

В умовах війни і військової агресії росії в Україні водна безпека виходить на перший план серед інших чинників національної безпеки, що і зумовлює необхідність наукового вивчення можливостей оздоровлення й ревіталізації Кременчуцького водосховища, враховуючи світовий та європейський досвід ревіталізації озер і водосховищ.

Головна унікальність Дніпра на теренах України – це штучна зарегульованість стоку з будівництвом Київського, Канівського, Кременчуцького, Кам'янського, Дніпровського та Каховського водосховищ, що порушили екологічну рівновагу Дніпра, змінили умови водообміну й сповільнили течію. Але указане дозволило акумулювати більше 40 км³ прісної води з корисним об'ємом 18,7 км³ та забезпечило економіко-соціальний, демографічний та індустріальний розвиток України, створюючи умови підвищення продовольчої безпеки, а головне – підвищили екологічну стійкість Дніпра та дозволяють витримати антропогенне навантаження останніх десятиліть, не перетворивши Дніпро у «стічну канаву».

В історичному природньому сенсі для Дніпра й Кременчуцького водосховища найбільш характерною специфічною ознакою є підвищений вміст у воді заліза й марганцю природнього походження та підвищена природна концентрація у воді органічних сполук (гумусових), тобто маємо унікальне природне забруднення води. Серед екологів України впродовж десятиліть проходить наукова дискусія, щодо долі водосховищ, ми бачимо наслідки екологічних і соціально-екологічних негараздів.

Не можна ігнорувати факт, що ліквідація водосховищ прогнозно призведе до зменшення річного використання вод Дніпра народно-господарським комплексом з 10,4 км³ до 4,7 км³, тобто майже у 2,3 рази.

У світі багаточисленні приклади ревіталізації озер і водосховищ, дозволяють мати позитивний прогноз існування водосховищ Дніпра.

Наприклад, поетапне скорочення забруднення озера Ері в США й Канаді, тільки фосфатами: 1972 рік – 31 тис.т, 1980 рік – 16 тис. т, 2012 рік – 6 тис.т кардинально поліпшили екологічний стан й повернули його до життя.

Екологічний ефект від спуску водосховищ Дніпра буде відсутній, а прогнозовані сумарні збитки складуть сотні мільярдів гривень і не тільки економіці України, а й природі.

Ліквідація водосховищ рівнозначна «вимиканню» в людини кровоносної системи. Водосховища Дніпра дозволяють водній системі витримувати значне антропогенне навантаження, що формується в результаті життєдіяльності міст, промисловості й сільського господарства.

Повернення Дніпра в річище збільшить рівень органічного забруднення біля м. Київ у 3-4 рази, а біля міста Дніпро майже в десять разів і перетворить річку в стічну канаву із рівнем забруднення води до 40 міліграм на 1 літр.

Якщо Канівське і Кам'янське водосховища носять характер проміжних, забезпечують судноплавство й загальне підтримання екосистем, то Кременчуцьке виступає головним водо-регулятором і формує загальний водоакумуляуючий баланс прісної води й для каналів, і для водоспоживання, і для наповнення Каховського, Дніпровського і Кам'янського водосховища в серпні-вересні.

Розміщення Кременчуцького водосховища на річці Дніпро в місці, де заплава Дніпра має ширину до 28 км, визначила розміщення озерної частини на рівнинній території, площею 225 тис. га (довжиною 149 км) акумуляцією об'єму води 13,5 км³.

Морфологічні, морфометричні та гідрологічні характеристики Кременчуцького водосховища відзначають особливі процеси розвитку водосховища, поділ на частини, та умови існування.

Верхня й середня частини водосховища розташовані в межах Дніпровського заплавно-борового району північно-лісостепової області, Сулинська затока й нижня частина водосховища належать до Оболонсько-Градиського району південно-лісостепової області.

Лівий берег Дніпра в середній частині водосховища вищий за правий, що і визначає унікально-високі береги, які сягають 30-40 м і з лівого, і з правого берегів.

Економія на власне водосховищах, при будівництві, призвела до великої абразії берегів і переробки до 300 метрів углиб лівобережжя на багатьох ділянках. Береги урвисті, й ерозійні процеси під кручами де не

проведено берегоукріплення, прогресують постійно з 1958 року по 1-3 метри на рік.

Береги в більшості піщані, й при береговій лінії довжиною 800 км водосховище за 60 років поглинуло тисячі гектарів земель, в тому числі 800 орних, і в свою чергу обміліло, на багатьох ділянках дна на 1,5-2 метри.

Розбалансована ентрофікація водосховища призводить до вибухового розвитку синьо-зелених водоростей та бактерій, що викликає явища «цвітіння води», дефіциту кисню, загибелі рослинності, риб та інших тварин-гідробіонтів.

Фітопланктон асимілює сонячну радіацію в процесі фотосинтезу та збагачує воду біогенними елементами (евтрофікація), але одночасно знищує продуктивність водосховища.

Евтрофікація методологічно вказує на «старіння водойм», де процеси природної ентропії викликають ліквідацію природного об'єкту і його трансформацію із водойми в болото з озерами.

Відносно швидке старіння, Кременчуцького водосховища викликане також забрудненням стічними водами та внесенням добрив і біохімікатів на полях, тепловим забрудненням, а не тільки замуленням.

Кременчуцьке «море» молоде за віком (60 років) і належить до типу мезотрофних водойм (середньо-евтрофікованих).

В Україні об'єм стічних вод оцінюється в 20 км³, у тім числі 6 км³ – неочищених і недостатньо очищених. Також забруднення відбувається в результаті потрапляння в воду різних шкідливих домішок неорганічних (солі, кислоти, луки...) і органічних (пестициди, органічні сполуки, нафтопродукти).

Кременчуцьке водосховище є ядром водорегулювання на річці Дніпро, без існування водосховища існування Каховського, Дніпровського, Кам'янського та інших водосховищ втрачає сенс. Каховське водосховище має об'єм водоакумуляції 18,3 км³, а Кременчуцьке – 13,5 км³, Каховське, розміщуючись біля гирла Дніпра, акумулює воду для цілей водопостачання Півдня, Криму і степів України, й за умови вирівнювання і водорегулювання стоку Кременчуцьким водосховищем. Високе, набагато вище прогнозованого випаровування води на Каховському й Дніпровському водосховищах, до будівництва Кременчуцького гідровузла, приводила до пониження рівня води біля м.Дніпра припиняючи судноплавство, а Каховське море міліло і не забезпечувало водою в серпні-вересні достатні потреби народного господарства Криму й півдня України.

Реконструкція Кременчуцького водосховища не повинна допустити зменшення об'єму водо-акумуляції, але повинна суттєво сприяти поліпшенню якості води й екологічних характеристик водойми.

В умовах війни необхідна зміна еколого-моніторингової парадигми й інституціональної правової парадигми охорони вод Дніпра та раціонального використання водосховищ, особливо найбільшого унікального водосховища, – Кременчуцького, де акумулюється 13,5 км³ прісної води.

Водорегулююча функція Кременчуцького гідровузла найбільш значима для повноцінного споживання води в Україні й потребує ревіталізації шляхом реконструкції, оновлення, зміни інституціональних, технологічних, гідротехнічних, експлуатаційних та інших механізмів на основі глибоких наукових досліджень, прогнозів і вимагає правих програмних рішень і реалізації конкретних технічних проєктів.

Використані інформаційні джерела:

1. Заєць Р. А., Бержин О. А., Швиденко А. В., Черненко О. М. Екологічна безпека водних об'єктів Черкаської області складова національної безпеки. *Науково-технічний журнал*. 2016. №2 (14).

2. Хільчевський В. К. Сучасна характеристика поверхневих водних об'єктів України: водотоки та водойми // *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2021. №1 (59). С. 17–27.

3. *Водний фонд України: Штучні водойми – водосховища і ставки : Довідник / За ред. В. К. Хільчевського, В. В. Гребеня. К. : Інтерпреса, 2014. 164 с.*

4. Гончарук В., Білявський Г., Ковальов М., Рубцов Г. Національна екологічна безпека та екологічна паспортизація водних об'єктів // *Вісн. НАН України* 2009. №5. С. 22–29.

5. Томільцева А. І., Зуб Л. М. Вплив водосховищ малих ГЕС на гідрологічні особливості річок лісостепової зони України // *Гідроенергетика України*, 1-2/2017, ISSN 1812–9277.

6. Архипова М. М. Багаторічні тенденції і закономірності часових змін якісних параметрів природньо-технологічної безпеки гідроекосистеми // *Науково-технічний журнал*. 2015. №1 (11).

7. Хільчевський В. К. «Глобальні проблеми водних ресурсів у XXI ст.». *Водні ресурси України» // Лекція. 21 листопада 2021 // Режим доступу https://pgf.sspu.edu.ua/novyny_fakultetu/354-onlain-lektsiya-v-k-khilchevskogo-global.*

8. Шостак О. О. Евтрофікація водойм як глобальна екологічна проблема // *Студентський вісник НУВГП*. (1(17). С. 49–52.

9. Струк Олена. *Зелений Дніпро* URL:<https://lekty.org.ua/d/statik/wrack>.

10. Гриб О. М. *Антропогенний вплив на водні екосистеми: конспект лекцій*. Одеса, ОДЕКУ. 2018. 194 с.

11. Sarkar, S.K. *Marine Algal Bloom: characteristics, causes and climate change impacts*. -Springer Singapre. 2018. 172 с.

УДК 504.064.4

*Юзефович С. В., студентка, Харламова О. В., д. т. н, доцент,
Шмандій В. М., д. т. н., професор*

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

ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОЇ СВІДОМОСТІ НАСЕЛЕННЯ НА ОСНОВІ РЕЗУЛЬТАТІВ ОПИТУВАННЯ РЕСПОНДЕНТІВ ЗАКЛАДУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

В умовах технічного прогресу, у світі постали і нові проблеми щодо природних процесів, адже минулі знання про кругообіг речовин у навколишньому середовищі перестали об'єктивно описувати ситуацію внаслідок своєї анахронічності. Зараз стає зрозумілим, що однією з найактуальніших проблем сучасності є проблема пошуку шляхів і засобів нейтралізації й подолання негативних тенденцій, які становлять реальну загрозу для безпечного існування суспільства [1].

Екологічна свідомість (екологічна обізнаність є одним із методів вирішення даного питання, оскільки цей соціокультурний чинник допоможе зменшити, а згодом і зупинити прогресуючі загрози сьогодення. Екологічна свідомість актуальна з багатьох причин, оскільки впливає на середовище існування, суспільство та індивідуальне благополуччя – вона сприяє збереженню природних ресурсів, зменшенню забруднення навколишнього середовища та підтримці існування екосистем.

Екологічна обізнаність широко поширена серед молоді в розвинених країнах – зростаюча увага до проблем зміни клімату та природозбереження призвела до підвищення інтересу до екологічних питань серед населення в цілому. Однак рівень зацікавленості може варіюватися у залежності від регіону та соціокультурних чинників. Яскравим прикладом цьому є низька обізнаність людей у одній із найбільш актуальних проблем сьогодення – сфері управління відходами. У цьому питанні значна увага приділяється впровадженню технологій переробки відходів, розвитку вторинного використання матеріалів та зменшенню екологічного впливу виробництва. Але, на жаль, майже не виділяються ресурси на екологічну освіту щодо ефективного сортування та переробки відходів, починаючи від шкіл і закінчуючи державними установами.

Що стосується України – рівень екологічної свідомості громадян також демонструє різноманітні негативні показники, оскільки в умовах сучасних воєнних реалій питання екології у більшості випадків відходить на останній план. Загалом така тенденція демонструє певний ріст, особливо серед активістів та громадських організацій, оскільки свідомі люди розуміють, що військові конфлікти тягнуть за собою низку

екологічних проблем, додаткові, дуже часто непоправні екологічні катастрофи [5]. Тому завдяки організаціям, які працюють у сфері екології та сприяють підвищенню усвідомленості екологічних питань і розвитку екологічної культури, значущість екологічної ситуації в країні не залишається без уваги.

На жаль, на рівні держави можна виявити протилежну тенденцію: рівень участі громадськості в екологічних ініціативах в навчальних закладах залишається несприятливим для екологічної освіти. Хоча згідно Закону України «Про навколишнє природне середовище» (ст. 7) держава зобов'язана забезпечувати загальну обов'язкову комплексну освіту та виховання в галузі охорони навколишнього природного середовища, в тому числі в дошкільних дитячих закладах, в системі загальної середньої, професійної та вищої освіти, підвищення кваліфікації та перепідготовки кадрів [3]. Отже, можемо зробити висновок, що в Україні не відбувається достатнє усвідомлення громадянами екологічних проблем та їх впливу на здоров'я людей та природне середовище, оскільки без сприяння держави до поширення даних питань їх актуальність не набуває достатнього розголосу.

Держава також бере на себе відповідальність і за проведення інформаційних кампаній для підвищення обізнаності громадськості з питань запобігання утворенню відходів та забрудненню навколишнього природного середовища [4], однак проблеми з відсутністю обізнаності та свідомого поведіння з відходами залишаються актуальними, й важливо продовжувати працювати над їх рішенням.

Нами проведено дослідження щодо громадської свідомості у питанні поведінки з відходами – опитали студентів, викладачів та персонал Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. В опитуванні взяли участь 84 особи – жінки та чоловіки віком від 16 і до 60 років із різних структурних підрозділів університету. Респондентам були представлені тематичні запитання, на які вони могли дати свою відповідь або вибрати варіант відповіді із запропонованих. Також були додані короткі тематичні відомості, спрямовані на збільшення рівня зацікавленості у вибраній темі дослідження. Наприклад, до запитання «Чи знаєте Ви як правильно сортувати відходи та куди їх можна здавати?» була додана інформація про «Національну мапу пунктів прийому вторинної сировини» – Всеукраїнський проект, покликаний сформувати якісну інфраструктуру для сортування. Офіційна сторінка проекту [2] виступає в ролі «живої платформи» для громадян, де вони мають змогу організувати логістику вторинної сировини: шукати, відмічати/видаляти пункти прийому, здавати сировину. Особливістю інтерактивної мапи є широка мережа точок приймання: спеціалізовані пункти, баки для сортування, невеликі станції в організаціях.

Аналізуючи отримані дані, можемо сказати, що більшість

респондентів мають свідоме ставлення до цієї проблеми, але не повністю сформовану думку та недостатню обізнаність. На запитання «Чи відомо Вам про проблему поводження з відходами у світі?» 51,2% опитаних відповіли, що знають і цікавляться цим запитанням; 36,9% респондентів указали, що знають про цю проблему, та не цікавляться нею постійно, й 7,1% відповіли, що не знали про це до опитування, але тепер зацікавились даним питанням. А запитання про сортування сміття 33,3% опитаних відповіли, що знають як правильно сортувати, але не користуються цими знаннями; 20,2% відповіли, що не знають як це робити, але хочуть дізнатися. На жаль, 8,3% респондентів відповіли, що не знають як сортувати і не бажають дізнатися, але решта 36,9% знають про правила сортування і користуються ними.

Вважаємо, що дані опитування доцільно і потрібно проводити у всіх навчальних закладах та державних установах для збільшення рівня зацікавленості та підвищення обізнаності у питанні поводження з відходами та загалом у екологічних проблемах, адже проблеми недостатньої екологічної свідомості можуть мати серйозні наслідки для навколишнього середовища та суспільства в цілому. Несвідоме ставлення до викидів та утилізації відходів, не раціональне використання ресурсів, несвідоме виробництво та споживання енергії, використання невідновлюваних ресурсів призводять до втрати біорізноманіття планети й можуть спричинити нерівномірність впливу негативних екологічних наслідків, що призведе до ще більшої нерівності серед різних груп населення.

Резюмуючи, відмічаємо, що свідомість та освіта грають ключову роль у вирішенні цих проблем, сприяючи прийняттю екологічно виважених рішень на всіх рівнях суспільства.

Використані інформаційні джерела:

1. *Екологічна безпека : підручник / Шмандій В. М., Клименко М. О., Голік Ю. С., Прищеп А. М., Бахарев В. С., Харламова О. В. Херсон : Олді-плюс, 2017. 337 с.*

2. *Мапа пунктів збору вторинної сировини.*
URL:<https://recyclingpoints.org/>

3. *Про охорону навколишнього природного середовища: Закон України від 25.06.1991. № 1264-XII. Дата оновлення: 08.10.2023. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12>*

4. *Про управління відходами: Закон України від 20.06.2022. № 2320-IX. Дата оновлення: 31.03.2023. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text>*

5. *Юзефович С. В., Шмандій В.М. Проблеми екологічної безпеки в період воєнного стану. XXX Міжнародна науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих учених «Актуальні проблеми життєдіяльності суспільства». Кременчук : КрНУ, 2023. С.195.*

ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ

УДК 502.15(477.53-751.3)

*Гамза Д. А., здобувач середньої освіти, учень 11-го класу,
Мовчан В. В., вчитель географії, вчитель-методист*

*Березоволуцький ліцей Петрівсько-Роменської сільської ради
с. Березова Лука, Миргородський район, Полтавська область*

ПЕРЕДУМОВИ ЗАПОВІДАННЯ КЛЮЧОВОЇ ДІЛЯНКИ ДОЛИННИХ ЛАНДШАФТІВ У СЕРЕДНІЙ ТЕЧІЇ РІЧКИ ХОРОЛ

Відповідно до перспективи розширення природно-заповідної мережі Миргородського району, територія села Ручки Петрівсько-Роменської територіальної громади (ТГ) входить до проектованої філії регіонального ландшафтного парку «Гадяцький» [5, 6]. Однією з умов при створенні регіональної екомережі є проведення ландшафтознавчих досліджень.

Село Ручки на початку ХХІ століття потрапляло в поле зору сумського ландшафтознавця А.О. Корнуса. Ним було виділено типи місцевостей та урочища відповідної території [2]. Варто зауважити, що його ландшафтна класифікація є досить детальною. Проте, на основі проведених нами досліджень ключової ділянки на півночі с. Ручки та аналізу картографічного матеріалу, відкориговано кадастр долинних ландшафтів та створено ландшафтну картосхему (рис. 1).

Кадастр ландшафтів ключової ділянки, які зображені на рис.1, має такий вигляд:

Прирічкові (схиліві) ландшафти *Прирічковий (схилівий) тип місцевості.*

Урочища:

- 1) Злаково-різнотравних остепнених лук на місці зведених широколистяних лісів на сірих опідзолених середньозмитих ґрунтах;
- 2) штучно-заліснених дубом звичайним прирічкових схилів на сірих опідзолених середньозмитих ґрунтах;
- 3) крутих слаборозчленованих прирічкових схилів з кленово-липовими дібровами на сірих опідзолених середньозмитих ґрунтах;
- 10) діючих яружних урочищ на сірих опідзолених середньозмитих ґрунтах з виходами корінних порід.

Долинні ландшафти
Заплавний тип місцевості
Урочища:

- 4) заплавних вільхово-осикових лісів на лучних слабо-шаруватих карбонатних ґрунтах;
- 5) штучно-заліснених сосново-дубових лісів на лучних сильно-шаруватих супіщаних ґрунтах;
- 6) центральної з окремими зниженнями заплави з мезофільними злаками й бобовими на лучних сильно-шаруватих супіщаних ґрунтах.
- 7) центральної та притерасної заплави з мезо-гігрофітною рослинністю на лучних слабо-шаруватих карбонатних ґрунтах;*
- 8) перезволоженої заплави з гідро-гігрофітною рослинністю на лучних слабо-шаруватих карбонатних ґрунтах;*

* - заплава частково засаджена молодим лісом (в легенді – 9)

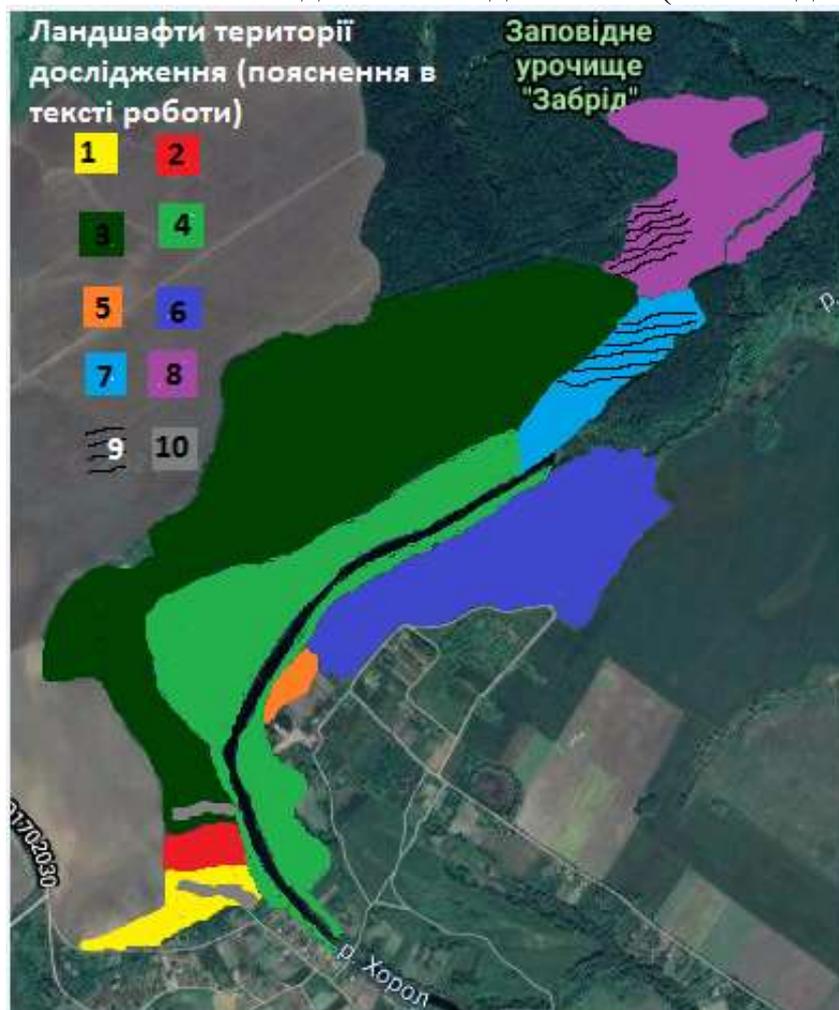


Рисунок 1 – Ландшафтна структура досліджуваної території станом на кінець 2023 року

Створення кадастру та ландшафтної карти ключової ділянки зумовлено тим, що під час проведення в попередні роки обстежень лісових

та лучно-болотних екосистем було встановлено созологічну цінність відповідної території.

За результатами флористичних досліджень лісових природних комплексів встановлено, що територія «Підгорянського лісу», незважаючи на близьке межування із населеним пунктом, все ж характеризується високими показниками флоросоологічної цінності, оскільки у складі флори виявлено п'ять рідкісних видів, із яких один – *Listera ovata* (L.) R. Br., включений до Червоної книги України [7], чотири – до регіонального списку [1]: *Scilla siberica* Haw., *Chrisosplenium alternifolium* L., *Convallaria majalis* L., *Dentaria quiquefolia* Vieb.. Найціннішою знахідкою даного етапу дослідження стала лісова орхідея – *Listera ovata* (L.) R. Br. Виявити цю рослину вдалося біля нижньої частини струмка, який бере початок на корінному схилі і впадає в Хорол. До річі, неподалік від гирла бобри створили загату, і тепер потічок за шириною нагадує річку середніх розмірів. Можливо, саме цей чинник сприяє поширенню рідкісної орхідеї, яка любить вологі ділянки і зростає поряд із потічком, який після створення загати зволожує прибережну смугу. Проте, зауважимо, що іноді *Listera ovata* (L.) R. Br. потерпає від поїдання листя козулями, які приходять до струмка на водопій.

Ще однією не менш цінною знахідкою було встановлення місця зростання *Chrisosplenium alternifolium* L. У Полтавській області відомо лише декілька місць зростання даного виду, зокрема і в Гадяцькому районі. Науковцями області висловлювалася думка про доцільність створення в притерасному вільшняку р. Псел гідрологічного заказника [1]. Тож, нове виявлення місезнаходження цього виду є досить важливим, оскільки біля р. Хорол така знахідка є першою.

Під час проведення повторних обстежень лісової екосистеми з більшим охопленням території, було виявлено нове, чисельніше місце зростання *Listera ovata* (L.) R. Br..

У межах нагірної діброви було виявлено популяцію регіонально-рідкісного *Vinca minor* L. На цій же ділянці зростають поодинокі особини *Carpinus betulus* L. І хоча ці дерева не тут мають значного поширення, як в сусідньому селі Березова Лука та Мелешки [3], все ж можна стверджувати, що в Підгорянському лісі поширене угруповання *Carpineto (betuli)-Quercetum (roboris) vincosum (minoris)*, занесене до Зеленої книги України [4].

У ході дослідження лучно-болотних природних комплексів на заплаві Хоролу в північній околиці села Ручки було встановлено місезнаходження восьми созофітів, із яких чотири – *Dactylorhiza incarnata* Soo, *D. fuchsia* (Druce) Soo, *Gladoilus tenuis* Vieb., *Orchis palustris* L., включені до списку Червоної книги України, і ще чотири – *Valeriana officinalis* L., *Inula helenium* L., *Nymphaea alba* L., *Potentilla palustre* (L.) Scop. – до регіонального списку.

Варто зауважити, що річище Хоролу репрезентоване угрупованням *Nymphaeetum (albae) traposum (natantis)*, занесеним до Зеленої книги України [4]. Належить воно до категорії рідкісних природних рослинних угруповань, які підлягають охороні.

Враховуючи високий показник флоросозологічної унікальності на фоні високої біотичної та ландшафтної різноманітності природних комплексів досліджуваної території в межах долинно-річкової системи р. Хорол у північній частині с. Ручки, а також відносно добру їх збереженість, доцільно забезпечити охороною цю місцевість в статусі ландшафтного заказника місцевого значення «Ручківський» на площі близько 200 га або ж за рахунок неї змінити межі й розширити площу заповідного урочища «Забрід». У майбутньому, створений заказник, разом із іншими заповідними об'єктами долини Хоролу, стане складовою частиною регіонального ландшафтного парку «Гадяцький» [5, 6].

Використані інформаційні джерела:

1. Байрак О. М., Стецюк Н. О. Атлас рідкісних і зникаючих рослин Полтавщини. Полтава : Верстка, 2005. 248 с.
2. Корнус А.О. Особливості ландшафтної структури ключової ділянки в басейні Середнього Хоролу // Фізична географія та геоморфологія. 2005. Вип. 49. С. 151–157.
3. Мезенцева Д. О., Мовчан В. В. Обґрунтування створення ландшафтного заказника поблизу села Мелешки. 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. 238–242.
4. Рослинні угруповання Зеленої книги України <https://wownature.in.ua/articles/roslynni-uhrupovannia-zelenoi-knyhu-ukrainy/>(дата звернення:10.05.2001)
5. Смоляр Н. О., Ханнанова О. Р. Концепція розвитку територіальної структури регіонального ландшафтного парку «Гадяцький» (Україна) // Біологія та екологія. 2016. Т.2, №1. С. 38–46.
6. Смоляр Н. О., Ханнанова О. Р., Мовчан В. В., Мезенцева Д. О., Перспективи розширення природно-заповідної мережі Миргородського району Полтавської області (Україна) // Екологія. Довкілля. Енергозбереження. 2023 : колективна монографія / під ред. О. В. Степової. Полтава: НУПП імені Юрія Кондратюка. 2023. С. 222–234.
7. Червона книга України. Рослинний світ ; [за ред. Я.П. Дідуха]. К. : Глобалконсалтинг, 2009. 900 с.

МЕТОДИ ТА ШЛЯХИ УТИЛІЗАЦІЇ СОНЯШНИКОВОГО ЛУШПИННЯ

У наш час через надвелике навантаження на навколишнє природне середовище перед людством постає питання щодо утворення, накопичення, переробки та утилізації відходів виробництва. Ця проблема є актуальною на всій території України, оскільки в багатьох розвинених містах розміщені олійно-екстракційні заводи, на які припадає вагома частка забруднення.

Нажаль, загальновідомо, що не всі підприємства – виробники олій та побічних продуктів від кустарних та крафтових до потужних промислових – переробляють самі на підприємстві або ж передають на переробку лушпиння. В багатьох випадках, за відсутності належного контролю та в недотримання вимог екологічного законодавства, цей процес зводиться до несанкціонованого вивезення лушпиння на поля, на сміттєзвалища, а то й до прямого спалювання, що призводить до механічного, хімічного й фізичного (теплого) забруднення довкілля. Відходи ж виробництва соняшникової олії можуть мати значні екологічні й економічні ефекти, якщо їх утилізувати належним чином. Наприклад, часто побічний продукт виробництва соняшникової олії – лушпиння – використовується як підстилковий як підстилковий матеріал для худоби на тваринницьких комплексах, застосовується на полях та огородах як біологічне добриво, як кормові добавки в тваринництві й птахівництві при розмелюванні. У світі вже набутий вагомий досвід використання соняшникового лушпиння в забезпеченні енергетичних цілей [1].

Основні методи утилізації соняшникового лушпиння:

Компостування: *Суть методу:* лушпиння може бути використане для виробництва компосту або органічного добрива. *Екологічні ефекти:* компостування може зменшити кількість відходів, що потрапляють на сміттєві полігони, а також сприяє відновленню за рахунок підживлення та збереженню ґрунтів.

Виробництво біопалива: *Суть методу:* лушпиння може бути використане для виробництва біогазу чи біопалива через ферментацію або інші технології. *Екологічні ефекти:* зменшення використання традиційних паливних ресурсів та зменшення викидів CO₂ в атмосферу.

Виробництво біополімерів: *Суть методу:* лушпиння може бути використане для виробництва біополімерів для виготовлення пакувальних

матеріалів та ін. *Екологічні ефекти*: зменшення використання пластику у великих обсягах.

Зазначимо, що кількість соняшникового лушпиння при промисловій переробці насіння соняшника становить значну частину – 17-20% до маси насіння. Також різні гібриди й сорти соняшника містять чимало корисних речовин (у середньому: жиру 3%, білків 3,4%, безазотистих екстрактивних речовин 29,7%, клітковини 61,1%, зольних речовин 2,83% [2]), що розширює сфери його застосування.

Незважаючи на те, що в Україні відсутній галузевий нормативний документ, який би передбачав використання соняшникового лушпиння в якості палива, все ж його застосовують як альтернативне паливо. На сьогодні більше половини річного обсягу утвореного лушпиння спалюється в котлах із метою виробництва теплової енергії, близько 22% використовується для виробництва гранул та брикетів. При спалюванні соняшникового лушпиння кількість вуглекислого газу, що виділяється не перевищує того, що утворюється при природному розкладанні деревини. Так як соняшникове лушпиння має дуже низьку насипну щільність (170 кг/м³) та його транспортування на велику відстань є економічно недоцільним, тому надзвичайно актуальним і економічно вигідним, на сьогоднішній день, є виробництво гранул або брикетів, щільність яких складає 1200 кг/м³.

Використання соняшникового лушпиння дає змогу розв'язувати ряд екологічних проблем, зокрема скорочення викидів CO² в атмосферу (за рахунок відмови від використання природного газу), запобігання органічному розкладанню відходів після вивезення на звалища, сприяє зменшенню використання пластику, розвиває концепцію застосування альтернативного палива та ін. При застосуванні сучасного обладнання та ефективних елементів системи очищення відхідних газів при переробці соняшникового лушпиння емісія шкідливих речовин не буде перевищувати встановлені норми.

Не менш важливим це питання є й для Полтави, міста обласного значення, оскільки в його межах функціонує сучасне й потужне промислове підприємство ЗАТ «Полтавського олійно-екстракційного заводу – Кернел Груп», що є водночас, одним із головних джерел забруднення міста. Одним із основних видів відходів даного підприємства є соняшникове лушпиння.

Використані інформаційні джерела:

1. Бородіна О. *Відновлювальна енергетика – перспективи для сільського господарства України // Пропозиція. 2008. № 10.*
2. Дахновська О.В. *Шляхи використання соняшникового лушпиння // Збірник праць Вінницького національного аграрного університету. 2012. Т.2(66), №11. С. 156–160.*

Голік Ю. С., к. т. н., професор університету, Ілляш О. Е., к. т. н., доцент, Чепурко Ю. В., аспірантка, асистент, Серга Т. М., аспірантка, асистент

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

АНАЛІЗ МОРФОЛОГІЧНОГО СКЛАДУ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ ОКРЕМИХ МІСТ УКРАЇНИ

Воєнні реалії, у яких знаходиться Україна, вимагають першочергового вирішення питань національної безпеки, що в своїй основі містить енергетичну та екологічну складову. Для досягнення поставленої мети органам державної влади необхідно провести ряд реформ та відповідні зміни у національному законодавстві, зокрема й у сфері захисту довкілля.

Сьогодні Україна залишається державою з одним із найбільших обсягів утворення та накопичення відходів серед європейських країн, а існуюча система управління відходами є дуже застарілою, яка не відповідає положенням концепції економіки замкненого циклу. Це вимагає підвищеної уваги до вирішення проблем у сфері управління відходами особливо на регіональному рівні, адже процес децентралізації, що завершено в державі, та вимоги до розробки регіональних планів управління відходами створюють передумови й можливості формування комплексного підходу до вирішення цієї проблеми у кожному конкретному регіоні чи громаді, враховуючи їх специфіку та стратегічні орієнтири розвитку [1].

Проблематика, пов'язана зі збиранням, обробленням й захороненням побутових відходів (далі – ПВ), має аналогічну специфіку практично для всіх областей України. В умовах збільшення площ сміттєзвалищ, більша частина яких є несанкціонованими, зростає роль та значення процесів відновлення відходів з метою використання їх ресурсного потенціалу та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище.

Одним із факторів, що визначає ефективність системи управління відходами, є аналіз компонентного (морфологічного) складу відходів та інфраструктури збору та подальшого поводження з окремими видами вторинної сировини з ПВ. Визначення компонентного складу відходів в даний час проводиться у двох напрямках: визначення якісних характеристик компонентного складу ПВ та оцінювання загальних норм накопичення й енергетичних характеристик відходів для впровадження енергозберігаючих технологій.

Виходячи з вимог національного законодавства та нагальної потреби в енергетичній автономії на місцевому рівні, впровадження енергозберігаючих технологій, зокрема оброблення/перероблення ПВ, є вибір оптимального технологічного рішення: наявність результатів досліджень компонентного складу ПВ та енергетичних характеристик їх окремих компонентів.

Відповідно проаналізовані результати досліджень компонентного складу ПВ окремих міст України, більшість яких наведена у проектах Регіональних планів управління відходами на період до 2030 року, а саме для Полтавської, Вінницької, Чернігівської, Дніпропетровської, Хмельницької та ряду інших областей. Систематизовані результати даних досліджень представлено у таблиці 1.

Необхідно відмітити, що у структурі ПВ переважають органічні відходи, полімери, папір та картон, а також скло. Встановлена також закономірність: чим більше сільського населення і приватного сектору, тим більший відсоток органічних і харчових відходів. Це пов'язано зі збільшенням споживання населенням овочів і фруктів.

За останні десятиліття відзначається зростання об'ємів пластикових пакувальних виробів та пластикової упаковки харчових продуктів, в основному поліетилену високого та низького тиску, а також поліетилентерефталату (ПЕТ-пляшка). Крім того, постійно змінюється вміст склотари [3].

Компоненти ПВ: пластик, гума, кістки, шкіри разом з компонентами природного походження зазначеними вище можуть піддаватися процесу оброблення, враховуючи європейський досвід використання вищезазначених фракцій у вигляді RDF-палива (Refuse Derived Fuel – тверде вторинне паливо з відходів) [4]. RDF-паливо використовується у вигляді відсортованої і подрібненої паливної суміші, спресованих пелет чи брикетів, в комунальній теплоенергетиці, як альтернативне та поновлюване джерело енергії, забезпечуючи зниження негативного впливу на довкілля і скорочення обсягів захоронення ПВ.

Таблиця 1 – Компонентний склад побутових відходів, характерний для міст України

Назва компоненту проби	Найменування населеного пункту							Узагальнено по Україні
	м. Вінниця ¹	м. Житомир ²	м. Чернігів ³	м. Львів ⁴	м. Дніпро ⁵	м. Хмельницький ⁶	м. Полтава ⁷	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Відсоток від загальної маси, %								
Органічні відходи (овочі, фрукти, відходи садівництва тощо)	41,39	33,33	35,7	65,1	39,36	27,02	49,7	27,02-65,1
Папір і картон	7,2	14,27	8,6	Вторин. сировина 14,2	5,74	2,5/2,53	2,8	2,5-14,27

1	2	3	4	5	6	7	8	9			
Полімери (пластик, пластмаси)	9,4	22,99	10,3		8,97	10,35	29,4	9,4-29,4			
Скло	9,8	7,44	9,1		8	14,29	6,3	6,3-14,29			
Чорні метали	2,1	2,91	1,7		1,01	0,34	1,3	0,34-1,3			
Кольорові метали					0,18	0,9	0	0,18-2,91			
Текстиль					-	0,34	1,1	4,03	10,19	4,8	0,34-10,19
Дерево					-		0,4	2,53	4,86	0	0,4-4,86
Небезпечні відходи	0,66		-	-	0,07	1,48	1,2	0,07-1,48			
Кістки, шкіра, гума	-	0,47	1,1	-	2,21	-	1,6	0,47-2,21			
Залишок побутових відходів після вилучення компонентів	29,49	10,62	Несортований залишок 32,0	Інші відходи	Несортований залишок		2,9	2,9-32,0			
					10,75	6,09					
Упаковка комбінована	-		-	-	2,44	-	-				
Вуличний змет, каміння	-		-	-	14,72	-	-				
Зелені відходи	-	7,64	-	-	-	7,84	-	7,64-7,84			
Будівельні відходи	-		-	-	-	11,66	-				
Загальна маса проби ПВ	100	100	100	100	100	100	100	100			

*Примітка:

¹ – розрахункові дані, отримані методом прийнятих припущень на основі Звіту проекту «Управління відходами – ЄІСП Схід. Стратегія поводження з відходами в Закарпатській області на 15-річний період», 2011 р.; Субрегіональної стратегії поводження з відходами для Полтавської області, 2016 р.; Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. Реформа управління на сході України, 2016 р; звіту за результатами вивчення морфологічного складу ТПВ у Тульчинському цільовому регіоні. Проект DESPRO, 2012 р.; проекту TACIS Європейського союзу «Совершенствование системы управления твердыми бытовыми отходами в Донецкой области Украины».

² – результати експериментальних досліджень, проведених у 2009, 2013, 2015 роках щодо морфологічного складу побутових відходів Житомирського міського санкціонованого звалища [2].

³ – результати експериментальних досліджень щодо обсягів утворення відходів та їх морфологічного складу, проведені при розробленні Схеми санітарного очищення міста Чернівці, 2014 р.

⁴ – результати досліджень в рамках Проекту «Дослідження нових впливів на довкілля в умовах епідемії COVID-19 в Україні» реалізовує ГО «Нуль відходів Львів» у партнерстві з ГО «Еколтава» та Дослідницькою агенцією Fama за експертної підтримки міжнародної організації Zero Waste Europe. Упроваджується в межах Ініціативи з розвитку екологічної політики й адвокації в Україні, що здійснює Міжнародний фонд «Відродження» за фінансової підтримки Посольства Швеції в Україні.

⁵ – результати натурних вимірювань морфологічного складу ПВ, проведених Українським науково-дослідним інститутом з розробки та впровадження комунальних програм та проектів (2017 р.) «Дослідження характеристик побутових відходів, що утворюються в житлових будинках м. Дніпра».

⁶ – статистичні дані з Регіонального плану управління відходами (далі РПУВ) у Хмельницькій області на період до 2030 року.

⁷ – результати досліджень ГО «Еколтава», проведених у серпні та листопаді 2022 року.

Отже, визначення якісних та кількісних характеристик компонентів ПВ надає можливість прогнозування обсягів утворення окремих ресурсоцінних фракцій, що мають енергетичний потенціал та можуть бути використані, наприклад, як паливо для твердопаливних котлів для потреб малої теплоенергетики, а саме: приватних домогосподарств, адміністративних будівель, закладів медичного обслуговування, освіти, громадського харчування [4, 5]. У середньому ці компоненти складають близько 11,5% [4] від загальної маси ПВ й можуть бути енергетичним потенціалом для автономних енергетичних систем малої потужності (котельні шкіл, садочків, лікарень, адміністративних будівель, житлових будинків, приватних господарств).

Використані інформаційні джерела:

1. Проект «Регіональний план управління відходами у Полтавській області до 2030 року». [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.adm-pl.gov.ua/advert/oprilyudnennya-dlya-obgovorennya-proektu-regionalniy-plan-upravlinnya-vidhodami-u-poltavskiy->
2. Коцюба І. Г. (2017). Дослідження морфологічного складу твердих побутових відходів міста Житомира. *Екологічні науки*. 3–4 (18–19), 19–23.
3. Насіров М. Ф. (2018). Діагностика ресурсозабезпечення як визначального фактору прийняття рішення щодо реалізації екопроекту з ресайклінгу відходів пластика // *Економічна наука*, 16, 61–66.
4. Голік Ю. С., Ілляш, О. Е., Монастирський, О. М., Ченурко, Ю. В., Серга, Т. М. (2023). Оцінка енергоресурсного потенціалу територіальних громад Полтавської області як складової енергетичної безпеки. *The 3rd International scientific and practical conference «Scientific research in the modern world» (January 12-14, 2023) Perfect Publishing, Toronto, Canada*, 205–215.
5. Ілляш О. Е., Голік, Ю. С. (2023). Дослідження ресурсного потенціалу побутових відходів у Полтавській області. *Проблеми охорони праці в Україні*, 39(1–2), 47–54.

¹*Голік Ю. С., к. т. н., доцент, професор університету,*

²*Погорелов А. С., учень 10-М класу, член МАН*

¹*Національний університет «Полтавська політехніка*

імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна,

²*Ліцей №6 «Лідер» Полтавської міської ради, м. Полтава, Україна*

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ДРІБНИХ ПИЛОВИХ ЧАСТИНОК У ПОВІТРІ ПРИМІЩЕННЯ ТА АТМОСФЕРІ

Цей матеріал є продовженням комплексного дослідження забруднення параметрів внутрішнього повітря в закладах освіти, де навчаються діти. Проведення даного дослідження націлено на вивчення питання утворення дрібних пилових частинок у атмосферному повітрі, приміщенні житлової кімнати, навчального класу. Цікавість дослідження обумовлена тим, що з'явилися прилади, які дозволяють експериментально вимірювати дуже дрібні пилові частинки розміром від 0,3 до 10 мкм й вивчення яких тільки починається науковцями, оскільки навіть у нормативній літературі фактично відсутні дані стосовно цих частинок.

До того ж, слід враховувати й те, що Україна крокує до Європейської Спільноти, де від неї вимагають врахування Європейських норм, тому вона повинна наближати своє санітарно-гігієнічне й будівельне законодавства до Європейського. А з прийняттям Україною Європейських стандартів (ДСТУ Б EN 15251:2011 та ДСТУ EN 13779:2013), виникає потреба враховувати й концентрації пилових частинок і не тільки.

У попередній публікації авторів [1], вже відзначалося, що дрібно дисперсні частинки PM_{2.5} та PM₁₀ – це повітряний забруднювач, до складу якого входять як тверді мікрочастинки, так й замалі крапельки рідини. Вони мають розмір приблизно від 10 нм до 2.5 мкм. І в різних джерелах ці частинки також мають інші назви: FSP (fine suspended particles), fine particles, дрібнодисперсний пил тощо. Слід відзначити, що дрібні частинки PM_{2.5} досить легко проникають крізь біологічні бар'єри (носову порожнину, верхні дихальні шляхи, бронхи) та при обміні можуть попадати у кров, а це приводить до захворювань серцево-судинної системи. За матеріалами ВООЗ, частинки PM_{2.5} скорочують очікувану тривалість життя, з цим пов'язано 3% смертей від захворювання серцево-судинної та дихальної систем та 5% смертей від рака легенів. Тому, зменшення концентрації частинок PM_{2.5} та PM₁₀ у повітрі є важливим завданням для забезпечення якості життя людей і збереження довкілля. Що вимагає впровадження ефективних заходів для зменшення забруднення

повітря, таких як контроль викидів, використання більш чистих енергетичних джерел і підтримка сталих способів життя.

Фактично всі частинки та крапельки розміром менше 2.5 мкм знаходяться у зваженому стані. Вони знаходяться навкруги – в лісі, на морі, але у містах складають найбільшу небезпеку. Це обумовлено тим, що у містах їх значно більше, а в додаток їх хімічний склад значно небезпечніший ніж на природі. В різних містах склад аерозолі з частинами PM_{2.5} значно відрізняється один від другого. Діаметр частинок PM_{2.5} фактично у 30 разів менший від діаметру людського волосся. На рис 1 зображено порівняння розміру цих частинок.

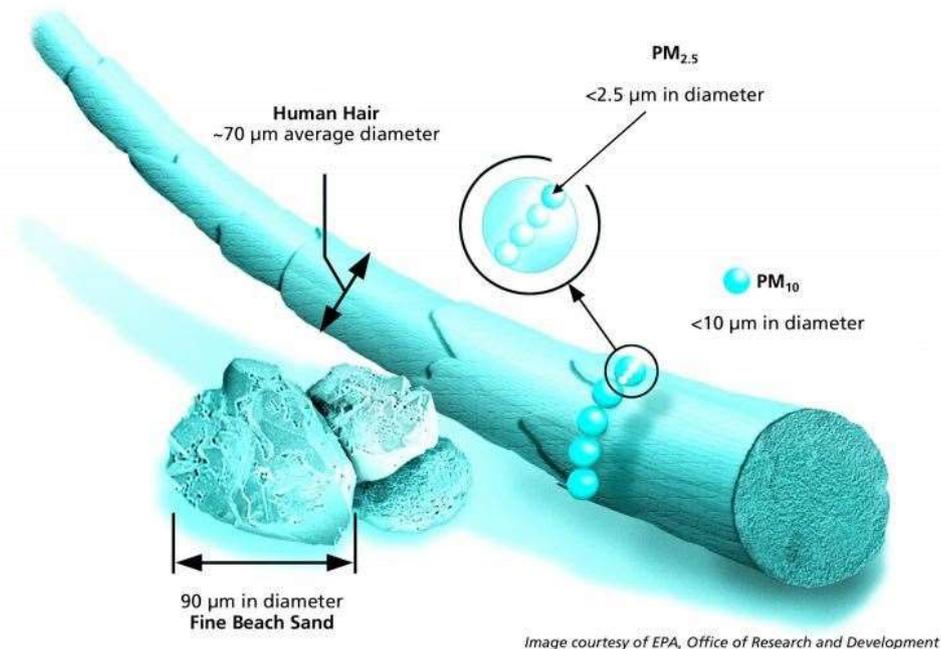


Рисунок 1 – Порівняння розміру дрібних частинок (людське волосся, дрібна частинка, частинка PM_{2.5} та PM₁₀) [2].

Із нашої точки зору важливість цих досліджень обумовлена й тим, що ці пилові аерозольні частинки мають розмір, який відповідає розміру різних вірусних інфекцій. А головне, чи є можливість боротися з цими пиловими (вірусними) частинками у період виникнення вірусних інфекційних захворювань у школі, навіть, при виникненні самої небезпечної вірусної інфекції останніх двох років коронавірусу, чи можливо було знайти заходи щодо зменшення цього захворювання.

У вересні – грудні 2023 року нами були проведені експериментальні дослідження концентрацій пилових частинок у атмосферному повітрі, повітрі квартири та приміщенні шкільного класу. Одночасно здійснювалися виміри температур та відносної вологості проводилися виміри концентрацій діоксиду вуглецю. Для проведення експериментальних досліджень використовувався детектор якості повітря,

який включає в себе функцію вимірювання частинок розміром PM_{2,5} та PM₁₀ – лічильник пилових частинок NT-9600.

Треба відзначити, що на сьогоднішній день вже з'явилося спеціальне обладнання для очищення такого повітря від дрібних частинок у вигляді повітряних фільтрів. У відповідності до нормативних документів, це обладнання розподіляється на 4 групи (класи) : фільтри грубого очищення, фільтри тонкого очищення, фільтри високого очищення HEPA та фільтри над високого очищення ULPA. Сучасні повітряні фільтри вже з'явилися на полицях промислових магазинів як таке обладнання до якого ми вже давно звикли: кімнатних вентиляторів, пилососів, кондиціонерів, зволожувачів повітря – обладнання кліматичної техніки. На ринку вже налічується достатньо типів цього обладнання різних фірм, які виробляють пилогазоочисне обладнання або кліматичне обладнання. На сайті Інтернету можливо знайти інформацію стосовно ефективності даного обладнання різних виробників. При очищенні повітря передбачається, що воно послідовно проходить через систему фільтрів від грубого очищення до надвисокого очищення від пилових частинок. А ефективність очищення після фільтрів ULPA складає навіть до 99,999995%. Але навіть у паспорті звичайного пилососу вказано, що для очищення повітря використовуються фільтри HEPA або ULPA. Вартість цього обладнання складає від декількох тисяч до десятків тисяч гривень.

Для проведення експериментальних досліджень нами було придбано повітряний фільтр пиловловлювач відомої фірми TOSHIBA CAF-X33XPL середньої вартості, в якому для очищення передбачена триступенева система очищення, три різні шари фільтрації; пре-фільтр, HEPA фільтр та активований вугільний фільтр для забезпечення високої ефективності очищення до останнього мікрона. Конструкцією фільтра передбачена іонізація повітря з утворенням негативних іонів, прибирання запахів, пилу, частинок диму з генерацією чистого повітря. За паспортними даними фільтру, це робить повітря придатним для людей з дихальними захворюваннями або алергією, зменшуючи кількість алергенів у повітрі приміщення. За годину фільтр очищає до 500 м³/год., що забезпечує 1 кратний повітрообмін у приміщенні класу й є фактично в межах мінімально необхідного повітрообміну для класу на 25 учнів. До речі Очищувач повітря забезпечує максимальну ефективність із мінімальними затратами енергії до 45Вт й забезпечує низький рівень шуму обладнання.

При проведенні експериментальних досліджень проводилося вимірювання концентрацій пилових частинок розміром PM 0.3, PM 2.5 та PM10 в атмосферному повітрі, повітрі приміщення та повітря після проходження через 3-х ступеневу систему очищення повітряного фільтру. Дослідження проводилися зранку о 7 годині, вдень – о 13 годині та ввечері – о 19 години. При проведенні результатів експерименту враховувалося відкриття кватирок чи їх закриття, погодні умови, наявність

проведення у приміщенні вологого прибирання. На рис.2 наведена частка результатів експериментальних досліджень, наприклад, для частинок пилу розміром 2.5PM, що проведені зранку. Із рисунка видно, що концентрація пилових частинок на вулиці змінюється в досить широкому діапазоні від 380 ррм до 4500 ррм. Вона суттєво залежить від якості погодних умов й перевищує, у своїй більшості, концентрацію у внутрішньому повітрі, значення якої змінюється теж в широкому діапазоні й залежить від погодних умов (повітря сухе чи зволене, чи був у ночі дощ, чи вітряна погода, чи працювала у приміщенні вентиляція, чи проводилася у приміщенні прибирання сухе або вологе)? Діапазон концентрацій теж знаходиться в межах 660-4500 ррм за виключенням 2-х пікових випадків, коли в квартирі було сухе прибирання.

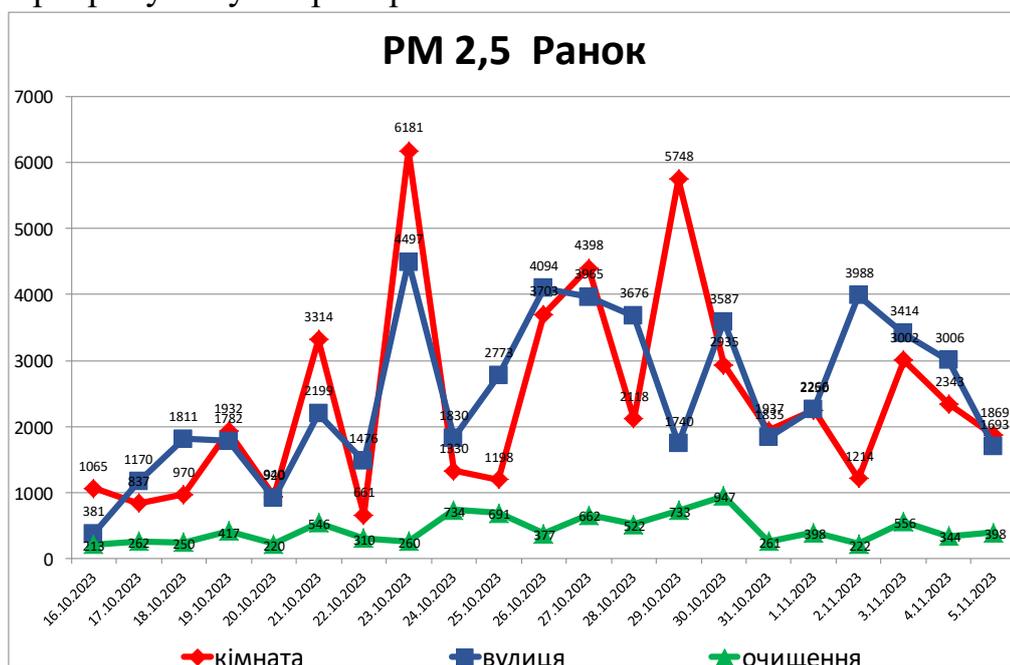


Рисунок 2 – Графік зміни концентрацій пилових частинок розміром 2,5PM впродовж 16.10.2023 -5.11.2023р зранку

Пікові значення підвищених концентрацій внутрішнього повітря відзначалися, коли в приміщенні квартири здійснювалось сухе прибирання при закритій кватирці. А у більшості випадків концентрація пилових частинок у зовнішньому повітрі перевищує концентрацію у повітрі кімнати. Пропускання внутрішнього повітря через 3-х ступеневе очищення зменшує концентрацію пилових частинок у приміщенні в 3-8 разів. А діапазон концентрацій пилових частинок розміром PM2.5 складає 213-940 ррм. Важко навіть уявити, щоб дало б застосування такого очищення повітря у палатах хворих та на скільки зменшується концентрація та кількість інфікованих бактерій у приміщенні лікарні.

Узагальнені графіки ефективності очищення пилу для усіх частинок пилу вранці в межах кожної фракції наведено на рис.3. Із рисунку видно,

що застосування системи очищення повітря для усіх фракцій пилу забезпечує не однороду ефективність очищення. Піж ефективністю очищення слід розуміти значення, яке розраховується за формулою:

$$E = (q_{\text{вх.}} - q_{\text{вих.}}) / q_{\text{вх.}} \cdot 100\% ,$$

де; E – ефективність очищення пилових частинок окремої фракції у %;

$q_{\text{вх.}}$ – концентрація пилових частинок окремої фракції у ррм на вході в фільтр;

$q_{\text{вих.}}$ – концентрація пилових частинок окремої фракції у ррм на виході з фільтру.

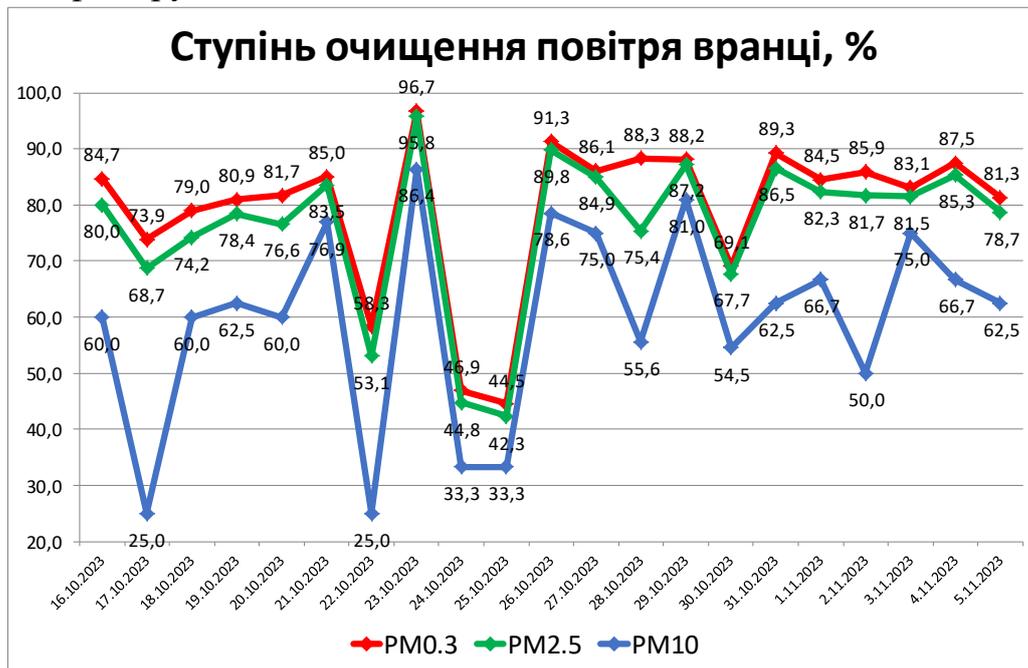


Рисунок 3 – Графік ефективності очищення пилових частинок розміром 0.3PM, 2.5PM, 10PM впродовж 16.10.2023 -5.11.2023р зранку

Результати експериментальних досліджень показали, що найбільш висока ефективність очищення при 3-ри ступеневому очищенні спостерігається для частинок розміром PM0.3. При виключенні пікових результатів середня ефективність очищення складає від 75% до 85%, для пилу розміром PM2.5 – 53%-85%, осереднена ефективність очищення частинок розміром PM10 сама найнижча – 50-75%.

Сучасний стан обладнання для виміру пилових частинок дозволив вимірювати й більш дрібні частинки розміром PM0.1 мкм, концентрація яких знаходилась у межах сотень тисяч ррм і змінювалася в досить широкому діапазоні, що потребує подальшого більш плідного дослідження. Зауважимо, що сучасні стандарти та будівельні норми не містять рекомендованих нормованих значень цих концентрацій.

Нами визначена необхідність проведення далі дослідження, орієнтованого на вивчення характеру зменшення вірусних аерозольних патогенних частинок у повітрі шкільного класу шляхом використання сучасних технологій та повітряних фільтрів HEPA-ULPA й дослідження зміни концентрацій пилових частинок у залежності від різних погодних умов та періодів року. Це дозволить, можливо, вийти на новий рівень боротьби із вірусними інфекціями також у дитячих закладах дошкільної освіти.

Використані інформаційні джерела:

1. Голік Ю. С., Погорелов А. С. Дослідження утворення діоксидів вуглецю та пилових частинок у шкільному класі «Сучасні проблеми теплоелектро-енергетики та захист довкілля. 2023» : Збірник матеріалів I Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні проблеми теплоелектроенергетики та захист довкілля» (21-22 вересня 2023 року, Полтава). Полтава : НУПП, 2023. С.50–52 с.

2. Морозов В. В., Попов Ю. Л. Порівняння методологій обґрунтування ГДК в атмосферному повітрі в Україні та країнах ЄС і США – [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
<http://masters.donntu.org/2001/feht/polupaenko/diss/lib/col01.htm>

Громова І. Ю., к. т. н., доцент, Куракова Н. О., аспірантка

Державний заклад «Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління», м. Київ, Україна

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПОВОДЖЕННЯ З ДЖЕРЕЛАМИ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ПРИРОДНОГО ПОХОДЖЕННЯ

На сьогоднішній день поряд із проблемами, пов'язаними зі стрімким забрудненням навколишнього природного середовища, стоїть питання поводження з відходами, зокрема й радіоактивними. Хоча існує чимало технологій та технологічних рішень у питанні дезактивації радіоактивних речовин, особливої уваги заслуговують саме матеріали та обладнання, забруднені джерелами іонізуючого випромінювання природного походження. До такого обладнання можна віднести відпрацьовані насосно-компресорні труби нафтовидобувної промисловості. Таке обладнання належить до техногенно-підсиленних джерел природного походження та становлять екологічну небезпеку через високі рівні забруднення, які перевищують установлені рівні для таких радіонуклідів за критерієм «рівень вилучення» (≥ 1 кБк/кг) згідно з «Порядком звільнення радіоактивних матеріалів від регулюючого контролю у рамках практичної діяльності».

Їх кількість у місцях накопичення постійно зростає, а тому становить загрозу не тільки для екологічної безпеки навколишнього природного середовища, але і здоров'я людини.

У таких місцях спостерігається підвищений рівень радіаційного забруднення навколишнього природного середовища, так згідно з потужність експозиційної дози від забруднених НКТ, мЗв/год, щільність потоку α част/хв. \cdot см² та β част/хв. \cdot см² досягають значень 10; 130; 5900 відповідно, що перевищує унормовані значення у 200; 130 та 59 раз відповідно.

Серед методів та способів очищення насосно-компресорних труб слід виділити комплексний метод, що ґрунтується на одночасному застосуванні гідродинамічного, механічного та кавітаційного способів. Такий комбінований метод очищення нафтовидобувного обладнання втілений у дослідно-експериментальну установку блок-схема якої наведена на рисунку 1.

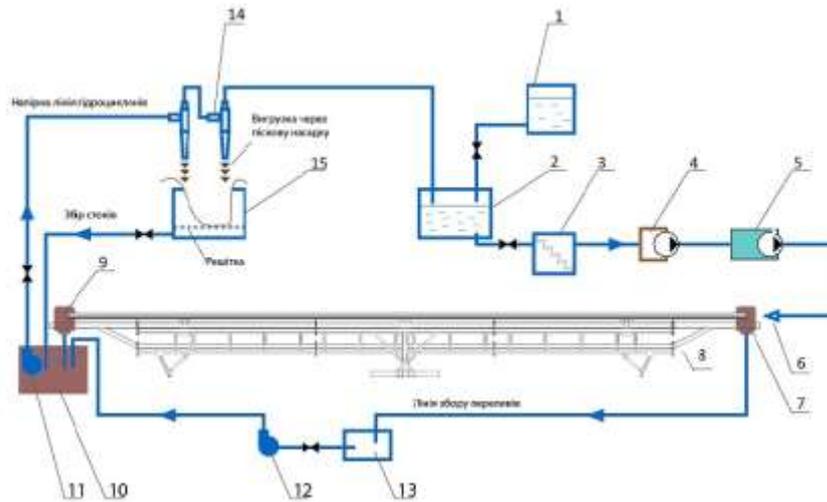


Рисунок 1 – Блок-схема дослідницької установки очищення насосно-компресорних труб, забруднених сольовими відкладеннями з умістом природних радіонуклідів комплексним методом:

1 – ємність свіжої води; 2 – ємність для змішування свіжої і очищеної оборотної (зворотної) води; 3 – фільтр тонкого очищення оборотної води; 4 – підпірний гідронасос; 5 – насос високого тиску; 6 – пристрій для очищення НКТ комплексним методом; 7 – камера подавання води; 8 – рама для кріплення труби; 9 – приймальна камера; 10 – ємність для збирання шламу; 11 – пісковий насос; 12 – насос; 13 – ємність збирання переливів; 14 – фільтрувальне устаткування (батарея гідроциклонів); 15 – ємність збирання твердого осаду.

У ході відпрацювання технології ефективність роботи установки оцінювалась під час очищення та дезактивації п'яти зразків суцільних нефрагментованих та недеформованих НКТ зовнішнім діаметром 73,3 мм з радіаційними показниками, що наведені в таблиці 1. Радіаційний контроль здійснювався дозиметром-радіометром МКС0,1Р та ДКС 9601 блок БДЗА 96Т.

Як видно з таблиці для всіх зразків НКТ характерне перевищення встановлених норм як за ПЕД (0,5 мкЗв/год) від 0,7 мкЗв/год (зразок А4) до 42 мкЗв/год (зразок А5) рази, так і за щільністю потоку β -часток (β част/хв.* см^2) та α -часток (α част/хв.* см^2) і досягають максимальних значень 1599 та 16 відповідно.

За результатами очищення та дезактивації НКТ утворюються, зокрема відходи у вигляді зволжених шламів.

Таблиця 1 – Радіаційні показники досліджуваних зразків НКТ до та після очищення

Умовне позначення зразка НКТ	Радіаційні показники								
	Потужність експозиційної дози (ПЕД), мкЗв/год			Щільність потоку β -часток, (β) част/хв. · см ²			Щільність потоку α -часток, (α) част/хв. · см ²		
	до очищення	норма за [2]	після очищення	до очищення	норма за [2]	після очищення	до очищення	норма за [2]	після очищення
B3	28,0	До 0,5	0,47	1599,0	До 100,0	99,5	1,09	До 1,0	0,86
B7	26,0	До 0,5	0,41	1538,0	До 100,0	27,0	16,0	До 1,0	0,85
A4	0,7	До 0,5	0,39	58,0	До 100,0	19,0	0,8	До 1,0	0,0
A6	31,0	До 0,5	0,35	1144,0	До 100,0	17,9	2,5	До 1,0	0,9
A5	42,0	До 0,5	0,38	1154,0	До 100,0	60,2	1,4	До 1,0	0,8

Таким чином, дотримання запропонованої схеми дозволить вирішити проблему екологічно прийнятнього поводження з НКТ, забрудненими радіоактивними сольовими відкладеннями з отриманням соціального та економічного ефектів за рахунок мінімізації кількості спеціальних місць їх накопичення, зменшення шкідливого впливу на довкілля, а також за рахунок часткового повернення очищеного обладнання у технологічний процес видобування нафти та використання частини обладнання у якості кондиційного металобрухту.

Використані інформаційні джерела:

1. Bondar O., Denysenko I. *Integrated research cleaning methods tubing polluted technogenically enhanced natural sources origin* // *Екологічні науки: наук.-практ. журнал. К. : ДЕА, 2016. № 13–14. 194 с.*

2. Бондар О. І., Іващенко Т. Г., Прибитько Г. В., Денисенко І. Ю., Маслянко С. В. *Пристрій для очищення внутрішньої поверхні труб від твердих відкладень. Патент на корисну модель № 107545, № заявки и 2015 12828, опубл. 10.06.2016, Бюл. № 11.*

3. Бондар О. І., Іващенко Т. Г., Прибитько Г. В., Денисенко І. Ю., Маслянко С. В. *Пристрій для очищення внутрішньої поверхні труб від твердих відкладень. Патент на винахід № 112949, № заявки и 2015 12827, опубл. 10.11.2016, Бюл. № 21.*

4. Іващенко Т. Г., Прибитько Г. В., Маслянко С. В., Денисенко І. Ю. *Екологічні та економічні аспекти зберігання та очищення від радіоактивних забруднень насосно-компресорних труб нафтогазовидобувної промисловості* // *Матеріали круглого столу в рамках Міжнародного екологічного Форуму «Довкілля для України» «Екологічний стан та перспективи розвитку Чорнобильської зони відчуження». Київ, 27 квітня 2016.*

Ілляш О. Е., к. т. н., доцент, Істоміна Ю. А., магістрантка

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

АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНИХ ТА КОНСТРУКТИВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЕРТИКАЛЬНОГО ЗЕЛЕНОГО ОЗДОБЛЕННЯ БУДІВЕЛЬ

Зростання міського населення призвело до серйозних соціальних, економічних та екологічних проблем. Через щільну забудову міст місця для зелених зон, парків і скверів практично відсутні.

Для компенсації постійного погіршення умов у населених пунктах необхідно, щоб система озеленення була максимально різноманітною за своїм складом і виконувала санітарно-захисні функції. Однією зі складових цієї системи є вертикальне озеленення, роль якого наразі недооцінюється. Рослини здатні регулювати температурний режим, захищати від надмірного сонця, пилу, шуму, вітру, підвищувати вологість повітря, збагачувати його киснем, створювати природне затінення. Вертикальне озеленення захищає стіни будівель від косих дощів і частково від морозу взимку, осушує фундаменти будівель, ефектно декорує і маскує естетично непривабливі об'єкти і споруди, дозволяє зонувати території озеленення [1].

«Живі» стіни мають значний економічний та енергозберігаючий ефект. Вони впливають на витрати енергії на опалення, охолодження, покращують якість повітря та створюють сприятливий мікроклімат у міських кварталах, знижують рівень шумового забруднення, зменшують навантаження від опадів на каналізаційну мережу, запобігають ризику локальних підтоплень у міських кварталах, сприяють створенню систем збору та накопичення прісної води від атмосферних опадів, яка крім поливу може бути використана для інших технічних цілей [2].

Доведено, що «живі» стіни ефективніше поглинають звук з надвору ніж більшість звичайних будівельних матеріалів. Дослідження «Evaluation of green walls as a passive acoustic insulation system for buildings» (Оцінка «зелених» стін як пасивної системи звукоізоляції будівлі), опубліковане в 2014 році в розділі «Прикладна акустика» видання «ScienceDirect», показало, що «зелені» стіни можуть поглинати до 40% звукової потужності і знизити рівень звуку на 15 дБа. У дослідженні порівнювали акустичне поглинання «зеленої» стіни з цеглою, бетоном, штукатуркою, деревом, склом, мармуром і склопластиком. Єдиним матеріалом, який був

ефективнішим за «живі» стіни, виявилась фібергласова дошка товщиною 25 мм, яка зазвичай і використовується для звукоізоляції [3].

«Живі» стіни покращують різноманітність, забезпечуючи джерело їжі для безхребетних, тим самим створюючи середовище для розмноження та гніздування безлічі істот, птахів та кажанів. Це, у свою чергу, впливає на чисельність та контроль поширення небажаних комах [3].

Застосування озеленення поверхонь дахів будівель і споруд у великому місті має значні можливості для оздоровлення міського середовища та покращення багатьох мікрокліматичних показників, зокрема, для протидії утворенню так званого «острову тепла» з негативними наслідками у вигляді акумулювання в нижньому шарі атмосфери шкідливих викидів автотранспорту, промисловості, які супроводжуються підвищенням температурного режиму приземного шару повітря. Відкриті темні дахи значно підвищують температуру навколишнього повітря, спрямовуючи маси нагрітого повітря вгору. Рослини успішно нейтралізують це вище. До того ж, зелені дахи сприяють зниженню температури повітря всередині самих будівель. Зелені дахи зменшують зливовий потік на міських вулицях до 90%, зменшують рівень викидів вуглецю та шуму [4].

Сучасні технології дозволяють створювати в містах сади з гарною рослинністю, яка зеленим килимом підіймається уздовж фасадів будівель, утворюючи живі стіни. Ці стіни – це не просто плющ чи виноградна лоза, що обвиває фасад, як це було протягом століть. Така конструкція передбачає використання різноманітних систем кріплення і живлення рослин. Важливо й те, що догляд за такими зеленими шедеврами практично мінімальний, а їх невелика вага не вимагає зміцнення стін будівлі [3].

Використання сучасних технологій вертикального озеленення дозволяє створювати унікальні дизайни фасадів, які наповнюють вулиці та будівлі живою рослинністю без залучення додаткових територій [5].

«Зелені» стіни створюються шляхом прикріплення системи з каркаса із жолобів, кишень або килимків, прикріплених до внутрішньої або зовнішньої стіни чи огорожі, в яку висаджується безліч невеликих рослин. Ці рослини підтримують життєдіяльність за допомогою зрошувальної системи. «Живі» стіни також можуть складатися з сітки зі сталевих мотузок, що дозволяє в'юнким рослинам, укоріненим у ґрунті на землі, повільно покривати стіну.

Вибір рослин може включати види, що володіють посиленими фітонцидними властивостями. Тобто, окрім створення кліматичного ефекту, поглинання вуглекислого газу, насичення киснем та поглинання мікрочастинок пилу, рослини на «живих» стінах ще й дезінфікують повітря [2].

Попри те, що вертикальне озеленення є перспективним напрямком, який активно розвивається в сучасній світовій архітектурі, в Україні воно практично не реалізується. Відсутність знань у цій галузі серед проєктувальників та підрядників, а також висока вартість конструкцій є неабиякою перешкодою для розвитку вертикального озеленення. Можливість використання вертикального озеленення фасадів в нашій кліматичній зоні підтверджується успішним застосуванням цього методу в Німеччині, Франції, Австрії, Канаді, Голландії і Великобританії [6].

Проаналізувавши всі аспекти, можна стверджувати, що вертикальне озеленення відіграє значну роль в озелененні та покращенні естетичного вигляду міста. Але воно несе не тільки архітектурний характер, а й збалансовує мікроклімат міста та здійснює санітарно-екологічні функції.

Використані інформаційні джерела:

1. Брагина В. И., Белова З. П., Сидоренко В. М. *Вертикальное озеленение зданий и сооружений*. Киев : Будівельник, 1980. 171 с.

2. Шовкопляс С. «Зелені» живі стіни – аспекти енергоефективності. *Air Water Therm*. URL: <https://aw-therm.com.ua/zeleni-stini-aspekti-energoefektivnosti/> (дата звернення: 17.10.2023).

3. Вінічук М., Замега Д. *Вертикальне озеленення виткими рослинами та його роль у формуванні екологічного каркасу міста. Сталій розвиток країни в рамках Європейської інтеграції : Тези Всеукр. науково-практ. конф., м. Житомир, 8 листоп. 2018 р. Житомир, 2019. С. 54–55.*

4. Крижановська Н. Я. *Екодизайн : конспект лекцій для студентів 5 курсу за спеціальністю 191 – Архітектура та містобудування, освітня програма підготовки магістрів «Дизайн архітектурного середовища» / Н. Я. Крижановська, О. В. Смірнова ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. 65 с.*

5. Таранець Л. А., Кузьменко Т. Ю. *Зовнішнє озеленення будівель : основні прийоми. Історичний досвід і сучасні тенденції розвитку архітектури, дизайну, містобудування та образотворчого мистецтва : Рб. наук. праць за матеріалами Всеукр. наук. конф. молодих вчених, аспірантів та студентів, 20-22 трав. 2015 р. Полтава : ПолтНТУ, 2015. С. 417–422.*

6. Шарлай Е. В. *Инновационные методы вертикального озеленения архитектурных объектов. Науковий вісник будівництва. 2018. Т. 91, №1. С. 5–11.*

*Катков М. В., к. т. н., професор, Нурмакова С. М., к. т. н., доц.,
Кезембаєва Г. Б., ст. викладач
Гірничо-металургійний Інститут імені О. А. Байконура
Казахського Національного дослідницького технічного Університету
імені К. І. Сатпаєва, Алмати, Казахстан*

СУЛЬФАТНО-ХЛОРИДНИЙ АЛЮМОЗАЛІЗОВИЙ КОАГУЛЯНТ ІЗ НЕКОНДИЦІЙНОГО БОКСИТУ

Постійне збільшення обсягу різних виробничих стічних вод [1, 2] зумовлює безперервну актуальність розробки коагулянтів для процесів їх очищення, одержуваних як із сировини природного походження – природних коагулянтів, так і з компонентів мінеральної сировини – хімічних коагулянтів [3]. Природні коагулянти краще з точки зору їх мінімального впливу на навколишнє середовище та низьку вартість, але їх застосування нерентабельне при очищенні великих обсягів промислових стічних вод. У цьому напрямі найефективніше застосування хімічних коагулянтів, під час виборів яких також необхідно враховувати їх вартість та дії на компоненти навколишнього середовища.

Метою короткого уявлення результатів даного наукового дослідження є розробка технології отримання сульфатно-хлоридного алюмозалізового коагулянту з некондиційного бокситу, що відрізняється від існуючих простотою технології, значно меншими матеріальними витратами і можливістю зниження кількості відходів при видобутку та переробці бокситів. Для досягнення поставленої мети було визначені та вирішено такі завдання:

- провести дослідження фізико-хімічних процесів пропонованого отримання з некондиційного бокситу сульфатно-хлоридного алюмозалізового коагулянту;
- встановити оптимальні умови процесу хімічного отримання сульфатно-хлоридного алюмозалізового коагулянту;
- запропонувати основні технологічні операції для промислового виробництва сульфатно-хлоридного алюмозалізового коагулянту.

На підставі результатів дослідження фізико-хімічних процесів одержання з некондиційного бокситу сульфатно-хлоридного алюмозалізового коагулянту було сформульовано такі висновки:

1. Термодинамічний аналіз рівнянь реакцій розкладання бокситу соляною кислотою в інтервалі 298-473 °К показав, що практично всі реакції утворення хлоридів алюмінію та заліза термодинамічно ймовірні. Термодинамічний аналіз рівнянь реакцій розкладання бокситу сірчаною кислотою визначив, що термодинамічно краще реакції по семи основним

мінералам бокситу з десяти, причому підвищення температури вище 100° С недоцільно.

2. На основі рівнянь, що описують вплив факторів процесу, що вивчаються на ступінь вилучення з некондиційного бокситу алюмінію і заліза, були визначені оптимальні технологічні параметри – при взаємодії з соляною кислотою: температура – 90-100 °С, тривалість процесу 30-60 хв., концентрація HCl – 5,6%, Ж: Т = 2:1; при сірчаноокислотному розкладі: температура 85-100 °С, тривалість 30-40 хв., концентрація H₂SO₄ – 50-60%, Ж: Т = 1,5: 1.

3. Метод симплекс-решітчастого планування підтвердив, що найбільш повне розкладання вихідної некондиційної сировини протікає в умовах коли Al₂O₃ : Fe₂O₃ : (HCl) (H₂SO₄) = (40:20:40)_{Al} = (30:40:30)_{Fe}..

4. Кінетичний аналіз процесів показав, що при розкладанні алюмінієвих та залізних мінералів бокситу соляною кислотою процес протікає в дифузійній ділянці з енергією активації (E) дорівнює 55,7 кДж/моль для Al₂O₃ , та E = 28,4 кДж/моль для Fe₂O₃, а при розкладанні залізистих мінералів (Fe₂O₃) сірчаною кислотою процес протікає в галузі хімічної кінетики з E = 389,3 кДж/моль; при розкладанні алюмінієвмісних компонентів сировини процес протікає в дифузійній ділянці з E=21,8 кДж/моль

Аналіз експериментальних досліджень встановив оптимальні умови отримання сульфатно-хлоридних алюмозалізових коагулянтів із низькоякісних бокситів: стадія-соляноокислотного розкладання – концентрація соляної кислоти – 5,6%; температура – 95-100 °С; тривалість розкладання – 30 хв.; співвідношення Ж: Т = 2: 1; вилучення Al₂O₃ – 94%; Fe₂O₃ – 65%; стадія-сірчаноокислотного розкладання нерозчинного залишку – концентрація H₂SO₄ – 50-60%; температура – 100°С; тривалість процесу – 40 хв.; співвідношення Ж:Т = 1,5: 1; вилучення Al₂O₃ – 97%; Fe₂O₃ – 87%.

Запропоновано основні технологічні операції, необхідні для створення виробництва змішаних сульфатно-хлоридних алюмозалізових коагулянтів:

1. Підготовка сировини. Некондиційний боксит після дроблення на щоккових дробарках ЩДС 400 x 900 та подрібнення у кульових млинах МШЦ 900 x 1800 подається до збірки пульпи. Отримана пульпа надходить у сталевий, кислотний реактор, що має кислототривку футеровку.

2. Соляноокислотне розкладання. У кислотний реактор з рамною мішалкою в якому за рахунок екзоэффекту та часткового підігріву гострим паром підтримується температура 90-1000 °С, до подрібненого бокситу додають з бака-збірника 5-6% соляну кислоту. Зливний патрубок реактора обігрівається гострим паром. Швидкість перемішування рамної мішалки не більше 50-70 об./хв. Отримана суспензія надходить на фільтрацію барабанний вакуум-фільтр, де в якості фільтруючого матеріалу

використовують діатоміт. Слід зазначити, що утворений фільтрат є змішаним хлоридним алюмосалізоровим коагулянт, який може використовуватися як самостійний неорганічний коагулянт для очищення стічних вод.

3. Сірчаноокислотне розкладання. Отриманий нерозчинний залишок (після солянокислотного розкладання) подається невеликими порціями, щоб уникнути спінювання, у наступний сірчаноокислотний реактор із аналогічною мішалкою. Але слід зазначити, що спочатку реактор подають 93% H_2SO_4 , розбавляючи її промивними водами до концентрації 50-60%, потім нагрівають до кипіння (також використовується підігрів паром). Швидкість перемішування рамної мішалки 60-80 об./хв. Сульфатно-хлоридна суспензія як готовий продукт змішаного сульфатно-хлоридного алюмосалізового коагулянта надходить на кристалізацію.

4. Кристалізація. Отриманий готовий продукт – змішаний сульфатно-хлоридний алюмосалізовий коагулянт із реактора через бак-збірник самопливом подається на конвеєр-кристалізатор при товщині плава на стрічці кристалізатора 15-29 мм і охолоджується на його поверхні повітрям що продувається з розрахунку 800-1200 м³ на 1 т готового продукту. На стрічці кристалізатора передбачено кожух. Для покращення знімання плава стрічка попередньо змочується водою.

Результати використання коагулянту, отриманого за запропонованою технологією, показали, що при його оптимальній дозі 800 мг/л ступінь очищення найбільш характерною за рівнем забруднення стічної води зваженими речовинами склала 94%; ХПК – 82%; нафтопродуктами – 98%.

Використані інформаційні джерела:

1. Mao, G., Hu, H., Liu, X., Crittenden, J., Huang, N. (2021). A bibliometric analysis of industrial wastewater treatments from 1998 to 2019. *Environmental Pollution*, 15 April 2021, 115785. <https://doi.org/10.1016/j.2022.115785>

2. Bijekar, S., Padariya, H.D., Yadav, V.K., Gacem, A., Hasan, M.A., Awwad, N.S., Yadav, K.K., Islam, S., Park, S., Jeon, B.-H. (2022) The State of the Art and Emerging Trends in the Wastewater Treatment in Developing Nations. *Water* 14, 2537. *Water* 2022, 14(16), 2537; <https://doi.org/10.3390/w14162537>

3. Koul B., Bhat N., Abubakar M., Mishra M., Arukha A. P., Yadav D.(2022) Application of Natural Coagulants in Water Treatment: A Sustainable Alternative to Chemicals. *Water*, 14(22), 3751; <https://doi.org/10.3390/w14223751>

*Костенко В. К., д. т. н., професор, Богомаз О. П., к. т. н., доцент,
Таврель М. І., асистент, Глушко І. О., аспірантка,*

*Донецький національний технічний університет МОН України,
м. Покровськ-Луцьк, Україна*

ПОКРАЩЕННЯ ВОДОПРОНИКЛИВОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ҐРУНТІВ ДОДАВАННЯМ ТВЕРДИХ ВІДХОДІВ ГІРНИЦТВА

На значній площі сільськогосподарських угідь Донбасу та інших регіонів України превалюють глинисті та мулисті ґрунти. Вони характеризуються підвищеною щільністю і в'язкістю у зволоженому стані, внаслідок чого вода погано проникає до нижніх прошарків і рослини не отримують необхідну для живлення кількість вологи. Після висихання такі ґрунти вкриваються щільною кіркою, яка не пропускає вологу, повітря та світло до кореневої системи рослин. У подальшому у такої, що твердіє, корці утворюються широкі тріщини, які сприяють винесенні вологи з нижніх шарів ґрунту, що погіршує забезпечення рослин водою.

Візуальними спостереженнями уточнено механізми насичення водою ґрунтів різного типу. Так, що стосується суглинків, то спочатку поливу вода швидко проникає у складки, тріщини, макропори, зволожуючи доволі значний поверхневий прошарок. Зволожені частки органічної складової ґрунтового середовища починають вбирати воду своєю масою, суттєво збільшуючись при цьому в об'ємі. При значній кількості вологи спостерігається агрегація часток із утворенням гідрогелю. Виникає прошарок доволі стабільного, майже герметичного, непроникливого для фільтраційної води середовища. До нижніх шарів ґрунту вода має можливість просуватися у близькому до дифузного режимі, швидкість просування такого водяного фронту на порядки менша ніж при фільтрації.

Піщані ґрунти, у складі яких значно менша ніж у суглинках наявність органічних складових, не схильні до значного поглинання води своєю масою, збільшення об'єму змочених піщаних часток майже немає, вода проникає до нижніх прошарків ґрунту. Відбувається змочування поверхні твердих часток, так званою, плівковою сорбованою водою, макропори і капіляри також поступово заповнюються менісковою водою. Рух води вглиб відбувається крізь макропори та порожнечі. Між частинами піщаного ґрунту гравітаційна вода рухається у режимі близькому до фільтраційного.

Проведено апробацію ідеї покращення водоємності та проникливості суглинкових ґрунтів додаванням до їх складу твердих відходів гірничого

виробництва, а саме перегорілих порід, що задепоновані у шахтних відвалах вугільних шахт. У процесі взаємодії з киснем, вологою, під впливом сонячного випромінювання, бактерій та вітру видані на поверхню з-під землі породи зазнають фізико-хімічних перетворень, із них видаляються газові й рідкі компоненти та продукти реакції, змінюється мінеральний склад. Залишаються у відвалах тверді пористі залишки, що близькі за властивостями до кераміки.

Метою даної роботи було дослідження можливостей застосування перегорілої відвальної маси для покращення водомістких властивостей сільськогосподарських ґрунтів суглинкового типу. Для цього було проведено оцінку здатності домішаних до ґрунтів твердих шахтних відходів впливати на фільтрацію та утримання сорбованої і капілярної води. Було використано лабораторні методи дослідження водопроникності суміші ґрунту з додаванням відвальної маси, а також оцінки місткості фізично зв'язаної та капілярної води в перегорілої породі різних фракцій. Показники водопроникності ґрунту з доданою відвальною масою визначали по швидкості просочування води до приготованих сумішей. Здатність утримувати сорбовану плівкову та капілярну (порову) воду проводили шляхом порівняння ваги сухих та зволжених зразків подрібненої відвальної маси.

На першому етапі провели оцінку здатності перегорілих порід утримувати гравітаційну та порову воду.

Зразки перегорілої відвальної маси були відібрані з доволі типового для гірничо-геологічних умов Селідово-Покровського району Донбасу породного відвалу шахти № 5/6 міста Мирнограда Донецької області. Суху породу подробили та розсіяли за допомогою комплекту лабораторних сит на три фракції, мм: 1,25...3; 3...5; 5...10. Кожну фракцію в своєму ситі ретельно промили проточною водою для позбавлення від дрібних залишків.

Лабораторні склянки об'ємом 300 мл були попередньо зважені на лабораторних аналітичних вагах з точністю до сотої грама. Вагу кожного порожнього посуду було зафіксовано (m_1). Відсіяні зразки породи насипали до позначки, приблизно, 250 мл лабораторних склянок, і прогрівали у сушильній шафі при температурі 110 °С, сушку проводили до встановлення постійної маси (m_2).

Для визначення здатності утримувати плівкову сорбовану воду заливали у заповнені склянки дистильовану воду до покриття поверхні породи. Після цього накривали породу дрібною металевією сіткою, перегортали, даючи можливість гравітаційній воді стікати повністю. Зважували склянки без сітки з покритою водяною плівкою породою (m_3).

Здатності породи утримувати разом плівкову сорбовану й порову воду визначали як на попередньому етапі, але заповнені дистильованою водою склянки витримували протягом доби, що забезпечувало проникнення води

до тріщин, пор та капілярів. Після чого воду зливали і виконували без сітки зважування (m_4).

Розрахунок вмісту (% до маси сухої породи) плівкової сорбованої разом з поровою води виконували за формулою:

$$W_{\text{пс}} = [(m_4 - m_2 - m_1) / m_2] 100,$$

відповідно вміст (% до маси сухої породи) переважно плівкової води:

$$W_{\text{п}} = [(m_3 - m_2 - m_1) / m_2] 100.$$

Розрахунок частки плівкової води відносно до загально утриманої C_c визначали як співвідношення:

$$C_c = W_{\text{п}} / W_{\text{пс}}.$$

Отримані результати експериментів з оцінки здатності перегорілої відвальної маси утримувати сорбовану та капілярну воду наведено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Місткість плівкової сорбованої та порової води за фракціями

Фракція, мм	$W_{\text{пс}}, \%$	$W_{\text{п}}, \%$	C_c
5...10	8,08	6,96	0,86
3...5	12,58	11,36	0,90
1,25...3	13,60	12,96	0,95

Отримані результати дозволили вперше оцінити можливість використання перегорілих порід Селідово-Покровської частини Донбасу можливість утримання придатної для живлення рослин сорбованої та порової води. Показник $W_{\text{пс}}$ складає від 8,08 до 13,6 % від маси сухої породи. Більша за розміром часток фракція (5...10 мм) має низький показник внаслідок того що менша за сумарною площиною сорбуюча поверхня притаманна більшим за розміром часткам при однаковій масі дослідних зразків. Для меншої приблизно в три-чотири рази фракції (1,25...3 мм) показник $W_{\text{пс}}$ приблизно на 40% більший.

Експериментально підтверджено, що співвідношення сорбованого та порового видів води залежить від розміру частинок породи. У відносно великих зерен породи поверхня більш розвинута і має більше мікротріщин, пор та капілярів – місткостей меніскової води, тому $C_c=0,86$. Менші зерна мають більш гладку поверхню, тому співвідношення скорочується до 0,95.

На другому етапі оцінювали фільтраційні показники сумішей перегорілих порід з суглинковим ґрунтом.

У польових умовах було відібрано зразки деградованого суглинкового чорнозему. В лабораторії зразки висушено та очищено від зайвих домішок, потім були підготовані суміші ґрунту з породою. До ґрунту давали від $N=30\%$ (за масою) до 70% кожної фракції породи, з кроком 10% . Таким

чином, отримано 20 зразків, які утрамбували шляхом інтенсивного струшування, поверхні розрівняли.

На поверхню склянки з сумішю поміщали металеву дрібнокомірчасту нержавіючу сітку, розміром 0,056x0,04. Склянку перегортали до гори дном, утримуючи сітку. Заповнений водою мірний посуд місткістю 100 мл, із нанесеною на стінку шкалою ціною один мілілітр і внутрішнім радіусом два сантиметри встановлювали на сітку. Склянку з встановленим мірним сосудом повертали до первинного стану, й фіксували тривалість просочування порції повітря до ємкості й, відповідно, фільтрування такого ж об'єму води до ґрунту. Час (Т, хв.), за який витрата води, що протікала до склянки, складала 30 мл фіксували за допомогою електронного секундоміру.

Показник швидкості (V) просочування води до суміші ґрунту з породою обчислювали для певної фракції (N) за формулою:

$$V_N = Q / (\pi R^2 T), \text{ мл/см}^2 \text{ хв.}$$

При експериментальній оцінці швидкості водопроникності штучного ґрунту, в який додано відвальну масу, отримано наступні результати (табл.2). За своєю сутністю цей показник подібний до коефіцієнту фільтрації, але невідповідність експериментального обладнання нормативним вимогам, дозволяє в подальшому оперувати лише якісними порівняннями.

Таблиця 2 – Швидкість, V, мл./см² хв. просочування води до сумішей ґрунту з породою

Розмір породних зерен, мм	Вміст породи у суміші, N, %				
	30	40	50	60	70
5-10	1,2	0,92	1,74	4,36	9,7
3-5	0,94	1,08	1,14	6,2	9,04
1,25-3	1,7	4,42	6,4	10,18	13,48
0,63-1,25	2,66	22,66	22,6	27,7	30,66

Лабораторні експерименти підтвердили кілька кратно збільшення проникливості води при додаванні до суглинку дрібнозернистого матеріалу розміром менше від 5 мм. Змінення структури землі шляхом додавання зернистих середовищ дозволяє збільшити проникливість води та попередити утворення поверхневої корки.

Дані таблиці 2 засвідчують те, що найбільші величини показника V, які в десять і більше разі в перевищують найнижчий, отримано при доданні до суглинку зерен породи малого розміру (менше 3 мм) у пропорціях, більше 50%.

Для забезпечення найбільших показників проникливості води доцільно додавати не менш від 50% твердих відходів гірництва. З точки

зору наявності такого ресурсу в Донбасі обмеження відсутні, але з позиції розбирання відвалів та економного отримання потрібних фракцій перегорілої породи, логістики й затрат фінансів та праці необхідні подальші дослідження.

Висновки. Визначено параметри швидкості проникливості води до зразків сумішей суглинку з перегорілої відвальної масою, при додаванні 30% породи показник швидкості складав 1,2...2,66 мл/см²хв., при збільшенні породного додатку до 70% він склав 7,9...30,66 мл/см²хв. Найбільші показники проникливості притаманні додаткам малого фракційного складу 0,63...3 мм, збільшення розміру зерен призводить до скорочення показника в кілька разів.

Показник утримання придатної для живлення рослин сорбованої та порової води складає від 8,08 до 13,6 % від маси сухої породи. Більша за розміром часток фракція (5...10 мм) має нижчий показник, для меншої приблизно в три-чотири рази фракції (1,25...3 мм) показник приблизно на 40% вищий.

Звертаємо увагу на необхідність додавання до суглинку значної кількості породи (більш 50%) для отримання високих показників V , що є не завжди недоцільним. Але значно менші дози домішок також надають якісне покращення поникливості, 30-процентний додаток породи забезпечує проникнення 1...2,5 мл води за хвилину. Збільшення тривалості зрошення дозволяє збільшити накопичення вологи в глибших від поверхні шарах ґрунту.

Із практичної точки зору важливе значення має якість підготовки породної домішки, а саме її фракційного складу. Результати аналізу вказують на доцільність використовувати дрібні розміри зерен. Але для найменшої фракції (0,63...1,5 мм) при $N \geq 40$ % показник швидкості проникнення води має доволі близькі значення. Це означає, що точкове використання значних концентрацій різносортої породи (менш 10 мм) для внесення до ґрунту при забезпечує достатню швидкість накопичення води.

Результати проведених досліджень довели можливість застосування відходів гірництва у вигляді перегорілої відвальної маси з териконів для покращення фізичних властивостей ґрунтів суглинкових типів.

В умовах воєнного стану і після закінчення бойових дії отримані результати доцільно використати для відновлення сільськогосподарських та лісових угідь від наслідків вибухів, а саме вирв, залишків інженерних споруд (окопи, бліндажі тощо), розбитих технікою, тимчасово утворених на полях доріг та інших пошкоджень і порушень педосфери.

Красовський С. А., аспірант

*Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»,
м. Дніпро, Україна*

*Інститут природничих наук Технічного університету «Фрайберзька
гірнична академія», Фрайберг, Німеччина*

БІОЛОГІЧНА РЕКУЛЬТИВАЦІЯ ЯК МЕТОД ПІСЛЯВОЄННОЇ ЕКОЛОГІЧНОЇ ВІДБУДОВИ УКРАЇНИ

Крім руйнації цілих міст, об'єктів інфраструктури та людських життів, війна в Україні несе катастрофічно-негативний вплив на навколишнє середовище. Атмосфера, гідросфера та літосфера зазнають велике антропогене навантаження. При переміщенні важкої техніки – змінюється фізико-хімічні параметри субстрату. При зриві снарядів в атмосферне повітря, підземні води та ґрунти потрапляють хімічні елементи. Підрив Каховської ГЕС – стало масштабною екологічною катастрофою, як для літосфери так і для гідросфери. Через постійні удари по нафтопереробних та хімічних підприємств, об'єктах енергетичної інфраструктури, промислових складах та трубопроводах в повітря, воду та ґрунт потрапляють токсичні речовини. Це може спричинити загрозу здоров'ю, таку як ризик канцерогенних та респіраторних захворювань. Дані проблеми мають не тільки локальний характер, а й міжнародний. Через військові дії приблизно півтора мільйони українців не мають доступу до чистої води, а ще 4,6 мільйона людей мають обмежений доступ.

Військові дії також призвели до різкого збільшення обсягів відходів. Сюди входять пошкоджені або покинуті військові транспортні засоби та обладнання, уламки снарядів, цивільні транспортні засоби, будівельне сміття чи незібрані побутові чи медичні відходи. Деякі з цих відходів є токсичними, включно з уламками снарядів, медичними відходами або будівельним сміттям, що містить азбест, поліхлоровані дифеніли й важкі метали, і вимагатиме особливого поводження, транспортування та утилізації. Активне використання зброї може спричинити довготривалий негативний вплив на навколишнє середовище. В залишках від боєприпасів містяться важкі метали та токсичні речовини, які можуть потрапити в ґрунт, поверхневі та підземні води, та суттєво впливати на фізико-хімічні показники. Важкі металів, енергетичні сполуки, таких як тринітротолуол (тротил), гексоген і ракетного палива від ракет, які містяться в боєприпасах, несуть ризики для здоров'я людини та навколишнього середовища. Покинута військова техніка має в своєму складі токсичні матеріали, які в майбутньому потребують обережного поводження під час збирання та утилізації.

Одним із методів вирішення даної екологічної катастрофи є використання рослин. Біологічна рекультивація може включати в себе: фіторе mediaцію, фітостабілізацію, фітоекстракцію, ризофільтрацію та ін. При даних умовах найголовніше проаналізувати фізико-хімічний стан субстрату і підібрати правильні комбінації рослин. Під час вибору рослин необхідно робити акцент, щоб ці рослини були «типовими» для даного кліматичного регіону, стресостійкими до важких металів та адаптивним до новостворених природних умов. Під час одного із дослідів Wall barley (*Hordeum murinum*) та Japanese brome (*Bromus japonicus*) зарекомендували себе, як стресостійкі рослини до важких металів Pb, As, Co, Cu, Mn та Zn [1]. *Lolium perenne*, *Zoysia tenuifolia* and *Paspalum vaginatum* показали високі ростові показники на субстраті, який мав високу концентрацію нафтопродуктів [2].

В одному із проведених експериментів було визначено вплив важких металів та об'єм поливу на біометричні показники *Bromopsis inermis* (L.) Holub. [3]. Головна мета даного дослідження полягала у визначенні впливу солей важких металів (Pb, Cd, As) із різними концентраціями та об'єму поливу цих солей на ростові показники рослини *B. inermis*. Досліджувана рослина показала стресостійкість до даних важких металів. Перспективними гіперакумуляторами зарекомендували себе такі рослини: *Berkheya coddii* (Ni), *Noccaea rotundifolia subsp. cepaeifolia* (Pb), *Sedum plumbizincicola* (Cd, Zn), *Pteris vittata* (As) та *Noccaea caerulea* (Zn) [4]. Саме ці важкі метали найчастіше зустрічаються в хімічному складі снарядів і відповідно потрапляють до навколишнього середовища після вибухів.

Через доступність та екологічність біологічна рекультивація є найбільш оптимальним методом для екологічного відновлення пошкоджених земель.

Дозволити природним чином відновити пошкоджені боєприпасами ґрунтові екосистеми є найбільш розумним для тих територій України, де ландшафт найбільш пошкоджений через військові дії. Альтернативні варіанти є надзвичайно ресурсомісткими, і їх успіх викликає сумніви.

Відстеження рівнів забруднення на таких величезних територіях навряд чи буде можливим протягом багатьох років у майбутньому, і це коштуватиме значно дорожчих витрат, ніж розмінування. Деякі землі неминуче будуть сильно забруднені, але визначити їх за допомогою лабораторних досліджень буде важко.

Із іншого боку, використання таких земель для сільськогосподарських цілей до ретельного дослідження ставить споживачів під загрозу, коли продукти, що містять хімічно забруднені зерна та рослинну олію, експортуються або використовуються на ринку.

Сільськогосподарське виробництво біопалива на забруднених землях є такою ж проблемою. Міграція забруднюючих речовин із ґрунту до

біопаливних культур недостатньо вивчена, і неможливо гарантувати дотримання стандартів якості біопалива та безпечне виробництво з тих самих причин, які описані вище в ризиках рекультивациі.

Також є можливість розвивати пошкоджені ландшафти: будівництво житла, інфраструктури, промислових об'єктів. У таких випадках земля потребуватиме ретельного розмінування великих територій, і, знову ж таки, неможливо буде гарантувати безпеку в таких місцях, можливо, протягом століть. Крім того, містобудівні вимоги у вітряній і посушливій степовій зоні зумовлюють необхідність розміщення поселень у річкових долинах, де вони будуть захищені від вітру та природно більш зволожені.

Більшість пошкоджених внаслідок війни територій знаходяться на орних землях, розташованих на вітряних, незахищених рівнинах. Поступове переміщення забруднюючих речовин ґрунтовими водами також призведе до прогресуючого погіршення якості води на усіх прилеглих територіях.

Використані інформаційні джерела:

1. Красовський С., Ковров О. С., Клімкіна І. І., Віхе О., Хальмаєр Г. Вплив важких металів на ростові показники *Wall barley* (*Hordeum murinum*) та *Japanese brome* (*Bromus japonicus*). Збірник наукових праць НГУ. 2022. №68-17. С. 184–192.

2. Yateem A, Al-Sharrah T, Bin-Haji A. Investigation of microbes in the rhizosphere of selected grasses for rhizoremediation of hydrocarbon-contaminated soils. *Environmental Science and Pollution Research*. 2013/ 16 (3): 269–280.

3. Зоригін К. О., Красовський С. А., Ковров О. С. Вивчення залежності росту *Bromopsis inermis holub* від різного поливу та кількості важких металів у ґрунті. Збірник наукових праць Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова. 2022. №2 (489). С. 89–95. DOI [https://doi.org/10.15589/znp2022.2\(489\).13](https://doi.org/10.15589/znp2022.2(489).13);

4. Reeves, R.D., Baker, A.J.M., Jaffré, T., Erskine, P.D., Echevarria, G., and van der Ent, A.. A global database for plants that hyperaccumulate metal and metalloid trace elements. *New Phytologist Journal*. 2017 : 397–400. doi:10.1111/nph.14907.

Кривошея-Захарова О. М., Ph.D., мол. наук. співр.

*Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України,
м. Київ, Україна*

ЕКОЛОГІЧНЕ ТА СОЗОЛОГІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ДІАТОМОВИХ ВОДРОСТЕЙ НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ «ГЕТЬМАНСЬКИЙ»

Національний природний парк «Гетьманський» (далі – НППГ) розташований у Великописарівському, Тростянецькому та Охтирському районах Сумської області. На північному сході та в центрі рельєф території сформований відрогами Руської височини, а на південному заході – Полтавською рівниною. Згідно до альгофлористичного районування України НППГ належить до території Полтавськорівнинного альгофлористичного району (Palamar-Mordvintseva, Tsarenko, 2015). Його протяжність – 70 км уздовж долини р. Ворскла у її середній течії, включно з лівобережними (річки Івани, Рибинка, Охтирка, Хухра) та правобережними (річки Ворсклиця, Боромля, Олешня) притоками останньої ійкомплексом заплавних водойм. Загальна площа парку становить 23360,1 га [7].

Матеріали для дослідження (22 проби перифітону, планктону та бентосу) відбирали з різнотипних водойм НППГ у різні пори року впродовж 2016-2018 років. Видовий склад вивчали з використанням світлової (СМ) та скануючої електронної мікроскопії (СЕМ) [8].

За результатами проведених досліджень у водоймах НППГ (р.Ворскла, її стариця та р.Охтирка) виявлено 376 видів (388 ввт) діатомових водоростей (відділ *Baccillariophyta*), котрі належать до 4 класів, 15 порядків, 30 родин та 70 родів. Провідними родинами є *Gomphonemataceae* (45 /48), *Naviculaceae* (43 /43), *Pinnulariaceae* (36 /40) та *Symbellaceae* (31 /32), а серед родів *Gomphonema* (45 /48), *Navicula* (36) і *Pinnularia* (21 /23).

Разом із тим, діатомові водорості є дуже чутливими індикаторами екологічних умов водних екосистем, активно використовуються у гідробіології в оцінці якості та біомоніторингу поверхневих вод [5]. Саме тому нами був проведений розподіл виявленого різноманіття, на основі наявних літературних даних [1, 2, 5, 6, 10], за його відношенням до ряду факторів, таких як солоність, рН, сапробність, трофність.

Аналіз розподілу індикаторних щодо галобності видів діатомей НППГ показує, що доля індіферентів складає 69,2% і є переважаючою. Значною є також доля галофільних видів – 12,4% На третьому місці знаходяться

мезогалобні (8,1%) та власне олігогалобні види (5,4%), найменше – галофобів – 4,9%. Такі показники корелюють із гідрохімічними особливостями території, для ґрунтів якої характерне содово-сульфатне засолення [3].

Індикатори рівня кислотності мають такий розподіл: частка алкаліфілів переважає (54,2%), індиферентів дещо менше – 28,1%, третє місце займає ацидофільна група (11,8%), а четверте поділяють між собою нейтрофіли (3,1%) та алкалібіонти (2,8%), що свідчить про залужнення вод парку.

Щодо трофності, то основний комплекс належить оліго-мезотрофним (23,2%), мезо-евтрофним (21,8%), оліготрофним (20,6%) та евтрофним діатомеям (20,1%). На третьому місці знаходяться оліго-евтрофні та мезотрофні види (6,1% та 5,7% відповідно). Найменша частка належить гіперевтрофним таксонам (2,5%). Такий розподіл показує, що на території НППГ досліджувані водойми є мезотрофного типу.

Аналіз розподілу індикаторних видів діатомей щодо сапробності показує, що для усіх них характерне переважання індикаторів олігосапробної (49,1%) та бета-мезосапробної (36,3%) зон. На другому місці знаходяться індикатори альфа-мезосапробної (8,4%) та ксеносапробної зони (4,5%), найменше індикаторів полісапробної зони – 1,7%. Переважання видів олігосапробної, бета-мезосапробної зон, свідчать про приналежність водойм НППГ до II-III класів якості вод – чисті та задовільно чисті [2, 10]. Незважаючи на значну представленість олігосапробних видів, їх роль у формуванні домінуючого комплексу є незначною, що може бути зумовлено пригніченістю їх розвитку несприятливими умовами.

Окрім того, ряд видів, виявлених на території НППГ належать до відповідної созологічної категорії [4]. Так, у водоймах парку нами відзначено 10 видів, котрі належать до категорії «знаходяться під загрозою зникнення», 12 – «вразливі», 22 – «рідкісні» та 3 – «таксони з недостатньою кількістю інформації». Слід зауважити, що, серед цих таксонів один «вразливий» вид виявлений нами лише на території НППГ – *Pinnularia nodosa* (Ehrenberg) W.Smith.

Використані інформаційні джерела:

1. Барінова С. С., Медведєва Л. А., Анисимова О. В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив : PiliesStud, 2006. 498 с.

2. Барінова С. С., Белоус Е. П., Царенко П. М. Альгоиндикация водных объектов Украины: методы и перспективы. Хайфа, Киев : Издательство Университета Хайфы, 2019. 367 с.

3. Винарчук О. О., Хільчевський В. К. Умови формування хімічного складу води та вивченість гідрохімічного режиму річок Лівобережного Лісостепу. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2010. Т. 18. С. 219–230.

4. Кривошея-Захарова О. М., Смоляр Н. О. Альгосозологічний аналіз діатомових додоростей Полтавськорівнинного альгофлористичного району. Сучасні рецепції світоглядно-ціннісних орієнтирів Григорія Сковороди : Збірник наукових праць Секції «Академічна й університетська наука» Всеукраїнської науково-практичної конференції, 02 грудня 2022 року, Полтава : НУ «Полтавська політехніка», 2022. С. 60–61.
5. Куликовский М. С., Глуценко А. М., Генкал С. И., Кузнецова И. В. *Определитель диатомовых водорослей России*. Ярославль : Филигрань, 2016. 804 с.
6. Прошкина-Лавренко А. И. Диатомовые водоросли-показатели солености воды. Диатомовый сборник. Л. : Изд-во ЛГУ, 1953. С. 186–205.
7. Фіторізноманіття заповідників і національних природних парків України. Ч. 2. Національні природні парки. / під заг. ред. В. А. Онищенко, Т. Л. Андрієнко. Київ : Фітосоціоцентр, 2012. 580 с.
8. Krivosheia O.N. *Diatoms of the Poltava-Plain Algofloristic District Water Bodies (Ukraine)*. *International Journal on Algae*. 2020. Vol. 22, № 2. P. 137–158. DOI:10.1615/InterJAlgae.v22.i2.40
9. Palamar-Mordvintseva G. M., Tsarenko P. M. *Algofloristic zoning of Ukraine*. *Intern. Journ. Algae*. 2015. Vol. 25, №4. P. 303–328. DOI:10.1615/InterJAlgae.v17.i4.10
10. Rakowska B. *Indicator values in ecological description of diatoms from Polish lowlands*. *Ecohydrology & Hydrobiology*. 2001. Vol. 1, №4. P. 481–502.

¹*Крот О. П., д. т. н., професор, ²Пуховой О. В., аспірант*

¹*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»,
м. Полтава, Україна*

²*Харківський національний університет міського господарства
імені О.М. Бекетова, м. Харків, Україна*

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ФОСФОГІПСУ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

В Україні накопичилася велика кількість промислових та побутових відходів. Відходи складуються на полігонах чи відвалах. Місця поховання відходів є джерелом безконтрольного забруднення навколишнього середовища, які негативно впливають протягом тривалого часу. Одним із найбільш багатотонних твердих відходів виробництва мінеральних добрив є фосфогіпс. Фосфогіпс – побічний продукт, що утворюється при виробництві фосфорної кислоти з апатитових і фосфоритових руд:

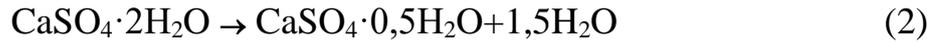


В Україні є чотири різновиди фосфогіпсу: відвальний фосфогіпс із апатитового концентрату з терміном зберігання (10-30) років (рис.1), відвальний фосфогіпс із фосфоритів з терміном зберігання менше десяти років, сформований у найближчий час фосфогіпс із фосфоритів і відвальний фосфогіпс із урановмісних фосфоритів.



Рисунок 1 – Відвальний фосфогіпс

При цьому фосфогіпс може служити сировиною для виробництва будівельного гіпсу:



Фосфогіпс у своєму складі містить понад 90% кристалів $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, але також містить домішки, такі як фосфати, фториди та сульфати, радіонукліди, які зустрічаються в природі, важкі метали та інші мікроелементи. Все це призводить до негативного впливу на довкілля при зберіганні фосфогіпсу у відвалах [1].

Біодоступність радіонуклідів оцінювали [2] у бразильських виробників фосфорної кислоти. Результати показують, що хоча всі ці елементи збагачені у зразках фосфогіпсу, вони не пов'язані з самим CaSO_4 і тому не становлять загрози для навколишнього водного середовища. Тому радіоактивність фосфогіпсу слід вимірювати та враховувати у кожному конкретному випадку. При виробництві фосфорної кислоти з апатитового концентрату на 1 т корисного продукту одержують 4 ÷ 6 т відходів, що містять гіпс. Питання переробки гіпсовмісних відходів є особливо актуальним.

Існують різні напрями використання фосфогіпсу: використання фосфогіпсу при виробництві будівельних матеріалів [3,4]; застосування у будівництві автомобільних доріг [5,6]; утилізація як добрива у сільському господарстві [7].

Найбільш рентабельним використанням фосфогіпсу є перетворення його на напівводняний (будівельний) гіпс шляхом випалу в тонко дисперсному стані. Основна проблема переробки фосфогіпсу в напівводняний гіпс, на думку авторів, полягає не стільки в екологічній небезпеці домішок, що входять у фосфогіпс відвальний, скільки в його тонко дисперсності, наявності в ньому фізичної вологи, а також у відмінності кристалічної структури в порівнянні з використовуваним двома водним гіпсом. Вологість фосфогіпсу у відвалах висока і змінна, змінюється від 20 до 40% у залежності від пори року і кількості опадів, що випадають. Вологість природного гіпсового каменю зазвичай не перевищує 5-8%. Цим пояснюється менша енергоємність і більша стабільність процесу виробництва будівельного гіпсу саме з викопного природного двоугідрату.

Проблема зниження енергоємності виробництва має першорядне значення не тільки в плані енергетичної незалежності, але й з точки зору забезпечення конкурентоспроможності продукції як на зовнішньому, так і на внутрішньому ринках. Виробництво гіпсу вимагає вдосконалення технологічного процесу термічної обробки з метою зменшення затрат енергетичних ресурсів з урахуванням екологічних проблем. Однак, енергоємність гіпсових в'язків на підприємствах вище аналогічних показників іноземних держав, тому необхідно шукати шляхи зниження витрат енергії на термічну обробку гіпсових в'язків. І в умовах постійно зростаючих цін на паливні ресурси вирішення проблем енергозбереження

набуває все більшої актуальності. Теоретична енергетична потреба хімічних реакцій у процесі одержання гіпсових в'язучих, у середньому, в чотири рази є меншою в порівнянні з отриманням цементного клінкеру, але фактичні витрати теплової енергії в промислових умовах виявляються на одному рівні, а іноді й перевищують витрати на отримання цементного клінкеру. Розробка комплексу, що дозволяє переробляти вологий і високоадгезійний фосфогіпс, використовуючи тепло згоряння альтернативного палива.

При тепловій обробці фосфогіпсу розрізняють такі стадії процесу: підведення теплоти до поверхні частинок або шматків вихідного матеріалу, випаровування фізичної вологи, нагрівання матеріалу до температури дегідратації та хімічна реакція гіпсу дегідратації. Аналіз наукових досліджень [9] із утилізації фосфогіпсу для отримання з нього будівельного гіпсу та інших будівельних матеріалів та виробів розкриває проблему енергоємності цих технологій [10].

Для того, щоб почався процес дегідратації гіпсу, що лежить в основі технології отримання всіх гіпсових в'язучих речовин, необхідно до вихідного гіпсу підвести теплоту й передати її. Випаровування фізичної вологи починається вже при незначному нагріванні, одночасно, починаючи з 60-70 °С, від молекул відщеплюється кристалізаційна вода. За цих температур процес протікає дуже повільно. Інтенсивна дегідратація починається при температурах матеріалу 97-105 °С. У стандартній заводській технології для одержання напівгідрату підтримується температура 120-170 °С. Подальше підвищення температури до 210 °С призводить до появи зневоднених напівгідратів.



Рисунок 2 – Фосфогіпс для експериментів

Як сировина для виробництва гіпсових в'язучих в експериментальних дослідженнях використовувався відхід хімічної промисловості – фосфогіпс із відвалів заводу мінеральних добрив із фосфоритової сировини. Фосфогіпс є тонкодисперсним порошком (рис.2), частково скомкованим, що легко набирає вологу.

Використані інформаційні джерела:

1. Tayibi H., Choura M., Lo'pez F.A., Alguacil F.J. and Lo'pez-Delgado A. «*Environmental impact and management of phosphogypsum*», *Journal of Environmental Management*, Vol. 90, (2009), pp. 2377-2386, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.03.007>.
2. Santos A.J.G., Mazzilli B.P, Fávares D.I.T., Silva P.S.C. «*Partitioning of radionuclides and trace elements in phosphogypsum and its source materials based on sequential extraction methods*», *Journal of environmental radioactivity*, Vol.87, Is.1, (2006), pp.52–61, <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2005.10.008>.
3. Gorakh S. Bandgar, Madhav B. Kumthekar, Amarsinh B. Landage «*A Review of Effective Utilization of Waste Phosphogypsum as a Building Material*», *International Journal of Engineering Research*, Vol.5, Is.1, (2016), pp:277–280, <http://dx.doi.org/10.17950/ijer/v5is1/065>.
4. Mohammad A. Aliedeh and Nabeel A. Jarrah «*Application of full factorial design to optimize phosphogypsum beneficiation process (P2O5 Reduction) by using sulfuric and nitric acid solutions*», *Sixth Jordanian International Chemical Engineering Conference*, Amman, Jordan, (2012), pp:1–10, available online: <http://www.jeaconf.org/>.
5. Paige-Green, P., Gerber, S. «*An Evaluation of the Use of By-product Phosphogypsum as a Pavement Material for Roads*», *South African Transport Conference «Action In Transport for the New Millennium»*, (2000), *Conference papers*.
6. Stanisław Folek, Barbara Walawska, Bożena Wilczek and Jolanta Miśkiewicz, «*Use of phosphogypsum in road construction*», *Polish Journal of Chemical Technology*, Vol.13, Is.2, (2011), pp:18–22, <https://doi.org/10.2478/v10026-011-0018-5>.
7. C. Papastefanou, S. Stoulos, A. Ioannidou, M. Manolopoulou. «*The application of phosphogypsum in agriculture and the radiological impact*», *Journal of Environmental Radioactivity*, Vol.89, Is.2, (2006), pp:188–198, <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2006.05.005>.

*Куберський І., аспірант, Бойченко С. В., д. т. н., професор,
Шкільнюк І. О., завідувач науково-дослідної інтерактивної
(експериментальної) лабораторії діагностики експлуатаційних матеріалів
в енергетиці та транспорті, Бабатунде Олаолува Олуфемі*

*Національний технічний університет України «Київський
політехнічний університет імені Ігоря Сікорського»,
ГО «Науково-технічна спілка хіммотологів»,
Українська нафтогазова академія*

ПРОКОНДЕНСАТ – СИНТЕТИЧНЕ ДЖЕРЕЛО ДЛЯ НАФТОХІМІЧНОГО СИНТЕЗУ

Полімери та пластмаси є незамінними матеріалами у багатьох галузях економіки – від упаковки, текстилю та електроніки до деталей машин і обладнання, а також різних конструкцій. Основний шлях для вирішення проблеми утилізації відходів полімерної продукції – це вторинна переробка, яка дає можливість отримати додаткову кількість корисних речовин для різних галузей промисловості [1]. Не усі пластмаси підлягають вторинній переробці. Основними пластмасами, що підлягають вторинній переробці, є поліетилен (ПЕ), поліпропілен (ПП), полістирол (ПС), полівинилхлорид (ПВХ). Поліолефіни (поліетилен ПЕ та поліпропілен ПП) є найбільш поширеними полімерами. Причинами такої популярності цих матеріалів є такі властивості, як гнучкість, прозорість, низька щільність, легкість формування і фарбування, низька паропроникність, низька хімічна реактивність, термопластичність, висока механічна міцність і низька ціна [2].

Піроліз полімерних відходів дає можливість отримувати високооктанові компоненти до автомобільного бензину [3]. Багато дослідників розглядають процес піролізу як добре організований, чистий та оперативний спосіб не тільки видалення пластикових відходів із навколишнього середовища, але й пошуку інноваційних шляхів перетворення відходів у цінні продукти, такі як бензин, дизельне паливо, газ, мазут [3-5].

Експлуатаційні характеристики бензинів повинні забезпечувати нормальну роботу двигунів в різних режимах. Основним показником якості автомобільних палив є детонаційна стійкість, яка оцінюється за допомогою показника октанового числа (ОЧ). Октанове число залежить від молекулярної маси та будови вуглеводнів.

Алкани нормальної будови з числом вуглецевих атомів до 4 мають високі октанові числа (від 80 до 100), пентан та вищі вуглеводні цього

класу мають низьке значення ОЧ. Розгалужені алкани – ізоалкани – мають вищі значення ОЧ, ніж алкани нормальної будови. Найвищі значення ОЧ мають ізоалкани з парними метильними групами в одного вуглецевого атома (неогексан, ізооктан). ОЧ алкенів є вищою, ніж відповідних алканів. Наближення подвійного зв'язку до центру молекули сприяє збільшенню ОЧ. Алкени з розгалуженою будовою, в свою чергу, мають більш високі октанові числа, ніж алкени нормальної будови. Арени бензольного ряду характеризуються високими октановими числами (до 100). Нижчі представники циклоалканів (циклопентан, циклогексан) мають добрі детонаційні властивості. Розгалуження бічних ланцюгів та збільшення їх кількості сприяє підвищенню ОЧ [6].

ОЧ вуглеводнів зменшується в такому порядку: ароматичні вуглеводні → ізоалкани → циклоалкани → алкени → нормальні алкани. Збільшення ступеня розгалуженості та зниження молекулярної маси підвищує детонаційну стійкість вуглеводнів.

Проведені аналітичні та хроматографічні дослідження свідчать про наявність високооктанових вуглеводнів у складі піроконденсату полімерних відходів (табл. 1).

Таблиця 1 – Продукти піролізу полімерних відходів

Первинні продукти	Кількість, мас. %	Склад	Високооктанові компоненти
Газ	15-25	Водень, CO ₂ , CO, метан, етан, пропан, пропен, бутан тощо	Водень, етан, метан, пропан
Рідина	50-70	Алкани, алкени, ізоалкани, ароматичні вуглеводні	Ізооктан, ізопентан, бензол, ксилол, тетрабутилбензол, ізопропилбензол
Твердий залишок	10-15	Зола, сірка	-

Таким чином, максимальне «витягнення» корисних компонентів із застосування технологій, каталізаторів та реагентів, які унеможливають утворення шкідливих викидів і відходів, дає можливість забезпечити безвідходність нафтопереробної галузі, що стала особливо гострою у зв'язку зі зростаючим негативним впливом діяльності людини на навколишнє середовище.

Використані інформаційні джерела:

1. Matuszewska, A.; Hańderek, A.; Paczuski, M.; Biernat, K. Hydrocarbon Fractions from Thermolysis of Waste Plastics as Components of Engine Fuels. Energies 2021, 14, 7245.

2. Palos R, Gutiérrez A, Vela FJ, Olazar M, Arandes JM, Bilbao J. *Waste Refinery: The Valorization of Waste Plastics and End-of-Life Tires in Refinery Units. A Review. Energy Fuels.* 2021 Mar 4;35(5):3529–3557.

3. Pratibha Negi, Pankaj Kumar Dubey, Sanat Kumar, Avinash V. Palodkar, Ajay Kumar, *Experimental investigation of waste polyolefin composition on thermal conversion into petroleum-derived products, Fuel, Volume 348, 2023, 128466.*

4. B.S.S. Phanisankar, N. Vasudeva Rao, J.E. Manikanta, *Conversion of waste plastic to fuel products, Materials Today: Proceedings, Volume 33, Part 8, 2020, P. 5190–5195.*

5. Verma A, Pramanik H. *Production of gasoline octane booster aromatics benzene, toluene and ethylbenzene from multiphase catalytic pyrolysis of mixed waste expanded polystyrene and high density polyethylene. Progress in Rubber, Plastics and Recycling Technology.* 2023;0(0).

*Курочка А. В., здобувачка середньої освіти, учениця 11-го класу,
Член МАН, Мовчан В. В., вчитель географії, вчитель-методист*

*Березоволуцький ліцей Петрівсько-Роменської сільської ради
с. Березова Лука, Миргородський район, Полтавська область*

СТВОРЕННЯ ЛАНДШАФТНОГО ЗАКАЗНИКА НА МЕЖИРІЧЧІ ХОРОЛУ ТА СУЛИ БІЛЯ СЕЛА БЕРЕZOVA ЛУКА

Степові балки, завдяки геоморфологічній будові, залишилися тими осередками рослинних угруповань, які в минулому домінували на межирічних ландшафтах. На жаль, в останні десятиліття, зважаючи на значний розвиток агротехніки, антропогенне навантаження поширюється і на цілині ділянки степів на схилах балок. Тож, постає необхідність невідкладного дослідження цих об'єктів. Проведення таких заходів визнається необхідною та обов'язковою умовою при створенні й забезпеченні функціонування регіональної екологічної мережі.

Дослідження степових природних комплексів біля села Березова Лука на межиріччі Псел-Хорол у попередні роки проводили полтавські науковці [5, 6] та місцеві краєзнавці [4]. Було встановлено соціологічну цінність степової балки Кабанівка та прилеглого байрачного лісу, а також підготовлено наукове обґрунтування доцільності створення ландшафтного заказника. Однак, подібні ділянки в даній місцевості, приурочені до межиріччя Сула-Хорол, до цього часу залишалися поза увагою дослідників.

Упродовж весни та літа 2023 року нами проводилися дослідження природних комплексів степової балки Кип'яча та прилеглого байрачного лісу, які знаходяться біля села Березова Лука на межиріччі Сула-Хорол. У ході досліджень було виявлено місця зростання та проведено картування місцезнаходжень рідкісних видів рослин: *Adonis vernalis* L., *Pulsatilla pratensis* (L.) Mill. (фіолетова та рожева форми) (рис.1), *Stipa pennata* L., які включені до Червоної книги України, а також: *Linum austriacum* L., *Scilla siberica* Haw. – занесені до регіонального охоронного списку Полтавської області. До речі, *Adonis vernalis* до 2009 року теж мав статус регіонально-рідкісного [1], але в зв'язку із значним скороченням виду був включений до Червоної книги України [7]. Також виявлено види рослин, які на Полтавщині зустрічаються не часто, зокрема *Astragalus danicus* Retz. та *Inula aspera* Poir. Встановлено домінуючі рослинні угруповання степової балки зі значною участю таких видів: *Euphorbia stepposa* Zoz ex Prokh., *Salvia pratensis* L., *Melilotus officinalis* (L.) Pall., *Trifolium montanum* L., *Gypsophylla paniculata* L., *Medicago falcata* L., *Anthyllis vulneraria* L., *Thymus*

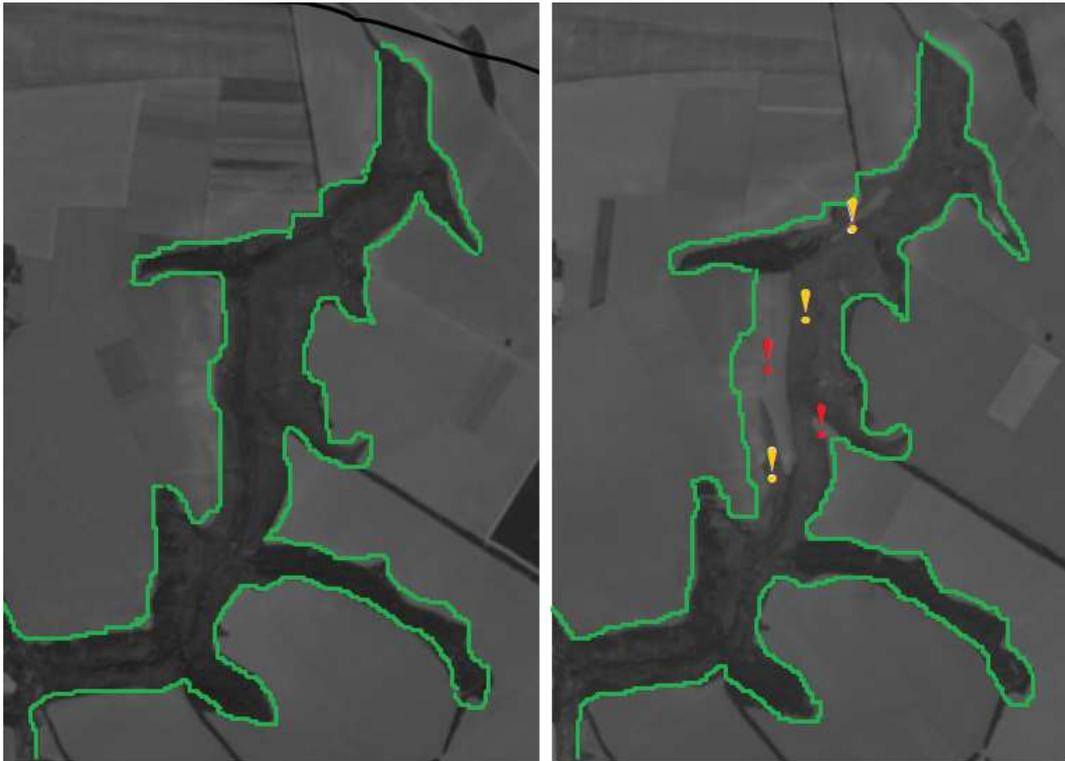
marschallianus Willd., *Fragaria viridis* Weston, *Centaurea pseudomaculosa* Dobrocz., *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Poa angustifolia* L. Зауважимо, що на окремих ділянках схилів балки спостерігається вихід ґрунтових вод та утворення струмків, уздовж яких зростають вологолюбні рослини, зокрема *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. та *Typha latifolia* L. Тож, досліджувана територія репрезентована не лише степовими екосистемами, а й лісовими та лучними.



Рисунок 1 – Місцезростання *Pulsatilla pratensis* (L.) Mill. в балці «Кип'яча» із рожевою (рисунок справа) та фіолетовою (рисунок зліва) формами

На основі оригінальних екскурсійних спостережень та використовуючи космічні знімки Sentinel-2 з порталу EO Browser, проаналізовано ступінь антропогенного навантаження на екосистеми балки (рис.2). Встановлено, що за останні п'ять років (2018-2023) було розорано близько 15 гектарів цілих земель. Найбільше це несе загрозу для *Adonis vernalis* та *Stipa pennata* L., які зростають досить близько до межі розорювання. До того ж, *Adonis vernalis* тут виявлений в єдиному екземплярі, а така тенденція складає найвищий рівень загрози для даного виду. Такі види, як *Linum austriacum* та *Pulsatilla pratensis* знаходяться на більш безпечній відстані від ріллі, а останній, окрім того, має ще й значну популяцію – близько 20 квадратних метрів, і в середньому від 10 до 20 особин на квадратний метр. Проте, неподалік від цих видів виявлено агресивне поширення інвазійного *Asclepias syriaca* L., який загрожує не лише рідкісним рослинам, а й типовим рослинним угрупованням в цілому.

Серед позитивних антропогенних чинників можна назвати помірне сінокосіння в другій половині літа на окремих ділянках, оскільки це перешкоджає формуванню багаторічної степової повсті, що в свою чергу, сприяє кращому проростанню весняних ефемероїдів. Тож, на таких ділянках бажано провести детальні дослідження на початку наступної весни. Гіпотетично в цю пору тут можна виявити *Bulbocodium versicolor* (Ker Gawl.) Spreng. та *Crocus reticulatus* Steven ex Adams., які занесені до списку Червоної книги України [1, 7].



Космічні знімки з порталу EO Browser (ліворуч - за 30.05.2018р.; праворуч - за 29.05.2023р.)

! - розорювання схилів; !- поширення ваточника сирійського

Рисунок 2 – Вплив антропогенних чинників на сучасний стан балки «Кип'яча»

Таким чином, метою мінімізації негативного антропогенного навантаження на природні екосистеми, а також задля збереження рідкісних і типових степових рослин та угруповань, нами підготовлене обґрунтування доцільності створення на межиріччі Сула-Хорол ландшафтного заказника «Балка Кип'яча». Площа перспективного заповідного об'єкта становить близько 200 гектарів. Дана територія належить двом громадам: північна частина – Петрівсько-Роменській сільській раді, південна – Комишнянській селищній раді. Обидві громади, за даними науковців, мають невисокий відсоток заповідності [2, 3].

Комишнянська громада за цим показником взагалі знаходиться на передостанньому місці – 0,011% (всього 5,52 га). Якщо врахувати, що близько половини балки належить саме цій селищній раді, то відсоток заповідності, в разі реалізації нашого проєкту, зросте і складатиме близько 0,2%. Зрозуміло, що це також занадто низький показник, але хоча б частково поліпшить ситуацію на території селищної ради. Отже, заповідання степової балки та прилеглого байрачного лісу сприятиме не лише збереженню цінних природних екосистем, а й дозволить підвищити показник заповідності в Миргородському районі та збільшити площу охоронних територій.

Використані інформаційні джерела:

1. Байрак О. М., Стецюк Н. О. Атлас рідкісних і зникаючих рослин Полтавщини. Полтава :Верстка, 2005. 248 с.

2. Голік Ю. С., Смоляр Н. О., Остапенко П.О., Чепурко Ю. В. Особливості розподілу територій і об'єктів природно-заповідного фонду Полтавської області в умовах нового адміністративно-територіального устрою України // Екологічні науки : науково-практичний журнал. К. : Видавничий дім «Гельветика», 2021. № 6(39). С. 171–177.

3. 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 наук.-практ. конф. «(2-3 грудня 2021 року). Полтава : НУПП, ПП«Астрая». 2021. С. 112–115.

4. Мовчан В. В., Панченко О. В. Створення ландшафтної заказника на межиріччі Хоролу та Псла між селами Рахівка та Березова Лука. // «Екологія. Довкілля. Енергозбереження» : М-ли I Всеукр. наук.-практ. конф. з міжн. участю, присв. 90-річчю Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка». Полтава : НУПП, 2020. С. 152–155.

5. Смоляр Н.О., Ханнанова О.Р. Концепція розвитку територіальної структури регіонального ландшафтної парку «Гадяцький» (Україна) // Біологія та екологія. 2016. Т.2, №1. С. 38–46.

6. Смоляр Н. О., Ханнанова О. Р., Мовчан В. В., Мезенцева Д. О., Перспективи розширення природно-заповідної мережі Миргородського району Полтавської області (Україна) // Екологія. Довкілля. Енергозбереження. 2023 : колективна монографія / під ред. О. В. Степової. Полтава : НУПП імені Юрія Кондратюка. 2023. С. 222–234.

7. Червона книга України. Рослинний світ ; [за ред. Я.П. Дідуха]. К. : Глобалконсалтинг, 2009. 900 с.

УДК 631.6(075)

*Мальований М. С., д. т. н., професор, Бордун І.М., д. т. н., доцент,
Тимчук І. С., к. с.-г. н., доцент, Жук В. М., к. т. н., доцент*

КОМПЛЕКСНА ТЕХНОЛОГІЯ ВІДНОВЛЕННЯ ТА РЕАБІЛІТАЦІЇ ПОШКОДЖЕНИХ ЗЕМЕЛЬ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ СУБСТРАТІВ, КАПСУЛЬОВАНИХ ДОБРИВ ТА ПРИРОДНИХ СОРБЕНТІВ

Пошкодження ґрунтів унаслідок техногенного впливу та внаслідок бойових дій із подальшими можливими кроками їх рекультивації є мало дослідженою темою. Більшість робіт є або поодинокими і несистемними дослідженнями, або пов'язані із певним техногенним впливом, військовими чи супровідними до них діями. Дослідження у цьому ракурсі практично не торкаються деградації земель і ґрунтів, що постраждали від війни. Війна в Україні загострила це питання. Ряд дослідників аналізували фізико-хімічні порушення в ґрунтах внаслідок техногенного впливу та після воєнних дій, характеристики таких забруднених територій, а також робили оцінку ризику для здоров'я людини на цих територіях, але дослідження ці були фрагментарними. Після проведеної оцінки пошкоджень виникає питання способів відновлення ґрунтів із використанням вже розроблених методик.

Основною ідеєю досліджень є розроблення класифікації та типізації порушених земель із однієї сторони і розроблення комплексної технології відновлення та реабілітації пошкоджених земель із використанням субстратів змінного складу з другої сторони. Тоді з'являється можливість ставити у відповідність певному типу порушених земель певний тип субстрату для їх відновлення і реабілітації. Виходячи із того, що основними проблемами відновлення та реабілітації пошкоджених земель є знешкодження чи зв'язування токсикантів, повернення ґрунтам їх якісних показників та вміст поживних елементів, запропоновано в склад субстрату вносити компост, отриманий із органомісних відходів, природні сорбенти різних видів, додатково вносити екологічнобезпечні капсульовані добрива пролонгованої дії, які забезпечують повільне вивільнення елементів живлення рослин на протязі значного часу не забруднюючи навколишнє середовище не засвоєними рослинами елементами живлення і не створюючи цим вторинні забруднення довкілля.

Для виконання досліджень пропонується підхід, що базується на аналізі існуючого стану ґрунтів, класифікації порушень, їх типізації. Це дозволяє на наступних етапах ідентифікувати певним типам порушень ґрунтів відповідні варіанти комплексної технології їх відновлення та реанімації. Комплексна технологія відновлення ґрунтів ґрунтується на загальних підходах щодо відновлення їх якості в ракурсі сільськогосподарського використання, відновлення якісного складу, локалізації токсикантів, забезпеченні відповідними елементами живлення

та механізмом пролонгованого їх вивільнення в процесі вегетації рослин. Для цього використовується комплекс заходів: створення субстрату, в склад якого входили б як ґрунтоутворюючі компоненти (компост на базі органомісних відходів), так і сорбенти (різні види природних сорбентів). Для забезпечення необхідного балансу елементів живлення заплановано використання екологічнобезпечних капсульованих добрив пролонгової дії. Все це в комплексі забезпечить необхідний результат у відновленні ґрунтів. Склад компонентів для відновлення а також їх вид (вид компосту та вид природного сорбенту) буде змінюватись у залежності від типу ґрунтів, який буде визначеним і класифікованим на першій фазі досліджень. На основі аналізу отриманих даних досліджень будуть розроблені рекомендації щодо відповідності пропонованих варіантів застосування технології різним типам пошкодження земель.

Наукові дослідження планується виконувати за 3-х етапною схемою. На першому етапі проводяться лабораторні дослідження різних типів порушених ґрунтів з ціллю розроблення їх класифікації та типізації. Отримані дані в подальшому будуть використовуватись для прогнозування стратегії відновлення та реабілітації земель із використанням субстратів певного конкретного складу, а також для ідентифікації технології відновлення (яка буде досліджена на другому етапі досліджень) певному типу порушених земель.

На другому етапі заплановане проведення лабораторного моделювання відновлення та реабілітації пошкоджених земель із використання субстратів, отриманих шляхом змішування компонентів. У числі компонентів планується використання біокомпостів на основі органомісних відходів та природних сорбентів різних видів (природні цеоліти, бентоніти, глауконіти, палигорськіти). Ефективність застосування отриманих субстратів для відновлення та реабілітації земель сільськогосподарського призначення буде встановлюватись на основі аналізів даних біоіндикації. Для збалансованого забезпечення рослин елементами живлення в період вегетації планується застосування капсульованих добрив пролонгової дії. Передбачається розроблення перспективних рецептур капсулеутворюючої композиції та випробування нових видів капсульованих добрив. Планується проведення досліджень перспектив комбінування різних складових та стадій в процесі відновлення та реабілітації пошкоджених земель.

На третьому етапі передбачається розроблення комплексної технології відновлення та реабілітації пошкоджених земель. Оцінку ефективності розробленої технології планується проводити в польових умовах шляхом дрібноділянкових досліджень у спеціалізованих науково-дослідних установах аграрного профілю. Кінцевим результатом буде розроблення рекомендацій щодо відповідності пропонованих варіантів застосування технології різним типам пошкодження земель.

УДК 502/504

*Павличенко А. В., д. т. н., професор, Нікітенко І. С., д. геол. н., доцент,
Гайдай О. А., к. т. н., доцент*

*Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»,
м. Дніпро, Україна*

АКТУАЛЬНІ РОЗРОБКИ У ГАЛУЗІ ТЕХНОЛОГІЙ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ «ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Промислова діяльність, пов'язана з видобуванням корисних копалин, за своєю сутністю передбачає технологічний вплив на верхню частину літосфери – земну кору. Однак гірниче виробництво також може негативно впливати на інші геосфери – гідросферу, біосферу та атмосферу. Видобуток, збагачення, переробка мінеральної сировини завжди пов'язані з утворенням і накопиченням відходів. Відвали процесу видобутку, хвостосховища, золо- і шлаковідвали теплових електростанцій, складовані відходи металургійного, хімічного та інших виробництв займають величезні площі, погіршують екологію регіонів та знижують якість життя населення.

У Національному технічному університеті «Дніпровська політехніка» створюються технології з захисту навколишнього середовища, дослідження за якими фінансується за рахунок державного бюджету та господарської договірної діяльності з бізнесом. Нижче наведемо основні результати досліджень у галузі екологічних технологій, розроблені науковцями НТУ «Дніпровська політехніка» впродовж останнього часу.

У результаті виконання дослідження «Система комплексного еколого-соціального моніторингу» (автори: проф. Горова А. І., проф. Павличенко А. В., доц. Клімкіна І. І., доц. Бучавий Ю. В., доц. Миронова І. Г., інж. Грунтова В. Ю.) розроблено систему еколого-соціального моніторингу, яка дозволяє проводити комплексну оцінку екологічного стану навколишнього середовища та здоров'я населення на територіях із різним рівнем техногенного навантаження. Використовуються високочутливі методи біоіндикації, оцінка рівнів екологічної та еколого-генетичної небезпеки для людини, а також прогноз і запобігання негативним змінам стану об'єктів навколишнього середовища та здоров'я населення. Результати дослідження мають соціальне значення і використовуються як інструмент для комплексної оцінки екологічного стану навколишнього середовища та здоров'я населення на територіях із різним рівнем техногенного навантаження, оцінки рівнів екологічної та еколого-генетичної небезпеки для людини, прогнозу й запобігання негативним змінам стану об'єктів довкілля та здоров'я населення [1].

Авторами дослідження «Агрохімічна технологія реабілітації відвалів вугільних шахт та рекультивації підробленої поверхні», проф. Садовенком І. О., проф. Рудаковим Д. В. та проф. Загриценко А. М., запропоновано новий склад та технологічне виконання покриваючого шару відвалів шахтних порід у процесі рекультивації, який несе не механічну ізолюючу функцію, а слугує активізатором процесу гумусоутворення з пригніченням активності сульфатів, заліза й алюмінію шляхом перемішування верхнього шару шахтної породи з карбонатним суглинком й осадами побутових і промислових стоків. При цьому враховується взаємодія штучного родючого шару різного складу з підземними й атмосферними водами, а також агрохімічний потенціал різних компонентів. Технологія може застосовуватися на гірничодобувних підприємствах, де система відробки вугільних родовищ із повним обваленням покрівлі передбачає складування на поверхні 30-60% від обсягу видобутку вугілля сульфідомісних гірських порід, рекультивацію підроблених територій та реабілітацію породних відвалів. Очікуваним практичним результатом вирішення проблеми складування шахтної породи є зниження викидів отруйних газів і забруднення ґрунтових вод, використання рекультивованих площ для сільськогосподарського призначення, раціональне використання й утилізація супутніх азот- і фосфоровмісних промислових відходів і стічних вод [2]. У рамках проекту «ROMBUSS», спільно з компанією ПрАТ «ДТЕК Павлоградвугілля» і європейськими партнерами з Німеччини та Великої Британії, досліджено біопараметри штучного ґрунтового шару в режимі самовідновлення на відвалі шахти «Першотравнева» і дослідній ділянці шахти «Павлоградська».

Важливою розробкою останнього часу є «Обґрунтування новітніх технологічних рішень освоєння родовищ корисних копалин у контексті сталого розвитку гірничодобувних регіонів» (автори: проф. Павличенко А. В., доц. Борисовська О. О., проф. Ложніков О. В., доц. Шустов О. О., доц. Кулікова Д. В., інж. Черняєв О. В.). Сутність проекту полягає у розробці і впровадженні новітніх технологічних рішень з освоєння родовищ корисних копалин та відновлення земель, порушених техногенною діяльністю людини. Практичним результатом є покращення екологічної безпеки гірничопромислових територій, порушених діяльністю гірничодобувних підприємств, на різних етапах розробки родовищ корисних копалин [3].

У рамках виконання дослідження авторами було розроблено екологічнобезпечні технологічні схеми селективної розробки обводнених титан-цирконієвих родовищ для отримання чорного концентрату титану безпосередньо в кар'єрі. Крім того, вирішуючи актуальні питання повоєнної відбудови, запропоновано технологічні схеми технічної та біологічної рекультивації земель, порушених у результаті утворення вирв

та провалів земної поверхні від вибухів, траншей та інших фортифікаційних споруд, а також багаторічної розробки родовищ корисних копалин, впровадження яких дозволить забезпечити сталий розвиток гірничодобувної галузі й екологічнобезпечні умови проживання населення [4].

Однією з цікавих розробок науковців НТУ «Дніпровська політехніка», реалізованою у вигляді експериментального зразка, є «Установка з утилізації різногенезисних (у т.ч. медичних) відходів УМВ-3» (розробники: проф. Дичковський Р. О., доц. Саїк П. Б., доц. Лозинський В. Г., доц. Фальштинський В. С.). Дослідницькою групою створено нову тестову установку УМВ-3, що дозволяє забезпечити комплексну утилізацію вуглецевмісних матеріалів (у т.ч. медичних) у режимі керованого процесу термічної деструкції з урахуванням якісного, кількісного складу відходів і технологічних параметрів переробки у замкнутому екологічно-безпечному циклі [5]. Практичним результатом є можливість безпечно утилізувати вуглецевмісні відходи. Особливо актуальною технологія є при переробці засобів індивідуального захисту разом із іншою медичною продукцією одноразового використання, зокрема, зараженою коронавірусом COVID-19.

Із тематикою повоєнної відбудови країни пов'язане дослідження «Обґрунтування технологічних рішень екологічнобезпечного освоєння мінеральних ресурсів в умовах відбудови країни у воєнний і післявоєнний періоди» (автори: проф. Павличенко А. В., проф. Ложніков О. В., доц. Кулікова Д. В., доц. Шустов О. О., с. н. с. Черняєв О. В., доц. Адамчук А. А.). Очікуваними результатами реалізації проєкту є створення нових методологічних підходів із проєктування та планування відкритих гірничих робіт із урахуванням коливання потреб підприємств у сировині. У результаті виконання дослідження створено методику визначення екологічного стану компонентів довкілля в районах об'єктів гірничодобувної промисловості з прогнозуванням показників екологічної безпеки, а також екологічнобезпечні технологічні схеми освоєння і переробки мінеральної сировини техногенних формувань гірничодобувних підприємств і раціональні технології комплексного видобутку основної та супутньої сировини на основі моделювання ділянок родовища з градацією за запасами.

Серед останніх розробок слід відзначити реалізований минулого року проєкт з виготовленням діючої установки: «Розроблення технології виготовлення композиційного палива з техногенних відходів (розробники: проф. Павличенко А. В., проф. Бондаренко В. І., доц. Гайдай О. А., доц. Руських В. В., доц. Коверя А. С.). Сутністю проєкту було розроблення енергоефективної та соціально важливої технології виготовлення композиційного палива з відходів, яка надасть можливість додатково отримувати енергетичні ресурси та скоротить кількість техногенних

утворень, накопичених внаслідок роботи промисловості. У результаті впровадження технологічних рішень НТР буде вивільнено земельні угіддя та створено альтернативне джерело палива з відходів вугледобувної, целюлозно-паперової та хімічної галузей [6]. Розроблена технологія дозволяє здійснювати згрудкування при низьких температурах і тисках без попереднього збагачення зі значною економією енергоресурсів. Розроблено проєкт технологічного регламенту виготовлення композиційного палива з техногенних відходів.

Сьогодні в НТУ «Дніпровська політехніка» працює ряд міждисциплінарних колективів, які створюють новітні технології в галузі захисту довкілля. Науковці університету мають значний доробок, а проблематикою технологій захисту навколишнього середовища займається дедалі більше фахівців із різних технічних, природничих і суспільних наук.

Використані інформаційні джерела:

1. Муліна, А. В. & Павличенко, А. В. (2021). Дослідження впливу автотранспорту на тепловий режим територій прилеглих до автомобільних шляхів. *Збірник наукових праць Національного гірничого університету*, 65, 207–219. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/65.207>

2. Sadovenko, I. O., Zahrytsenko, A. M., Tymoshchuk, V. I., Dereviahina, N.I. (2022). *Hydromechanical parameters of safe coal seam extraction within a zone of flooded mine workings effect*. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. Том 33 (72), №4. С. 196–204.*
<http://tech.vernadskyjournals.in.ua/33-72-4>

3. Vuzlyo, V., Pavlychenko, A., Borysovska, O. (2020). *Ecological aspects of filling of worked-out area during underground coal mining*. *E3S Web of Conferences. Vol. 201, 01038.*
DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020101038>

4. Babets, Y. K., Adamchuk, A. A., Shustov, O. O., et al. (2020). *Determining conditions of using draglines in single-tier internal dump formation*. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 6, 5–14.
DOI: <https://doi.org/10.33271/nvngu/2020-6/005>

5. Саїк, П. Б., Лозинський, В. Г., Фальштинський, В. С., Дичковський, Р. О. (2021). *Установка для утилізації відходів. Патент на корисну модель UA №148521, Опубл. 18.08.2021. Бюл. №33.*
<https://sis.ukrpatent.org/uk/search/detail/1611735/>

6. Павличенко, А. В., Гайдай, О. А., Фірсова, В. Е., & Лампіка, Т. В. (2021). *Дослідження властивостей, структурних зв'язків і будови дисперсних систем з вугільних шламів*. *Збірник Наукових Праць Національного Гірничого Університету*, 64. С. 154 – 165.
<https://doi.org/10.33271/crpnmu/64.154>

*Петров В. В., студент магістратури, Дятел О. О., к. т. н.
Державна екологічна академія післядипломної освіти,
м. Київ, Україна*

ОЧИЩЕННЯ ВОДИ ЯК СТРАТЕГІЧНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ ЗАХІД

Наявність водних ресурсів є ключовим компонентом здоров'я екосистем та суспільства в цілому. Сьогодні забруднення води стає однією із найсерйозніших загроз для природних екосистем і здоров'я людей. Актуальність очищення води виходить за межі лише екологічного виміру і тому набуває стратегічного значення для сталого розвитку суспільства.

Мета дослідження – з'ясувати європейські вимоги до оцінювання води та довести актуальність цього питання в контексті сучасних екологічних викликів, користуючись підтвердженими джерелами.

1. Європейські вимоги щодо очищення води:

а. Стандарти як запорука якості: Європейські стандарти щодо якості води, які встановлені в рамках Директиви про воду Європейського союзу, є фундаментальними для забезпечення ефективного та стабільного функціонування водних ресурсів. Зокрема, Європейська агенція з оточуючого середовища систематично оновлює дані та висновки щодо якості води в Європі.

Уривок статті [1] з перекладом:

Наукові докази очевидні: клімат змінюється і буде змінюватися, впливаючи на суспільства головним чином через воду.

Зміна клімату вплине на наявність, якість і кількість води для задоволення основних людських потреб, загрожуючи ефективній реалізації прав людини на воду та санітарію потенційно для мільярдів людей. У Звіті Організації Об'єднаних Націй про розвиток світових водних ресурсів за 2020 рік зосереджено увагу на викликах і можливостях, створених зміною клімату, і надано потенційні відповіді щодо адаптації, пом'якшення наслідків та підвищення стійкості, які можуть бути вжиті для покращення управління водними ресурсами, зменшення ризиків, пов'язаних із водою, та покращення доступу до водопостачання та санітарно-гігієнічні послуги.

Зміна кругообігу води також створить ризики для виробництва енергії, продовольчої безпеки, здоров'я людей, економічного розвитку та скорочення бідності, таким чином серйозно поставивши під загрозу досягнення Цілей сталого розвитку. Поєднання адаптації до зміни клімату та пом'якшення наслідків зміни клімату за допомогою води є безпрограшною пропозицією, яка покращує надання послуг

водопостачання та санітарії та бореться як з причинами, так і з наслідками зміни клімату, включаючи зменшення ризику катастроф.

б. Нормативні акти та директиви: Директива про очищення стічних вод визначає обов'язки країн-членів ЄС щодо очищення стічних вод та встановлює основні стандарти для якості води. Наприклад, стандарти для води призначено за Директивою 2013/39/ЄС.

Уривок статті [2] з перекладом:

Очищення стічних вод може бути дуже дорогим. Для того, щоб сприяти більш дешевому та економічно ефективнішому очищенню, можна стимулювати розвиток інноваційних технологій очищення води.

с. Інновації та постійне вдосконалення: Європейська ініціатива «Інновації в області води» сприяє впровадженню новітніх технологій та методів в галузі очищення води. Horizon 2020 [3] – програма ЄС для досліджень та інновацій – надає фінансову підтримку для проектів з розвитку новітніх технологій очищення води.

2. Актуальність проблеми очищення води:

а. Загроза забруднення водних ресурсів: Забруднення водних ресурсів стає все більшою проблемою через недбале використання природних ресурсів та зростання індустріалізації. Згідно з дослідженням World Health Organization, більше одного мільярду людей у світі використовують небезпечні водні джерела.

Уривок статті [4] з перекладом:

Незважаючи на важливий прогрес у досягненні Цілі сталого розвитку (ЦСР) 6, яка спрямована на загальний доступ до безпечної води та санітарії до 2030 року, мільярди людей все ще не мають безпечної питної води та санітарії та засобів, щоб мити руки з милом і водою вдома.

б. Глобальний вплив на клімат: Зміна клімату збільшує інтенсивність повеней та інших кліматичних лих, що може призводити до забруднення водних ресурсів. Доповідь Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) [5] підкреслює, що зміни клімату можуть впливати на доступ до чистої води.

с. Здоров'я націй: Забезпечення безпечної води є важливою складовою здоров'я націй. Забруднення води може спричиняти розповсюдження хвороб, таких як холера та гепатит, які можуть мати серйозні наслідки для громадського здоров'я. Організація Water.org стверджує, що близько мільярду людей у світі живуть без безпечного доступу до води.

Уривок статті [6] з перекладом:

Вода поєднує всі аспекти життя. Доступ до безпечної води та санітарії може швидко перетворити проблеми на потенційні, надаючи людям час для навчання та роботи та сприяючи покращенню здоров'я жінок, дітей та сімей у всьому світі.

Сьогодні 771 мільйон людей – 1 з 10 – не мають доступу до безпечної води, а 1,7 мільярда людей – 1 з 4 – не мають доступу до туалету.

Отже, вода та її очищення є не лише завданням для екології, а ще й важливим фактором для забезпечення сталого розвитку та здоров'я суспільства в світі. Європейські стандартні вимоги стають зразком для інших, визначаючи шлях до сталого та відповідального використання водних ресурсів. Актуальність проблеми очищення води акцентує на необхідності негайних заходів та інвестування у впровадження сучасних технологій та систем очищення води, які б відповідали глобальним викликам сьогодення.

Використані інформаційні джерела:

1. <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/publications/united-nations-world-water-development-repor> (date of access: 10.11.2023).
2. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:32013L0039> (date of access: 19.10.2023)
3. https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-2020_en (date of access: 21.10.2023)
4. <https://www.who.int/news/item/05-09-2023-unsafe-water--sanitation-and-hygiene--a-persistent-health-burden> (date of access: 09.11.2023)
5. <https://www.ipcc.ch/> (date of access: 10.11.2023)
6. <https://water.org/our-impact/water-crisis/> (date of access: 08.10.2023)

УДК 355.01+504(477.62)

*Солодовник А. О., здобувач середньої освіти, член МАН, Чоповенко Н. В.,
вчитель біології і екології, учитель вищої категорії, старший учитель
Лицей №33 Полтавської міської ради, Україна,*

СЕЗОННЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ШУМОПОГЛИНАННЯ МІСЬКИХ ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕНЬ

Шум – це одна з форм фізичного забруднення природного середовища, адаптація до якого живих органів практично неможлива. Нині вирішення проблеми шумових забруднень є необхідним та невідкладним. Адже з розвитком технічного прогресу кількість джерел шуму зростає з кожним днем. І це не може залишитись непоміченим, бо впливає на усіх живих істот, в тому числі і людей. Основним джерелом шумового забруднення в містах є автотранспорт. Перешкодою, на яку натрапляють звукові хвилі, є зелені насадження біля доріг. Вони мають змогу зменшувати рівень шуму.

Джерелами шумів є всі види транспорту, промислові об'єкти, гучномовні пристрої, ліфти, телевізори, радіоприймачі, музичні інструменти, юрби людей і окремі особи. 60-80% міського шуму генерує автотранспорт [6].

Шумове забруднення має значний вплив на людину та на навколишнє довкілля в цілому. Звичайний рівень звукового шуму для людини становить 60 Дб. А рівень понад 75 Дб може викликати різноманітні порушення [5].

Декоративні рослини виконують роль шумоізоляторів. Експериментальним шляхом доведено, що навіть однорідні насадження можуть знизити рівень шуму на 10 дБ. Шумозахисна властивість рослин залежить від щільності крони, густоти та ширини листя та розміщення насаджень стосовно джерела шуму. Також доведено, що різні породи дерев і кущів мають різну шумозахисну здатність [7].

Уже близько 20 останніх років Полтава не відповідає статусу зеленого міста. Вважається достатнім розташування 90100 дерев на 1 га озелененої площі насаджень загального користування, але наразі ці норми не дотримані [3].

Не зважаючи на те, що в місті достатня кількість парків, скверів, нині спостерігається хаотичний догляд за зеленими насадженнями. Зокрема безсистемне спилування дерев. За останні роки спіяли близько 4000 дерев, висадили лише близько 400, але не усі спіяні дерева були хворими або перебували в аварійному стані [2, 4].

Для озеленення міста найчастіше використовують дерева із родів *Tilia Mill.*, *Acer L.*, *Quercus L.*, *Aesculus L.*, *Populus L.*, *Betula Ehrh.*, *Pinus L.* Ці дерева зустрічаються на вулицях міста, включаються в алеї, парки або зростають групами чи є солітерами (поодинокі особини).

Нами проведено дослідження з метою дослідити ефективність шумопоглинання міських зелених насаджень в контексті сезонно-кліматичних змін. Для визначення рівнів шуму використано метод польового дослідження з використанням цифрового шумоміру SL-824.

Польовий експеримент організовувався за умови відсутності сильного вітру. Ми використовували загальноприйняті методи вимірювання шуму. Постійний шум від автотранспорту ми оцінювали рівнем звуку $L_{A \text{ макс}}$, дБА. Виміри проводились протягом трьох хвилин. За цей час ми зафіксували максимальний рівень звуку на кожній ділянці. Таким чином, виміряно рівень шумового забруднення безпосередньо біля житлових будинків та порівняно з результатами вимірювань біля дороги. Під час вимірювань шумомір був розташований на висоті 1,5 м від землі та спрямований у бік джерела шуму [1].

Для достовірності експерименту усі ділянки розташовувалися на одній вулиці (вздовж вулиці Решетилівської в м. Полтава), тобто ширина автомагістралі була однаковою на кожній ділянці. Відповідно шумове навантаження відносно однакове, а саме 84 дБА.

На першій ділянці росте дерево *Populus pyramidalis* L., на другій ділянці – дерево *Tillia cordata* Mill. На третій – дерево *Picea pungens* L.. На четвертій та п'ятій ділянках знаходяться зелені насадження змішаного типу, а саме дерева *Populus pyramidalis* із *Picea pungens* та *Tillia cordata* з *Picea pungens* відповідно.

Ширина зелених насаджень на першій ділянці становить 18 м, на другій – 20 м, на третій – 8 м, на четвертій – 38 м, на п'ятій – 20 м. Кількість рядів дерев також є різною, що впливає на шумозахисні функції насаджень у цілому. Тож, рівень шумопоглинання на першій ділянці складає 13%, на другій – 16%, на третій – 12%, на четвертій – 19%, на п'ятій – 15%.

За результатами проведеного дослідження визначено, що ділянки, на яких сформовані однорідні насадження листяних дерев, поглинають 13-16% шумових забруднень від автотранспорту. Насадження дерев *Picea pungens* гасить 12% шуму. Насадження змішаного типу, сформовані листяними та хвойними деревами, гасять від 15% до 19% міського шуму.

Для того, аби визначити як сезонність впливає на шумопоглинаючі властивості різних дерев, нами заміряно рівні шуму на початку та наприкінці осені. Тож, встановлено, що різниця між шумопоглинаючими характеристиками *Populus pyramidalis* на початку та наприкінці осені становить 5%, різниця між шумопоглинаючими характеристиками *Tillia cordata* становить 6%. А от показники на ділянці, де ростуть дерева *Picea pungens* залишилися незмінними.

На основі отриманих результатів нами розроблено практичні рекомендації щодо оптимізації міських зелених насаджень, а саме:

– використовувати для озеленення насаджень змішаного типу з листяних та хвойних порід дерев та кущів, зокрема представників родин Cupressaceae та Pinaceae – роди *Juniperus* L., *Abies* L., *Picea* L.;

– збільшувати площу міських зелених насаджень, як в історичному центрі міста, так і в нових районах. При будівництві жилих будинків розташовувати їх щонайменше на відстані 50 м від автостради, аби висадити шумозахисну смугу, яку складають зелені насадження;

– висаджувати насадження, зтосовуючи принцип багатоярусності: поєднувати у композиції дерева та кущі, щоб забезпечити ефективне шумопоглинання. Серед кущів використовувати види такі види, як *Ribes aureum* L., *Ligustrum vulgare* L., *Cornus sanguinea* L.;

– обирати види, сорти та декоративні форми представників дендрофлори з більшою складністю «листяної мозаїки», наприклад, представників родів *Acer*, *Tilia* або *Corylus*;

– збільшити в насадженнях видове та сортове різноманіття витких рослин для вертикального озеленення стін будинків та завислих форм на конструкціях, наприклад, *Parthenocissus quinquefolia* L., *Hedera helix* L., *Lonicera carrifolium* L. чи *Rosa arvensis* L. та ін.

Отже, дерев'яні рослини значно знижують рівень шуму в містах. Встановлено, що шумопоглинаючі властивості листяних видів дерев залежать від сезонно-кліматичних змін. Скидаючи листя, зелені насадження, які складаються з листяних дерев та кущів, втрачають шумопоглинаючі функції на 5-6%. Тому взимку цю здатність на себе беруть хвойні представники дендрофлори.

Використані інформаційні джерела:

1. Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку ДСН 3.3.6.037-99.

URL: <https://regulation.gov.ua/documents/id238169>

2. Должко І. Василь Зеленський: за останні роки в Полтаві спиляли 4000 дерев, висадили – 395. URL: <https://poltava.to/news/57379/>

3. Про затвердження Правил утримання зелених насаджень у населених пунктах України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0880-06#Text>

4. Спилювання аварійних дерев: чи втратить Полтава статус зеленого міста? URL: <https://irt.pl.ua/news/29180/>

5. Фізичне забруднення довкілля. Шумове (вібраційне) забруднення. URL: <https://ecologyknu.wixsite.com/ecologymanual/11-5>

6. Шумове забруднення. URL: https://pidru4niki.com/12920522/ekologiya/shumove_zabrudnennya

7. Шумопоглинальна властивість фітоценозів. URL: https://studopedia.su/5_37029_shumopoglinalna-vlastivist-fitotsenoziv.html

¹*Степова О. В., д. т. н., професор, Степовий Є. Б., аспірант,*

²*Степовий Д. Є., студент, Жабський С. М., голова циклової комісії нафтогазової інженерії та технологій*

¹*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава Україна*

²*Полтавський фаховий коледж нафти і газу, м. Полтава Україна*

РОЗРАХУНОК ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ ДІЛЯНКИ НАФТОПРОВОДУ ЗА ФАКТОРОМ БІОКОРОЗІЇ

Нафтотранспортна система України – одна з найбільших у світі. Достатньо розгалуженою є мережа нафтопроводів і в Полтавській області, адже нафтогазовий комплекс області є одним із найбільш потужних у державі та поєднує в собі не лише видобуток і переробку нафти, а і її транспортування. Важливим чинником екологічно безпечного нафто транспорту є технічний стан нафтопроводів. Унаслідок тривалої експлуатації значної частини нафтопроводів зростає ризик аварійно-небезпечних дефектів, що призводить до розгерметизації нафтопроводів та негативно впливає на стан довкілля.

Експлуатуються головним чином, під землею, тому підлягають впливу підземної корозії, яка значною мірою визначається ґрунтовою біокорозією. Дослідження біокорозійних властивостей ґрунтів в умовах експлуатації нафтотранспортної системи України, зокрема Полтавської області є особливо доречним, оскільки мережа нафтопроводів є розгалуженою, а ґрунти, в яких вони пролягають, є надзвичайно різноманітними за своїм типом, механічним складом, рН й іншими властивостями. Врахування впливу біологічної корозії за кількісною характеристикою корозійного процесу, а саме щільністю струму та глибиною корозії, що дозволить попередити виникнення аварійних ситуацій та негативних впливів на довкілля шляхом вчасного вжиття необхідних заходів [1, 2].

Для запобігання забруднення навколишнього середовища при експлуатації нафтопроводів необхідно оцінювати умови експлуатації конструкції, враховувати закономірності й механізм біокорозійних процесів на поверхні труб для оцінювання їх залишкового ресурсу [3].

Попередньо авторами проведено аналіз біокорозійної активності ґрунтів та побудовано карти ґрунтів за індикаторами їх біокорозійної активності на прикладі Полтавської області. Встановлено, що за своїми властивостями в ґрунтах Полтавської області існують всі умови для виникнення та розвитку біокорозійних процесів на зовнішніх поверхнях нафтопроводів. За результатами змодельованого процесу біоелектрохімічної корозії сталевих пластин у лабораторних умовах, експериментально визначено швидкості біокорозії сталевих пластин. Змодельовані процеси покладено в основу розрахунку глибини

біокорозійного ураження конструкції, що дозволяє прогнозувати зменшення товщини стінки сталевих нафтопроводів з часом та вчасно запобігати забрудненню довкілля – основної характеристики, що визначає залишковий ресурс трубопроводу [4]:

$$h = \frac{12KI}{\pi \times D \times a^2} t \quad (1)$$

Визначення залишкового ресурсу нафтопроводу за фактором біокорозії сталі в тріщині ізоляційного покриття виконується шляхом врахування зменшення товщини стінки нафтопроводу, що вводиться в розрахунок. Час до першого витoku із нафтопроводу отримали перетворивши рівняння.

$$t = \frac{0,08 \times h \times \pi \times D \times a^2}{K \times I} \quad (2)$$

Тоді залишковий ресурс ділянки нафтопроводу за фактором біокорозії можна розрахувати:

$$T = t - t_e, \quad (3)$$

де K – електрохімічний коефіцієнт металу, г/А·год; I – струму, який проходить через площу поперечного перерізу поверхні виразки, А/см²;

D – питома вага металу трубопроводу (заліза), г/см³; a – діаметр корозійної виразки, мм; h – глибина корозії; t – тривалість часу, год.;

Таким чином, у роботі запропоновано методику оцінювання залишкового ресурсу ділянок нафтопроводів за фактором біокорозії, яка дозволить прогнозувати екологічно безпечну їх експлуатацію та вчасно запобігати розгерметизації нафтопроводів.

Використані інформаційні джерела:

1. Степова О. В. Врахування корозійних процесів сталевих нафтопроводів з метою підвищення екологічної безпеки. *Екологічні науки: науково-практичний журнал*. К. : ДЕА, 2018. №(1)20. Т.2. С. 15–21.

2. Степова О. В., Заливчий В. О. Геоекологічні проблеми експлуатації підземного трубопроводного транспорту Полтавської області. *Матеріали Міжн. наук. конф. студ. та молодих вчених «Екологія. Довкілля. Молодь»*. (Полтава, 22-23 жовтня 2015 р.). Полтава : ПолтНТУ. С. 129–133.

3. ДСТУ 3291-95 *Методи оцінки біокорозійної активності ґрунтів і виявлення наявності мікробної корозії на поверхні підземних металевих споруд* // Київ : Держстандарт України, 1996. 28 с.

4. Степова О. В., Степовий Є. Б., Бондар О. В., Степовий Д. Є., Кальна М. В. Аналіз інтенсивності показників корозії у ґрунтових умовах Полтавщини *Матеріали Міжн. наук.-практ. конф. «ENVIRONMENT RECOVERY AND RECONSTRUCTION: WAR CONTEXT 2022»*, Полтава. 17-18.11.2022. С.100–103.

Степова О. В., д. т. н., професор, Тристан А. А., магістрант

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

АНАЛІЗ ЕНЕРГО- ТА РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ АСПЕКТІВ ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ З ВІДХОДІВ ТВАРИННИЦТВА

Метою даної роботи є аналіз енерго- та ресурсозберігаючих аспектів виробництва біогазу з відходів тваринництва в Полтавській області. Для досягнення цієї мети будуть розглядатися такі завдання: провести аналіз обсягів відходів тваринництва в Полтавській області; вивчити технології виробництва біогазу з відходів тваринництва; провести енергетичний та ресурсний аналіз виробництва біогазу з відходів тваринництва; підібрати доцільне обладнання для реалізації процесу; розробити рекомендації щодо підвищення енерго та ресурсозбереження у виробництві біогазу з відходів тваринництва.

Проблема енергетичного та ресурсного забезпечення є однією з найважливіших проблем сучасності. Виробництво біогазу з відходів тваринництва є одним із способів вирішення цієї проблеми. Полтавська область є одним із найбільших регіонів України з розвиненим тваринництвом. В області утворюється значна кількість відходів тваринництва, які можуть бути використані для виробництва біогазу.

Тваринні відходи – це значне джерело енергії, яке може бути використано для виробництва біогазу, що є відновлюваним джерелом енергії, яке може використовуватися для виробництва тепла, електроенергії та інших корисних продуктів [1, 2].

Полтавська область має значний потенціал для виробництва біогазу з тваринних відходів. Однак, опитування фермерів показало, що вони не зацікавлені в реалізації цього потенціалу, оскільки це не вигідно господарствам (за винятком промислових підприємств). За оцінками, у Полтавській області щорічно утворюється близько 2,0 мільйонів тонн відходів тваринництва, які можуть бути використані для виробництва біогазу. Найдоцільнішим місцем розташування біогазової установки в області є ТОВ «НВП «Глобинський свинокомплекс» (рис.1) [3, 4, 5].

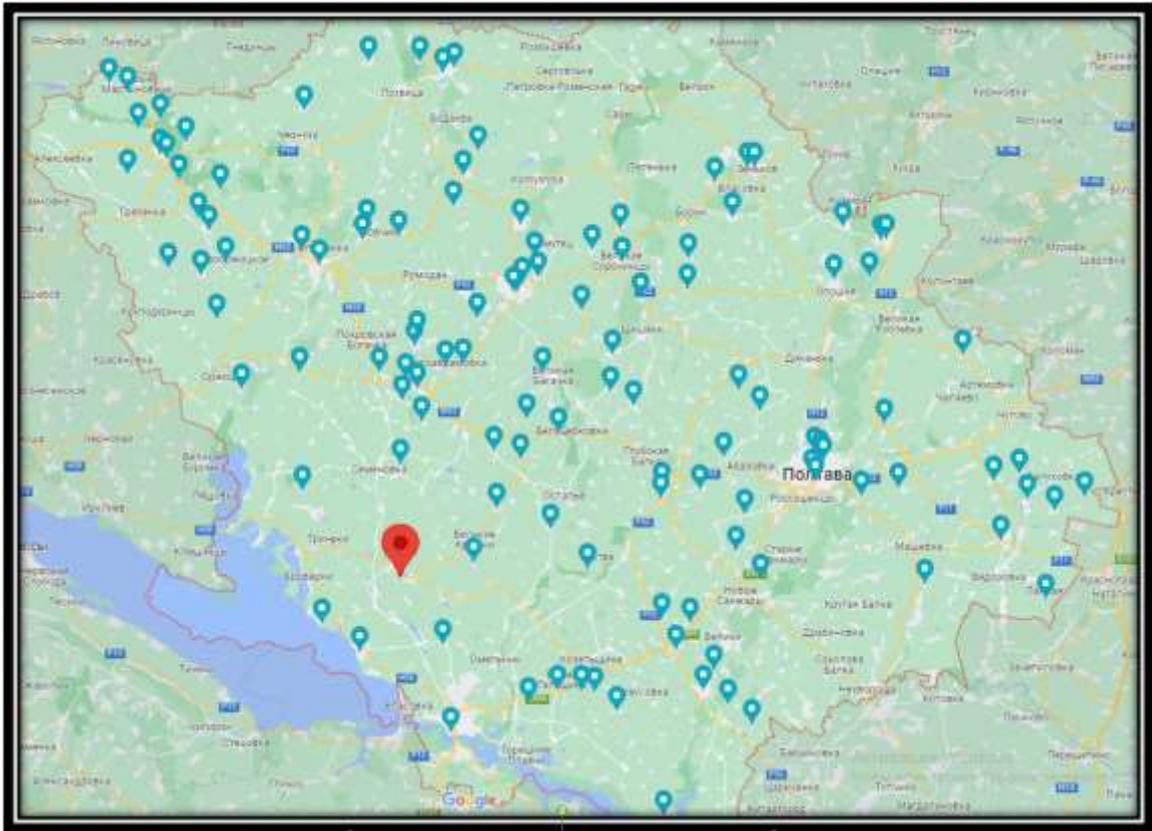


Рисунок 1 – Розташування фермерських підприємств у Полтавській області

Отже, Полтавська область має значний потенціал для виробництва біогазу з тваринних відходів. Однак, реалізація цього потенціалу вимагатиме додаткових заходів для залучення фермерів до цієї галузі.

За розрахунками [6], визначено об'єм товарного біогазу, який становить, який можна отримати зі всіх тваринницьких підприємств та ферм. Також визначено енергетичний потенціал ресурсу та його вартість у країнах Європи [7].

Нами розглянуто загальну схему біогазової установки, основні елементи біореактора та як вони працюють і взаємодіють між собою, етапи процесу зброджування, перспективи розвитку даної теми в Україні. Було розроблено технологічну та апаратурну схему для біогазової установки та анаеробного бродіння. Проаналізувавши дану схему, було також підібране обладнання для реалізації процесу [8]. Для наглядності, представлено рисунок (рис.2), на якому зображена схема реалізації процесу виготовлення ресурсів.

Дана інформація може бути використана для наступних цілей: визначення потенціалу виробництва біогазу з відходів тваринництва в регіоні; вибору найбільш оптимальної технології для конкретних умов Полтавської області; оцінки економічної ефективності виробництва біогазу

в регіоні; підвищення економічної ефективності виробництва біогазу в регіоні та в подальшому і в Україні.

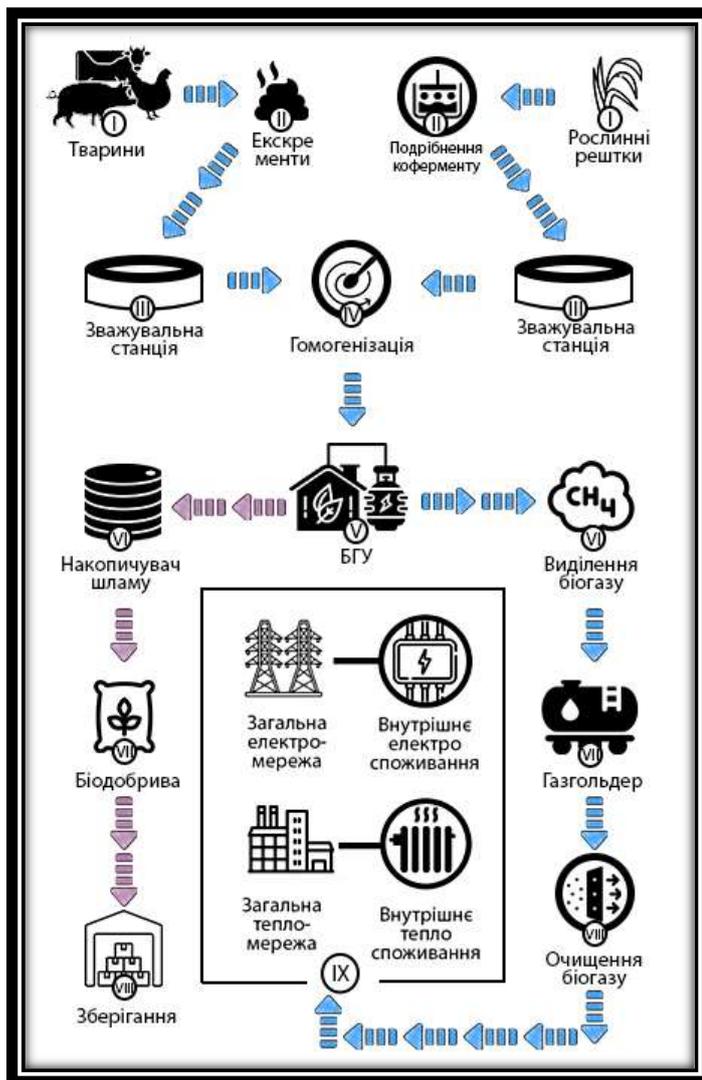


Рисунок 2 – Технологічна схема установки та виготовлення ресурсу

Розробка нових технологій виробництва біогазу з відходів тваринництва, які будуть більш ефективними та економічними, може дозволити зменшити витрати на виробництво біогазу та підвищити його економічну привабливість. Наприклад, можна розробити технологію, яка буде використовувати меншу кількість тепла для підігріву сировини або яка буде виробляти більше біогазу з одиниці сировини.

Запровадження нових методів утилізації відходів тваринництва, які будуть сприяти підвищенню енерго та ресурсозбереження, може дозволити зменшити обсяги відходів, які відправляються на звалища або спалюються. Наприклад, можна розробити метод, який буде використовувати відходи тваринництва для виробництва компосту або інших корисних продуктів.

Створення ринку для реалізації біогазу та електроенергії, вироблених з біомаси, може дозволити фермерським господарствам отримати прибуток від виробництва біогазу. Наприклад, можна створити державні програми підтримки виробництва біогазу або запровадити квоти на використання відновлюваних джерел енергії.

Впровадження цих інновацій потребує додаткових досліджень та розробок, але вони мають потенціал для значного підвищення ефективності та економічної привабливості виробництва біогазу з відходів тваринництва в Полтавській області.

Використані інформаційні джерела:

1. [Електронне посилання]: ela.kpi.ua – Технологія виробництва біогазу з відходів тваринництва.

2. Калетнік Г. М. «Міністерство Освіти і Науки України. Технологія виробництва біогазу з відходів тваринництва»: Магістерська дисертація. 2018. [Електронне посилання]:

https://www.researchgate.net/publication/350401565_PREREQUISITES

3. Становлення ринку біоенергетики України. Національна академія аграрних наук України, 2023 р.

4. Біогаз: сучасні технології та перспективи розвитку. Міжнародний науково-технічний журнал «Енергетика». 2023.

5. [Електронний ресурс]: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Глобинський свинокомплекс](https://uk.wikipedia.org/wiki/Глобинський_свинокомплекс)

6. [Електронне посилання]:

https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/53309/1/Mykhalchuk_bakalavr.pdf

7. [Електронний ресурс]:

<https://index.minfin.com.ua/ua/markets/electricity/>

8. [Електронний ресурс]: <https://zorg-biogas.com/ru/katalog-oborudovaniya/meshalki>

Сушко З. Л., магістр, Ковров О. С., д. т. н., професор

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

м. Дніпро, Україна

ВПЛИВ ЦИНКУ НА РОСТОВІ ПОКАЗНИКИ РОСЛИН-ФІТОРЕМЕДІАНТІВ

Цинк (Zn) – високо-небезпечний важкий метал, атомний номер – 30, має високу біохімічну активність, рухомість та ефективність до накопичення, за поширеністю в природі займає 24 місце, кларк цинку за масою в природі становить $8,3 \cdot 10^{-3} \%$, в ґрунтах (сухий масі) – 10-900 мг/кг (чорноземі – 46-55 мг/кг), воді – 5 мг/л, рослинах (сухий масі) – 1,2-600 мг/кг, організмі людини – 2-3 г [1].

Ростовий тест дозволяє оцінити вплив різних забруднювачів на життєздатність рослини (пригноблюючу або стимулюючу дію).

Тривалість даного експерименту – 3 тижні (18.09.23-06.10.23).

Було обрано 2 тест-культури рослин-фіторемедіантів: Зернове сорго (*Sorghum bicolo*) та Горох посівний (*Pisum sativum*). В якості забруднювача, взято сіль цинку – цинковий купорос ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$).

Для експерименту знадобилося 600 грам ґрунту та насіння рослин-фіторемедіантів: зернове сорго – 30 насінин (загалом 180 насінин), горох посівний – 20 насінин (загалом 120 насінин).

Готуємо розчин цинкового купоросу. Розраховуємо необхідну кількість солі цинку ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) з розрахунку, що в 1 мл розчину повинен бути 1 ГДК цинку, за умови ГДК Zn = 300 мг/кг. Далі готуємо розчин – для цього відміряємо в хімічний стакан 33,12 г $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, додаємо 0,5 літра води, ретельно перемішуємо та фільтруємо даний розчин.

Схема експерименту передбачала внесення цинку в ґрунт дозами 0,5, 1, 2, 4 та 8 ГДК (Zn), що в перерахунку на елемент становило 150, 300, 600, 1 200 та 2 400 мг/кг ґрунту. Об'єм внесення поливу для одного стакану з 50 грамами ґрунту за один раз становить 20 мл. За один раз поливу використовується 31 мл розчину цинкового купоросу.

Полив здійснюється за наступною схемою:

- С – контроль – 20 мл чистої води;
- 1 – 0,5 ГДК – 0,5 мл розчину $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ + 19,5 мл чистої води;
- 2 – 1 ГДК – 1 мл розчину $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ + 19,0 мл чистої води;
- 3 – 2 ГДК – 2 мл розчину $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ + 18,0 мл чистої води;
- 4 – 4 ГДК – 4 мл розчину $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ + 16,0 мл чистої води;
- 5 – 8 ГДК – 8 мл розчину $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ + 12,0 мл чистої води.

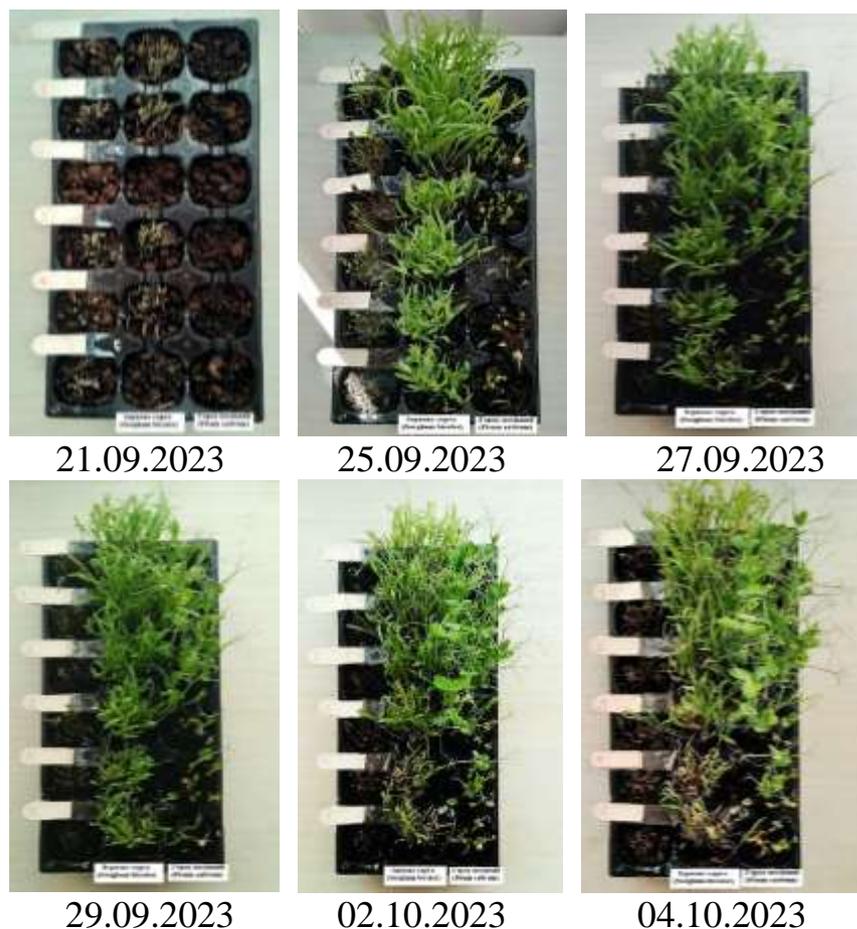


Рисунок 1 – Дати поливу розчином цинкового купоросу ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) та ростові показники рослин-фіторемедіантів

Отримавши дані після вимірювань із обраних двох тест-культур рослин-фіторемедіантів у кінці експерименту з досліджуваних зразків (по 18) обчислюємо середню довжину надземної та кореневої частини й стандартне арифметичне відхилення. Отримані результати розрахунків заносимо в таблицю 1 та зображуємо на рисунках 2 та 3:

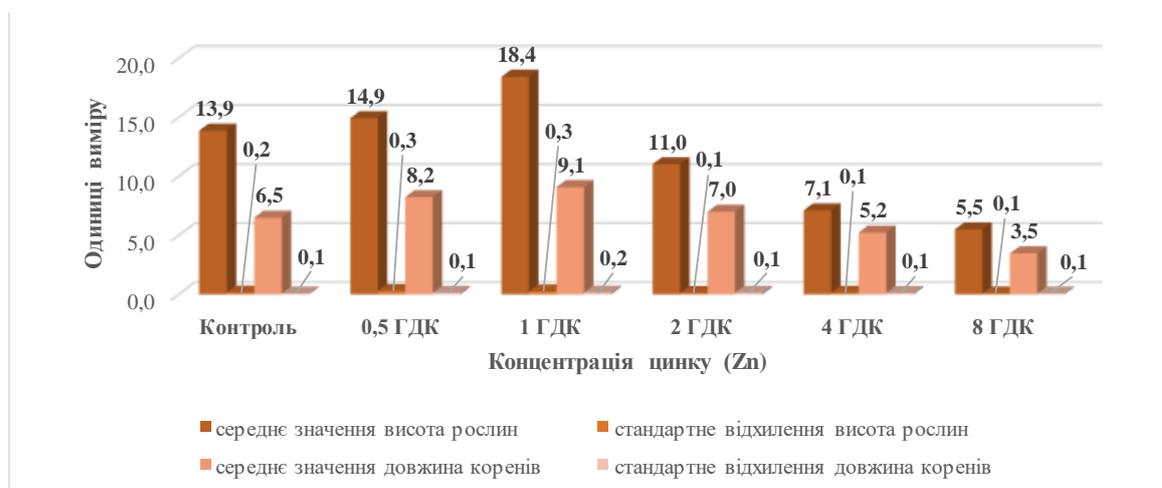


Рисунок 2 – Вплив цинку на ростові показники *Sorghum bicolor* L.

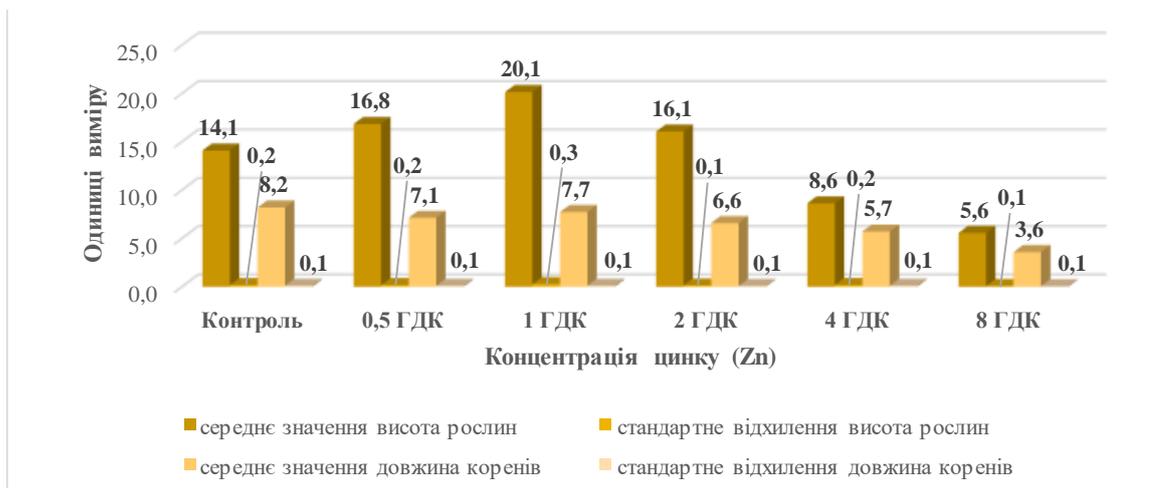


Рисунок 3 – Вплив цинку на ростові показники *Pisum sativum* L.

Таблиця 1 – Середнє значення та відхилення рослин-фіторемедіантів

Концентрація Zn	Параметр рослини	$\bar{x} \pm m$	
		Зернове сорго	Горох посівний
Контроль	Висота рослин	13,88 +/- 0,16	14,09 +/- 0,18
	Довжина коренів	6,51 +/- 0,07	8,19 +/- 0,11
0,5 ГДК	Висота рослин	14,93 +/- 0,29	16,84 +/- 0,18
	Довжина коренів	8,24 +/- 0,13	7,13 +/- 0,10
1 ГДК	Висота рослин	18,44 +/- 0,25	20,14 +/- 0,27
	Довжина коренів	9,09 +/- 0,15	7,73 +/- 0,11
2 ГДК	Висота рослин	11,03 +/- 0,12	16,06 +/- 0,14
	Довжина коренів	7,01 +/- 0,14	6,58 +/- 0,07
4 ГДК	Висота рослин	7,12 +/- 0,14	8,63 +/- 0,18
	Довжина коренів	5,24 +/- 0,12	5,71 +/- 0,10
8 ГДК	Висота рослин	5,51 +/- 0,08	5,57 +/- 0,07
	Довжина коренів	3,48 +/- 0,07	3,58 +/- 0,06

При концентрації 1 ГДК цинку спостерігаються найвищі показники середніх значень висоти рослин та довжини коренів. При 0,5 ГДК, Контроль та 2 ГДК спостерігається вже менший об'єм біомаси, як наземної, так кореневої частини. При 4 ГДК вже ростові показники рослин-фіторемедіантів зменшилися більше ніж в 2 рази. А при 8 ГДК спостерігається вже зменшення висоти рослин та довжини коренів майже в три рази. Також при 4 ГДК та 8 ГДК рослини-фіторемедіанти поступово чезнуть та майже не відбувається розвиток біомаси.

Використані інформаційні джерела:

1. Цинк. URL: <https://doctorthinking.org/2020/12/zincum/>

¹Черняк Л. М., к. т. н., доцент, ¹Міхєєв О. М., д. б. н., професор,
¹Дмитруха Т. І., к. т. н., доцент, ¹Проскурня О. І.,
²Манєцькі Т., д. х. н., професор

¹Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна,
²Лодзинський технічний університет,
м. Лодзь, Польща

ФІТОРЕМЕДІАЦІЙНЕ ВІДНОВЛЕННЯ ҐРУНТІВ, ЗАБРУДНЕНИХ РІЗНИМИ ВИДАМИ НАФТОПРОДУКТІВ

Сучасний стан техногенного навантаження на довкілля призводить до інтенсивного хімічного забруднення ґрунтів. Нафтопродукти належать до одного з найбільш поширених видів хімічного забруднення ґрунтів на територіях підприємств транспортної галузі, що належать до техногенно навантажених територій. І, незважаючи на технологічний і технічний прогрес у транспортній галузі, забруднення ґрунту нафтопродуктами при зберіганні палив, транспортуванні, виконанні технологічних операцій та видачі палив для заправлення транспортних засобів є серйозною і актуальною проблемою для навколишнього середовища та здоров'я людини. Нафтопродукти, такі як автомобільний бензини, авіаційні палива, дизельне паливо, оливи моторні та мастила, можуть потрапляти на поверхню ґрунту через технологічні та аварійні втрати (витоки та розливи) нафтопродуктів під час транспортування та зберігання, при ремонті, обслуговуванні, експлуатації техніки та транспорту.

Інтенсивне використання нафтопродуктів у значних кількостях призводить до підвищення рівня забруднення ґрунтів, що загрожує якості ґрунтового покриву та рослинному світу. Оскільки під дією інтенсивного хімічного забруднення ґрунтів, зокрема, відбувається зниження здатності ґрунтів до самовідновлення і, зокрема, біорозщеплення нафтопродуктів. Тому, важливими є розробка нових та удосконалення існуючих способів та методів відновлення екологічного стану ґрунту забрудненого нафтопродукту. Екологічна проблема забруднення ґрунтів на у результаті здійснення діяльності підприємств транспортної галузі та при експлуатації транспортних засобів потребує сучасних наукових рішень та ефективних методів очищення [1].

Метою даної роботи було дослідження залежності ефективності відновлення ґрунтів, забруднених різними видами нафтопродуктів, із використанням різних рослин-фіторемедіантів.

Забруднені ґрунти мають серйозний вплив на навколишнє середовище та здоров'я людей. Дослідження ефективних методів боротьби з цією

проблемою стає надзвичайно важливим для збереження біорізноманіття та здоров'я населення.

На сьогодні існують різні нові технології та види рослин, що можуть бути використані для фітореMediaції ґрунтів забруднених нафтопродуктами. Як відомо, фітореMediaція – це процес використання рослин для очищення забруднених ґрунтів.

Порівняння ефективності фітореMediaції для різних типів нафтопродуктів допоможе визначити оптимальні умови для очищення ґрунту в залежності від конкретної ситуації забруднення та сприятиме удосконаленню існуючих технологій очищення ґрунтів, забруднених нафтопродуктами. Та сприятимуть більш ефективному їх використанню на практиці.

Із метою досягнення поставленої мети нами було експериментально досліджено можливість зниження концентрації у ґрунті різних видів палив (автомобільного бензину, авіаційного керосину та дизельного палива) з використанням для фітореMediaції двох культур рослин.

Відомо, що процес фітореMediaції ґрунту заснований на здатності деяких рослин витягувати, метаболізувати або розкласти нафтопродукти, що забруднюють ґрунт. Деякі рослини мають здатність ефективно використовувати нафтопродукти як джерело вуглецю та енергії або активно розщеплювати їх за допомогою фітодеградаційних характеристик.

ФітореMediaція є природним та екологічно безпечним методом, який можна використовувати як у невеликих масштабах (наприклад, відновлення саду), так і на великих промислових майданчиках, де відбуваються розливи нафти [2]. Першим кроком у забезпеченні майбутньої ефективності очищення ґрунтів при використанні методу фітореMediaції є вибір відповідних рослин, здатних сприяти очищенню ґрунту від даного типу хімічного забруднення. ФітореMediaція – це сучасний метод відновлення екологічного стану ґрунту. До переваг способу фітореMediaції ґрунту належать: його екологічна безпека з використанням природного механізму очищення ґрунту за відсутності застосування небезпечних для навколишнього середовища хімічних реагентів; економічна доступність; сприяє ефективному відновленню природних екосистем; сприяє зниженню швидкості поширенню забруднення нафтопродуктами ґрунту за межі ділянки забруднення.

Отже, одним із перспективних та ефективних способів підвищення рівня екологічної безпеки в районах техногенних забруднених територій транспортних підприємств та прилеглих до них території є фітореMediaція. Проте слід підібрати найбільш ефективні та економічно виправдані технології відновлення ґрунтів та покращення стану довкілля. Що у нащому випадку залежить від правильності вибору відповідних рослинних культур.

Проте, на нашу думку, важливо враховувати тип нафтопродукту.

Адже різні види нафтопродуктів відрізняються компонентним складом і містять різну кількість вуглеводнів, що по різному впливають на швидкість процесу фітореMediaції та на її ефективність. Тому, нами було досліджено схожість та ростові характеристики віки звичайної (*Vicia sativa* L.) та вівса (*Avena sativa* L.). Насіння рослин у рівній кількості було висаджене на ґрунт, розміщений у чашках Петрі та штучно забруднений трьома видами палив (у рівній кількості по відношенню до ОДК): автомобільним бензином, авіаційним керосином та дизельним паливом. Результати визначення схожості насіння рослин представлені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Схожість рослин у досліджуваних зразках ґрунту

№ зразку	Віка / нафтопродукт	Проростки, шт.	Овес/ нафтопродукт	Проростки, шт.
1	Гас	8	Дизельне паливо	3
2	Дизельне паливо	1	Автомобільний бензин	4
3	Гас	3	Автомобільний бензин	14
4	Дизельне паливо	5	Автомобільний бензин	7
5	Дизельне паливо	8	Гас	7
6	Гас	8	Гас	31
7	Автомобільний бензин	Відсутні	Дизельне паливо	12
8	Автомобільний бензин	Відсутні	Гас	Відсутні
9	Автомобільний бензин	Відсутні	Дизельне паливо	1

У результаті аналізу отриманих результатів можемо зробити висновок про різний характер впливу різних видів палив на схожість насіння рослин-фітореMediaнтів (табл. 1) та на їх ростові характеристики.

Отже, ефективність використання процесу фітореMediaції для ґрунтів забруднених паливами на техногеннонавантажених територіях, залежить від типу нафтопродукту від якого необхідно очистити ґрунт. Врахування даного факту, сприятиме підвищенню ефективності застосування фітореMediaції для відновлення порушених під впливом нафтопродуктів ґрунтів.

Використані інформаційні джерела:

1. Маджд С. М., Франчук Г. М. Біологічні методи оцінки екологічного стану ґрунтів біля авіанідприємств. Екологічна безпека та природокористування. 2012. Вип. 11. С. 49–52.

2. Моніторинг довкілля : підручник. В. М. Боголюбов та ін. ; під ред. В. М. Боголюбова. 2-е вид., перероб. і доп. Вінниця : ВНТУ, 2010. 232 с.

КОМПЛЕКСНІ РІШЕННЯ В ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННІ ТА НЕТРАДИЦІЙНІ Й ВІДНОВЛЮВАЛЬНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ

УДК 504.064.4

¹*Adamski M.*, Assoc. Prof., ¹*Bargłowski L.*, M.Sc. Eng.,
²*Zhelykh V.*, Prof., ²*Furdas Yu.*, Asst. Prof.

¹*Bialystok University of Technology, Bialystok, Poland*

²*Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine*

ENERGY BALANCES OF BUILDINGS INCLUDING RENEWABLE ENERGY SOURCES

European Union documents related to the use of energy from renewable sources.

The European Union has a number of legal instruments to its disposal [1]. Among the documents published within the European Community that are most important for activities related to the use of renewable energy sources and energy use, the Green and White Papers and Directives should be mentioned.

Green Papers are documents issued by the European Commission, most often in the form of a communication. Their main goal is to start discussions and consultations on a given topic. They do not yet contain draft legislative solutions in a given field [2].

White Papers, also issued by the European Commission, already contain proposals for specific actions. The White Paper [3], which will be adopted by the Council, is a program of Community action in a specific field.

Directives are legal acts addressed to the Member States of the Community.

Member States must achieve the objective set out in the directive using the means available. Addressees of directives have a designated time for their implementation, i.e., incorporating the content of the directive into national legal acts. This period is usually 2 years. Citizens of a given country and business entities must comply with national regulations [4] issued on the basis of EU directives. Energy from renewable sources is more expensive than that produced from conventional sources. Therefore, its development and proper functioning should be supported by appropriate legal regulations [4].

The Commission presented Europe's new 2030 climate targets, including a proposal for amending the Renewable Energy Directive, on 14 July 2021. It sought to increase the 32% target to at least 40% renewable energy sources in the EU's overall energy mix by 2030. The Commission presented Europe's new 2030 climate targets, including a proposal for amending the Renewable Energy

Directive, on 14 July 2021. It sought to increase the 32% target to at least 40% renewable energy sources in the EU’s overall energy mix by 2030 [5].

In response to rising energy prices and to shed the EU's dependence on Russian fossil fuels, the Commission proposed a series of measures in its Communication «REPowerEU: Joint EU action for more affordable, secure and sustainable energy» (8 March 2022), and in the REPowerEU plan (COM/2022/230) of 18 May 2022 [6]. Commission also published recommendation [7], guidance [8], proposal [9] to further accelerate renewable energy projects and remove remaining administrative obstacles.

Building energy balances.

The accurate prediction of residential heat load is crucial for effective heating system design, energy management, and cost optimization [10]. The preparation of hourly balance sheets of buildings [11-14] is also possible with the Analizator OZE [15] program, taking into account annual meteorological conditions for a selected location.

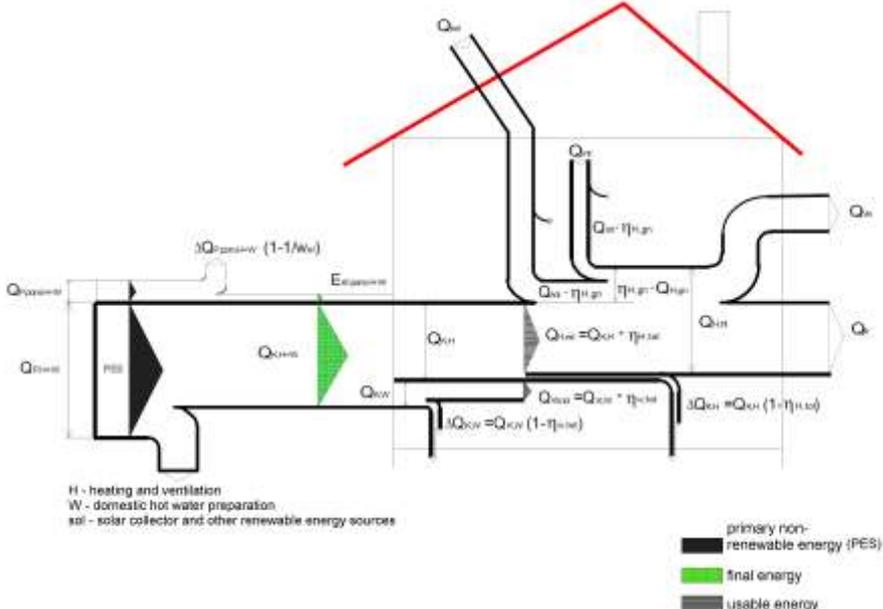
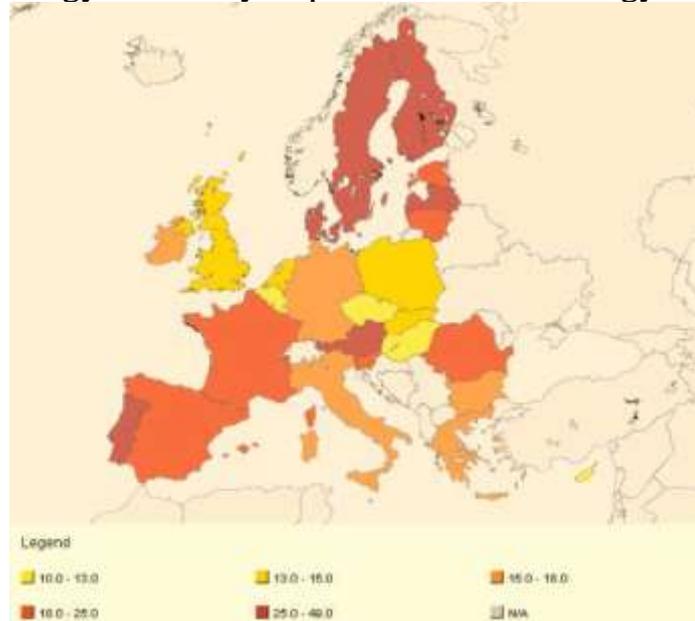


Figure 1 – Sankey’s diagram – balance of primary, final and utility energy and its flows for heating and ventilation and preparation of hot water in a building with renewable energy sources [16]

Energy system analysis.

EnergyPLAN [17] is an energy system analysis tool created for the study and research in the design of future sustainable energy solutions with a special focus on energy systems with high shares of renewable energy sources. It has been under development since 1999 and has formed the basis for a substantial number of PhD theses and several hundreds of research papers. EnergyPLAN is designed to exploit the synergies enabled from including the whole energy system, as expressed in the smart energy system concept. Thus, with EnergyPLAN, the user can take a holistic approach focusing on the analysis of

the cross-sectoral interaction. Traditionally disparate demand sectors, such as buildings, industry and transport, are linked with supply technologies through electricity, gas, district heating and cooling grids. In this way, EnergyPLAN enables the analysis of the conversion of renewable electricity into other energy carriers, such as heat, hydrogen, green gases and electrofuels, as well as the implementation of energy efficiency improvements and energy conservation.



Figuer 2 – Share of RES in final gross energy consumption in 2020 [18]

Used information sources:

1. EU Monitor

<https://www.eumonitor.eu/9353000/1/j9vvik7m1c3gyxp/vh75mdhkg4s0>

2. Green paper. A European Strategy for Sustainable, Competitive and Secure Energy {SEC(2006) 317}

<https://eurlex.europa.eu/legalcontent/PL/TXT/?uri=celex%3A52006DC0105>

<https://eur-lex.europa.eu/legal>

<content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52006DC0105>

3. Communication from the Commission - Energy for the future: renewable sources of energy - White Paper for a Community strategy and action plan / COM/97/0599 final */ Date of document 26/11/1997*

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A51997DC0599>

<https://eur-lex.europa.eu/legal>

<content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:51997DC0599&from=DE>

4. Renewable energy targets

https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive-targets-and-rules/renewable-energy-targets_en#the-2030-targets

5. M. Adamski, J. Magnuszewski, Legal Conditions for Renewable Energy (Uwarunkowania prawne dotyczące energetyki odnawialnej, in Polish) 2021, Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja 52(1):2-10, DOI:10.15199/9.2021.1.1

6. *Enabling framework for renewables*
https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/enabling-framework-renewables_en
7. *Recommendation on speeding up permit-granting procedures for renewable energy projects and facilitating Power Purchase Agreements (C/2022/3219)* [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=PI_COM:C\(2022\)3219](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=PI_COM:C(2022)3219)
8. *Guidance to EU countries on good practices to speed-up permit-granting procedures and Power Purchase Agreements (SWD/2022/149)* <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52022SC0149&qid=1698152316743>
9. *Proposal for a targeted amendment of the Renewable Energy Directive (COM/2022/222)* <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2022%3A222%3AFIN&qid=1653033811900>
10. W. An, X. Zhu, K. Yang, M.K. Kim, J. Liu, *Hourly Heat Load Prediction for Residential Buildings Based on Multiple Combination Models: A Comparative Study*, *Buildings* 2023, 13, 2340. <https://doi.org/10.3390/buildings13092340>
11. Zhelykh V., Ulewicz M., Furdas Y., Adamski M., Rebman M., *Investigation of Pressure Coefficient Distribution on the Surface of a Modular Building*, (2022) *Energies*, 15 (13), DOI: 10.3390/en15134644
12. Furdas Y., Yurkevych Y., Zhelykh V., Ulewicz M., *The Impact of Wind Flow on Multi-storey Buildings: Experimental Studies* (2023), 290 *LNCE*, pp. 83–93, DOI: 10.1007/978-3-031-14141-6_9
13. V. Zhelykh, F. Yurii, M. Adamski, D. Guzyk, A. Tsizda, *Alternative heat systems for modular buildings*, *Theory and Building Practice*, June 2022, vol. 4, No. 1, DOI: 10.23939/jtbp2022.01.057
14. V. Zhelykh, F. Yurii, M. Adamski, M. Rebman, *Reducing Greenhouse Gas Emission through Energy-Saving Technologies for Heating Modular Buildings*, *October 2021 Environmental Sciences Proceedings* 9:1–5, DOI: 10.3390/envirosciproc2021009010
15. V. Zhelykh, F. Yurii, M. Adamski, M. Rebman, *Energy balances for nZEB modular buildings*, May 2022, *XI International Scientific Conference Environmental Engineering – Through A Young Eye Innovations – Sustainability – Modernity – Openness ISMO'22 Białystok, Poland*.
16. W. Boroń, A. Chomiak, A. Kawa, J. Zawora, *Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii i ich wpływ na charakterystykę energetyczną budynku*, Katowice, 2012.
17. H. Lund, J. Z. Thellufsen, P. A. Østergaard, P. Sorknæs, I. R. Skov, B. V. Mathiesen, *EnergyPLAN – Advanced analysis of smart energy systems*, *Smart Energy Volume 1*, February 2021, 100007 <https://doi.org/10.1016/j.segy.2021.100007>
18. EUROSTAT, www.eurostat.com

**ANALYSIS OF KEY FACTORS INFLUENCING THE
DEVELOPMENT OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN UKRAINE**

The question of the development of renewable energy in general and its individual types is presented in a certain way in the scientific literature. Thus, the study of the problems of renewable energy, in particular solar energy, was carried out by S.V. Narayevskiy and A. M. Usachev. The study of wind energy was carried out by O. M. Shemyakin and N. A. Trofimov. Among the studies of hydropower problems, one can single out the works of A. S. Yusupova and T. V. Kolpakova, as well as V. O. Savelyeva and L. Yu. Chudinova M. V. Roik, O. M. Ganzhenko, E. V. Bobrov, as well as H. G. Geletukha, T. A. Zhelezna, P. P. Kucheruk studied and researched certain aspects of the development of bioenergy. Currently, the practical implementation of the proposed ideas of using energy from renewable sources in Ukraine remains a problem, therefore, the development of effective mechanisms for accelerating the development of renewable energy sources is urgent.

The elaboration of scientific works and own research make it possible to single out the following among the key factors influencing the development of RES:

1. *Limited resources.* In the structure of world energy consumption, coal accounts for 27% of primary energy sources, while oil 40%, natural gas – 23%, nuclear fuel – 7,5%, hydropower – 2,5%. Taking into account the significant projected increase in consumption of the world's total explored fossil fuel resources, all types of fossil fuels will be sufficient, respectively: coal – for 250-300, oil – for 30-40, natural gas – for 50-70 years [1].

2. *Environmental pollution.* The use of traditional energy sources leads to the deterioration of ecology, as a result of which humanity has to fight the problems of global warming, ozone holes, radiation emissions, pollution of air, water and land resources. This situation has a negative impact on the health of current and future generations, and therefore is a social catalyst for the process of «green energy» formation. Power plants based on alternative sources do not pollute the environment, but provide an opportunity to obtain clean energy without waste and negative impact on ecosystems.

3. *Development of scientific and technical progress.* With the development of science, technologies for extracting energy from traditional sources are being improved, but 100% energy efficiency has not been achieved – waste remains, which is almost impossible to reuse. In addition, the territories from which

energy resources were extracted need to be restored. In connection with this, new tasks have arisen regarding the use of energy sources that have higher energy efficiency. [3]

4. *Constant growth of energy prices.* The monopolistic setting of prices for fuel and energy resources by supplier countries is due to the territorial placement of deposits of energy sources on their territory. This leads to the search for energy available on the territory of each country, which makes it possible to obtain energy without intermediaries. Alternative sources for the most part do not require constant additional costs for production, only for conversion into energy. This helps to significantly reduce the cost of a unit of energy and save one's own money and effort. Currently, there are government programs that simplify taxation for businesses that actively use wind, water and solar energy. This will make it possible to reduce costs and increase the profitability of enterprises.

5. *Improvement of the regulatory framework.*

6. *The threat of climate change and environmental safety* for people due to atmospheric pollution with emissions of carbon, methane, sulfur and other harmful compounds [5].

7. *Political instability and military conflicts in the world,* attempts to redistribute resources, a new division of the world, provocations to resolve military conflicts.

8. *The European Union remains a powerful driving force in the development of the renewable energy sector in the world.*

9. *Removal of bureaucratic barriers and cancellation of taxes and fees* for installation of energy production and storage systems

10. *The dominance of China.* Another powerful factor affecting the development of RES is, of course, the economy of China, which dominates the market for solar panels and batteries, causing their constant decrease in price and with which it is becoming increasingly difficult for other manufacturers to compete [8].

11. *Mask factor.* One cannot fail to mention Elon Musk among the factors influencing the development of renewable energy. The Tesla company is building powerful Gigafactories for large-scale production of solar batteries and batteries, manufactures solar panels.

12. *Duality of restraining factors.* In addition to the factors that contribute to the growth of the industry, there are factors that restrain and inhibit its development. As with anything new, there is a need to overcome inertia. And, first of all, the inertia of the system of traditional technologies, which for years brought significant profits to their owners [9].

13. *Insufficient level of development of the scientific and technical base* – a high level of automation of the energy balancing and distribution process is required, as well as improvement of energy storage systems.

A number of important conclusions have been identified, indicating the significant influence of various factors on the development of renewable energy in the country.

Economic factors – the analysis confirmed that economic conditions play a key role in the formation and development of renewable energy sources in Ukraine. Availability of effective financial instruments, stimulating. *Technical aspects* it is noted that the development of technologies for the production and use of renewable energy sources is determined by their competitiveness. Technical infrastructure, as well as the availability of the latest technologies, play an important role in ensuring the sustainable development of this sector. *Regulatory mechanisms* – considered regulatory frameworks and political decisions are important for determining prospects and ways of development of renewable energy. Ensuring stable and supportive legislation facilitates the implementation and exceptional growth of regeneration projects. *International experience* – the question of the importance of studying and applying international experience in the field of renewable energy sources is extremely important. Exchange of experience and cooperation with other countries can contribute to *optimization of strategies and effective solution of common problems*. The development of renewable energy sources in Ukraine requires an integrated approach covering economic, technical, regulatory, social and international aspects. The ability of government, business and the public to work together in these areas can determine success in achieving sustainable energy development goals.

Used information sources:

1. International Energy Agency. «Renewables 2021: Analysis and Forecast to 2026». Paris : IEA, 2021.
2. Sovacool, B. K. «The political economy of energy poverty: A review». *Energy Policy*. 2022. 38(4), 253–260.
3. European Environment Agency. «Renewable energy in Europe 2020: Recent growth and knock-on effects». Copenhagen: EEA, 2020.
4. REN21. «Renewables 2021 Global Status Report». Paris : REN21 Secretariat, 2021.
5. Jacobsson, S., & Lauber, V. «The politics and policy of energy system transformation-explaining the German diffusion of renewable energy technology». *Energy Policy*. 2006. 34(3). 256–276.
6. UNEP. «Global Trends in Renewable Energy Investment 2021». Nairobi : UNEP, 2021.
7. Mitchell, C., Bauknecht, D., & Connor, P. «Effectiveness through risk reduction: A comparison of the renewable obligation in England and Wales and the feed-in system in Germany». *Energy Policy*. 2006. 34(3), 297–305.
8. International Renewable Energy Agency (IRENA). «Renewable Capacity Statistics 2021». Abu Dhabi : IRENA, 2021.
9. Sovacool, B. K., & Brown, M. A. «Competing dimensions of energy security: An international perspective». *Annual Review of Environment and Resources*. 2010. 35, 77–108.
10. Global Energy Council (GEC). «Global Report 2021». Brussels : GEC, 2021.

UDK 504.05

*¹Vambol S. O., Doctor of Technical Sciences, Professor, ²Vambol V. V., Doctor of Technical Sciences, Professor, ¹Mezentsev I. O., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, ^{1,3}Liu Yujun, M.Sc
¹Kharkiv Polytechnic National Technical University, Kharkiv, Ukraine
²Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic National University, Poltava, Ukraine
³Guyuan City, Ningxia Hui Autonomous Region,
People's Republic of China*

WASTE ENERGY CAPACITY FOR ENERGY PRODUCTION

Considering the current state of waste management, it should be noted that recently more and more attention has been paid to the transition to a circular, green economy. According to Eurostat data for 2020, the amount of waste processed has increased from 870 million tons in 2004 to 1221 million tons. Recycling in the total volume of waste processing has increased from 46% in 2004 to 60% in 2020. The amount of waste disposal decreased from 1027 million tons in 2004 to 808 million tons in 2020 (a decrease from 54% to 45%).

In 2018, the European Strategy for Plastics in the Circular Economy (EU Plastics Strategy) was proposed [1]. This pan-European regulation regulates the life cycle of plastic products from creation to use, reuse and recycling. A fairly ambitious program is being planned, which aims to reach a 90% separation rate for plastic bottles by 2029. By 2025, it is planned to introduce a separate tissue collection model across all EU countries. The same ambitious plans apply to other types of waste. All these measures are only the initial stage in the global waste management process. Then there are different ways to use these resources. The economic component of this problem showed that there are prospects for use for investment in the future. The global waste market for 2020 amounted to more than 1.35 trillion. The annual growth of this market by more than 5.5% is predicted to be about \$2.0 trillion by the end of 2030. At the same time, industrial waste occupies the largest market share in terms of profitability, with household waste in second place. Ukraine's potential in this resource sector is unconditional. According to statistics, more than 470 million tons of industrial and household waste are generated in Ukraine per year. Of this volume, more than 90% of waste is disposed of in landfills, 2-3% is burned and about 5% is recycled.

One of the highest priority areas is the use of waste to generate energy. It is the slogan «energy recycling of waste – fuel from waste» that is the main trend. Conventional waste incineration is not effective both from the point of view of environmental protection and from the energy efficiency of using such resources. In a broad sense, rational waste management for energy production is both individual technologies and an integrated approach as a conglomeration of a number of technological processes connected in one chain. The ultimate goal is the same – obtaining an energy-valuable product.

Based on global trends and energy-economic trends in waste management, attention should be paid to the existing classification of waste. Modern waste classification is the process of organizing data about them by assigning them to certain groups according to certain criteria.

According to the Law of Ukraine «On Waste» [2], the Law «On Waste Management» [3] and other regulatory legal acts, several groups are distinguished:

1. By type of formation – production, consumption, household and other waste.

2. According to the degree of danger and the nature of the impact on the environment and humans – toxic, explosive, flammable, radioactive, etc. (hazardous waste).

3. Depending on the state in which they are - gaseous, liquid, hard, mixed.

Almost all existing documents lack an energy component, such as energy capacity, which takes into account the possibility of using waste in the production of an energy-useful product. The feasibility of this classification is due to the possibility of certainty in the use of waste in the energy sector.

Usually we have only two variations of waste: high-energy and low-energy [4, 5]. For example, fuel from garbage in two types SRF and RDF are a high-calorie fraction of safe combustible components of solid household, commercial, construction or industrial waste. The first is SRF, solid renewable fuel: produced from secondary resources - safe combustible waste. The second is RDF. This fuel is also recovered from garbage, but the name is used to describe unspecified waste after its basic processing to increase the heating value of solid waste, primarily municipal waste. RDF and SRF are obtained through basic processing: sorting, separation of organic biomass, extraction of hazardous and mineral fractions to increase the calorific value. In these two cases, we have only one and also undefined formulation – high-calorie, but it is not clear how to apply this term.

Based on an analysis of scientific publications in the field of thermal power engineering, thermodynamics and heat transfer, it was concluded that the calorific value, that is, the energy capacity, of an existing natural element such as wood can become the basis for such a classification. When decomposed into the basic energy elements found in wood, it produces approximately 50% carbon, 6% hydrogen and 44% oxygen. Moreover, its calorific value ranges from 13 to 18 MJ/kg, depending on the type of wood, under normal temperature conditions. It should be noted that there are fairly developed technologies for the production of hard biofuels from composites based specifically on plant waste. And using this example, we can test the proposed approach to ranking waste according to the principle of energy efficiency. Typically, wood waste is stored without protection from weather conditions, so either an increase or decrease in moisture content in the wood occurs. Fuel pellets obtained from wood increase the calorific value due to binding materials to 29.9 MJ/kg.

This energy approach was considered and discussed when analyzing the formation of waste mixtures for recycling based on energy efficiency [6]. We consider it appropriate that for more efficient use of waste, the following energy classification can be proposed, based on energy capacity:

- High-energy waste (heat of combustion above 30 MJ/kg);
- Medium-energy waste (heat of combustion – from 5 to 30 MJ/kg);
- Low-energy waste (heat of combustion does not exceed 5 MJ/kg).

It is advisable to use thermal methods of waste combustion from the point of view of thermal energy and ecology when the calorific value of the feedstock is at least 7 MJ/kg [7].

Considering in the future the possibility of applied use of this approach, we see advantages from the point of view of the energy-efficient use of waste as raw materials. Taking into account the energy capacity of the various components, the required thermal energy obtained can be determined in advance.

In our opinion, this variation is more flexible from the point of view of the formation of the energy-fuel component for generating thermal energy. This will certainly allow for a more rational use of such a resource as waste.

Used information sources:

1. *Communication from the commission to the European Parliament, the council, the European economic and social committee and the committee of the regions / A European Strategy for Plastics in a Circular Economy. URL: <https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/pdf/plastics-strategy.pdf>*

2. *Zakon Ukrainy «Pro vidkhody»*
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/187/98-%D0%B2%D1%80#Text>

3. *Zakon «Pro upravlinnia vidkhodamy»*
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text>

4. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenrg.2020.00058/full>

5. *Termokhimichni sposoby oderzhannia enerhii z vidkhodiv / Romaniuk O. O., Yarovenko V. S.*
<https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/39599/1/2020-39.pdf>

6. *Rubel M.V. Povodzhennia z vidkhodamy. Formuvannia sumishei vidkhodiv dlia utylizatsii na osnovi enerhoefektyvnosti / M. V. Rubel, S. O. Vambol // Informatsiini tekhnolohii: nauka, tekhnika, tekhnolohiia, osvita, zdorovia Information technologies: science, engineering, technology, education, health : tezy dop. 31-yi Mizhnar. nauk.-prakt. konf. MicroCAD-2023, 17-20 travnia 2023 r. / red. Ye. I. Sokol; uklad. H. V. Lisachuk. – Kharkiv : NTU «KhPI», 2023. S. 372.*

<https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/70233>

7. *Tverdi pobutovi vidkhody yak rezerv enerhetychnoho potentsialu mista / Holik Yu.S., <http://reposit.nupp.edu.ua/bitstream/PoltNTU/11959/1/monogr37-47.pdf>*

Голік Ю. С., к. т. н., професор університету, Кутний Б. А., д. т. н., професор, Гузик Д. В., к. т. н., доцент, Чернецька І. В., к. т. н., доцент, Чепурко Ю. В., аспірантка, асистент, Серга Т. М., аспірантка, аспірант, Манейло Є. М., магістрант, Михайлюк С. М., магістрант, Грікіс С. А., магістрант

НОВІ ЛАБОРАТОРНІ СТЕНДИ КАФЕДР ТЕПЛОГАЗОПОСТАЧАННЯ, ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ Й ПРИКЛАДНОЇ ЕКОЛОГІЇ ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

У 2022 році в Національному університеті «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» було відкрито нову спеціалізацію «Відновлювана теплоелектроенергетика, відновлювані види палива та захист довкілля». Ця спеціалізація за рівнем навчального навантаження передбачає основне залучення фахівців кафедр «Прикладної екології та природокористування» й «Теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики» (далі ТГВ та Т), а головне організацію створення нових лабораторних робіт та лабораторних стендів, що націлені на вивчення питань відновлюваної теплоенергетики відновлюваних та альтернативних видів палива, які повинні відповідати сучасним умовам розвитку альтернативної енергетики. Ці заходи повністю відповідали Закону України «Про вищу освіту», в якому визначено, що заклад вищої освіти в особливих випадках може відкривати в межах визначених спеціальностей окремі спеціалізації на актуальні вимоги часу або потреби регіонального замовлення у сфері вищої освіти. У відповідності до пункту 20, статті 1 спеціалізація – складова спеціальності, що може визначатися закладом вищої освіти та передбачає одну або декілька профільних спеціалізованих освітніх програм вищої або післядипломної освіти.

Жахливі події, що трапилися у лютому місяці 2022 року, наклали значні складності на можливість створення сучасної лабораторної бази, але процес вже було розпочато й це вимагало пошуку фінансових та технічних джерел для розвитку матеріальної бази нової спеціалізації та її вдосконалення вже існуючих спеціальностей. Треба визначити, що нова освітньо-професійна програма спеціалізації орієнтована на формування загальних та професійних компетентностей, необхідних для вирішення природоохоронних завдань у сфері відновлюваної енергетики, застосування альтернативних видів палива, інших практичних завдань в енергетичній та виробничих сферах в умовах забезпечення захисту довкілля.

До позитивних моментів, У цих складних умовах, можливо віднести те, що при акредитації магістрів за спеціальністю 144 Теплоенергетика, яка проходила у грудні 2022 року, лабораторна база кафедри ТГВ та Т була відзначена найвищою оцінкою «А». Лабораторна база кафедри прикладної екології та природокористування має сучасну лабораторію «Процеси і апарати захисту атмосферного повітря», що містить натуральні промислові зразки пилогазоочисного обладнання. В цьому плані слід відзначити суттєву допомогу кафедрі ТГВ та Т, яку забезпечили добрі, довготривалі стосунки з колишніми випускниками університету, стейкхолдерами, спонсорами, що пообіцяли, за можливістю, допомогти в оснащенні лабораторних стендів необхідним обладнанням.

Для вирішення в цих складних умовах поставлених завдань була створена робоча група з викладачів кафедр, аспірантів та магістрів. У цей період виробничі практики студентів було перенесено в стіни університету в навчальні лабораторії кафедри ТГВ та Т. Перед початком роботи, по-перше, потрібно було визначити, які існуючі лабораторні стенди вже втратили свою актуальність у відповідності до умов часу, а по-друге – як на звільнених площах запроектувати нові, з сучасним обладнанням та новими завданнями, й які повинні враховувати не тільки особливості теплотехнічних показників, а й можливість оцінювати екологічні складові процесів спалювання. Викладачі кафедри розробили креслення нових лабораторних стендів, склали специфікацію потрібного обладнання й контрольно-вимірювальних приладів й розіслали спонсорам. Аспірантами кафедри були підготовлені листи до закордонних виробників сучасного лабораторного обладнання та приладів для визначення теплотворної здатності палива (калориметрів), аналітичних ваг, газоаналізаторів, приладів вимірювання температури, вологості, зольності та інше.

Слід відзначити, що безумовно, створенню багатьох із цих стендів від моменту перших перемовин і домовленостей із потенційними спонсорами (які, до речі, у більшості випадків відбувались у рамках щорічної виставки зі спеціальності «Аква-Терм» у м. Київ), складання схем та специфікацій обладнання, підписання договорів та актів передачі устаткування, технічний супровід і комплектацію, поставки обладнання, реалізацію проектів із монтажем устаткування та введення стендів у навчальний процес відбувалося з ініціативи й безпосередньої участі викладачів кафедри ТГВ та Т та завідувача лабораторією.

І результати не змусили себе довго очікувати. Одним із перших відгукнувся ректор університету, випускник кафедри, д. е. н., професор Онищенко В.О., який передав кафедрі два газових котли (настінний двоконтурний газовий котел «Junkers Euroline»), до нього додалися колишні випускники кафедри ТГВ та Т, а тепер успішні керівники підприємств і бізнесмени, керівництво українських представництв закордонних фірм, а саме: Колодяжний В. В. та Анцупов С. М. (ТОВ «Вент

– Сервіс»), Городничий В. Є. (ТОВ «Сантехник ЛТД»), Єфанов В.О. (компанія «REHAU – Україна»), Заседателев І. В. (компанія «HERZ – Україна»), Коломійченко В.О. (директор ПрАТ «ВЕНТС»), Ясенев О.В. (ТОВ «ПРОТОН-ГРУП»), Сорокін Г. А. (компанія «Systemair – Україна»), Стратій Ю. О. (керівник представництва фірми «Hisense» в Україні), Михайлик С.В. ТОВ «Автотранс», «Де БЮТ», яку зараз очолює колишній співробітник кафедри ТГВ та Т Буцький Ю. О. Твердопаливний котел КС-Т-12 був переданий Полтавською компанією «Тепло-прилад», циркуляційний насос Evorplus 40/180М провідного виробника насосного обладнання «DAB» (Італія) – компанією «Water energy», пластинчатий теплообмінник Thermaks РТА (М10)-Р-15-14-0.3-1К – ТОВ «Науково-виробниче підприємство «Опекс енергосистеми» –трубопроводи, запірні та контрольно-вимірювальна арматура придбані за рахунок власних ресурсів кафедри ТГВ та Т. Частина супутніх матеріалів була подарована колишніми випускниками, а нині успішними підприємцями. На наші запити відгукнулися представники польської компанії AXIS, які передали найсучасніші аналітичні ваги ANG220С. Загальна вартість обладнання склала до 500 тис. грн. Представники фірм HERZ та REHAU виступили з лекціями для студентів та викладачів щодо використання сучасного теплотехнічного обладнання та арматури.

Особливо слід відзначити роботу студентів усіх курсів, які під керівництвом завідувача лабораторією ТГВ та Т Коваленка В. Г. зробили демонтаж застарілого обладнання й підготували місця для майбутніх стендів. А вже студенти-магістри теплоенергетики Манейло Є. М., Михайлюк С. М. та Грікіс С. А. здійснили під керівництвом викладачів кафедри монтаж обладнання.

Таким чином, у 2022-2023 роках на кафедрі було створено три сучасних лабораторних стенда: утилізатор (рекуператор) теплоти вентиляційного повітря (із серії обладнання розумний дім) (рис. 1); комплексний лабораторний стенд дослідження теплотехнічного обладнання (котел твердопаливний, котел газовий, теплообмінник, насосне обладнання, гідравлічна стрілка), оснащений приладами для вимірювання необхідних параметрів (модель теплового пункту сучасного котеджного дому) (рис.2); лабораторний стенд для спалювання різних альтернативних видів палива з можливістю визначення екологічних показників продуктів спалювання газоаналізатором типу TESTO-350 та визначення теплотворної здатності палива (рис. 3).



Рисунок 1 – Утилізатор (рекуператор) теплоти вентиляційного повітря



Рисунок 2 – Лабораторної установки для дослідження роботи тепло генеруючих установок на твердому та газовому паливі



Рисунок 3 – Фрагмент лабораторного стенду «Лабораторії теплотворної здатності відновлюваного палива»

Створені лабораторні установки дозволять суттєво покращити якість навчального процесу, сприятимуть кращому розумінню студентами процесів, які відбуваються при генерації теплової енергії та відкривають нові можливості для проведення наукових досліджень магістрантів, аспірантів та викладачів кафедр.

*Дейвіс М. О., студентка, Бойченко С. В., професор
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна*

НЕОБХІДНІСТЬ АКТИВНОГО РОЗВИТКУ ВОДНЕВОГО НАПРЯМУ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ

Щорічно середнє споживання електроенергії на душу населення значно зростає. Сьогодні ми можемо генерувати енергію з повітря. Видобуток викопного палива дав нам надзвичайно швидкий доступ до величезних обсягів цього незамінного ресурсу. Але це також забрало частину нашої свободи, поставивши монополію на те, що всюди в руках тих, хто не надто турбується про майбутнє інших. Більше того, як це не парадоксально, але саме через ці «великі можливості» викопного палива деякі країни занепадають. Немає потреби в розвитку нації, коли можна продати ресурси Землі і забезпечити собі комфорт. Немає потреби в демократії, якщо влада і багатство вже у ваших руках. Це стосується не лише політики та економіки. Це також про стійкий розвиток без угод із совістю. Необхідно усвідомити реальний вплив невідновлюваної енергії на наше життя. Необхідно будувати значно довші причинно-наслідкові зв'язки. Проаналізувати проблему глибше і пам'ятати про ціну сьогоднішніх компромісів.

На щастя, за останні роки розвинені країни досягли значного прогресу в розвитку відновлюваної енергетики. Наприклад, на початку 2023 року сумарна кількість водневих заправних станцій перетнула позначку в 1000. А деякі країни і зовсім здатні забезпечити себе виключно відновлюваними джерелами енергії. По всьому світу збудовано безліч «зелених» устаткувань. Проте, цих кроків все ще недостатньо для комфортного майбутнього. Вважається, що деякі інноваційні зелені рішення зараз занадто дорогі для впровадження. Крім того, населення не може дозволити собі раптовий перехід від вугілля до сонячних панелей або, наприклад, від газу до водню. Однак варто подивитися правді у вічі. Кожен із нас щодня сплачує податок на емісію. Ми платимо своїми легенями, нашими рахунками за лікування і навіть нашими життями, коли хтось має владу та контроль над потоками енергії до мільярдів людей. Децентралізація енергетичних систем і генерація відновлюваної енергії – це не розкіш, це необхідність.

Планувати на десятки чи сотні років надто оптимістично. Сучасна система розподілу ресурсів може не залишити нам багато часу для впровадження рішень. Це необхідно робити вже сьогодні. Якби десять років тому передові держави були так само зосереджені на цій меті, як на

розвитку військової сфери, можливо, сьогодні ми б зіткнулися з зовсім іншими викликами. Але наразі майже кожна країна все ще залежить не тільки від природних чинників і внутрішніх факторів, а й від зовнішніх криз, від криз інших країн. Замість продуктивної багатонаціональної співпраці ми змушені обмежуватися транснаціональною гонкою за ресурси. Що, у свою чергу, знижує загальну продуктивність розвитку абсолютно кожної країни та людини. Сьогодні, в часи потужного розвитку електроенергетики, у світі споживається більше деревини та деревного вугілля, ніж будь-коли. У 2022 році глобальне виробництво електроенергії на вугіллі перевищило історичний максимум 2013 року (Белоусова, 2022). Світове споживання вугілля досягло 8 мільярдів тонн на рік. Водночас у 2022 році частка відновлюваної енергії досягла рекордних 12% (Чепур, 2023).

Загальне постачання первинної енергії на душу населення зросло з 1,65 до 1,82 тони нафти лише з 2000 по 2008 рік (ОЕСД 2010).

Глобальні викиди CO₂ від спалювання корисних копалин зросли з 534 Мт у 1900 році до 9,15 Гт у 2010 році (Сміл, 2017).

Однак, так чи інакше, потреби людини в енергії постійно зростають. Невпинне зростання енергетичних потреб є загальновідомим фактом, але ніхто не може передбачити, як це зростання буде примирятися зі світом економічної нерівності та екологічних проблем (Сміл, 2017). У цьому нам мають допомогти відновлювані джерела. І в цьому також необхідно застосовувати комплексний підхід. Поєднання розвитку та використання сонячної енергії, енергії вітру, гідроелектростанцій, геотермальної енергії, створення нових, більш енергоємних і зі зниженими втратами зберігання акумуляторів, розвиток водневої інфраструктури. Останнє також зумовлено все ще частковою ненадійністю електропостачання та необхідністю забезпечення безперервного доступу до енергії для критичних інфраструктур.

Підвищити ефективність такої роботи може відкритий обмін розробками між країнами та спільне вдосконалення технологій. У свою чергу, це має бути підтримано державами як політично, так і фінансово.

Виходячи з цього, вважаємо, що одним із головних завдань сьогодення є об'єднання навколо термінового впровадження відновлюваної енергетики як джерела енергетичної свободи, доступної кожному. Пріоритетом має стати обмін дослідженнями та досвідом у цій сфері, перерахунок реальних втрат ефективності на існуючих джерелах та посилення співпраці у розвитку нових енергетичних інфраструктур, а також фокус на розвитку водневого напрямку як незамінного помічника у збереженні та експорті енергії.

Першим кроком, може стати проектування водневих станцій, що стане поштовхом до нових інвестицій завдяки експорту водню та

демонстрації його можливостей. Паралельно, маємо створювати і власну інфраструктуру для використання водню.

Залежно від розташування та потужності станції, водень може зберігатися у вигляді рідини, газу низького тиску або газу високого тиску. Водень охолоджується, щоб не перевищувати температурний поріг стандартного протоколу заправки. На станціях для великовантажних транспортних засобів і вантажно-розвантажувального обладнання не можна використовувати охолоджувачі. Водень стискається для зменшення об'єму та підвищення тиску. Як правило, для поповнення буферного сховища використовується компресор. Резервуари для зберігання рідини та низького тиску можуть використовувати кілька компресорів. Диспенсери для вантажно-розвантажувального обладнання зазвичай знаходяться всередині складу.

На водневих станціях зі зберіганням рідини автоцистерна закачує водень у надземний резервуар, де він утримується при криогенній температурі. Рідкий водень випаровують, стискають і зберігають у надземних балонах для дозування.

Водень може поставлятися у вигляді газу під тиском до 7200 фунтів на квадратний дюйм. Балони встановлюються в причіп, і водій вантажівки «заповнює» сховище, замінюючи причіп з повними балонами на причіп з майже порожніми балонами всередині обгородженого місця зберігання.

Станції також можуть виробляти водень на місці шляхом електролізу води та риформінгу природного газу або біометану. У деяких місцях станція може використовувати водень з існуючого трубопроводу. Усі три методи призводять до газоподібного водню, який необхідно стискати та зберігати, і всі вони вимагають більше обладнання та місця, ніж будь-який варіант доставленого водню. Однією з переваг відновлюваного водню є майбутня можливість продавати кредити Low Carbon Fuel Standard.

Звісно ж, варто брати до уваги фінансові ризики, однак, можна знайти нові шляхи, навчаючись на помилках попередників, і досліджувати питання з різних сторін. Автор припускає, що в найближчій перспективі не варто робити ставку на повсякденне користування для легкових автомобілів, однак, можливо варто було б зосередитися на накопичення енергії через водень для критичних інфраструктур, важких перевезень та громадського транспорту. Останню ідею вже успішно реалізують в інших країнах, і для цього менше вимог до водневої інфраструктури, аніж при використанні для пересічного водія. В свою чергу, увага до покращення якості та кількості громадського транспорту є так само необхідним кроком для зменшення викидів та покращення громадського простору.

Враховуючі величезний потенціал вітрової енергетики України та геополітичні обставини, наш моральний обов'язок – зробити свій внесок у розвиток водневих структур та декарбонізації енергетики.

*Докшина С. Ю., асистент
Розен В. П., д. т. н., професор*

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна*

КЛАСТЕРНІ ЦЕНТРОЇДИ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ ЗА ХАРАКТЕРОМ ОПАЛЕННЯ

За оцінками моніторингового звіту індикаторів сталого розвитку в Україні 2021 року, навіть у період до масштабного вторгнення 2022 року, 7 із 14 цілей індикаторів сталого розвитку, що стосувались енергоефективності, не були досягнуті [1]. Енергетична стратегія України змінювались тричі впродовж 11 років, причому, у Першій та Другій стратегіях застосовувався підхід прогнозування попиту на енергоносії за трьома сценаріями економічного зростання (середньорічного зростання ВВП), у Третій стратегії застосовувався метод складання алгоритмів заради досягнення бажаних результатів. Ключовими орієнтирами у напрямі розвитку енергетики України є зниження імпортозалежності нафтопродуктів, газу та атомних продуктів, поліпшення екологічної ситуації, що можуть бути досягнуті шляхом впровадження енергоефективних заходів модернізації систем виробітку та розподілу енергії, будівель, Євроінтеграції та розвитку відновлювальних джерел енергії та альтернативних видів палива. Остання Енергетична стратегія [2], що була затверджена у липні цього року, стосується концепції «Зеленого переходу», цілі ЄС стати нейтральним до викидів CO₂ континентом до 2050 року. Часті зміни Енергетичних стратегій потребують посилення енергетичної стратегії нашої країни за допомогою регіональної оцінки. Світова практика застосовує секторальні підходи до оцінювання рівня енергоефективності країн, до того ж, в середині кожного сектору може бути виділена оцінка підсектора. Саме тому, в даному дослідженні було виділено оцінювання енергоефективності регіонів України, а саме підсектору споживання на опалення сектору домогосподарств, оскільки він є найбільшим із підсекторів споживання домогосподарств та має найбільші перспективи до модернізації.

Метою даного дослідження є підвищення рівня енергоефективності України шляхом виявлення особливостей кластерних груп схожих регіонів та вироблення відповідних енергетичних стратегій для цих груп. Оцінювання здійснювалось за критеріями наявності централізованого ресурсопостачання, споживання різних видів ресурсів, фінансових складових та кількості населення. Кластерний поділ регіонів виконувався чотирма методами, два з них із попереднім зазначенням кількості кластерів (к-середніх, ієрархічна кластеризація), два – без попереднього зазначення кількості кластерів (кластеризація за щільністю (DBSCAN), афініативна кластеризація (affinity clustering)). Додатково, було застосовано метод

лінійного дискримінантного аналізу, метод головних компонент та метод критерія Акаїке (AIC – Akaike information criterion). Найкращою моделлю для цього набору даних виявилась ієрархічна кластеризація із виключенням м. Київ із переліку регіонів, оскільки, даний регіон відобразив найбільшу несхожість серед інших, тому він має розглядатися як окрема одиниця при виробленні енергетичних стратегій. Для інших регіонів було сформовано кластерні групи, описано їх кластерні центроїди та сформовані стратегії для цих груп (таблиця 1). У таблиці 1 рівні кожного кластерного центроїда позначені кольорами. Нижній рівень позначений блакитним, середній – зеленим, найбільший серед інших регіонів – червоним.

Таблиця 1 – Кластерні центроїди регіонів України за характером опалення

Кластер	Рік	Наявність центрального опалення, %	Індивідуальна система опалення, %	Наявність централізованого газопостачання, %	Середня t опалювального періоду, оС	Споживання газу природного на опалення одиниці житла, м ³ /житло	Споживання теплоенергії на опалення одиниці житла, Гкал/житло	Використання електроенергії на опалення одиниці житла, кВт*год/житло	Споживання вугілля на опалення одиниці житла, тонн/житло	Середньомісячна номінальна заробітна плата штатних працівників, грн	Валовий регіональний продукт (у фактичних цінах), млн грн	Валовий регіональний продукт у розрахунку на одну особу (у фактичних цінах), грн	Населення, осіб
0	2016	28,61	48,96	73,63	2,81	566,01	5,88	32,78	1,76	4308,06	67705,13	44156,13	1482662
	2017	25,24	49,89	74,13	3,22	49,89	11,53	65,73	1,76	6072,00	77170,05	52314,37	1411986
	2018	27,37	50,36	73,84	2,42	487,20	6,80	58,11	5,17	7554,88	98349,53	65941,71	1442324
	2019	25,72	49,60	74,27	7,28	373,26	11,19	19,47	1,79	8879,63	104569,47	72178,79	1395252
	2020	24,37	53,16	76,31	4,96	320,12	9,27	51,46	0,79	9969,11	112013,58	77786,74	1385403
1	2016	42,53	50,43	92,33	2,39	696,60	6,28	73,74	3,30	4975,00	163129,33	76919,00	2142022
	2017	43,90	48,50	92,97	2,94	640,99	5,62	147,78	2,71	6892,67	207259,00	97804,00	2130570
	2018	41,37	51,97	93,83	1,82	637,07	6,12	128,58	8,14	8778,00	247258,33	117022,67	2133084
	2019	34,90	55,33	92,07	7,01	522,11	6,79	44,55	3,39	10533,33	265567,67	126698,33	2124952
	2020	37,77	54,50	93,60	4,52	444,75	5,52	117,84	1,71	11462,33	276520,67	132878,00	2114890
2	2016	17,80	58,78	77,88	3,47	440,99	25,16	43,91	5,71	4489,40	50711,40	24981,60	1941059
	2017	28,60	51,25	75,00	3,27	521,91	7,80	123,97	10,92	6813,00	98344,50	26647,00	3219674
	2018	21,38	52,13	75,88	3,39	421,16	27,15	70,22	14,71	8028,00	78452,50	35351,75	2133280
	2019	32,90	51,90	80,55	7,04	436,30	6,37	32,23	10,55	10223,50	122673,00	34110,00	3158867
	2020	28,40	55,80	82,50	4,53	550,34	8,32	85,30	5,06	11414,50	124756,50	35210,50	3133861

Кластер 0. Переважно найнижчий рівень центрального теплопостачання, що утримується в середньому на відмітці до 30%. Наявність центрального газопостачання у даному кластері має найнижчий рівень серед інших, та утримується у діапазоні 73-77%, споживання газу при цьому здебільшого на низькому рівні, у діапазоні 320-560 м³/житло, що відповідає рівню центрального газопостачання. Середня температура опалювального періоду переважно знаходиться на середньому рівні. Споживання теплоенергії різниться крізь роки, проте здебільшого має найвищий рівень серед регіонів, що може вказувати на не зовсім енергоефективне використання теплової енергії. Використання електроенергії знаходиться на низькому рівні, в середньому діапазоні 32-65 кВт*год/житло, що може вказувати на переваги іншим ресурсам енергії. Споживання вугілля також на низькому рівні та становить від 1 до 5 тонн/житло. Середньомісячна зарплатня у цих регіонах також найменша, при чому, ВРП/особу має середній рівень, що може вказувати на благополуччя населення, а загальний ВРП знаходиться на низькому рівні. Населення у цих регіонах також найменше серед інших регіонів, що може вказувати на кореляцію із рівнями споживання, окрім неенергоефективного використання теплової енергії. Доцільно застосувати для даних регіонів заходи з модернізації центрального теплопостачання з переходом на розсосереджені джерела енергії та розглядом альтернативних джерел енергії (оскільки температура середня серед інших регіонів – можливий розгляд біогазових установок та вітрогенераторів). Регіони-представники: Вінницька, Волинська, Житомирська, Запорізька, Івано-Франківська, Кіровоградська, Львівська, Миколаївська, Одеська, Рівненська, Сумська, Харківська, Херсонська, Хмельницька, Черкаська, Чернігівська області.

Кластер 1. Найвищий рівень центрального теплопостачання, що утримується в діапазоні 35-43%, при цьому здебільшого найменший рівень теплоспоживання, що утримується у середньому діапазоні 5,5-7 Гкал/житло. Наявність централізованого газопостачання на високому рівні, та утримується у діапазоні 92-93%, при цьому споживання газу природного також переважно на найвищому рівні серед інших регіонів та утримується від 450 до 670 м³/житло. Найнижчий рівень середньої температури опалювального періоду. Найвищий рівень споживання електроенергії серед інших регіонів. Рівень середньої зарплатні, ВРП регіону та ВРП/особу знаходиться на найвищій відмітці серед регіонів, що вказує на благополуччя населення. Кількість населення на середньому рівні. Споживання вугілля на середньому рівні. Тобто, у даній групі регіонів достатньо ефективно використовується центральне теплопостачання, проте спостерігається найбільший попит електроспоживання. Доцільно у даних регіонах розглянути проектні рішення щодо переходу до розсосереджених джерел електричної енергії,

оскільки температура найменша – доцільно встановлювати вітрогенератори у комбінації з водневими установками. Споживання газу відображає баланс між централізованим газопостачанням. Регіони-представники: Дніпропетровська, Київська Полтавська області.

Кластер 2. Переважно середній рівень центрального теплопостачання та середньо-високий рівень теплоспоживання. Наявність центрального газопостачання на середньому рівні, при чому, споживання газу на житло переважно на середньо-низькому рівні, що відповідає балансу між наявністю центрального газопостачання та ефективністю споживання. Середня температура опалювального періоду найвища серед інших регіонів. Використання електроенергії має середній рівень, проте використання вугілля для опалення одиниці житла має найвищий рівень. Середній рівень заробітної плати має середній рівень, при цьому, ВРП/особу на низькому рівні, а ВРП переважно на середньому рівні. У даному кластері спостерігається найбільший рівень населення. Тобто, рівень благополуччя у даному регіоні середній, разом із низькою економічною активністю. У даному кластері спостерігається неенергоефективне використання вугілля для опалення одиниці житла, що також погано впливає на довкілля. Оскільки, це регіони із сприятливим кліматом, варто розглянути проекти з опаленням від комбінованих установок із вітрогенераторами, сонячними панелями та водневими установками. Регіони-представники: Донецька, Луганська області.

Індивідуальна система опалення практично в усіх регіонах однакова та становить у середньому від 48 до 56%. Для всіх регіонів доцільно розглянути перехід від опалювальних установок із використанням газу до установок із використанням альтернативних видів палива (як паливо з пластикових та гумових відходів та біогазу). Кластерну нестабільність мають три регіони: Закарпатська, Тернопільська та Чернівецька області. Вони або знаходяться у кластері 2, або у кластері 0. Дані зміни могли бути спричинені змінами рівнів центрального газопостачання у Закарпатській та Тернопільській областях, зміна рівня споживання електроенергії у Чернівецькій області та температурні коливання в усіх областях України. Причини зміни рівнів центрального газопостачання потребують детальнішого аналізу.

Використані інформаційні джерела:

1. Цілі сталого розвитку. Україна 2021: моніторинговий звіт. Державна служба статистики України. 2021. 100 с. URL: https://ukrstat.gov.ua/csr_prezent/2020/ukr/st_rozv/publ/SDGs%20Ukraine%202021%20Monitoring%20Report%20ukr.pdf (дата звернення: 20.04.2023)
2. Концепція «зеленого» енергетичного переходу України до 2050 року. Міністерство енергетики та захисту довкілля України, від 21 січня 2020 року. [Online]

*Дубовик В. Г., старший викладач, Городецький В. Г., доцент,
Пермяков В. М., доцент, Коссе І. А., студент*

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

МОЖЛИВОСТІ ПАКЕТНОЇ ПЕРЕДАЧІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Цифрова електроенергія може бути охарактеризована як будь-який формат передачі електроенергії, яка розподіляється в її дискретних контрольованих одиницях з використанням пакетної передачі Packet Energy Transfer (PET) та складає новий цифровий протокол передачі електроенергії. Англійська компанія VoltServer створила мережі передачі енергії в імпульсному вигляді з використанням стандартних комунікаційних кабелів типу кручена пара. Імпульси передачі енергії в лінії чергуються з вимірювальними інтервалами так, що можна безпечно передавати потужність до 2 кВт на відстань до 2 км, розподіляючи енергію між кількома одержувачами в режимі пакетної передачі [1].

Передавач пристрою VoltServer сотні разів у секунду видає енергетичні імпульси тривалістю 1,1 мс, перемежуючи діагностичні вимірювальні інтервали в 400 мкс. Після відправки кожного імпульсу сигнальний процесор вимірює спад напруги в лінії для того, щоб визначити її стан. Якщо затухання змінилося, то виникла аварійна ситуація (замикання, розрив, порушення контакту або підключення до лінії недозволених ланцюгів), передача потужності відразу припиняється. Оскільки енергія кожного окремого пакета невелика, вона не може нанести шкоду людям та іншим системам, що працюють у будинку. Приймачі перетворюють отриману імпульсну енергію в «аналоговий» змінний або постійний струм для живлення локальних пристроїв. Для повноцінної системи потрібні передавачі й приймачі. Для розподілу електроенергії можна використовувати спеціальний кабель Digital Electricity, що схожий на кабель безпеки або управління. Приймач «приймає» пакети електроенергії, відправлені від передавача і перетворює їх в потрібну амплітуду до 57 В постійного струму.

Технологія Digital Electricity надає набагато більше можливостей, ніж конкурентна технологія Power over Ethernet (PoE), яка дозволяє передавати віддаленому пристрою електричну енергію разом із даними через стандартну кручену пару в мережі Ethernet на відстань до 100 м із обмеженням потужності кількома десятками Вт. Відповідно до стандарту IEEE 802.3af у чотирипарному кабелі живлення подається через дві пари

провідників, максимальна потужність досягає 15,4 Вт при постійному струмі до 400 мА й номінальній напрузі 48 В. Мінімальне значення напруги може складати 36 В, а максимальне 57.

Мета та завдання даного дослідження – з’ясування особливостей побудови цифрових систем передачі електричної потужності, їх склад та основні вузли, можливі конфігурації для застосування, особливості режимів роботи та сфери використання.

Небезпечна природа систем змінного або постійного струму робить її дорогою в побудові та обслуговуванні. Технологія Digital Electricity (DE) дозволяє віддалено розподіляти електроенергію змінного або постійного струму безпечно та з низькими затратами для низьковольтних пристроїв, а також систем електропостачання локальних енергетичних об’єктів. Спрощена схема для одного каналу, яка пояснює технологію Digital Electricity показана на рис. 1. Використовується вхідне джерело постійного струму. Основні вузли складають контролери передавача та приймача та електронні ключі Sw1 та Sw2, які забезпечують алгоритм цифрової передачі електричної потужності для навантаження R_n [2].

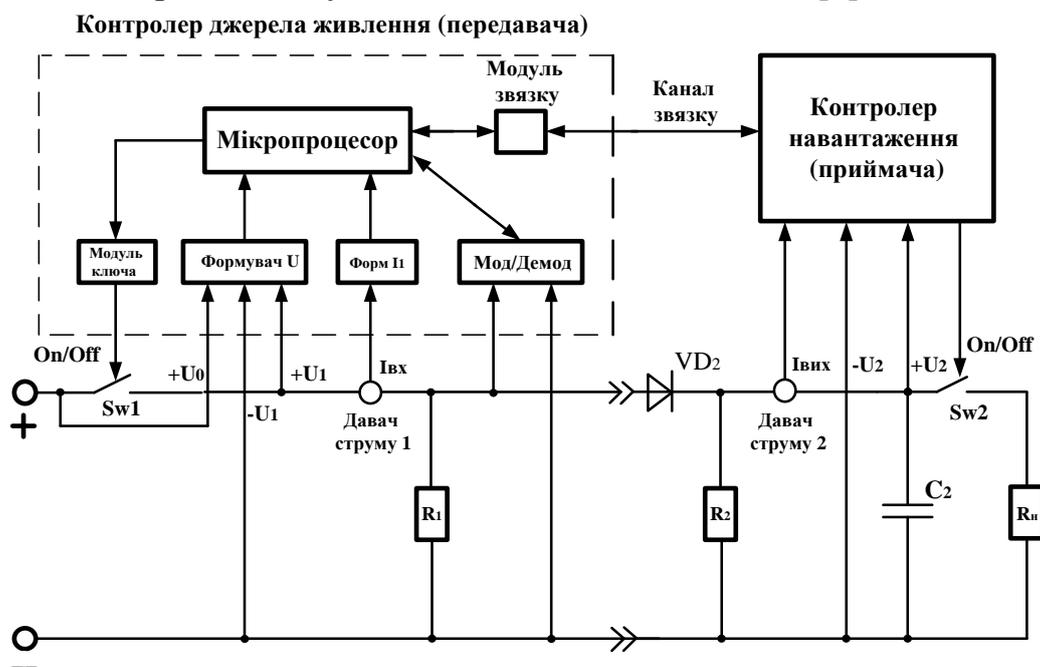


Рисунок 1 – Схема вузлів системи цифрової передачі потужності для одного каналу

Періодично контролер джерела живлення відкриває ключ Sw1 та активує відкриття ключа Sw2 через контролер навантаження на заздалегідь визначений період часу, відомий як період передачі. Напруга на конденсаторі C2, який електрично підключений до клем навантаження зростає до вхідної U1. Далі ключі Sw1 та Sw2 розмикаються на період контролю напруги U2, рис. 2. Конденсатор C2 зберігає напругу на навантаженні, яка існувала безпосередньо в період передачі. Опір між

клемами джерела живлення позначено R1 та має значення від 10 кОм до 10 МОм. А опір резистора R2 перевищує значення опору навантаження Rн. Перемикач Sw2 ізолює C2 від ланцюга навантаження. Ланцюг розряду C2 складає опір резистора R2. В випадку несанкціонованого підключення до лінії опір лінії зменшиться і час розряду C2 зменшиться, а в випадку пошкодження лінії цей час збільшиться. Напруга на конденсаторі C2 безпосередньо перед відкриттям Sw1 вимірюється контролером джерела живлення. Наприкінці періоду контролю, перед тим, як Sw1 отримує команду замкнутися, напруга на C2 вимірюється повторно та порівнюється із вимірюванням, яке було зроблено безпосередньо перед початком періоду контролю. Якщо напруга ΔV на C2 падає надто швидко або надто повільно, реєструється несправність і тоді Sw1 та Sw2 не повертаються в закриті положення і таким чином ізолюється несправність від джерела живлення та від навантаження. Метод вимірювання внутрішнього опору без лінії зв'язку з навантаженням полягає в тому, що контролер джерела живлення вимірює напругу в точці +U та електричний струм Iвх, що проходить через клеми джерела за допомогою датчика струму 1.

Напруга та струм вимірюються майже одночасно впродовж періоду передачі енергії. Потім ключ Sw1 розмикається і контролер джерела живлення проводить ще одне вимірювання в точці +U відразу після розмикання Sw1. Різниця в значеннях між першим і другим вимірюванням напруги пропорційна опору лінії. Це дозволяє оцінити стан лінії та навантаження.

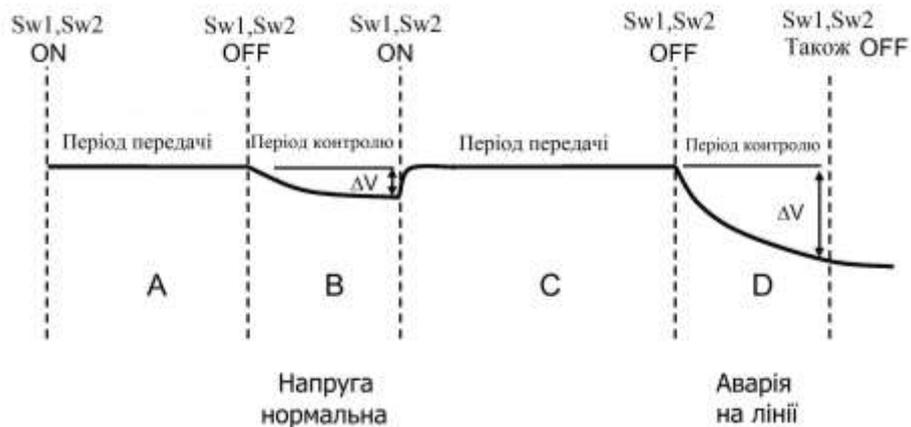


Рисунок 2 – Основні режими цифрової передачі електроенергії

На рис. 3 приведена багатоканальна структурна схема системи цифрової передачі електроенергії.

Особливістю її являється те, що окремі виходи модулів приймачів можуть бути з'єднані паралельно по шині DC Link-In, а схеми стабілізації мають загальну шину DC_Link_Out. Робота ланцюгів модулів приймачів

та схем стабілізації забезпечується схемою керування, яка встановлює необхідну швидкість передачі потужності з врахуванням умов живлення з використанням сигналів PowCtrl1...PowCtrlN та ліній зворотного зв'язку постійного струму DCFB1... DCFBN. Схема керування може посылати сигнали зв'язку через групи ліній керування приймачами RXCtrl1... RXCtrlN, а лінії Pair1 .. PairN можуть забезпечити модулювання комунікаційних сигналів на лініях передачі. Дозвіл на передачу потужності надається по лініях RxFB1...RXFBN. Контролери джерела живлення та навантаження можуть бути обчислювальними пристроями та включати персональні та серверні комп'ютери, портативні планшетні пристрої, смартфони та інше.

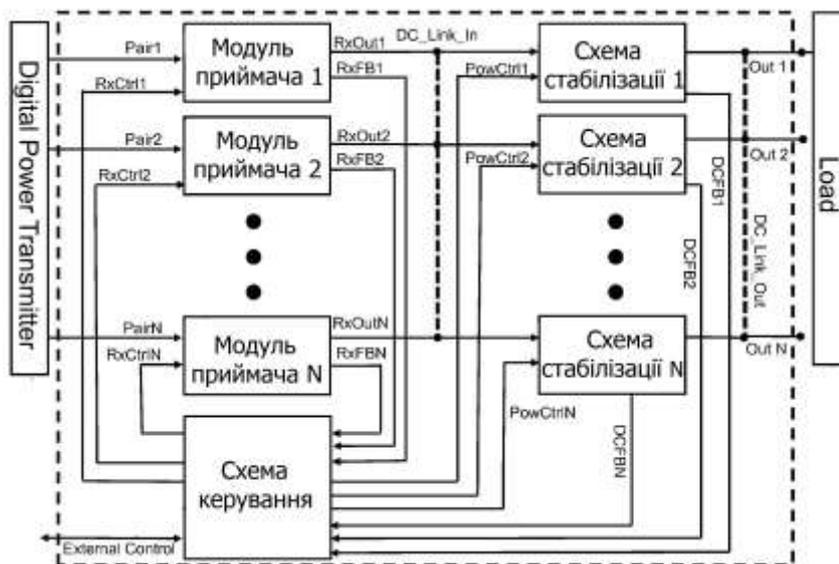


Рисунок 3 – Структурна схема системи цифрової передачі електроенергії багатоканальна

Для розширених параметрів моніторингу перевірка зв'язку виконується контролером джерела живлення через лінію зв'язку з контролером навантаження. Для систем розподілу, які забезпечують безпечну передачу енергії, контролер джерела живлення очікує цифровий код перевірки, який відповідає попередньо визначеному значенню для забезпечення електричної сумісності джерела живлення та навантажувального обладнання та дає дозвіл на отримання живлення до початку передачі енергії. Наприклад, код перевірки може знадобитися для систем комерційного розрахунку за електроенергію. Контролер джерела живлення надсилає запит через лінію зв'язку до контролера навантаження про його статус, а він в відповідь надсилає значення напруги та струму на своїх провідниках або код несправності. Якщо помилка не зареєстрована забезпечується робочий режим.

Висновки. 1. Було проаналізовано та встановлено основні відмінні фактори в цифровій системі передачі електроенергії порівняно з традиційними аналоговими системами. А саме те, що електрична енергія розділена на дискретні одиниці енергії (можна назвати «цифровою потужністю»), які можуть при її передачі бути пов'язані з аналоговою та/або цифровою інформацією, яка може використовуватися з метою оптимізації, безпеки, ефективності, стійкості, контролю або маршрутизації.

2. Технологія Digital Electricity включає в себе «інтелектуальну» схему, яка може визначити, коли припиняється передача електроенергії, а потім негайно встановити її. Це захищає від високого рівня струму, замикання на землю, дугового розряду та небезпечного пошкодження. Для не допущення зниження якості електроенергії використовується чергування передачі енергетичних пакетів для багатоканальних систем електроспоживання.

3. За даними компанії VoltServer, її обладнання вже встановлено на сотнях об'єктів – на стадіонах, в аеропортах, конференц-центрах, теплицях, висотних офісних будівлях і готелях. Цифрові системи передачі електроенергії можна застосувати до загального розподілу електроенергії, а точніше для зарядки електричних транспортних засобів, телекомунікацій або систем альтернативної енергетики. Можливість застосування технології Digital Electricity в кожній країні залежить від рішень органів регулювання, які повинні підтвердити її відповідність вимогам безпеки та електромагнітної сумісності.

Список використаних джерел:

1. *Maurizio Di Paolo Emilio. Digital Electricity Brings Intelligence and Safety into Power Transmission. URL:*

<https://www.powerelectronicsnews.com/digital-electricity-brings-intelligence-and-safety-into-power-transmission/> (дата звернення 11.10.2023).

2. *European patent specification EP 3 215 906 B1. Packet energy transfer power control elements. Inventor: Eaves, Stephen East Greenwich, Rhode Island 02818 (US), Proprietor: Voltserver, Inc. East Greenwich, Rhode Island 02818 (US). Publication Classification: G06F 1/26; H04B 3/54. Date of publication of application 13.09.2017, Bulletin 2017/37.*

*Зайченко С. В., д. т. н., професор, Жукова Н. І., к. т. н., доцент,
Трачук А. І., аспірант, Ткаченко Д. В., магістр*

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

ЗАСАДИ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНИХ АСПЕКТІВ ЗАСТОСУВАННЯ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В УКРАЇНІ

У зв'язку з безперервним зростанням енерговитрат, підвищенням вартості та дефіцитом органічного палива та негативним впливом на довкілля та здоров'я людини електростанцій на органічному паливі в останні роки значно зріс інтерес до відновлюваних джерел енергії. Це пов'язано з їх значною роллю у виробництві електричної енергії у світі (особливо в розвинених країнах та країнах), а також з екологічністю та відсутністю витрат на видобуток первинних енергоресурсів. У Україні розвиток електроенергетики на основі відновлюваних джерел енергії відбувається більш повільними темпами за винятком великої гідроенергетики, що забезпечує близько 6,7% (за даними 2021 року) виробництва всієї електричної енергії в країні [1-3]. Проте, треба зазначити, що, як і в минулі роки, активний темп розвитку у 2021 році спостерігався лише у одному сегменті – домашні СЕС, потужність яких в 2021 році зросла на 426,1 МВт, що становить 36,4% від нових потужностей ВДЕ, введених в експлуатацію минулого року. Таким чином, загальна встановлена потужність усіх сонячних систем домогосподарств наприкінці року досягла 1 205,1 МВт. На відміну від сектору СЕС, промислова сонячна енергетика навпаки продемонструвала не найкращі показники розвитку, а скоріше їх скорочення. У 2021 році потужності промислової сонячної генерації збільшились лише на 305,5 МВт (26,1% від нових потужностей ВДЕ, введених в 2021 році), що на 818,1 МВт або 3,6 разів менше показника 2020 року – 1 123,6 МВт. На кінець року сумарна встановлена потужність сектору сонячної енергетики країни склала 7 586,3 МВт (включно з дСЕС).

Вітроенергетика залишалася другою, після сонячної енергетики, в національному секторі ВДЕ, за загальною встановленою потужністю. Проте, необхідно зазначити, що саме вітроенергетичний сектор України додав найбільшу кількість нових потужностей до «зеленого» енергетичного міксу країни в минулому році. Частка вітроенергетичних потужностей, що були введені в експлуатацію у 2021 році, склала 30,6% або 358,8 МВт, що у 2,5 рази більше обсягу нових вітроенергетичних

потужностей, введених у 2020 році (144,2 МВт). Таким чином, загальна встановлена потужність вітроенергетичного сектору на кінець 2021 року становила 1 672,9 МВт. До початку широкомасштабної війни, в Україні «зелену» електроенергію генерували 34 вітроелектростанції (ВЕС) або 699 вітрових турбін, середня одинична потужність яких становить 3,5 МВт.

На фоні зростаючого росту застосування ВЕС слід відзначити, що ефективний розвиток вітрової енергетики України можливий за умов адаптації конструкції енергогенеруючого обладнання для умов експлуатації.

До основних факторів які визначають технічні параметри ВЕС належать:

- середньорічна швидкість вітру;
- швидкість повторюваності, швидкість розподілу функцій типів і параметрів;
- максимальна швидкість вітру;
- питома потужність і питома енергія вітру;
- вітроенергетичні ресурси місцевості;
- погіршення надійності систем автономного електропостачання через високий знос енергетичного обладнання та переривання подачі палива;
- обмежене використання місцевих паливно-енергетичних ресурсів, у тому числі нетрадиційних;
- низька ефективність виробництва, транспортування і споживання паливно енергетичних ресурсів;
- висока вартість виробленої електричної енергії;
- кадрове забезпечення;
- захист навколишнього середовища при використанні енергетичного обладнання;
- структура промисловості країни.

ВЕС які працюють на території України мають достатньо сильні конструктивні особливості, що суттєво впливають на ефективність їх роботи. Тільки електромеханічні системи вітрових генераторів представлено цілим рядом можливих комбінації, серед яких є:

- постійна швидкість із коробкою передач і індукційним генератором, можливо, з двома швидкостями або з розширеним ковзанням;
- змінна швидкість з коробкою передач, індукційним генератором з подвійним живленням і частково номінальним перетворювачем;
- синхронний генератор зі змінною швидкістю з електричним збудженням і повним перетворювачем;
- змінна швидкість постійного приводу постійного магніту генератор і повний перетворювач;

- змінна швидкість з коробкою передач, генератором постійного магніту та повним перетворювачем.

Одночасно немає руху до однієї найкращої вітрогенераторної системи, але замість цього зростає різноманітність вітрогенераторів. Очікується, що використовувані в даний час системи змінної швидкості (з коробкою передач і повним перетворювачем) залишаться на найближчі роки. Застосування гідравлічної трансмісії забезпечують безперервну змінну передачу і значно легші, ніж коробки передач, але їх ефективність нижча. Безщіткові генератори середньої швидкості без щіток із поліпшеними енергетичними характеристиками. Також надпровідні генератори можуть бути меншими й легшими, ніж звичайні генератори DD, але як вартість, так і надійність потребують експериментального підтвердження. У силовій електроніці спостерігається тенденція до надійних модульних багаторівневих топологій [4].

Метою даного дослідження є розробка методики визначення технічних аспектів застосування відновлювальних джерел енергії в Україні з врахуванням факторів, які визначають технічні параметри елементів електростанцій.

Використані інформаційні джерела:

1. Войтко С. В., Гайдуцький І. П. Використання викопного палива для виробництва електроенергії на періоді 1985–2021 рр. 2022.
2. Пімоненко Т. В. та ін. Прогнозування структури енергетичного балансу України: питома вага відновлюваних джерел енергії. 2021.
3. Derevianko D. et al. Розробка і визначення параметрів сезонних акумуляторів холоду з фазовим перетворенням // *POWER ENGINEERING: economics, technique, ecology*. 2023. №. 3. DOI: <https://doi.org/10.20535/1813-5420.3.2023.289679>
4. Polinder, H., Ferreira, J. A., Jensen, B. B., Abrahamsen, A. B., Atallah, K., & McMahon, R. A. (2013). Trends in Wind Turbine Generator Systems. *IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics*, 1(3), 174–185. doi:10.1109/jestpe.2013.2280428

*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

ДЕРЕВНЕ ПАЛИВО В УКРАЇНІ – ДОСВІД МИНУЛОГО ЯК АКТУАЛЬНИЙ ПРИКЛАД СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ

Робота присвячена огляду наявного досвіду щодо паливного використання деревини у минулому на урбанізованих територіях у багатоквартирних будинках та приватному секторі й у домогосподарствах сільської місцевості. Розглянуто використання деревини як сталої технологічно-організаційної системи та її поступової трансформації в міру поширення застосування палива на основі викопних вуглеводнів. Показано, що стале використання будь-якого виду палива обов'язково потребує системного підходу щодо виробництва, постачання, зберігання та застосування палива за призначенням. Досвід щодо системного підходу є необхідною умовою створення сталої системи використання деревного палива у майбутньому.

Паливне використання деревини належить до «вічних» технологій, а його вік, мабуть, старший ніж вік людської цивілізації, як такої. Такі «вічні» технології застосовують і вдосконалюють тисячі років. До них належить, наприклад, виробництво цегли, скла, льняного волокна і тканин із нього, вина, сиру та багато інших.

Паливо на основі деревних ресурсів залишалось найбільш поширеним для більшості цивілізацій (за винятком номадів) до початку періоду індустріалізації.

Так, в Англії зростання потреби в енергії з боку промисловості досить швидко спричинило знищення лісів і перехід до «вугільної» енергетики. Людство невдовзі усвідомило небезпеку повної втрати лісів і перейшло спочатку до їх охорони, а згодом до штучного розведення.

Отже, світовий досвід сучасного лісівництва перевищує 300 років [1]. Не є винятком і Україна. Наприклад, Святошинський ліс на околиці м. Київ був насаджений понад 200 років тому.

Деревне паливо поступово замінювалось на вугілля у таких галузях, як залізничний та водний транспорт, металургія, а пізніше у електрогенерації та інших. Утім, до жовтневої революції в опаленні споруд, як на урбанізованих територіях, так і у сільській місцевості деревне паливо продовжувало зберігати провідне становище. У містах абсолютна більшість багатоповерхових будинків опалювалась за допомогою, так званих, «важких» печей «голландського» типу [2]. Це були

печі – акумулятори, які мали декілька димо-обертів. Ці печі споруджувались при будівництві будинку й розміщувались у внутрішніх капітальних стінах. Кожна опалювальна піч мала індивідуальний димохід, що виходив на дах будівлі. Окрема піч забезпечувала опалення санітарного блока (ванна кімната та туалет), а також гаряче водопостачання. Для цього в піч був вмурований водяний котел, який з'єднувався підйомною і опускною трубами з баком-накопичувачем гарячої води, що знаходився на висоті під стелею ванної кімнати. Під час спалювання партії полін у топковій камері печі ванної кімнати, яка опалювала санітарний блок, встановлювалась природна циркуляція підігрітої води між котлом, що був вмурований у піч, і баком-накопичувачем гарячої води під стелею. В подальшому протягом дня гаряча вода із бака-накопичувача подавалась до крана під впливом гідростатичного стовпа.

Приготування їжі забезпечувалось за допомогою цегляної груби, яка була обладнана пальниками-конфорками. Вся система опалення була розрахована на одну чи дві топки на добу (в залежності від зовнішньої температури). В якості палива використовувались повітряно-сухі поліна, довжина яких відповідала глибині топочних камер печей. Сушіння полін забезпечувалась одночасно з їх зберіганням у так званих дров'яних сараях. Дров'яний сарай був побудований із дощок, захищав від опадів і забезпечував природну вентиляцію. Кожний відповідальний квартиронаймач мав індивідуальний дров'яний сарай (секцію). На прибудинковій території кожного багатоквартирного будинку обов'язково була присутня багатосекційна одно- чи двоповерхова дерев'яна споруда, призначена для зберігання деревного палива. Об'єм однієї індивідуальної секції дозволяв зберігати дворічний запас полін. Такий порядок зберігався і після революції, хоча абсолютна більшість квартир багатоквартирних будинків через, так зване, «ущільнення» були перетворені на комунальні; кожний власник «особистого рахунку» обов'язково мав індивідуальний дров'яний сарай. Згадані багатосекційні споруди займали переважну частину прибудинкової території кожного багатоквартирного будинку. Кожний багатоквартирний будинок обов'язково мав крім «парадного» так званий «чорний» хід, за допомогою якого в'язанки полін щоденно заносили до квартир.

Зрідка (здебільшого у центральній частині міста) через брак території дров'яні сараї розміщувались у підвалах під будинком.

Отже, можна до революції опалення, гаряче водопостачання і приготування їжі забезпечувалось практично одним видом палива – деревними полінами організовано висушеними до, так званого, «повітряно-сухого» стану (вологість $\leq 20\%$) за рахунок природних факторів без жодних витрат палива на його сушіння.

Як була організована заготівля полін? Здебільшого навесні на майданчик перед багатосекційною спорудою для зберігання палива

завозилась і вивантажувалась необхідна партія дров'яної деревини (у вигляді неокореного круглого лісу непридатного для використання у якості «ділової» деревини) з діаметром стовбура ≥ 40 мм. Подальша обробка завезеної партії (за рідкісним винятком) виконувалась робітниками спеціалізованої бригади-артелі. Такі бригади застосовували дворучні пили для розпилювання стовбурів на круглі колоди, довжина яких дорівнювала чи була менше глибини топочних камер печей ($25 \div 50$ см). Після розпилювання колоди діаметром ≥ 15 см розколювали на поліна, які насипом завантажувались у дров'яний сарай. Підлога сараю була обладнана опірною решіткою із дерев'яних брусів. На цю решітку укладали («насипом») поліна з утворенням купи висотою ≥ 2 м, в якій забезпечувалась природна конвекція повітря завдяки «самотязі». В нижній частині дверей сараю розміщувався припливний отвір для входу вентиляційного повітря, а на покрівлі витяжний патрубок. Таким чином, дров'яний сарай одночасно виконував функції сушарки, захисту від опадів і сховища деревного палива у вигляді полін.

Описана сукупність елементів утворювала систему використання деревного палива у багатоквартирних будинках урбанізованих територій дореволюційної забудови.

Можна зазначити, що ця система забезпечувала довгострокову вельми надійну експлуатацію теплових приладів. Широке застосування саме «важких» печей «голландського» типу, тобто таких, що забезпечують короткочасне горіння, акумуляцію теплової енергії і її багаточасове надходження у приміщення при відносно низькій температурі зовнішньої поверхні печей. Така температура унеможлиблювала термічне розкладання пилу, характерне для «легких» печей із високою температурою зовнішньої поверхні.

Недоліками описаної системи були: значні капітальні витрати на її спорудження («важкі» печі, димоходи, паливні сараї); витрати на закупівлю й обробку дров'яної деревини, а також значний об'єм власної праці користувачів (чи прислуги) з доставляння палива до печей, їх обслуговування та видалення золи.

Зазначимо, що описана система забезпечувала, також досить високу ефективність цільового використання енергетичного потенціалу деревного палива.

Підготовка деревного палива до використання у будинках приватного сектора, розташованих на урбанізованих територіях і домогосподарствах сільської місцевості була схожою з описаною раніше. Основні відмінності полягали в наступному. У приватному секторі урбанізованих територій поряд із «важкими» печами «голландського» типу застосовувались також і традиційні «руські» печі. У сільській місцевості цей тип печей завжди був найбільш поширеним.

Основні відмінності у використанні палива полягали у відсутності гарячого водопостачання у основному житловому будинку та спорудженні окремої лазні, яка теж опалювалась заздалегідь висушеним деревним паливом.

Традиційні «важкі» печі «руського» типу завжди вважались неперевершеним теплогенеруючим пристроєм щодо цільового використання енергетичного потенціалу палива; втім і цим печам був притаманний ряд недоліків. Вони були вельми громіздкими й значно обмежують варіанти планування будинку. Топкова камера у цих печей була розміщена на певній висоті від підлоги; це спричиняло циркуляцію повітря лише у верхній частині приміщення, а у нижній – утворювалась «холодна» зона. Розшарування температури у приміщенні призводило до ураження грибком нижньої частини дерев'яних стін приміщення, через високу відносну вологість повітря у його нижній частині.

До того Ж, «важкі» «руські» печі були практично придатні для розміщення лише на першому поверсі житлової споруди. Втім їх висока енергетична ефективність та експлуатаційна надійність привертала до їх вдосконалення увагу видатних вчених. Наприклад, над їх вдосконаленням плідно працював видатний вчений-інженер В. Є. Грум-Гржимайло. Принциповою перевагою таких печей була відсутність примусових «димових» обертів і широке використання природної конвекції.

Узагальнюючи наведені відомості, зазначимо, що у дореволюційний період на території нинішньої України склалася досить стала технологічно-організаційна система виробництва і широкого використання «повітряно-сухого» деревного палива у вигляді полін. Такі потреби суспільства, як опалення, гаряче водопостачання, приготування їжі у дореволюційний період в основному задовольнялись місцевими ресурсами дров'яної деревини.

На наш погляд, доцільність досить детального огляду досвіду минулої системної практики підготовки й використання деревного палива може прислужитися при створенні майбутньої системи сталого використання деревного палива.

Використані інформаційні джерела:

1. Мірошниченко С. А. *Стильні каміни, теплі печі своїми руками / пер. з рос. О. В. Зарбі-Гальчук. Донецьк : БАО, 2009. 368 с.*

2. Олійник В. С., Вітер Р. М. *Лісознавство : курс лекцій. Івано-Франківськ : Симфонія форте, 2011. 264 с.*

Кутний Б. А., д. т. н, доцент, Євтушенко Е. О., магістрант

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

ПЕРСПЕКТИВИ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВІЙНИ

Із 24 лютого 2022 року Україна почала важливий етап – шлях до власної перемоги відзначено не лише в контексті військових подій, але й в плані досягнення енергетичної незалежності. Війна надзвичайно вплинула на сприйняття відновлюваних джерел енергії, перетворюючи їх імідж із екологічної альтернативи на стратегічний ресурс для енергетичної безпеки та економічної стійкості держави. Одне із джерел покриття дефіциту електроенергії – це об’єкти альтернативної енергетики.

У попередній перспективі відновлювана енергія була в основному сприйнята як засіб для боротьби з кліматичними змінами та зменшення викидів CO₂. Однак на сьогоднішній день вітрова, сонячна, біо та гідроенергетика стають ключовими факторами для забезпечення енергетичної незалежності та безпеки країни, враховуючи також їхню значно меншу собівартість порівняно з традиційними джерелами.

На 31 грудня 2021 року встановлена потужність сектору відновлюваної енергетики України за даними Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунікацій (НКРЕКП) досягла 9655,9 МВт. Ця цифра включає сонячні установки для приватних домогосподарств (дСЕС), або 8 450,8 МВт, якщо не враховувати дСЕС.

Найзначущий ріст у 2021 році спостерігався у сегменті домашніх сонячних електростанцій (дСЕС), чиєю потужністю введеного в експлуатацію обсягу стало 426,1 МВт, що складає 36,4% від нових потужностей відновлюваної енергії. Таким чином, загальна потужність сонячних систем домогосподарств становила 1 205,1 МВт. Протилежно, промислова сонячна енергетика показала менший ріст, а навіть зменшення, збільшившись лише на 305,5 МВт або 26,1% від нових потужностей [1].

Вітроенергетика залишалася другим за загальною потужністю сектором відновлюваної енергії, проте в 2021 році вона внесла найбільший внесок у «зелений» енергетичний мікс країни. Зокрема, частка введених у експлуатацію вітроенергетичних потужностей у 2021 році склала 30,6% або 358,8 МВт, що вдвічі перевищує обсяг потужностей, введених у 2020 році [1].

Газова криза кінця 2021 та початку 2022 року підкреслила важливість розвитку сектору біоенергетики України (біоЕС). У 2021 році було введено

в експлуатацію 21 МВт біогазових установок та 43,1 МВт станцій на біомасі, що вдвічі більше показників 2020 року [1].

Географія об'єктів відновлюваної енергетики відрізняється за типами джерел енергії, але, в цілому, Дніпропетровська, Херсонська й Миколаївська області лідирують за встановленою потужністю. За весь 2021 рік енергія, згенерована з відновлюваних джерел, становила 8,1% або 12,8 ТВт·год, при цьому сонячна енергія складала 56%, вітроенергія – 33%, біомаса та біогаз – приблизно 8%, а мала гідроенергетика – 3%. Усього у 2021 році було вироблено 12804 млн кВт·год чистої електроенергії, що перевищило показники 2020 року на 17,8% [1].

Стан Українського сектору ВДЕ в умовах війни. З самого початку російського вторгнення, війська РФ активно обстрілюють не лише населені пункти, а й намагаються знищити ключові об'єкти енергетичної інфраструктури. Високовольтні мережі, трансформаторні підстанції, диспетчерські пункти та електростанції, включаючи об'єкти відновлюваної енергетики, стали об'єктами пріоритетного знищення для російських військових, слідом за атомними станціями та лініями електропередачі.

Відмічається значне скорочення генерації «зеленої» енергії. Значна частина об'єктів відновлюваної енергетики розташована у зоні активних бойових дій на південному та південно-східному регіонах України. За оцінками експертів, станом на серпень 2022 року понад 30-40% об'єктів відновлюваної енергетики у цих регіонах вже постраждало від війни, що призвело до зменшення їх потужності на близько 1120-1500 МВт.

Наприклад, за інформацією Української вітроенергетичної асоціації, з початку конфлікту в Україні зупинено понад 75% вітроенергетичних потужностей. Це означає, що із загальних 1673 МВт українських вітроенергетичних станцій, приблизно 1462 МВт нині знаходяться у вимушеній зупинці.

Загальна генерація енергії вітру та сонця зменшилась більше ніж удвічі порівняно з передвоєнним рівнем. Це обумовлено як прямими наслідками бойових дій, так і спробами уникнути пошкодження електроустаткування. Також важкощі управління генерацією, особливо сонячної, враховуючи велику кількість сонячних електростанцій із кумулятивною потужністю понад 6 ГВт, сприяли цьому спаду.

Україна визначає своє майбутнє в енергетичній галузі, встановлюючи амбіційні цілі та стратегії до 2035 року. Енергетична стратегія «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» визначає ключові завдання для забезпечення стійкості та сталого розвитку.

Відповідно до даного стратегічного документу, Україна має намір досягти 25% частки відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) від обсягів загального первинного постачання енергії до 2035 року. Така амбіційна мета ґрунтується на переконанні, що розвиток ВДЕ буде відбуватись найбільш динамічними темпами порівняно з іншими видами генерації.

У концепції «Зеленого енергетичного переходу України» до 2050 року, презентованої урядом ще у 2020 році, оголошується амбіційна мета досягти 70% частки ВДЕ у виробництві електроенергії. Важливим компонентом є розвиток сонячних електростанцій в домогосподарствах та бізнесі, що має складати до 15% виробництва.

Однак, у контексті поточної ситуації з повномасштабною війною з росією, пріоритетними стають положення «Плану відновлення України» до 2032 року [2]. План передбачає будівництво нових сонячних та вітроелектростанцій, розширення експортної спроможності та інші заходи для енергетичної незалежності та розвитку ВДЕ. Обсяг майбутніх інвестицій у національну програму «Енергетична незалежність та зелений курс» наразі оцінюється у 130 млрд. доларів.

Зелений Курс України визначається не лише як стратегія розвитку відновлюваної енергетики, але і як стратегічний відповідь на сучасні виклики та шлях до енергетичної безпеки та сталого розвитку. Ці кроки можуть визначити енергетичний стан України на десятиліття вперед [3].

Використані інформаційні джерела:

- 1. Щорічний Звіт УВЕА «Вітроенергетичний сектор України 2021. Огляд ринку». 23 серпня 2022.*
- 2. План відновлення України. Режим доступу: <https://recovery.gov.ua/>*
- 3. Сектор відновлюваної енергетики України до, під час та після війни. Режим доступу: https://razumkov.org.ua/statti/sector-vidnovlyuvanoyi-energetyky-ukrayiny-do-pid-chas-ta-pislya-viyny#_ftnref38. 11 листопада 2022.*

Пінчук В. О., д. т. н., професор, Шишко Ю. В., к. т. н., доцент

*Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»,
м. Дніпро, Україна*

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ СИСТЕМ ЕЛЕКТРООПАЛЕННЯ З НАГРІВАЧАМИ ПРЯМОГО НАГРІВАННЯ

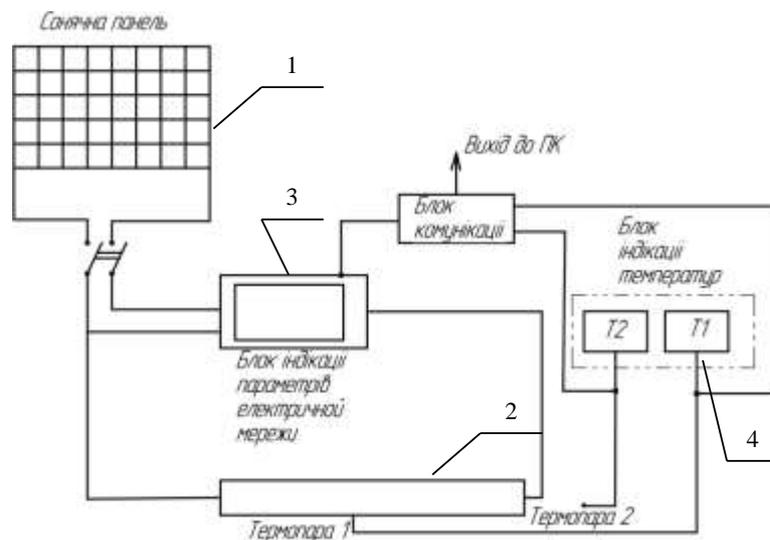
Споживання енергетичних ресурсів є невід'ємною складовою функціонування всіх сфер світової економіки, тому попит на енергоресурси постійно зростає. Але в останні роки проходить процес трансформації світової енергетичної системи, який супроводжується зміною домінуючих видів палива в енергетичному балансі [1,2]. В Україні також спостерігається зростання використання відновлюваних джерел енергії, зокрема, сонячних батарей для забезпечення власною електроенергією приватних будинків і комерційних організацій.

Основна складність при використанні сонячної енергії полягає у нерівномірності її надходжень протягом доби. Тому майже всі комплектації сонячних модулів передбачають застосування акумуляторних батарей для накопичення електроенергії, яка була вироблена в денний час. Це дозволяє споживачам використовувати отриману електроенергію на різні потреби протягом всієї доби. В тому числі, частина електроенергії може бути використана на обігрів приміщень за рахунок застосування електрообігрівачів, зокрема, у вечірній та нічний час, коли надходжень теплоти з інсоляцією немає.

Альтернативним варіантом може стати застосування для потреб опалювання приміщень об'ємних низькотемпературних нагрівачів прямого нагріву, в яких використовується здатність деяких матеріалів нагріватися при протіканні через них електричного струму. Пропонується використовувати такі нагрівачі для акумуляції теплової енергії за рахунок використання електричного струму, виробленого сонячними панелями вдень, та поступового віддавання теплоти протягом ночі, вже без застосування джерел живлення. Для створення систем електроопалення приміщень з нагрівачами прямого нагріву можуть бути використані композитні матеріали, наприклад суміш графіту (C) з карбідом кремнію (SiC) або карборундом (Al_2O_3) [3].

Схему експериментальної установки для дослідження процесу прямого нагріву наведено на рис. 1. До її складу входить сонячна панель 1, вимірювальна ділянка 2, блок вимірювання параметрів електричної енергії 3 та блок вимірювання температури 4. Як джерело енергії в експериментах використовувалась сонячна панель 1 фірми Leapton Energy Co., Ltd.

Вимірювальна ділянка 2 складається з керамічної трубки Ø21 мм і довжиною 360 мм із заглушками з термостійкої резини на кінцях. В заглушки вбудовано шини з струмопідвідними електродами, до яких підводиться напруга джерела живлення – сонячної панелі 1. Трубку заповнювали композиційним матеріалом, до складу якого входили дрібнодисперсний графіт С та оксид алюмінію Al_2O_3 у наступних співвідношеннях: 50% С : 50 % Al_2O_3 ; 75% С : 25 % Al_2O_3 ; 100% С. Блок вимірювання параметрів електричної енергії 3 та блок вимірювання температури 4 розташовані в загальному корпусі. Збір показників проводився протягом світового дня через рівні проміжки часу.



1 – сонячна панель; 2 – вимірювальна ділянка; 3 – блок вимірювання параметрів електричної енергії; 4 – блок вимірювання температури

Рисунок 1 – Схема експериментальної установки з нагрівачем прямого нагрівання

За результатами експериментальних досліджень визначено залежності температури поверхні трубки та температурний напір від складу композиційного матеріалу та потужності установки (рис. 2) та залежність теплової потужності від потужності установки (рис. 3).

Як видно з отриманих результатів, чим вище вміст графіту в композиційному матеріалі, тим нижче температура поверхні трубки та температурний напір. При цьому зі збільшенням потужності нагріву зменшення температурного напору здійснюється більш інтенсивніше ніж при менших значеннях потужності, залежність температурного напору від вмісту графіту має нелінійний характер.

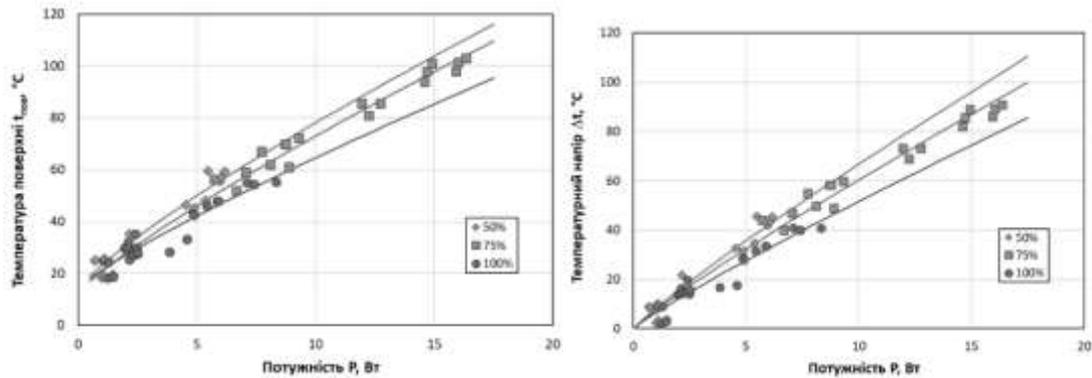


Рисунок 2 – Залежність температури поверхні трубки (а) та температурного напору (б) від потужності при різному вмісті графіту в матеріалі

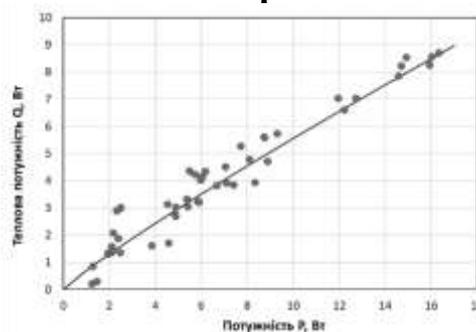


Рисунок 3 – Залежність теплової потужності від потужності установки

Узагальнене рівняння залежності теплової потужності від потужності установки має такий вигляд:

$$Q = 0,7 \cdot P^{0,9}.$$

Узагальнене рівняння залежності теплового ККД від потужності установки має такий вигляд:

$$\eta = -0,0147 \cdot P + 0,739.$$

Використані інформаційні джерела:

1. Farfan J, Breyer C. Structural changes of global power generation capacity towards sustainability and the risk of stranded investments supported by a sustainability indicator. *Journal of Cleaner Production*. 2017. Vol. 141. P. 370–384. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.09.068.

2. BP statistical review of world energy 2018, British Petroleum (2018). URL: [https:// www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy_economics/statistical-review/bp-stats-review-2018-full-report.pdf](https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy_economics/statistical-review/bp-stats-review-2018-full-report.pdf)

3. Пінчук В. О., Шишко Ю. В., Савчук В. С. Дослідження впливу властивостей композиційних матеріалів на теплообмін в установках прямого нагріву / Актуальні напрями розвитку технічного та виробничого потенціалу національної економіки: монографія / за ред. В. О. Пінчук, Г. С. Прокудіна. Дніпро : Пороги, 2021. С. 4–28.

Чепурко А. О., студентка, Троценко Є. О., к. т. н., доцент

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦІАЛУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ВІДХОДІВ У ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЦІ

Сьогодні, коли світ стикається із зростаючими викликами енергетичної безпеки та необхідністю зменшення негативного впливу на довкілля, увага до природних ресурсів та ефективного використання їх потенціалу стає надзвичайно важливою. Враховуючи національні інтереси та енергетичну безпеку, важливо визнати відновлювальну енергетику як пріоритетний напрямок розвитку енергетичної галузі в Україні. Біоенергетика може ефективно задовольнити значну частину потреб у енергії житлово-комунального сектору країни. Крім того, площі деградованих та малопродуктивних земель, вилучені із сільськогосподарських угідь через низьку врожайність для вирощування харчових рослин, можуть бути використані під вирощування енергетичних культур. Розвиток біоенергетики, а також відновлювальної енергетики загалом, може сприяти вирішенню численних проблем довкілля, пов'язаних із енергетичним сектором в Україні. Однією з перспективних галузей, що має значний потенціал для забезпечення енергетичних потреб та зменшення викидів, є використання сільськогосподарських відходів у теплоенергетиці.

Сільське господарство, відоме своєю продуктивністю, також генерує величезні обсяги відходів. Ці відходи, які раніше розглядалися як проблема, в реаліях сьогодення є цінним ресурсом для виробництва тепла та електроенергії. Зокрема, біомаса та інші органічні матеріали, які накопичуються у сільськогосподарському секторі, можуть бути використані для вирішення енергетичних викликів.

Основними постачальниками твердої біомаси для енергетичних потреб в Україні є сільське та лісове господарство. З річним виробництвом зернових та зернобобових культур понад 60 млн. тонн утворюються значні обсяги побічних продуктів, таких як солома й інші рослинні відходи.

Технічно досяжний енергетичний потенціал твердої біомаси в Україні складає 35 млн. тонн н.е. щорічно, а використання цієї біомаси може призвести до економії близько 40 млрд. м³ природного газу. Найбільший потенціал твердої біомаси зосереджений у різних областях України, зокрема у Вінницькій, Дніпропетровській, Житомирській, Київській,

Одеській, Полтавській, Сумській, Харківській та Чернігівській областях, і становить близько 2,0 млн. тонн н.е./рік [1].

Один із ключових аспектів цієї проблеми полягає у різноманітності сільськогосподарських відходів, які можна використовувати в теплоенергетиці. Біомаса, що включає стебла рослин, соломі та інші рослинні залишки, представляє собою значний резерв для виробництва біогазу та електроенергії. Використання соломи та деревних відходів для отримання теплової енергії є раціональним способом їх утилізації. Важливими аргументами на користь такого палива є те, що:

1. Це екологічно безпечне джерело енергії, оскільки CO_2 – нейтральним. У процесі росту сільськогосподарських рослин та дерев поглинається така ж кількість вуглекислого газу, яка виділяється при їхньому спалюванні.

2. Це місцевий вид палива, що поширений у сільськогосподарських районах та територіях з лісовим господарством та деревообробкою.

3. Солома є побічним продуктом виробництва зерна, а відходи від деревини формуються в процесі лісозаготівель та деревообробки, тому є відносно дешевими видами палива порівняно з традиційними.

Використання твердої біомаси в енергетиці України традиційно спрямоване на опалення будівель за допомогою різноманітних опалювальних пристроїв, таких як печі та котли, а також через котельні централізованих систем тепlopостачання.

Додаткове використання твердої біомаси передбачає комбіноване виробництво електроенергії та теплової енергії на теплоелектроцентралях, які можуть бути частиною промислових підприємств, або загальнодоступних теплоелектроцентралей, таких як муніципально-побутові теплоелектроцентралі. Ці теплоелектроцентралі виробляють електроенергію для введення в енергетичну систему країни, а отримана теплота використовується для задоволення технологічних потреб підприємств та для опалення будівель. Тепло також постачається через централізовані системи для опалення та гарячого водopостачання, обслуговуючи як житлові, так і громадські об'єкти.

Актуальним на сьогодні є розгляд можливостей використання потенціалу енергетичних культур як основи для виробництва твердого палива для автономних теплоенергетичних систем. При цьому раціональне використання природних ресурсів аграрного сектору передбачає збереження, охорону та відновлення ґрунтів, що відповідає концепції збалансованого розвитку та прямо впливає на екологічні аспекти та енергобезпеку нашої держави. Фактично, ефективне використання усіх категорій земельного фонду в господарській діяльності є раціональним та екологічно обґрунтованим землекористуванням. Дослідження з вирощування та використання біомаси енергетичних культур активно проводяться науковцями з різних наукових інститутів та спеціалізованих

університетів України протягом останніх двох десятиліть. Вирощування енергетичних культур здійснюється на маргінальних землях, які є деградованими або малопродуктивними, тобто на землях, що втратили свою сільськогосподарську категорію.

На сьогоднішній день, глобальна енергетична криза, необхідність слідування стратегії сталого розвитку, та вплив триваючої війни на території України настільки важливі, що вимагають конкретних державних та регіональних програм для їх вирішення. Питання енергетичної та екологічної безпеки є обов'язковими складовими національної безпеки й вирішення цих завдань сприяє забезпеченню сталих та комфортних умов проживання населення.

Сучасні воєнні реалії чітко вказують на вразливість енергосистеми, систем водопостачання та теплопостачання вітчизняної інфраструктури. Фактично, енергосистема продовжує роботу в надзвичайному режимі, що впливає як на електромережі, так і на генерацію електричної енергії [2]. Існує залежність від наявності та постачання природного палива та енергії для промислових та житлово-комунальних підприємств. Це вимагає раціональних, науково обґрунтованих та інноваційних підходів для їх вирішення [3].

Забезпечення енергетичної автономії, та навіть незалежності від зовнішніх факторів у функціонуванні систем тепло- та енергозабезпечення громадських установ, об'єктів соціальної сфери та приватних будинків включає в себе використання автономних джерел енергії, надаючи можливість вибору оптимального та економічно вигідного методу тепло- та енергопостачання для кожного споживача.

Пошук альтернативних видів палива, спроможних забезпечити автономність систем тепло- та енергозабезпечення, є необхідним і має сприяти виконанню принципів сталого розвитку, включаючи зменшення викидів парникових газів, скорочення використання викопного палива та раціональне використання природних ресурсів [4-6].

Актуальність розвитку та підтримки органами влади на всіх рівнях впровадження економічно вигідної господарської діяльності у сфері вирощування енергетичних культур як біомаси, альтернативного джерела палива, набуває особливої важливості в умовах триваючих конфліктів та наявності проблеми енергетичної залежності України від імпортованих енергоносіїв.

Використані інформаційні джерела:

1. *Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України / за заг. ред. С. О. Кудрі. Київ : Інститут відновлюваної енергетики НАН України, 2020. 84 с.*

2. <https://www.unian.ua/economics/energetics/ukrajina-ne-vstignepokrashchiti-stan-energetiki-do-zimi-u-chomu-prichina-12301731.html>

3. Голік Ю. С., Ілляш О. Е., Монастирський О. М., Чепурко Ю. В., Серга Т. М. Оцінка енергоресурсного потенціалу територіальних громад Полтавської області як складової енергетичної безпеки // *The 3rd International scientific and practical conference «Scientific research in the modern world» (January 12-14, 2023) Perfect Publishing, Toronto, Canada. 2023. P. 205–215.*

4. Чепурко Ю. В., Чепурко А. О. Тези доповідей XVII Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених і студентів «Екологічна безпека держави» 20 квітня 2023 року, Україна, Київ. 2023. С.42-43 (тези доповіді).

5. Єрохін Д. І. Єфименко В. С., Троценко Є. О. Тенденції виробництва і використання рослинного масла в якості електроізоляційної рідини // *Сучасні проблеми електроенергетехніки та автоматики : Міжнародний науково-технічний журнал молодих учених, аспірантів і студентів. 2015. С. 393–394.*

6. Абрамов В. Б., Проценко О. Р., Троценко Є. О. Огляд альтернатив заміни використання ізоляційної оливи у високовольтному електрообладнанні // *Технологічний аудит та резерви виробництва». 2016. № 1/1 (27). С. 42–49.*

*Швець К. С., магістрант,
Бойченко С. В., д. техн. наук, професор*

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

ОГЛЯД ВОДНЕВИХ ДЖЕРЕЛ В ЕНЕРГЕТИЦІ ТА ТРАНСПОРТІ

Воднева енергетика представляє собою зміну парадигми як для транспортного, так і для енергетичного секторів, з потенціалом для просування декарбонізації обох секторів шляхом їх об'єднання. Незважаючи на те, що транспортний сектор зараз має дуже низьку частку серед відновлюваної енергії, він зазнає фундаментальних змін, особливо в сегменті комерційних транспортних засобів, де з'являються транспортні засоби, що використовують в якості палива водень. Однією з головних проблем, пов'язаних з водневою енергетикою, є розробка та розгортання станції транспортування, зберігання та заправки. Відсутність належних методів синтезування та зберігання водню зменшує обсяги впровадження цього джерела альтернативної енергетики.

Ця публікація має на меті надати чіткі визначення та пояснення щодо відповідних аспектів водневої енергетики.

На сьогоднішній день можна зустріти різні методи синтезування водню, залежно від процедури та сировини. На основі розглянутих промислових комплексів можна виділити три основні види водню, що отримують та використовують в промисловості:

Зелений водень – відновлювані джерела енергії та практично нульові викиди. Зелений водень виробляється шляхом електролізу шляхом розщеплення молекул води на окремі елементи. Під час цього процесу виробляються лише водень і кисень. Кисень може безпечно викидатися в атмосферу як побічний продукт. Електроліз потребує електричної енергії, виробленої за допомогою відновлюваних джерел, як-от вітрової та сонячної енергії у випадку зеленого водню. На додаток до електролізу, зелений водень також можна виробляти шляхом парової конверсії біометану та піролізу біогенної сировини. Зелений водень – це найчистіший спосіб виробництва водню з найменшими (близькими до нуля) викидами CO₂.

Блакитний водень – паровий риформінг, уловлювання та зберігання вуглецю. Блакитний водень отримують шляхом розщеплення природного газу на водень і CO₂, наприклад, за допомогою парової конверсії метану (SMR). CO₂ не викидається в атмосферу, а вловлюється в процесі

ійзберігається. Цей процес уловлювання та зберігання вуглецю (CCS) пом'якшує вплив на навколишнє середовище.

Сірий водень – виробляється з викопного палива. Сірий водень виробляється подібно до блакитного водню з викопного палива, наприклад вугілля або природного газу. Однак викиди вуглецю викидаються в атмосферу, що робить цю технологію менш безпечною для навколишнього середовища.

Зберігання та розподіл водню. Після того, як водень вироблено та оброблено, його потрібно розподіляти та безпечно зберігати. Водень може фізично зберігатися в газоподібному або рідкому вигляді. Температура кипіння водню $-252,9$ °C. Через криогенну температуру кипіння рідкий водень потребує наднизького охолодження для безпечного зберігання або має бути органічно зв'язаним. Із іншого боку, газоподібний водень, який зберігається за нормальних температур, потребує розчинів під високим тиском для зберігання та транспортування, щоб досягти такої ж щільності енергії, як і криогенний водень. Істотною перевагою водню є те, що він може довго зберігатися без втрат у вигляді газу. Крім того, можна використовувати багато існуючої інфраструктури природного газу. Однак, водень має низьку об'ємну щільність енергії при атмосферному тиску порівняно з іншими носіями енергії, такими як природний газ або нафта. Газоподібний водень можна поширювати до точки використання або в резервуарах високого тиску, або по трубопроводу. Транспортування в резервуарах високого тиску стикається з проблемами, що й зберігання в посудинах високого тиску, й може бути полегшено за допомогою автомобільного, залізничного або морського транспорту. Це робить це рішення гнучким і придатним для досягнення будь-якої точки призначення без потреби в новій інфраструктурі. Також можна транспортувати водень трубопроводом, змішуючи водень із природним газом, щоб зменшити ризики та зменшити необхідні адаптації до трубопроводу, без їх заміни. Однак, якщо частка водню перевищує 40%, такі деталі, як компресори та турбіни, ймовірно, доведеться замінити, щоб впоратися з більшим об'ємним потоком водню. Зберігання та розподіл водню на місці є здійсненним, але вимагає концепції безпеки та випробувань перед введенням в експлуатацію. Проблеми в основному пов'язані з баками високого тиску, а також із самою системою заправної станції. Крім того, компанії повинні забезпечити цілісність компонентів, а також навчання співробітників безпечному поводженню з воднем.

Промисловість, мобільність, логістика. Амбітні цілі щодо декарбонізації та зростання цін на CO₂ змушують компанії шукати нові способи виробництва та живлення логістичних парків, потягів і транспортних засобів. Перехід на відновлювані джерела енергії з низьким рівнем викидів вимагає інноваційних ідей, які виходять за рамки теперішнього рівня розвитку енергетичного сектору. Особливо енергоємні

програми підприємств, важкі транспортні засоби та переробна промисловість потребуватимуть глобальних рішень, щоб здійснити перехід до чистої енергії. На сьогоднішній день нафтопереробка, виробництво аміаку, виробництво метанолу та виробництво сталі є основними споживачами водню. Більша частина водню досі постачається за допомогою викопного палива. Таким чином, існує величезний потенціал для скорочення викидів за допомогою водню з низьким вмістом вуглецю. Значна частка водню на основі викопного палива виробляється з використанням природного газу за допомогою парової конверсії метану. Модернізація цих існуючих виробничих потужностей технологією уловлювання та зберігання вуглецю є одним із способів декарбонізації використання водню в найближчій або середньостроковій перспективі. Очікується, що попит на аміак і метанол зросте протягом наступних кількох років, що дозволить постачальникам низьковуглецевого та екологічно чистого водню задовольнити зростаючий попит.

У довгостроковій перспективі виробництво сталі та інші високотемпературні галузі отримають прибуток від величезного потенціалу водню з низьким вмістом вуглецю. Однак через технологічну складність і велику кількість необхідної чистої енергії, галузь потребуватиме політичної підтримки та низьких цін на відновлювальну електроенергію, щоб отримати можливість декарбонізації.

Автомобілі на водневих паливних елементах і паливо з низьким вмістом вуглецю на основі водню сприятимуть декарбонізації транспортного сектору. Однак конкурентоспроможність електромобілів на паливних елементах (FCEV) залежить від ціни паливних елементів, інфраструктури заправних станцій і наявності водню з низьким вмістом вуглецю. Хоча ці фактори, ймовірно, уповільнять адаптацію FCEV у секторі особистого транспорту, потенціал водню величезний у комерційному та сільськогосподарському секторах. Для дорожньої логістики важливо буде знизити ціну на водень у місці використання. Таким чином, будівництво водневих станцій, які обслуговують невеликі автопарки комерційного транспорту, може допомогти забезпечити високий рівень використання заправних станцій і, таким чином, може стати способом розпочати будівництво інфраструктури.

Невеликі комерційні транспортні засоби, такі як вилкові навантажувачі з двигунами на водневому паливі, будуть хорошим вибором у регіонах, де водень доступний на місці, наприклад, на підприємствах логістики та виробництва сталі.

Судноплавство та авіація мають обмежені можливості для декарбонізації, окрім палива на основі водню. Водень може допомогти скоротити викиди в судноплавстві для досягнення екологічних цілей. Авіаційний сектор міг би використовувати рідке паливо на основі водню для декарбонізації.

Висновок. У цій статті було розглянуто парадигми водневої енергетики, декілька методів синтезу водню, проблематику зберігання, розподілу та масового впровадження використання водню в транспортній та промисловій галузі, варіанти використання водню в промисловості, транспортному секторі, логістиці.

Використані інформаційні джерела:

1. Al-Baghdadi, Maher. «An Overview of Hydrogen as an Alternative Fuel». *Encyclopedia*, 2020, Web.

2. Jankowski, Antoni, and Mirosław Kowalski. «Alternative fuel in the combustion process of combustion engines». *Journal of KONBiN*, vol. 48, no. 1, 2018, pp. 5581.

3. *Hydrogen services for clear future*. TUV SUD. [Online]. URL: <https://www.tuvsud.com/en/themes/hydrogen> (дата звернення 20.11.2023)

4. Pandey, Bhoopendra, et al. «Recent progress in thermochemical techniques to produce hydrogen gas from biomass: A state of the art review». *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 44, no. 47, 2019. Pp. 384–415.

Шишко Ю. В., к. т. н., доцент, Пінчук В. О., д. т. н., професор

*Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»,
м. Дніпро, Україна*

ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СПІЛЬНОГО СПАЛЮВАННЯ БІОМАСИ ТА ВУГІЛЛЯ В ВОДОГРІЙНИХ КОТЛАХ

Використання біомаси залишається актуальним і важливим аспектом сучасної світової енергетики з декількох причин. По-перше, біомаса, така як деревина, торф, багас, солома, а також енергетичні культури, представляють собою відновлювані ресурси, тому використання біомаси як палива сприяє зменшенню залежності від невідновлюваних джерел енергії, таких як газ, вугілля чи нафта. По-друге, спалювання біомаси в процесі генерації енергії може бути більш екологічно чистим порівняно з традиційними вугільними або нафтовими джерелами, оскільки, хоча при спалюванні біомаси й утворюється вуглецевий газ, його кількість дорівнює кількості CO₂, поглинутої рослинами в процесі фотосинтезу, тому в цілому баланс викидів вважається «нейтральним» або «вугільним нулем».

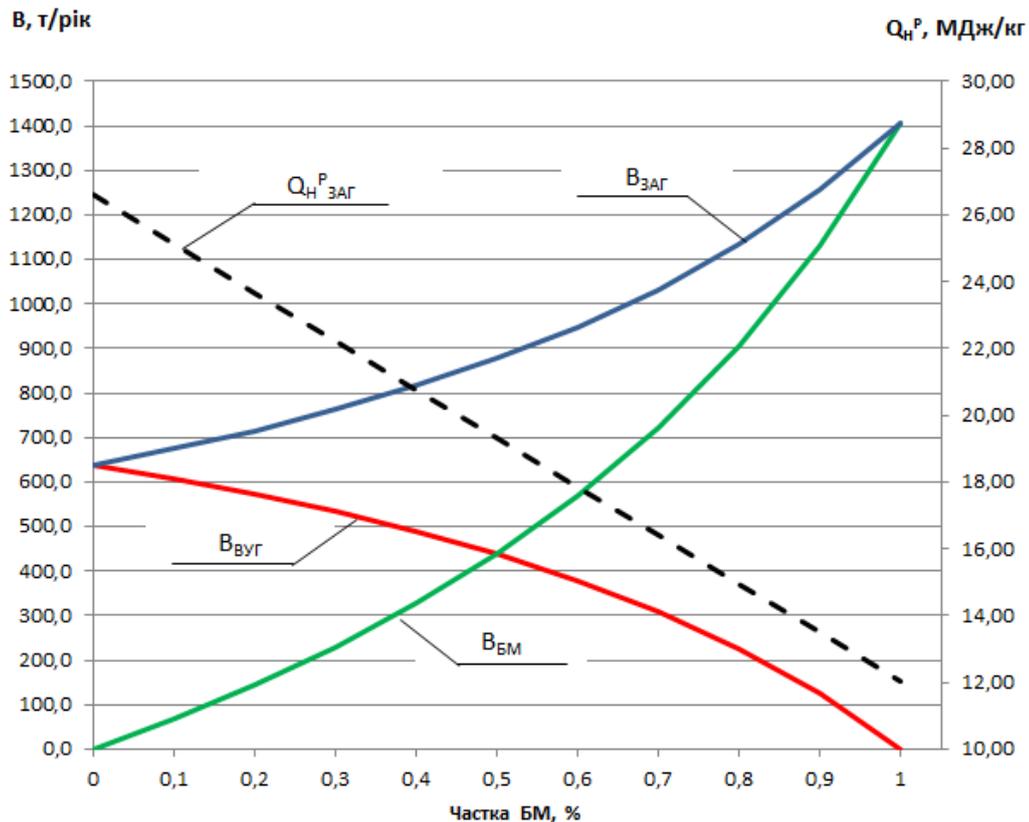
Розглядаючи можливі варіанти енергетичного використання біомаси, необхідно брати до уваги деякі специфічні особливості, які необхідно враховувати при виборі технічних рішень (наприклад, низьку насипну густину, сезонність надходження, низькі температури плавкості золи тощо). Одним з варіантів є спільне спалювання біомаси та вугілля в сучасних твердопаливних котлах. Для ефективного використання біомаси доцільно комбінувати її з бурим вугіллям марки Б1, так як вони є близькими за своїми енергетичними характеристиками, що спрощує вибір технічних рішень при сумісній термічній переробці.

Спільне спалювання бурого вугілля та відходів деревини в промислових водогрійних котлах може бути ефективним методом виробництва енергії, який сприяє зменшенню впливу на навколишнє середовище порівняно з традиційними методами спалювання вугілля.

Однак, важливо враховувати інженерні, екологічні та економічні аспекти при впровадженні такого методу. Тому в даній роботі було розглянуто, як змінюються викиди в атмосферу деяких забруднювальних речовин, таких як оксиди азоту, сірки і вуглецю та твердих частинок при спалюванні суміші бурого вугілля та відходів деревини в залежності від частки біомаси в суміші.

Розрахунки проводились за умови, що паливна суміш складається з бурого вугілля марки Б1 з теплотою згоряння 26,58 МДж/кг та відходів

деревини із усередненим складом і теплою згоряння 12,04 МДж/кг. Суміш спалюється у промисловому водогрійному твердопаливному котлі номінальною потужністю 1 МВт, фактичне завантаження котла складає 80%, термін роботи 5000 годин/рік. Частка деревини в суміші змінюється від 0 до 1, відповідно, для забезпечення постійної продуктивності котла змінюється витрата палива. Результати розрахунку втрати паливної суміші та її складових в залежності від частки відходів деревини наведені на рис. 1.



$Q_{н^р}^{ЗАГ}$ – нижча робоча теплота згоряння паливної суміші, МДж/кг;
 $V_{ВУГ}$ – витрата бурого вугілля, т/рік; $V_{БМ}$ – витрата відходів деревини, т/рік; $V_{СУМ}$ – витрата паливної суміші, т/рік.

Рисунок 1 – Витрата палива в котлі в залежності від частки біомаси в суміші

Аналіз наведених результатів показав, що при збільшенні частки біомаси в паливній суміші її теплота згоряння зменшується. За умови забезпечення постійного теплового навантаження котельного агрегату це призводить до збільшення витрати паливної суміші, при цьому витрата відходів деревини за умови повної заміни (1407,5 т/рік) буде більшою у порівнянні з витратою бурого вугілля (637,3 т/рік). Відповідно, валові викиди в атмосферу забруднювальних речовин також будуть змінюватися в залежності від частки біомаси в паливній суміші.

Визначення викидів забруднювальних речовин виконувалось розрахунковим методом відповідно до [1-3]. Розрахунки проводились із урахуванням індивідуальних характеристик палива, конкретних характеристик процесу спалювання та заходів щодо зниження викиду забруднювальної речовини.

Валовий викид забруднювальної речовини, що надходить у атмосферу з димовими газами котельного агрегату за певну кількість часів роботи у рік, визначалась таким чином:

$$M_j = \sum_i M_{ji} = 10^{-6} \cdot \sum_i k_{ji} \cdot B_i \cdot (Q_i^r)_i, \text{ т/рік}$$

M_{ji} – валовий викид j -ї забруднювальної речовини під час спалювання i -го палива за розрахунковий проміжок часу (рік), т/рік;

k_{ji} – показник емісії j -ї забруднювальної речовини для i -го палива, г/ГДж;

B_i – витрата i -го палива за розрахунковий проміжок часу (рік), т/рік;

$(Q_i^r)_i$ – нижча робоча теплота згоряння i -го палива, МДж/кг.

Показники емісії забруднювальних речовин визначалися для кожної речовини окремо відповідно до методики, наведеної в [3].

Результати розрахунків валових викидів оксиди азоту, сірки й вуглецю та твердих частинок при спалюванні суміші бурого вугілля і відходів деревини в залежності від частки біомаси в суміші наведені на рисунках 2 та 3.

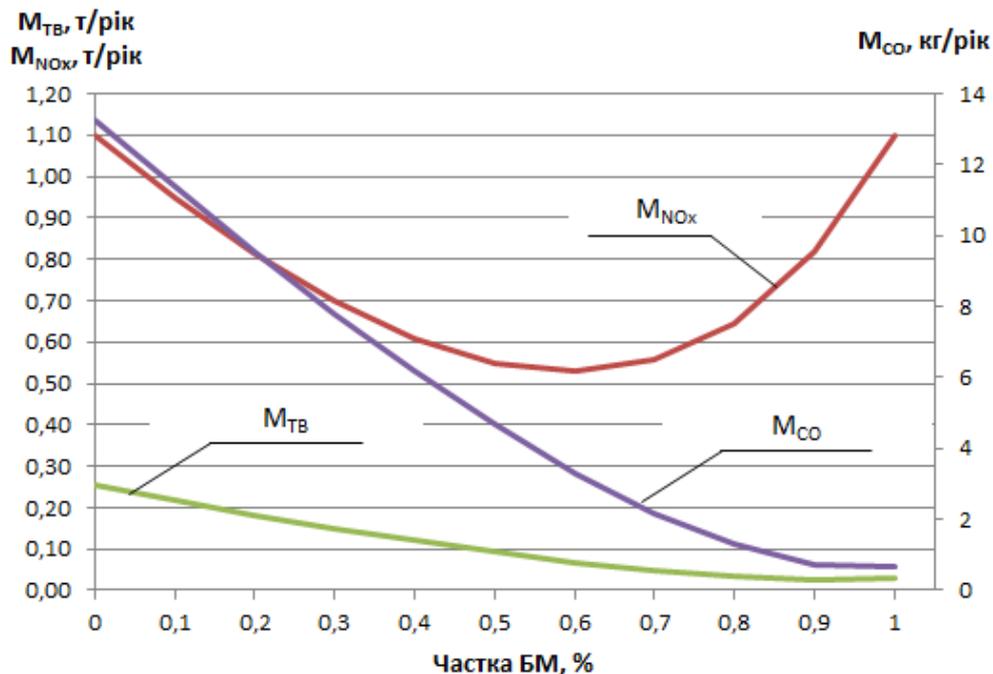


Рисунок 2 – Валові викиди оксидів азоту, оксиду вуглецю та твердих частинок у залежності від частки біомаси в суміші

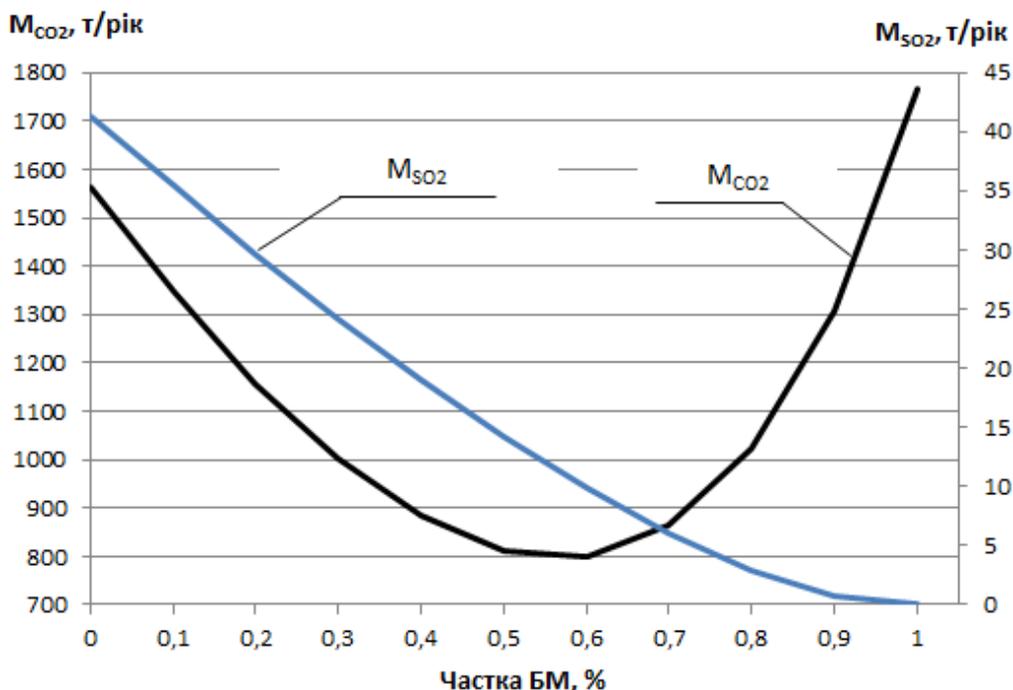


Рисунок 3 – Валові викиди діоксидів вуглецю та сірки в залежності від частки біомаси в суміші

Результати розрахунків показали, що спільне спалювання відходів деревини з бурим вугіллям призводить до стійкого зменшення кількості таких забруднювальних речовин як оксид вуглецю, діоксид сірки та тверді частинки при збільшенні частки біомаси в паливній суміші. Але валові викиди оксидів азоту та діоксиду вуглецю при спалюванні чистої біомаси практично не відрізняються від аналогічних показників при спалюванні бурого вугілля, натомість мінімальні значення викидів цих забруднювальних речовин спостерігаються вмісті відходів деревини в суміші на рівні 0,5-0,6.

Використані інформаційні джерела:

1. *Greenhouse Gas Inventory Guidance Direct Emissions from Stationary Combustion Sources / U.S. EPA Center for Corporate Climate Leadership's. December 2020.*
2. *CO₂ Emissions from Stationary Combustion of Fossil Fuels / Tim Simmons (Avonlog Limited, UK). 2000.*
3. *Міністерство палива та енергетики України. ГКД 34.02.305-2002. Викиди забруднювальних речовин в атмосферу від енергетичних установок. Методика визначення. Київ, 2002 (Чинний вид 01.07.2002).*

*Юрко В. В., Ph.D., викладач теплотехнічних дисциплін
Відокремлений структурний підрозділ «Миргородський фаховий коледж
імені Миколи Гоголя Національного університету «Полтавська
політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Миргород, Україна*

ТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕРОБКИ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ ІЗ ГЕНЕРАЦІЄЮ ТЕПЛОВОЇ ТА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

В Україні тверді побутові відходи (ТПВ) утворюються у кількості 10 млн. т/рік. За рідкісним винятком, відходи не сортуються, їх вологість, залежно від сезону та погоди, знаходиться в межах 30-50%. Складування ТПВ на звалищах призводить до забруднення водного та повітряного басейнів, поширення хвороботворних мікроорганізмів, гризунів. У статті наведені результати розрахунків, які показують, що після сортування із ТПВ металу та негорючих відходів (пісок, глина, каміння та ін.) при спалюванні ТПВ у повітрі, нагрітому продуктами горіння в рекуператорі до 450 °С, розвивається температура горіння більше 900 °С без добавки палива, достатня для повного вигорання паливної частини та подальшого очищення газу від шкідливих органічних домішок. Тепловий потенціал димових газів дозволяє, залежно від початкової вологості, виробити на 1 т ТПВ від 6,0 до 8,6 ГДж теплоенергії у вигляді пари або гарячої води або виробити від 0,32 до 0,47 МВт·год електроенергії.

Мета роботи – визначити можливий виробіток теплової та електричної енергії завдяки екологічно безпечній переробці ТПВ при різній їх вихідній вологості на 1000 кг ТПВ із відбором частини негорючих складових (А) і на 1000 кг ТПВ до сортування (Б).

ТПВ – це багатокомпонентні за морфологічним складом суміші зі змінною вологістю, яка залежить від сезону та погоди. ТПВ утворюються як у житлових масивах, так і в офісах, на підприємствах, у сфері торгівлі та громадського харчування. На одного середньостатистичного мешканця України утворюється близько 300 кг ТПВ на рік. Кількість відходів, що утворюються, і вміст у них горючих складових (органічні сполуки, макулатура, пластик та ін.) постійно збільшується [1].

У країнах СНД, за рідкісними винятками, роздільний збір ТПВ відсутній. Частково вибірка чистої макулатури, ПЕТ-пляшок, металу здійснюється стихійно із придворового збору сміття.

У складі ТПВ, поряд із негорючими відходами (пісок, глина, каміння, метал, скло та ін.) та вологою, є горючі складові, що містять вуглець, водень у складі органічних сполук, які, за певних умов, можуть бути спалені практично повністю. Продукти горіння є вторинними енергоресурсами. Тепловий потенціал диму в котлах-утилізаторах

використовується для виробництва теплоенергії для опалення та гарячого водопостачання. У свою чергу, теплоенергія у вигляді пари енергетичних параметрів може бути використана для генерації електроенергії.

Як вихідні дані для розрахунку теплового потенціалу прийнятий орієнтований склад ТПВ за даними [2, 3].

Теплотворна здатність паливної частини ТПВ прийнята 22,1 МДж /кг [3].

Умовами найбільш енергетично ефективного процесу спалювання ТПВ є:

- відбір при сортуванні максимальної кількості негорючих відходів;
- роздільне сортування ТПВ;
- нагрівання повітря для спалювання горючих частин ТПВ до температури щонайменше 400 °С.

Технічні рішення щодо сортування з відсіванням дрібних фракцій та відбором металу та негорючих фракцій на конвеєрі, технологію спалювання ТПВ у нагрітому продуктах горіння повітря з утилізацією тепла та очищенням газу до нормативного вмісту шкідливих речовин в Україні освоєно рядом науково-дослідних інститутів.

Із урахуванням теплового балансу зони горіння ТПВ при різній вологості після сортування на 1000 кг відсортованих ТПВ результати розрахунків представлені у таблицях 1 і 2. Для уніфікації, кількість повітря, що підсмоктується, прийнято у всіх варіантах для отримання температури продуктів горіння 950 °С. Ця температура, з наявного багаторічного досвіду, гарантує повне вигорання горючих складових ТПВ, а також забезпечує подальше очищення продуктів горіння від шкідливих органічних домішок.

У технології переробки ТПВ передбачається 6-ступенева газоочистка продуктів горіння, яка гарантовано забезпечує вміст шкідливих речовин, включаючи діоксини і фурани, відповідно до Європейських норм.

Розрахунки горіння ТПВ у холодному повітрі показали, що без додаткового палива ТПВ горить тільки при вологості менше 35%, яка спостерігається не більше 20% календарного часу.

Проведені розрахунки теплових балансів процесу горіння відсортованих ТПВ при вологості 30%, 40 % та 50% показали потенційно можливий виробіток теплової енергії для подальшої її трансформації у потрібний вид енергії.

У таблиці 1 представлено можливе вироблення теплоенергії при різній вихідній вологості та ККД котла-утилізатора 88%, МДж на 1000 кг ТПВ із відбором частини негорючих складових (А) і на 1000 кг ТПВ до сортування (Б).

Таблиця 1 – **Можливе вироблення теплоенергії при спалюванні ТПВ залежно від початкової вологості**

Вихідна вологість, %	30	40	50
А МДж/1000кг	12778,5	10584,6	8823,8
Б МДж/1000кг	8671,5	7182,7	5987,8

Розрахунки горіння ТПВ в холодному повітрі показали, що без використання додаткового палива ТПВ горять лише при вологості менше 35 %. Така вологість у ТПВ спостерігається не більше 20% календарного часу.

Тепловий потенціал димових газів у МДж/1000кг при різній вихідній вологості ТПВ за вирахуванням тепла, яке необхідне для нагріву повітря горіння, наведений у таблиці 2.

Таблиця 2 – **Тепловий потенціал димових газів при спалюванні ТПВ у залежності від вихідної вологості**

Вихідна вологість	Продукти горіння горючої складової при 950 °С		Пар випаруваної вологи при 950 °С		Повітря, що підсмоктується при 950 °С		Всього Σ 1-3	
	нм ³	МДж	нм ³	МДж	нм ³	МДж	нм ³	МДж
30	5772,7	9433	373,1	1294	2321	3794	8466,8	14521
40	4933,5	8061	497,5	1726	1371	2241	6802	12028
50	4123	6737	621,9	2157	693	1133	5437,9	10027

У таблиці 3 при різній вихідній вологості представлена вироблення електроенергії при ККД котла-утилізатора 78% і ККД парогенератора 27%, виходячи з параметрів пари: тиск 4,0 МПа, температура перегрітої пари 420°С на 1000 кг ТПВ після відбору частини негорючих складових (А) та на 1000 кг ТПВ до сортування (Б).

Таблиця 3 – **Можливе вироблення електроенергії при спалюванні ТПВ залежно від початкової вологості**

Вихідна вологість, %	30	40	50
А кВт · год / 1000кг	689	566,1	471,7
Б кВт · год / 1000кг	467,6	384,2	320,1

Висновки. Екологічно безпечна переробка ТПВ дозволяє виробляти теплову та (або) електричну енергію за початкової вологості до 50 % без використання викопного палива. Відповідно до наведених розрахунків, на 1 т ТПВ, завезених для переробки, можна отримувати до 8,7 ГДж теплоенергії або до 0,47 МВт електроенергії. Можливо, також отримувати спільно теплову та електричну енергію у будь-якому співвідношенні для конкретних умов. Враховуючи проблеми, пов'язані з захороненням, утилізація ТПВ, як джерело відновлюваної енергії без використання

викопного палива, робить процес переробки ТПВ за запропонованою технологією особливо актуальним.

Використані інформаційні джерела:

1. Ільїних Г. В., Слюсар Н. М., Коротаєв В. М. Морфологічний склад відходів: Основні тенденції зміни // *Тверді побутові відходи*. 2011. №8. С.38–41.

2. Абрамов Н. Ф., Архіпов С. В., Карелін М. В., Жилінська Я. А. Відходи мегаполісу: морфологічний та фракційний склад // *Тверді побутові відходи*. 2009. №9. С. 42–45.

3. Жуховицький В.Б., Меллер В. Я., Тугов А. М. Утилізація твердих побутових відходів. Днепропетровск : «Свидлер А.Л.», 2011. С. 546.

З М І С Т

УПРАВЛІННЯ ГЛОБАЛЬНОЮ ТА РЕГІОНАЛЬНОЮ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ Й ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ

Iliash O., Hanoshenko O., Allesch A., Huber-Humer M. INTERNATIONAL COOPERATION IN THE CONTEXT OF THE JOINT UKRAINIAN-AUTRIAN PROJECT «SOLID MUNICIPAL WASTE COMPOSITION RESEARCH AND ITS RESOURCE POTENTIAL».....	3
Rozhko V., Dudar T. REMOTE MAPPING OF URBAN HEAT ISLANDS: THE CITY OF KYIV CASE STUDY.....	6
Sawicka B., Krochmal-Marczak B., Vambol S., Vambol V. RELEVANCE OF THE PROBLEM OF RISKS ASSOCIATED WITH WASTE ACCUMULATION.....	10
Shkil S.O., Khlivetska U.P. ENVIRONMENTAL ASPECTS OF APPLICATION OF RESOURCE- SAVING TECHNOLOGIES.....	13
Безсонний В. Л., Некос А. Н. МОНІТОРИНГ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД ВІДПОВІДНО ДО ВОДНОЇ РАМКОВОЇ ДИРЕКТИВИ – ДОСВІД НІМЕЧЧИНИ.....	16
Бредун В. І., Єфремов А.В. ДОВОЄННІ ПОКАЗНИКИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ КРЕМЕНЧУЦЬКОГО РАЙОНУ.....	20
Бредун В. І., Карпенко О. В. ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЛОГІСТИЧНОЇ СКЛАДОВОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ КОТЕЛЄВСЬКОЇ ТГ.....	24
Бредун В. І., Кошелєв М. В. ПРОГНОЗ РОЗВИТКУ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ ДИКАНСЬКОЇ ТГ.....	27
Бунякіна Н. В., Бурда А. Ю., Дрючко О. Г. ОЦІНКА ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ МІСТА ПОЛТАВИ ЗА ФІЗІОЛОГІЧНОЮ ПОВНОЦІННІСТЮ МІНЕРАЛЬНОГО СКЛАДУ.....	30
Вамболь В. В., Горобець Д. О. НАФТОШЛАМАМИ ВІД ПЕРЕРОБКИ ГАЗУ – ПРОБЛЕМА ЧИ РЕСУРС.....	33
Галактіонов М. С., Бредун В. І. ОСОБЛИВОСТІ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ м. КРИВИЙ РІГ.....	37
Ганошенко О. М., Ганошенко Г. В. АНАЛІЗ НАСЛІДКІВ ВПЛИВУ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ НА КОМПОНЕНТИ ДОВКІЛЛЯ УКРАЇНИ.....	41

Гржегоржевська М. О., Карлащук С. В. ДОСВІД ВИКОРИСТАННЯ LCA МЕТОДУ ДЛЯ ОБ'ЄКТІВ ЯДЕРНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ.....	45
Довбик А. Ю., Маркіна Л. М., Власенко О. В. ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ВІДХОДІВ.....	49
Іващенко Т. Г., Громова І. Ю., Печений В. Л., Салімов Е. КОНЦЕПТУАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ПОБУДОВИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ ЩОДО ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ.....	52
Ілляш О. Е., Бредун В. І. КРИТЕРІЇ ТИПІЗАЦІЇ ГРОМАД ПРИ ДОСЛІДЖЕННЯХ МОРФОЛОГІЧНОГО СКЛАДУ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ.....	55
Ілляш О. Е., Серга Т. М., Бредун В. І., Чепурко Ю. В. ДОСЛІДЖЕННЯ МОРФОЛОГІЧНОГО СКЛАДУ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ СЕЛИЩА КОТЕЛЬВА ПОЛТАВСЬКОГО РАЙОНУ ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	58
Ілляш О. Е., Шведюк А. С. АНАЛІЗ ЕКОЛОГО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ АСПЕКТІВ МЕТОДУ БЕЗАМБАРНОГО БУРІННЯ.....	61
Ільїна А. О. РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМЕЛЬ СІЛЬСЬКО- ГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МИКОЛАЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	64
Максюта Н. М. ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ЗЕЛЕНИЙ КУРС ЯК ІНСТРУМЕНТ ЄВРОІНТЕГРАЦІЇ ТА ВІДБУДОВИ УКРАЇНИ.....	67
Нестеренко А. М., Скляр В. Г., Скляр Ю. Л. ДІЯЛЬНІСТЬ СЛУЖБИ ДЕРЖАВНОЇ ОХОРОНИ В ПРИРОДНОМУ ЗАПОВІДНИКУ «МИХАЙЛІВСЬКА ЦІЛИНА» ЯК СКЛАДОВА ЗАХОДІВ ЗІ ЗБЕРЕЖЕННЯ УНІКАЛЬНИХ ПРИРОДНИХ КОМПЛЕКСІВ.....	70
Нонік Л., Пацева І. ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА СОЦІОЕКОЛОГІЧНИХ ПРИНЦИПІВ УПРАВЛІННЯ ТВЕРДИМИ ПОБУТОВИМИ ВІДХОДАМИ В УКРАЇНІ ТА ЄВРОПІ.....	73
Панкова О. В., Харченко С. О., Сировицький К. Г. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ В АГРАРНОМУ СЕКТОРІ.....	77
Петрук Р. В., Іщенко В. А., Петрук В. Г., Гавадза С. В. ІНТЕГРОВАНЕ УПРАВЛІННЯ ПОСТМАЙНІНГОМ БАГАТОТОННАЖНИХ ВІДХОДІВ ВІННИЧЧИНИ.....	80

Петрушка І. М., Мороз О. І., Кузь О. Н., Петрушка К. І. ПРОГНОЗУВАННЯ МІГРАЦІЇ ОКСИДІВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ГРУНТІ ВНАСЛІДОК ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ В УКРАЇНІ.....	83
Петрушка І. М., Петрушка К. І., Голдрич А. І. ПРОГНОЗУВАННЯ ВПЛИВУ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ НА ГРУНТОВЕ СЕРЕДОВИЩЕ.....	88
Прокопенко Н. В. ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМИ УТИЛІЗАЦІЇ СЕЗОННИХ ВІДХОДІВ ЗЕЛЕНИХ ЗОН МІСТА.....	91
Сафранов Т. А. ОЗНАКИ МОЖЛИВОЇ НАЯВНОСТІ ДІОКСИДІВ У ПИТНИХ ВОДАХ ОКРЕМИХ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ.....	94
Смоляр Н.О., Бездудний В.В. АНАЛІЗ КІЛЬКІСНИХ І ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ ПРИРОДНО- ЗАПОВІДНОЇ МЕРЕЖІ ПОЛТАВСЬКОЇ ГРОМАДИ (УКРАЇНА).....	98
Смоляр Н.О., Бондар С. О. ПЕРСПЕКТИВИ ОХОРОНИ ПРИРОДНИХ КОМПЛЕКСІВ І РАРИТЕТНОГО БІОРІЗНОМАНІТТЯ В ОКОЛИЦЯХ с. НИЖНІ МЛИНИ ПІД ПОЛТАВОЮ.....	101
Смоляр Н. О., Кулікова В. В. ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ЗЕЛЕНИЙ КУРС – БАЗИС ДЛЯ ПОВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ ТА МОДЕРНІЗАЦІЇ УКРАЇНСЬКИХ МІСТ.....	106
Титаренко Л. М., Гаврилюк М. М. ТЕМПЕРАТУРНИЙ РЕЖИМ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ТА ДИНАМІКА ОПАДІВ НА ТЕРИТОРІЇ ЧЕРКАСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	110
Тітова А. О., Андрєєв В. Г., Ригас Т. Є., Шмандій В. М. АНАЛІЗ ПОТЕНЦІЙНИХ ЗАБРУДНЮВАЧІВ ДОВКІЛЛЯ В РАЙОНІ РОЗТАШУВАННЯ СМІТТЄЗВАЛИЩА.....	114
Тодчук Д. В., Маркіна Л. М., Власенко О. В. ДИНАМІКА ЗМІНИ ВИКИДІВ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ В УКРАЇНІ.....	117
Трохименко Г. Г., Магась Н. І., Клочко В. І. АНАЛІЗ ВПЛИВУ РУЙНУВАННЯ ГРЕБЛІ КАХОВСЬКОЇ ГЕС НА ГІДРОСИСТЕМУ РІЧКИ ІНГУЛЕЦЬ У МЕЖАХ МИКОЛАЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	120
Харламова О. В., Петряшев І. І., Мланюк Н. І. АНАЛІЗ СТАНУ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ м. КРЕМЕНЧУК ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ІНДИКАТОРІВ СТАЛОГО РОЗВИТКУ.....	124
Чугай А. В., Недострелов М. В., Согніченко О. В. ОЦІНКА ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ВОДНІ ОБ'ЄКТИ РЕГІОНІВ ЗАХІДНОЇ УКРАЇНИ У ДОВОЄННИЙ ПЕРІОД.....	127
Шара С. Ю. УНІКАЛЬНІСТЬ КРЕМЕНЧУЦЬКОГО ВОДОСХОВИЩА ТА ЙОГО ЗНАЧЕННЯ В ВОДОГОСПОДАРСЬКОМУ КОМПЛЕКСІ УКРАЇНИ...	130

Юзефович С. В., Харламова О. В., Шмандій В. М. ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОЇ СВІДОМОСТІ НАСЕЛЕННЯ НА ОСНОВІ РЕЗУЛЬТАТІВ ОПИТУВАННЯ РЕСПОНДЕНТІВ ЗАКЛАДУ ВИЩОЇ ОСВІТИ.....	134
--	-----

ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ

Гамза Д. А., Мовчан В. В. ПЕРЕДУМОВИ ЗАПОВІДАННЯ КЛЮЧОВОЇ ДІЛЯНКИ ДОЛИННИХ ЛАНДШАФТІВ У СЕРЕДНЬЙ ТЕЧІЇ РІЧКИ ХОРОЛ	137
Годована П. Д., Смоляр Н. О. МЕТОДИ ТА ШЛЯХИ УТИЛІЗАЦІЇ СОНЯШНИКОВОГО ЛУШПИННЯ.....	141
Голік Ю. С., Ілляш О. Е., Чепурко Ю. В., Серга Т. М. АНАЛІЗ МОРФОЛОГІЧНОГО СКЛАДУ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ ОКРЕМИХ МІСТ УКРАЇНИ.....	143
Голік Ю. С., Погорелов А. С. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ДРІБНИХ ПИЛОВИХ ЧАСТИНОК У ПОВІТРІ ПРИМІЩЕННЯ ТА АТМОСФЕРІ.....	147
Громова І. Ю., Куракова Н. О. СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПОВОДЖЕННЯ З ДЖЕРЕЛАМИ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ПРИРОДНОГО ПОХОДЖЕННЯ.....	153
Ілляш О. Е., Істоміна Ю. А. АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНИХ ТА КОНСТРУКТИВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЕРТИКАЛЬНОГО ЗЕЛЕНОГО ОЗДОБЛЕННЯ БУДІВЕЛЬ.....	156
Катков М. В., Нурмакова С. М., Кезембаєва Г. Б. СУЛЬФАТНО-ХЛОРИДНИЙ АЛЮМОЗАЛІЗОВИЙ КОАГУЛЯНТ ІЗ НЕКОНДИЦІЙНОГО БОКСИТУ.....	159
Костенко В. К., Богомаз О. П., Таврель М. І., Глушко І. О. ПОКРАЩЕННЯ ВОДОПРОНИКЛИВОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ҐРУНТІВ ДОДАВАННЯМ ТВЕРДИХ ВІДХОДІВ ПІРНИЦТВА.....	162
Красовський С. А. БІОЛОГІЧНА РЕКУЛЬТИВАЦІЯ ЯК МЕТОД ПІСЛЯВОЄННОЇ ЕКОЛОГІЧНОЇ ВІДБУДОВИ УКРАЇНИ.....	167
Кривошея-Захарова О. М. ЕКОЛОГІЧНЕ ТА СОЗОЛОГІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ДІАТОМОВИХ ВОДОРОСТЕЙ НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ «ГЕТЬМАНСЬКИЙ».....	170
Крот О. П., Пуховой О. В. ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ФОСФОГІПСУ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	173

Куберський І., Бойченко С., Шкільнюк І., Бабатунде Олаолува Олуфемі ПІРОКОНДЕНСАТ – СИНТЕТИЧНЕ ДЖЕРЕЛО ДЛЯ НАФТОХІМІЧНОГО СИНТЕЗУ.....	177
Курочка А. В., Мовчан В. В. СТВОРЕННЯ ЛАНДШАФТНОГО ЗАКАЗНИКА НА МЕЖИРІЧЧІ ХОРОЛУ ТА СУЛИ БІЛЯ СЕЛА БЕРЕЗОВА ЛУКА.....	180
Мальований М. С., Бордун І.М., Тимчук І. С., Жук В. М. КОМПЛЕКСНА ТЕХНОЛОГІЯ ВІДНОВЛЕННЯ ТА РЕАБІЛІТАЦІЇ ПОШКОДЖЕНИХ ЗЕМЕЛЬ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ СУБСТРАТІВ, КАПСУЛЬОВАНИХ ДОБРІВ ТА ПРИРОДНИХ СОРБЕНТІВ.....	184
Павличенко А. В., Нікітенко І. С., Гайдай О. А. АКТУАЛЬНІ РОЗРОБКИ У ГАЛУЗІ ТЕХНОЛОГІЙ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ «ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»....	186
Петров В. В., Дятел О. О. ОЧИЩЕННЯ ВОДИ ЯК СТРАТЕГІЧНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ ЗАХІД.....	190
Солодовник А. О., Чоповенко Н. В. СЕЗОННЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ШУМОПОГЛИНАННЯ МІСЬКИХ ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕНЬ.....	193
Степова О. В., Степовий Є. Б., Степовий Д. Є., Жабський С. М. РОЗРАХУНОК ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ ДІЛЯНКИ НАФТОПРОВОДУ ЗА ФАКТОРОМ БІОКОРОЗІЇ.....	196
Степова О. В., Тристан А. А. АНАЛІЗ ЕНЕРГО- ТА РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ АСПЕКТІВ ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ З ВІДХОДІВ ТВАРИННИЦТВА.....	198
Сушко З. Л., Ковров О. С. ВПЛИВ ЦИНКУ НА РОСТОВІ ПОКАЗНИКИ РОСЛИН- ФІТОРЕМЕДІАНТІВ.....	202
Черняк Л. М., Міхєєв О. М., Дмитруха Т. І., Проскурня О. І., Манєцькі Т. ФІТОРЕМЕДІАЦІЙНЕ ВІДНОВЛЕННЯ ҐРУНТІВ, ЗАБРУДНЕНИХ РІЗНИМИ ВИДАМИ НАФТОПРОДУКТІВ.....	205
КОМПЛЕКСНІ РІШЕННЯ В ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННІ ТА НЕТРАДИЦІЙНІ Й ВІДНОВЛЮВАЛЬНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ	
Adamski M., Bargłowski L., Zhelykh V., Furdas Yu. ENERGY BALANCES OF BUILDINGS INCLUDING RENEWABLE ENERGY SOURCES.....	208
Trachuk A. R. ANALYSIS OF KEY FACTORS INFLUENCING THE DEVELOPMENT OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN UKRAINE.....	212

Vambol S. O., Vambol V. V., Mezentsev I. O., Liu Yujun WASTE ENERGY CAPACITY FOR ENERGY PRODUCTION.....	215
Голік Ю. С., Кутний Б. А., Гузик Д. В., Чернецька І. В., Чепурко Ю. В., Серга Т. М., Михайлюк С. М., Грікіс С. А. НОВІ ЛАБОРАТОРНІ СТЕНДИ КАФЕДР ТЕПЛОГАЗО- ПОСТАЧАННЯ, ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ Й ПРИКЛАДНОЇ ЕКОЛОГІЇ ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ.....	218
Дейвіс М. О., Бойченко С. В. НЕОБХІДНІСТЬ АКТИВНОГО РОЗВИТКУ ВОДНЕВОГО НАПРЯМУ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ.....	223
Докшина С. Ю., Розен В. П. КЛАСТЕРНІ ЦЕНТРОЇДИ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ ЗА ХАРАКТЕРОМ ОПАЛЕННЯ.....	226
Дубовик В. Г., Городецький В. Г., Пермяков В. М., Коссе І. А. МОЖЛИВОСТІ ПАКЕТНОЇ ПЕРЕДАЧІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ.....	230
Зайченко С. В., Жукова Н. І., Трачук А. І., Ткаченко Д. В. ЗАСАДИ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНИХ АСПЕКТІВ ЗАСТОСУВАННЯ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В УКРАЇНІ.....	235
Кремньов В. О., Беляєв Г. В., Жуков К. Л., Корбут Н. С., Стецюк В. Г., Тимошенко А. В. ДЕРЕВНЕ ПАЛИВО В УКРАЇНІ – ДОСВІД МИНУЛОГО ЯК АКТУАЛЬНИЙ ПРИКЛАД СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ.....	238
Кутний Б. А., Євтушенко Е. О. ПЕРСПЕКТИВИ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВІЙНИ.....	242
Пінчук В. О., Шишко Ю. В. ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ СИСТЕМ ЕЛЕКТРООПАЛЕННЯ З НАГРІВАЧАМИ ПРЯМОГО НАГРІВАННЯ.....	245
Чепурко А. О., Троценко Є. О. ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦІАЛУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ВІДХОДІВ У ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЦІ.....	248
Швець К. С., Бойченко С. В. ОГЛЯД ВОДНЕВИХ ДЖЕРЕЛ В ЕНЕРГЕТИЦІ ТА ТРАНСПОРТІ.....	252
Шишко Ю. В., Пінчук В. О. ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СПІЛЬНОГО СПАЛЮВАННЯ БІОМАСИ ТА ВУГІЛЛЯ В ВОДОГРІЙНИХ КОТЛАХ.....	256
Юрко В. В. ТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕРОБКИ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ ІЗ ГЕНЕРАЦІЄЮ ТЕПЛОВОЇ ТА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ.....	260

*Електронне наукове видання
комбінованого використання.
Можна використовувати в локальному та мережовому режимах.*

**IV Міжнародна науково-практична конференція
«Екологія. Довкілля. Енергозбереження»
7-8 грудня 2023 року**

ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ
IV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Довкілля. Енергозбереження»
(Україна, Полтава, 7-8 грудня 2023 року)

Комп'ютерна верстка та
редагування

Наталія СМОЛЯР

Відповідальна за видання
завідувачка кафедри прикладної екології
та природокористування

Оксана ІЛЛЯШ

Обл.-вид. арк. 16,88

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.
