

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

# «ПРОБЛЕМИ ТЕХНОГЕННО-ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ В СФЕРІ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ»



Збірник матеріалів  
Всеукраїнської науково-практичної конференції  
8-9 грудня 2022 року

Харків 2022



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

---



Всеукраїнська  
науково-практична конференція

**Проблеми  
техногенно-  
екологічної  
безпеки в сфері  
цивільного захисту**

**МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ**

Харків  
8-9 грудня 2022 року

## *Організаційний комітет*

### **Голова організаційного комітету:**

**Садковий Володимир**, доктор наук з державного управління, професор, Національний університет цивільного захисту України ДСНС (м. Харків).

### **Заступник голови організаційного комітету:**

**Андронов Володимир**, доктор технічних наук, професор, Національний університет цивільного захисту України ДСНС (м. Харків).

### **Члени організаційного комітету:**

**Гурець Лариса**, доктор технічних наук, професор, Сумський державний університет МОН України (м. Суми);

**Козуля Тетяна**, доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» МОН України (м. Харків);

**Кондратенко Олександр**, доктор технічних наук, доцент, Національний університет цивільного захисту України ДСНС (м. Харків);

**Крот Ольга**, доктор технічних наук, доцент, Харківський національний університет будівництва та архітектури МОН України (м. Харків);

**Парсаданов Ігор**, доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» МОН України (м. Харків);

**Пономаренко Роман**, доктор технічних наук, професор, Національний університет цивільного захисту України ДСНС (м. Харків);

**Соловей Віктор**, доктор технічних наук, професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет МОН України (м. Харків);

**Строков Олександр**, доктор технічних наук, професор, Класичний приватний університет (м. Запоріжжя);

**Цибуля Сергій**, доктор технічних наук, професор, Національний університет «Чернігівська політехніка» МОН України (м. Чернігів);

**Шмандій Володимир**, доктор технічних наук, професор, Кременчуцький національний університет ім. Михайла Остроградського МОН України (м. Кременчук);

**Біловол Ганна**, кандидат технічних наук, доцент, Український державний університет залізничного транспорту МОН України (м. Харків);

**Колосков Володимир**, кандидат технічних наук, доцент, Національний університет цивільного захисту України ДСНС (м. Харків);

**Колоскова Ганна**, кандидат технічних наук, доцент, Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» МОН України (м. Харків);

**Лєвтерєв Антон**, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України (м. Харків);

**Метельєв Олександр**, кандидат технічних наук, доцент, Національний університет цивільного захисту України ДСНС (м. Харків).

### **Відповідальний секретар:**

**Горносталь Стелла**, кандидат технічних наук, доцент, Національний університет цивільного захисту України ДСНС (м. Харків).

**Проблеми техногенно-екологічної безпеки в сфері цивільного захисту:** Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції. – Харків: Національний університет цивільного захисту України, 2022. – 257 с.

У збірник включено матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «**Проблеми техногенно-екологічної безпеки в сфері цивільного захисту**», яка відбулася в Національному університеті цивільного захисту України, за такими тематичними напрямками: актуальні питання оцінки параметрів екобезпечного стану компонентів навколишнього природного середовища, актуальні питання управління рівнем екологічної безпеки техногенних об'єктів, актуальні питання розробки та впровадження технологій захисту навколишнього середовища, інформаційні технології на захисті компонентів довкілля, соціально-економічні та правові аспекти захисту компонентів довкілля, захист компонентів довкілля при надзвичайних ситуаціях.

**Укладачі не несуть відповідальності за зміст опублікованих матеріалів**  
*Рекомендовано до друку вченою радою факультету техногенно-екологічної безпеки*  
*(протокол № 5 від 23.11.2022 року).*



### **Шановні колеги!**

Маю за честь вітати всіх учасників Всеукраїнської науково - практичної конференції «ПРОБЛЕМИ ТЕХНОГЕННО - ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ В СФЕРІ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ».

В умовах повномасштабної російської військової агресії перед Україною постали серйозні виклики у сфері забезпечення безпеки населення і захищеності критично важливих об'єктів від загроз в умовах надзвичайних ситуацій різної природи. Завдання розробки нового та вдосконалення існуючого наукового і методичного забезпечення формування фахівців служби цивільного захисту набули особливої актуальності і вимагають всебічного аналізу

і вивчення. Дана конференція надає нам таку можливість.

Сьогодні будь-яка зустріч науковців – це перш за все основа для обговорення найважливіших проблем, обміну думками, передовим досвідом і знаннями, актуальною науково-технічною інформацією та розробками в галузі техногенної та екологічної безпеки, попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій. Якнайшвидше впровадження науково-технічних інновацій у розвиток системи цивільного захисту та активне використання сучасних технологій з урахуванням можливостей всебічного співробітництва між фахівцями різних установ та відомств сприятимуть досягненню загального результату.

Сподіваюсь, що отримані результати, об'єднані в збірнику Конференції, будуть корисними для нашої держави та для всіх без винятку учасників заходу, стануть вагомим внеском в розвиток науки, дозволять розробити нові методи забезпечення техногенно-екологічної безпеки і знайдуть своє застосування в практичній діяльності і в подальшій науково-дослідницькій роботі.

Бажаю всім учасникам невичерпної енергії на шляху нових наукових звершень, результативних рішень, творчої наснаги та успіхів у професійній діяльності!

Ректор  
Національного університету  
цивільного захисту України

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'В. Садковий', written over a horizontal line.

Володимир САДКОВИЙ



## **АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ОЦІНКИ ПАРАМЕТРІВ ЕКОБЕЗПЕЧНОГО СТАНУ КОМПОНЕНТІВ НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА**

**UDC 614.0.06, 535.243.25**

### **METHOD FOR OBTAINING MONITORING DATA USING UNMANNED AERIAL VEHICLES**

Kovalev O.O.<sup>1</sup>, PhD (Engineering), Associate Professor;  
Rahimov S.Y.<sup>1</sup>, PhD (Engineering), Associate Professor;  
Baranovsky Y.M.<sup>1</sup>

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

The multifactorial nature of the parameters that affect the state of the atmosphere does not allow us to fully solve the problem of forecasting the spread of emissions of pollutants in the atmosphere using the methods and methods of mathematical modeling that exist today. Based on these positions, the development of modern methods of operational (in emergency conditions) control of the state of the atmosphere is an urgent problem in the field of civil protection.

Unmanned aerial vehicles (UAVs) are elements of the technical structure of the atmospheric air monitoring system; accordingly, the following tropospheric monitoring algorithm was developed:

1. Receiving data from system elements:
  - A) Automatic air pollution monitoring stations based on networks of 3G / 4G base stations of mobile operators
  - B) Weather stations – meteorological parameters (or in case of unfavorable weather forecast – 6 hours before a possible change in weather conditions)
  - C) Operationally – the coordination center of operational and rescue services (fires, accidents, explosions and other types of emergencies)
2. Determination of zones of possible dangerous pollution in the surface layer of atmospheric air using the method of organizing atmospheric air monitoring [1-3].
3. If, based on the pollutant dispersion calculations, no zones are detected in which the values of surface concentrations of pollutants exceed the value of 0.7 MPC, then the system goes into standby mode for the next data package.
4. In the event of a possible exceedance of 0.7 MPC, the UAV tracking route for measurements in the local area of potentially dangerous pollution should be calculated. The headquarters makes a decision about the necessity of a UAV departure (taking into account the weather conditions and the nature of the dispersion of pollutants during the next few hours).
5. The time allotted to the UAV for measurements depends on the interval during which the meteorological parameters deviate little from the values at which the decision was made to take off for measurements. To determine the minimum time interval of UAV operation, processing of meteorological data on wind direction and speed was carried out. According to the processing results, a lower estimate of the recession time was obtained, in which the correlation between the current and initial values of meteorological parameters is significant (at least 2 hours). The flight time of the UAV to the point of control and measurement is usually no more than 30 minutes.

The coordinates of the points inside the zone of possible pollution, in which it is necessary to conduct measurements, are formed before the departure of the UAV, and in the process of conducting measurements, they can be transmitted additionally from the operator's workplace.

6. The measurement results are immediately transferred to the monitoring headquarters for processing.

To implement steps 3-5 of the described scheme, it is necessary to solve the following tasks:

- 1) determine the points at which measurements of surface concentrations of pollutants in the zone of possible dangerous pollution should be carried out;
- 2) calculate the UAV tracking route to the place of local pollution;
- 3) synchronize measurement results taking into account different measurement times due to the time spent on the UAV tracking route between points;
- 4) if as a result of the measurements it is found that the maximum allowable concentrations of pollutants are exceeded – identify the sources of pollutants, the emissions of which led to the violation of the established standards (only those that can influence the concentration values with the current direction and wind speed will be selected in the list of sources). The solution to this problem is described in [4].

UAV equipment should include guidance systems, on-board radar complex, sensors and video cameras. During the flight, as a rule, the UAV is controlled automatically or semi-automatically using the on-board navigation and control complex, which includes: a satellite navigation receiver; a system of inertial sensors; air signal system, which provides measurement of altitude and air speed; different types of antennas designed to perform tasks [5].

The on-board navigation and control system provides: flight according to the given route (the route assignment is made with the coordinates and height of the turning points of the route); changing the route task or returning to the starting point by command from the ground control point; flying over the indicated point; stabilization of UAV orientation angles; maintenance of set altitudes and flight speed (road or air); collection and transmission of telemetric information and flight parameters and operation of target equipment; software control of target equipment devices.

On-board communication system: functions in the permitted range of radio frequencies; provides data transfer from the plane to the ground and from the ground to the plane. The data transmitted to the board includes: UAV control commands; target hardware management commands. Data transmitted from the ship to the ground: telemetry parameters; streaming video and photo images, dosimetric and gas analysis data [6].

Today, monitoring of atmospheric air from UAVs is performed using metal oxide sensors (MOS), which have the following qualitative advantages: Low cost compared to chromatographs (from \$1 to \$150 depending on accuracy and manufacturer); Reusability unlike indicator tubes; Small mass (lower than that of the chromatograph and compressor); Analysis in real time.

MOS sensors, unlike large chromatographs and indicator tubes, do not have the same accuracy, but their accuracy can be improved by calibrating them with standard gas mixtures. Installation of several sensors will also increase the accuracy and reliability of the measuring device [7].

For gas analysis, a special gas analyzer manufactured by Albatros LLC (Fig. 1) can be used, which in the basic configuration determines temperature, humidity, finely dispersed solid particles (PM1.0, PM2.5, PM10) and also determines from 10 to 80 types of gases (depending on the model). Transmits all data and gas distribution



thermogram to the ground control station in real time.

A special dosimeter with video cameras Z-16 GAMMA-VR, manufactured by ZALA AERO, can be used for radiation control (Fig. 2). This dosimeter detects X-ray and gamma radiation and automatically displays the data superimposed on the video stream in real time.

Today, when conducting local monitoring of the state of the atmosphere using a UAV, the operator's task is to conduct the maximum number of measurements for a limited autonomous flight time, and the determination of the required number and coordinates of the measurement points is carried out by the operator or another authorized person based on his own experience and analysis of monitoring conditions.

Currently, domestic unmanned technologies are not being developed in Ukraine at the industrial level, but many companies offer retrofitting and modernization of UAVs, act as distributors and integrators of professional equipment and software products for UAVs of leading global companies: XAG, ZALA AERO, EcoFlow, Pix4D, Kandao, Albatross, Chasing, Flyability, MicaSense, DroneDeploy, Parrot, AgroCares, DronePort, Sniffer4D, Dobot and many other manufacturers. For example, the distributor DroneUA presented AirSense technology – a complex system for dynamic determination of gas concentration integrated with on-board drone controllers.



**Figure 1 – Modular gas analyzer manufactured by Albatros LLC**



**Figure 2 – Dosimeter with video cameras Z-16 GAMMA-VR**

## REFERENCES

1. Kovalev A.A. (2020). Justification of the method of operational control of the state of the atmosphere in the conditions of emergency situations. *Problems of emergency situations*. Vol. 31. Kharkiv: NUCZU. P. 48-67.
2. Kovalev O.O., Sobyna V.O., Sokolov D.L., Garbuz S.V., Vasiliev S.V., Kokhanenko V.B. (2021). The method of organizing atmospheric air monitoring. *Technogenic and ecological safety*. Issue 9 (1/2021). Kharkiv: NUCZU. P. 94-103.
3. Directive 2008/50/EC of the European Parliament and the Council of May 21, 2008 "On ambient air quality and cleaner air for Europe".
4. Gnawali, N. (2018). Using A Drone in Environmental Monitoring: Particulate Matter Measurement. Tampere University of Applied Sciences, 39 p. Access mode: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2018122022616>.
5. Atkins N. Air Pollution Dispersion: Ventilation Factor. Access mode: [http://apollo.lsc.vsc.edu/classes/met130/notes/chapter18/dispersion\\_intro.html](http://apollo.lsc.vsc.edu/classes/met130/notes/chapter18/dispersion_intro.html).
6. Yukihiya S., Yoshimi U., Miyuki S., Kotaro O.i, Tatsuo T. (2018). Evaluation of ecological half-life of dose rate based on airborne radiation monitoring following the Fukushima Dai-ichi nuclear power plant accident. *Journal of Environmental Radioactivity*, Volume 192, December 2018. P. 417-425.

UDC 614.0.06, 535.243.25

## FEATURES OF THE USE OF UNMANNED AIRCRAFT IN RADIATION ACCIDENTS

Kovalev O.O.<sup>1</sup>, PhD (Engineering), Associate Professor;  
 Rahimov S.Y.<sup>1</sup>, PhD (Engineering), Associate Professor;  
 Savchenko D.I.<sup>1</sup>

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

The scale, nature and composition of emissions of polluting substances into the atmosphere can be different, both minor, local in nature, and global, with catastrophic consequences, for example, in the event of an accident at the Chernobyl nuclear power plant. The ability of different layers of atmospheric air to move at high speed in different directions leads to the risk of contamination of large areas with harmful and toxic substances, which requires operational tropospheric control to determine the conditions for liquidating the emergency situation and the need to evacuate the population from the contaminated area [1].

In the work [2,3], an analysis of the use for the purposes of atmospheric air monitoring of converted civil aircraft: ultralight and light-engined, as well as class 3 and 4 aircraft is given. It is shown that during the elimination of accidents at the Mayak Plant in 1957, at the Chernobyl Nuclear Power Plant in 1986, at the Siberian Chemical Plant in 1993, and at the Fukushima-1 NPP in 2011, the most effective means of obtaining operational information about the state of atmospheric pollution turned out to be a set of devices (dosimetric and gas analytical ) installed on the aircraft. For example, during the elimination of the accident at the Chernobyl nuclear power plant, full atmospheric and radiation monitoring (including aerosol sampling) was started a day after the accident with the help of the An-24rr laboratory aircraft (radiation scout), after which such flights became regular.

The main disadvantages of using converted civilian aircraft (as a rule: ultralight, light engine, 3 and 4 classes) as an atmospheric radiation laboratory – scout are: high cost of production and operation, lack of technical ability to maintain a static position in the atmosphere during measurements and the possibility of significant radiation exposure of pilots.

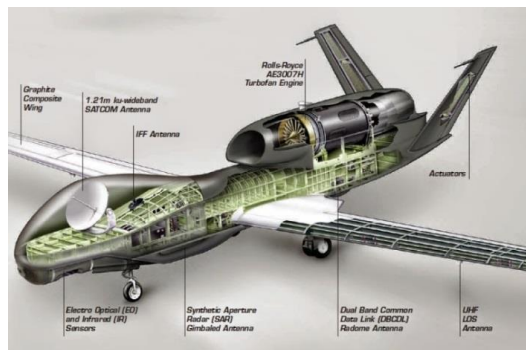


Figure 1 - UAV Global Hawk

In work [4], an analysis of the use for the purposes of atmospheric and radiation control, photography and video surveillance of helicopters of the Self-Defense Forces of



Japan, as well as a large American military intelligence – Global Hawk (Fig. 1) during the liquidation of the accident at the Fukushima-1 NPP.

Global Hawk is an autonomous jet unmanned aerial vehicle (UAV) with a sensor suite that includes synthetic aperture, electro-optical and infrared sensors with telescopic capabilities for high-resolution imaging. Infrared sensors took pictures in the damaged parts of the nuclear power plant. He helped Japanese specialists collect real-time images of the destruction at Fukushima-1, which made it possible to speed up the elimination of the disaster.

Taking into account the experience of the liquidation of the accident at the Fukushima-1 NPP, the existing and developed new hardware and software complexes for monitoring radioactive pollution based on the IL-114-100 laboratory aircraft were improved at the TAIPHUN NPO [5].

The main disadvantages of using military reconnaissance aircraft, such as Global Hawk, to monitor the state of atmospheric air, Mirage F.1CR, etc. [6] as well as special geophysical aircraft, such as DLR G550, HALO weather reconnaissance, M-55 GEOPHYSICS, etc., are: high cost of manufacturing and operation, lack of technical ability to maintain a static position in the atmosphere during measurements, as well as significant distance from the object when taking measurements.

The studies conducted in [7, 8] indicate the high efficiency of using small UAVs with means of monitoring the state of the atmosphere to determine the level of pollutants in atmospheric air.

Increasing efficiency and miniaturization of management and control systems gave a significant impetus to the development of unmanned aviation, small unmanned aerial vehicles (UAVs) – airplanes, helicopters, copters with three or more propellers - became widespread.

The presence of light and compact high-resolution photo-video cameras installed on the UAV "Air Photo Service" , made it possible to make a map of the destruction at the Fukushima-1 NPP on March 11, 2011. The use of small UAVs capable of hovering in space made it possible to determine the real situation at various points at the Fukushima-1 NPP and the area adjacent to it and improve the safety of restoration work. That is why Japan purchased three helicopter – type UAVs from the French company Helipse and four complexes of the RQ-16 T-Hawk type (Fig. 3) from the Honeywell (USA) company.

The T-Hawk UAV, weighing about 8 kg with a tunnel fan and the ability to take off and land vertically, can operate for up to 40 minutes at a distance of up to 10 km from the control point. Equipped with a gasoline two-cylinder two-stroke engine with a capacity of 4 hp, it has the function of remote guidance and image magnification, which allowed the pilots to study the damaged areas of the reactor in detail and transmit data to emergency services employees in real time. The use of direct video data transmission made it possible to adjust the T-Hawk's flight course according to the most difficult areas of the damaged reactors. The pilots, in turn, could control the video cameras of the aircraft, setting the required viewing angles for the most clear display of the damaged equipment.

All four T-Hawk UAVs operating at the Fukushima-1 NPP were equipped with equipment for measuring the level of radiation and assessing the state of the atmospheric air, data were obtained on the radiation background and the presence of impurities in the air at different altitudes. While flying over the reactor of the 1st unit of the Fukushima-1 nuclear power plant, two T-Hawks lost control and exploded on the roof of the reactor, the reason for the loss of control was not provided by Honeywell (USA).

Currently, the level of radiation and the state of the atmospheric air at the Fukushima-1 nuclear power plant are monitored with the help of special UAVs developed by the IAEA. These UAVs have a rounded shape (Fig. 4) and are powered by six electric motors (sexticopter), and are also equipped with built-in cameras, several dosimeters, gas analyzers and can fly completely autonomously.

The main disadvantage of small UAVs when using them as means of atmospheric and radiation control is the short time of operation in the zone of local pollution, therefore, monitoring flights must be organized and conducted according to a predetermined method, with the determination of the time and routes of UAV tracking.



**Figure 3 – T-Hawk UAV**



**Figure 4 – Sexticopter of the IAEA**

#### REFERENCES

1. Kovalev A.A. (2020). Justification of the method of operational control of the state of the atmosphere in the conditions of emergency situations. *Problems of emergency situations*. Vol. 31. Kharkiv: NUCZU. P. 48-67.
2. Kovalev O.O., Sobyňa V.O., Sokolov D.L., Garbuz S.V., Vasiliev S.V., Kokhanenko V.B. (2021). The method of organizing atmospheric air monitoring. *Technogenic and ecological safety*. Issue 9 (1/2021). Kharkiv: NUCZU. P. 94-103.
3. Directive 2008/50/EC of the European Parliament and the Council of May 21, 2008 "On ambient air quality and cleaner air for Europe".
4. Gnawali, N. (2018). Using A Drone in Environmental Monitoring: Particulate Matter Measurement. Tampere University of Applied Sciences, 2018. 39 p. Access mode: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2018122022616>.
5. Atkins N. Air Pollution Dispersion: Ventilation Factor. Access mode: [http://apollo.lsc.vsc.edu/classes/met130/notes/chapter18/dispersion\\_intro.html](http://apollo.lsc.vsc.edu/classes/met130/notes/chapter18/dispersion_intro.html).
6. Yukihiša S., Yoshimi U., Miyuki S., Kotaro O.i, Tatsuo T. (2018). Evaluation of ecological half-life of dose rate based on airborne radiation monitoring following the Fukushima Dai-ichi nuclear power plant accident. *Journal of Environmental Radioactivity*, Volume 192, December 2018. P. 417-425.
7. Gryadunov D.A., Mitrofanov E.V., Bubnenkov D.I. (2012). About application Kompleksov drones flying devices in the system multi-level ecological of monitoring // *Herald Moscow state regional university . Series : Natural sciences*. No. 4. P. 95–99.
8. Lazna T., Gabrlík P., Jilek T., Zalud L. (2018). Cooperation between an unmanned aerial vehicle and an unmanned ground vehicle in highly accurate localization of gamma radiation hotspots. *International Journal of Advanced Robotic Systems*. Volume 15, issue 1, January 1, 2018.
9. Kim Nam Ho. (2018). Development of atmospheric environment information collection system using drone. *Smart Media Journal*, Volume 7 Issue 4. P. 44-51.



УДК 504.05/.06: 519.816

## ОЦІНКА ПАРАМЕТРІВ СТАНУ КОМПОНЕНТІВ НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА ЗАДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЗАПОДІЯНОЇ ШКОДИ, ЯК НАСЛІДКУ ВОЄННОЇ АГРЕСІЇ РФ

Бандурян Б.Б.<sup>1</sup>, к.ф.-м.н.; Ковалевський В.В.<sup>2</sup>;  
Колосков В.Ю.<sup>3</sup>, к.т.н., доц.; Литвиненко В.В.<sup>1</sup>, д.т.н.

<sup>1</sup>Інститут електрофізики і радіаційних технологій  
Національної академії наук України, Харків, Україна;

<sup>2</sup>Громадська організація «Національна асоціація кібербезпеки», Київ, Україна;

<sup>3</sup>Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна

**Вступ.** На час завершення статті пройшло більше 200 днів з початку злочинної ескалації агресії РФ проти України і декілька днів з початку контрнаступу Збройних Сил України на агресора. Однак, не зважаючи на короткий термін контрнаступу, навіть всім думаючим представникам ворога, стала очевидною невідворотність поразки РФ в війні з Україною.

Ключові слова: заподіяна шкода від РФ, проблеми оцінки збитків, потенційний метод, поточний стан безпеки, прогнозований стан країни.

**Постановка проблеми.** Шлях до перемоги в війні потребує від України ще великих зусиль, але питання визначення заподіяної шкоди від РФ необхідно вирішувати ще до закінчення завершальної стадії війни. Визначення заподіяної екологічної шкоди є однією зі складових репарацій от РФ.

Райони, окуповані РФ, ще до початку повномасштабної агресії РФ, мали серйозні екологічні проблеми, а в теперішній час території бойових дій і, особливо території окуповані РФ, знаходяться на межі катастрофи. А введення військ РФ в зону Чорнобильської АЕС, захват Запорізької АЕС, нанесення ракетних обстрілів РФ Південно-Української АЕС вже створило реальні загрози, з потенційною можливістю глобального радіаційного забруднення.

Велику екологічну загрозу становить підтоплення шахт, в першу чергу тих, які використовувались, як сховища відходів, та шахти «Юний комунар», де в 1979 р. було здійснено підземний ядерний вибух.

Нанесення ударів по забороненим для ведення бойових дій об'єктам енергетики, системам водопостачання і водовідведення та по житловим кварталам міст, значно збільшили кількість техногенних та екологічних аварійних ситуацій.

Внаслідок масованого застосування засобів ураження різних типів, будівництва фортифікаційних споруд, вибухів та згорання військового озброєння, техніки і накопичень боєприпасів, відбувається порушення поверхневого шару ґрунтів та забруднення водних об'єктів.

Використання земель, пошкоджених внаслідок бойових дій, потребує розмінування територій, знешкодження боєприпасів та рекультивациі земель. Вже відзначаються негативні зміни в біорізноманітті, включаючи зникнення окремих видів і неконтрольоване поширення інших небезпечних видів тварин.

Окреме місце займає неконтрольоване природокористування, необґрунтоване масове використання агресором особливо екологічно небезпечних видів зброї, таких як важки вогнеметні системи (ТОС-1А), ракети важких типів, що використовують компоненти рідких ракетних палив, дії ЧФ РФ та інше.

Зрозуміло, перелічене далеко не всі екологічні проблеми, які є прямим наслідком агресії РФ, але перелічене дає уяву о величинах витрат, необхідних для компенсації нанесеної екологічної шкоди і визначає проблему оцінки екологічної шкоди від агресії РФ в якості найбільш актуальної.

**Сучасний стан вирішення проблеми оцінки збитків від агресії рф.** Сьогодні в Україні йде постійна робота з визначення та обґрунтування методів оцінки збитків України від збройної агресії рф. Розробляються концепції, підходи, законопроекти, покликані визначити юридичні підстави, єдині стандарти та процедури для підготовки консолідованої претензії від України, як держави, що зазнала агресії рф.

Використовуються вже існуючі документи попереднього періоду, наприклад, «Про затвердження Методики оцінки збитків від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру» зі змінами (Постанова КМ України від 15.02.2002 №175). Документ може стати базовим для відпрацювання методики оцінки збитків.

Розроблені проекти документів, які стануть складовими юридичної бази з визначення репарацій от рф за заподіяну шкоду. Так Мінекономіки та Фонд держмайна на початку серпня 2022 року презентували методику визначення збитків, завданих підприємствам внаслідок агресії рф, існують «Проект Плану відновлення України» Національної ради з відновлення України від наслідків війни [1], інші проекти документів.

Документом особливої уваги є Проект Закону про Національне агентство України з питань подолання наслідків збройної агресії російської федерації від 11.02.2020, номер реєстрації 3057 (далі – Проект). Проект має систему конструктивних напрацювань з питань організації репарацій, але не може бути основою законодавчої бази в сфері репарацій і прийнятий в якості Закону України. За цим Проектом «буде створено орган виконавчої влади зі спеціальним статусом - Національне агентство» (п. 13 Пояснювальної записки до Проекту) з визначенням сфери діяльності, але без визначення відповідальності і обов'язків. А процедура розгляду Проекту та ряд інших положень Пояснювальної записки до Проекту і п. 5 Статті 2 Проекту Закону, взагалі, викликають сумніви в їх правомірності. Цитата з Проекту: «Закон України «Про центральні органи виконавчої влади», інші закони, що регулюють діяльність органів виконавчої влади, а також Закон України «Про державну службу» застосовуються до Національного агентства та його працівників у частині, що не суперечить цьому Закону» (п. 5 Стаття 2 Проекту).

**Постановка завдання.** Повне відшкодування збитків завданих агресією рф та її сателітів проти України принципово неможливо: цілеспрямовані удари рф нанесли настільки величезні безповоротні втрати, що можливість повної компенсації нанесеної шкоди виключається. Однак локальна мета цього етапу – ще до початку обговорення умов укладання мирного договору, розробити методики оцінки розміру репарацій, яка буде адекватно відповідати спричиненій шкоді.

Запропонований в попередніх публікаціях, потенційний метод [2, 3] (далі – Потенційний метод) відкриває загальний підхід саме до такої адекватної оцінки спричинених збитків. У зв'язку з обмеженням на обсяг статті, пропозиції щодо особливостей оцінки параметрів стану компонентів навколишнього природного середовища викладені в [4, 5].

**Потенційний метод.** Потенційний підхід базується на тому, що рівень розвитку країни характеризується сукупністю потенціалів – кількісних характеристик, значимих для життєдіяльності країни. Сукупність потенціалів поділяється на три групи:

$S_{pos}(t)$  – позитивні (positive) потенціали, які доцільно нарощувати;

$S_{neg}(t)$  – негативні (negative) потенціали, які доцільно зменшувати;

$S_{pas}(t)$  – група з нижнім індексом «pas» (passive) – пасивні потенціали, відношення до яких не визначено.

Якщо стан безпеки країни найбільш повно виражається сукупністю значимих потенціалів, природне оцінювати збитки від агресії через руйнування сукупності потенціалів і витрати, які необхідні для відновлення сукупності потенціалів на рівні прогнозованого розвитку країни в умовах мирного часу.

Більш детально щодо можливості Потенційного методу оцінки стану безпеки країни в [2, 3].

Структура оцінки збитків від агресії

У кожен момент часу  $t$  стан країни оцінюється значеннями комплексного параметру поточного стану безпеки:  $S(t) = S_{pos}(t) + S_{neg}(t) + S_{pas}(t)$ .

Початковий стан безпеки на час початку війни  $R(0)=S(t=0)$  визначається значеннями  $S_{pos}(0)$  і  $S_{neg}(0)$ . Потенціали  $S_{pas}(0)$  на час  $t=0$  залишаються невикористаними та не враховуються.

Стан безпеки на час закінчення війни  $R(T)=S(t=T)$  визначається також виключно значеннями  $S_{pos}(T)$  і  $S_{neg}(T)$ .

Прогнозований стан країни на час закінчення ліквідації наслідків агресії  $R(F)=S(t=F)$  визначається оцінками перспектив розвитку країни в умовах мирного часу і фіксується значеннями  $S_{pos}(F)$ ,  $S_{neg}(F)$  і  $S_{pas}(F)$ . На час  $t=F$  пасивні потенціали можуть приймати значимий вплив і їх урахування буде необхідне за окремою процедурою.

Заподіяна шкода ( $Z$ ) буде складатись з трьох складових:

$$Z = Z1 + Z2 + Z3,$$

де:

$Z1$  – складова компенсації шкоди, заподіяної зменшенням значення комплексного параметру стану безпеки  $S(t)$  за рахунок всіх видів втрат:

$$Z1=R(0)-R(T)=S(t=0)-S(t=T)= [S_{pos}(t=0)+S_{neg}(t=0)]-[S_{pos}(t=T)+S_{neg}(t=T)].$$

$Z2$  – складова компенсації витрат, необхідних для відновлення країни за комплексним параметром стану безпеки  $S(t)$  на рівень приближений до рівня прогнозованого розвитку країни в умовах мирного часу  $S(t=F) \rightarrow S(t=0)$ :

$$Z2=R(F)-R(T)=S(t=F)-S(t=T)=[S_{pos}(t=F)+S_{neg}(t=F)]-[S_{pos}(t=T)+S_{neg}(t=T)].$$

$Z3$  – складова компенсації заподіяної шкоди, яка обумовлена неможливістю компенсувати всю заподіяну шкоду у зв'язку з наявністю безповоротних втрат  $S(t=F) \rightarrow S(t=0)$  та неможливістю передбачити всю заподіяну шкоду на час проведення оцінки шкоди:

$$Z3 = S(t=0) - S(t=F) = [S_{pos}(t=0) + S_{neg}(t=0)] - [S_{pos}(t=F) + S_{neg}(t=F)].$$

**Висновки.** Адекватне визначення репарацій, як елемента оптимальної ліквідації наслідків агресії рф і її сателітів проти України та сприяння створенню умов недопущення відновлення в майбутньому тенденцій, які привели до міжнародних воєнних злочинів з боку рф, можливе виключно за участю всіх державних та громадських структур України в межах їх компетенцій.

За організацію в масштабах країни подолання наслідків збройної агресії рф може відповідати виключно Кабінет Міністрів України та державні органи управління за їх компетенціями. Створення нового додаткового спеціалізованого центрального органу виконавчої влади в проектах документів ніяк не обґрунтовувалось і концептуально недоцільне.

Оцінювати збитки від агресії рф доцільно як суму трьох складових: 1) витрат за рахунок руйнування сукупного потенціалу України; 2) витрат на відновлення сукупного потенціалу до рівня прогнозованого розвитку країни в умовах мирного часу; 3) складової компенсації заподіяної шкоди, яка не була виявлена на час проведення оцінки шкоди.

Робота з визначення та обґрунтування методів оцінки збитків України від збройної агресії рф постійна і має значні напрацювання. Поєднання різних підходів з подоланням їх неузгодженості між собою потребує обов'язкового подальшого широкого обговорення проектів документів з органами центральної та регіональної влади, місцевого самоврядування, представниками наукових установ, бізнесу та громадськості.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. «Проект Плану відновлення України». Матеріали робочої групи «Аудиту збитків, понесених внаслідок війни». Національна рада з відновлення України від наслідків війни. VI. 2022 р. URL: <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/recoveryrada/ua/audit-of-war-damage.pdf>, дата звернення 25.09.2022 р.
2. Бандурян Б.Б., Ковалевський В.В., Цвайгов Д.Л. Формалізація оцінки та управління станом безпеки. *Науково-технічний журнал «ТЕХНОГЕННО-ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА»*, 9 (1/2021), с. 26 – 30.
3. Бандурян Б.Б., Ковалевський В. В., Цвайгов Д.Л., Критерії оцінки стану безпеки, Інститут електрофізики і радіаційних технологій Національної академії наук України, Харків, Україна. *Науково-технічний журнал «ТЕХНОГЕННО-ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА»*, 10 (2/2021), с. 10-16.
4. Бандурян Б.Б., Ковалевський В.В., Інформаційна вимірювальна система оцінки стану безпеки, Інститут електрофізики і радіаційних технологій Національної академії наук України, Харків, Україна *Науково-технічний журнал «ТЕХНОГЕННО-ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА»*, 11 (1/2022), с. 3-7.
5. Соботович Е.В., Лисиченко Г.В., Забулонов Ю.Л., Ковалевський В.В., Бондаренко М.Г., Сліпченко Б.В. Аварія з фосфором у Львівській області: факти, проблеми, екологічні наслідки. *Збірн. наук. праць. Інститут геохімії навколишнього середовища НАН та МНС України*, 2007.– Вип. 14. – С. 8 – 18.



УДК 630.18:632.15:634.0232:582.475.5

## МОНІТОРИНГ СТАНУ ЕКОСИСТЕМ В ПРИДОРОЖНІХ ЗОНАХ

Баранов В.М.<sup>1</sup>; Гурець Л.Л.<sup>1</sup>, д.т.н., професор

<sup>1</sup>Сумський державний університет, Суми, Україна

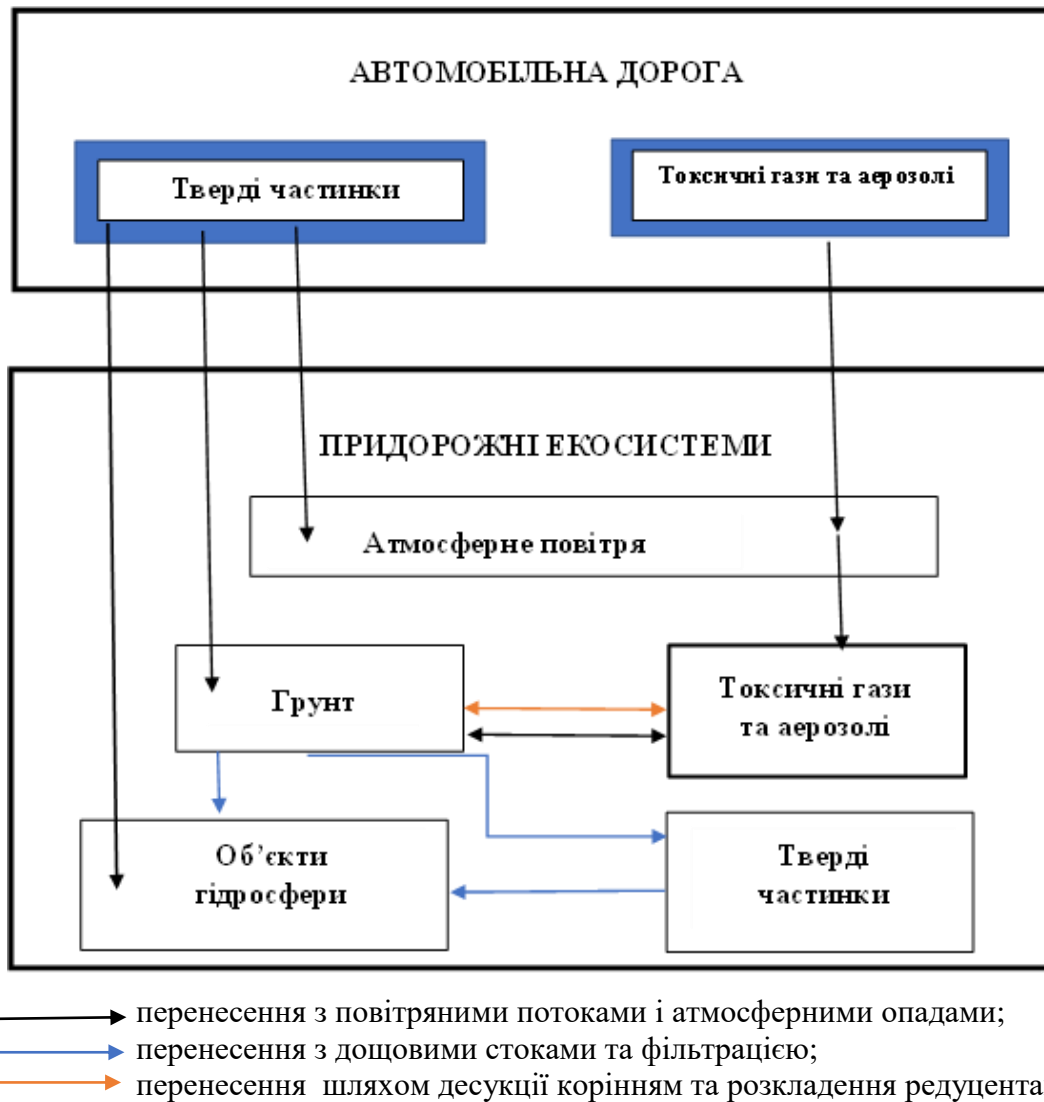
Автомобільний транспорт чинить комплексний негативний вплив на довкілля, що вимагає проведення робіт по моніторингу та оцінці стану екосистем в придорожніх зонах. Завдання організації моніторингу ґрунтового і рослинного покриву на цих територіях як частини екологічного моніторингу ускладнене через практичну відсутність методології. В той же час загроза безповоротної деградації екосистем в умовах інтенсивної дії автотранспорту вимагає проведення оцінки та прогнозування стану екосистем для попередження негативних наслідків. Моніторинг за забрудненням приміагістральних територій, як правило, обмежується визначенням концентрацій забруднюючих речовин в повітряному середовищі, ґрунтах та рослинах і здійснюється в результаті інструментальних вимірювань, які є дорогими та трудомісткими. Відповідно до «Порядку здійснення моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря», який затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 14.08.2019 № 827 [1], режим моделювання застосовується, якщо рівень забруднювальних речовин є нижчим нижнього порогу оцінювання, тому моніторинг придорожніх територій доцільно здійснювати на основі математичного моделювання з вибіркоким інструментальним підтвердженням моделей і подальшим періодичним контролем стану довкілля.

Аналіз літературних джерел [2-5] дозволив виділити чотири основних групи чинників, що впливають на екологічний стан придорожньої смуги:

- автотранспорт і технологічний транспорт, які є безпосередніми джерелами викидів забруднюючих речовин;
- зовнішні, або фонові, джерела викидів забруднюючих речовин (промислові, сільськогосподарські підприємства та ін.);
- споруди на автомобільній дорозі і в придорожній смузі, що впливають на розсіювання забруднювальних речовин (земляне полотно, насип, виїмка, кювети, шумозахисні вали, водовідвідні споруди);
- природні чинники: рельєф, метеопараметри, стан підстильної поверхні і рослинного покриву.

Виділені такі види впливу на природне середовище: фізичний (шумовий, відведення території, зміна світлового режиму, випадання домішок, зміна метеорологічного режиму, зміна рельєфу), хімічний, біологічний (вплив на рослинний і тваринний світ, зміну генофонду та ін.) У чистому вигляді окремі впливи зустрічаються рідко і, як правило, має місце ефект сумації впливів. Крім того, хімічний і біологічний вплив можуть бути непрямими (опосередкованими), дія яких буде відчуватись через досить великий проміжок часу. Перша і друга група чинників є визначальними, які максимально впливають на рівень забруднення навколишнього природного середовища в придорожній смузі. Дві інші групи чинників лише в тій чи іншій мірі можуть зменшувати (збільшувати) дію викидів.

Основними процесами, які визначають ступінь впливу на екосистему в придорожній смузі, є процеси конвективно-дифузійного перенесення в повітрі та водному середовищі. Схема процесів перенесення наведена на рисунку 1.



**Рисунок 1 – Схема процесів перенесення забруднювальних речовин в придорожній смузі автомобільних доріг**

Аналіз цієї схеми показує, що для моделювання техногенного впливу на довкілля необхідно створити систему математичних моделей. Основними в цій системі є моделі конвективно-дифузійного перенесення в атмосферному повітрі, які визначають надходження забруднювальної речовини на поверхню ґрунту і рослин, а також моделі перенесення забруднення із зливовими стоками. Для інтегральної оцінки забруднень, що надходять по харчових ланцюгах, необхідні моделі накопичення забруднень в ґрунтах і рослинах. Ці моделі носять емпіричний характер і ґрунтуються на емпіричних залежностях, отриманих експериментальним шляхом. Таким чином, система моделей може бути представлена у вигляді моделей-блоків, кожна з яких пов'язана з іншими моделями тільки на вході і виході. У міру накопичення інформації про процеси, що відбуваються в тому або іншому блоці, моделі можуть удосконалюватися, проте зв'язки між ними не міняються.

З точки зору системного аналізу ступінь впливу автомобільного транспорту на екологічну систему  $A_{\Pi}$  можна представити в загальному вигляді:

$$A_{\Pi} = \iint_{R,t} \sum_m \sum_i \sum_l I_{il}(R,t) \omega_i(t) \mu_l(t) C_{ilm} \varepsilon_{ilm} N_m(R,t) K_m V_{i,i+k} \xi_{m,m+k} dRdt, \quad (1)$$

де  $I, l, m$  – індекси компоненту, середовища, популяції;  $R$  – вектор просторових координат;  $t$  – час;  $I_{il}(R, t)$  – інтенсивність впливу техногенного фактору на біосистему;  $S_{ilm}$  – геометричний фактор, який враховує вплив на елемент екосистеми, розподілений в часі та просторі;  $\epsilon_{ilm}$  – токсичність;  $N_m(R, t)$  – кількість організмів популяції;  $K_m$  – коефіцієнт чутливості популяції;  $V_{i,i+k}$  – коефіцієнт, який враховує ефект одночасної дії забруднювальних речовин;  $\xi_{m,m+k}$  – коефіцієнт, який враховує ефект одночасної дії на популяцію.

Вплив  $A_n$  вважається допустимим для екосистеми, якщо виконується умова для будь-якого фактору:

$$A_n(max) < 1, \text{ або } A_n(max) \leq 1.$$

Функцію зміненого стану екосистеми можна записати у вигляді:

$$\eta_\alpha(R, t) = \eta(R, t)\chi(R, t), \quad (2)$$

де  $\eta(R, t)$  – функція природного стану екосистеми в точці  $(R, t)$ ;  $\chi(R, t)$  – функція антропогенного впливу в точці  $(R, t)$ .

Абсолютна величина різниці критичної та допустимої функцій стану екосистеми називається екологічним резервом.

Таким чином, використовуючи систему математичних моделей, можна провести комплексне оцінювання стану екосистеми в придорожніх зонах та використовувати отримані дані в якості моніторингової інформації.

## ЛІТЕРАТУРА

1. «Порядок здійснення моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря», затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 14.08.2019 № 827 [Електронний ресурс]. Режим доступу <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/827-2019-%D0%BF#Text>
2. Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure. WILDLIFE AND TRAFFIC [Електронний ресурс]. A European Handbook for Identifying Conflicts and Designing Solutions (Project: COST 341). 2003. Режим доступу: [http://www.iene.info/wp-content/uploads/COST341\\_Handbook.pdf](http://www.iene.info/wp-content/uploads/COST341_Handbook.pdf)
3. Внукова Н.В., Желновач Г.М. Вибір екологічно значимих параметрів автотранспортних систем для оцінки екологічної небезпеки придорожного простору. *Екологічна безпека*. Кременчук: КрНУ, 2011. №12. С. 119–123.
4. Plyatsuk L. D., Kozii I. S., Solianyk V. A., Vaskin R. A., Yakhnenko O. M., Vaskina I. V. Modeling of waterborne pollution of roadside soils. *Journal of Engineering Sciences*. 2017. Vol. 4, Issue 2. P. G1–G5.
5. Юрченко В. О., Михайлова Л. С. Вплив автомобільної дороги на стан екосистем придорожного простору. *Людина і довкілля. Проблеми неоекології: наук. журнал Харківського НУ ім. В.Н Каразіна*. 2010. №2(15). С. 63–67

УДК 504.05/.06+504.75.05

## ДИСТАНЦІЙНА ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЇ (ПОЖЕЖІ) НА ПОЛІГОНІ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

Гончаренко І.О.<sup>1</sup>, к.т.н.; Таргонський О.О.<sup>2</sup>; Оськіна М.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, Харків, Україна;

<sup>2</sup>Науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем», Харків, Україна

**Вступ.** Через децентралізацію державної влади адміністрації малих міст, селищ та сіл отримали можливість управляти відповідними територіями і ресурсами, але одночасно з цим не мають в штаті виконавчих комітетів фахівців з екологічної безпеки. Така ситуація зумовлює необхідність створення системи підтримки прийняття управлінських рішень в питаннях охорони довкілля та раціонального природокористування, також впровадження відповідних механізмів оцінки ризиків і небезпек. Військове вторгнення в Україну 24.02.2022 призвело до підвищення ризику виникнення надзвичайних ситуацій на об'єктах, що становлять підвищену небезпеку до яких належать звалища та полігони твердих побутових відходів (ТПВ), які розміщено майже біля кожного населеного пункту. В дослідженні представлено підхід до експрес оцінювання небезпек з використанням дистанційних методів. Об'єктом дослідження є пожежа, площа якої становила не менше 1,0 га [1], що виникла на Балаклійському сміттєзвалищі Харківської області через обстріли 20.07.2022 [2].

**Виклад основного матеріалу.** Інструмент швидкої екологічної оцінки (FEAT) 2.0 [3] ґрунтується на методології FEAT, розробленій Національним інститутом охорони здоров'я та навколишнього середовища (RIVM) для Програми ООН з навколишнього середовища середовищі (ЮНЕП) та Управління ООН з координації гуманітарних питань (УКГВ). Розробка FEAT 2.0 стала можливою завдяки технічній підтримці RIVM та вкладу зі сторони фахівців-практиків FEAT, включаючи експертів Pluriform and Royal HaskoningDHV.

Трикутник впливу FEAT (Рис. 1) є основою процесу FEAT. При оцінці впливу основна увага приділяється найбільш ймовірному типу впливу та відповідній зоні впливу (дистанції). **Небезпека (H):** Назва хімічної речовини (і фізичного стану, в якому вона виділяється – наприклад, газ, рідина, тверде) – це відправна точка для визначення небезпеки, оскільки ця інформація є найбільш конкретною, а відповідно і дозволяє отримати найбільш точну оцінку впливу. **Кількість (Q):** Інформацію про кількості бажано отримувати від людей, які обізнані про відповідну діяльність або ситуацію. Коли ситуація незрозуміла, можна використовувати оцінку найгіршого сценарію. **Експозиція (E):** Дані про можливу експозицію отримують від поінформованих осіб, за результатами обстеження на місці або за картами, на яких вказана інформація про розташування точки аварії, розміщення населення (селища, міста), річки, озера, ділянки рибальського промислу, ресурси питної води, сільськогосподарські території та іригаційні канали. При цьому дуже важливо зафіксувати та враховувати погодні умови, такі як температура, опади, напрямок та швидкість вітру, а також напрямок течії води у річках та дренажних системах.

Швидка оцінка в польових умовах застосування кишенькового довідника FEAT включає три кроки (див. Рис. 2): **Крок 1** – Збір інформації про пріоритетні



небезпеки, кількість та експозицію; **Крок 2** – Пошук фактичної зони впливу, що відповідає наявній небезпеці та кількості; **Крок 3** – Рекомендації щодо скорочення впливу та заходів пом'якшення. Результати оцінки формують за Таблицею впливів. Таблиця впливів підтримує процес оцінки та полегшує стандартизовану звітність. Ці подробиці можуть бути актуальними для експертів, які проводять більш поглиблену оцінку після швидкої оцінки із застосуванням FEAT.



Рисунок 1 – Трикутник впливу FEAT

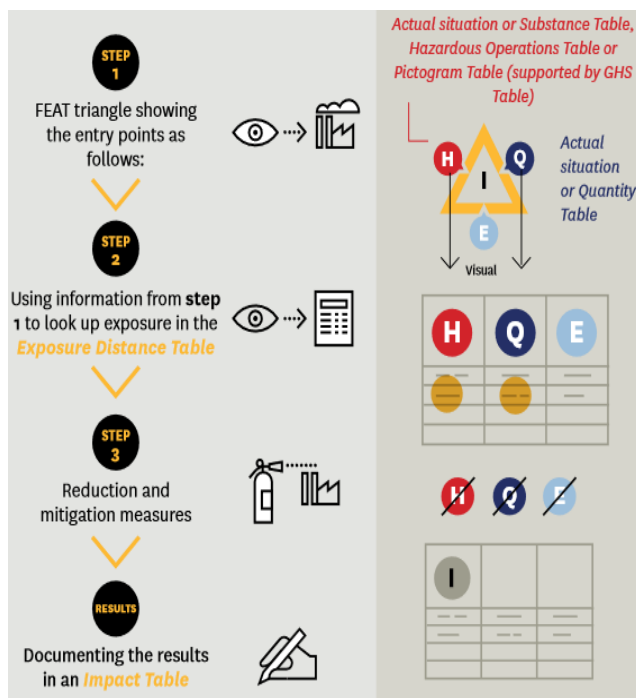


Рисунок 2 – Схема застосування методики оцінки FEAT (6)

З огляду на викладене першочерговим завданням застосування методики оцінки FEAT є визначення кількісного та якісного складу небезпечних речовин, що через виникнення надзвичайної ситуації потрапили до навколишнього середовища. В ситуації з пожежею на Балаклійському сміттєзвалищі такими речовинами є гази, які утворились в наслідок горіння (тління) відходів. Процес горіння ТПВ супроводжується утворенням значної кількості токсичних речовин, показники емісії яких були встановлені на основі різних оцінок за останні 15 років та представлені в Табл. 1 [4]. З аналізу інформації про площу пожежі, нормативну густину відходів, що становить 250,0 кг/куб. м, та враховуючи товщу відходів за 0,25 м, визначено кількість згорілого сміття на Балаклійському сміттєзвалищі, яка щонайменше становить 625000,0 кг або 625,0 тон. Враховуючи інформацію про обсяг згорілих відходів та дані показників емісії можна визначити кількість забруднюючих речовин, що утворилась через пожежу на Балаклійському сміттєзвалищі, результати яких представлено в Табл. 2.

**Таблиця 1 – Показники емісії забруднюючих речовин при спалюванні твердих побутових відходів**

Назва забруднюючої речовини	Показник емісії, г/кг відходів
Діоксид вуглецю (CO <sub>2</sub> )	1453
Монооксид вуглецю (CO)	38
Метан (CH <sub>4</sub> )	3,7
Етилен (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> ), у т.ч. окис етилену	1,26
Бензол (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	0,9
Поліциклічні ароматичні вуглеводні (PAHs)	0,3
Аміак (NH <sub>3</sub> )	1,12
Двоокис сірки (SO <sub>2</sub> )	0,5
Оксиди азоту (NO <sub>x</sub> as NO)	3,74
PM2.5	9,8
PM10	11,9
Сажа (black carbon)	0,65
Ртуть (Hg)	0,00021
Поліхлоровані біфеніли (PCBs)	0,00031

**Таблиця 2 – Таблиця впливу пожежі на Балаклійському сміттєзавлищі за методикою FEAT**

Вид діяльності	Найменування забруднюючої речовини	Класифікація небезпек (відповідно до FEAT 2.0)		Фізичний стан (газ, рідина, твердий)	Показник емісії, г/кг відходів	Кількість утворених забруднюючих речовин, кг	Нааявність ризику (людина/довкілья)	Зона небезпечного впливу, км				
		Пріоритет*	№ CAS					Для життя людини	Для здоров'я людини	Грунти	Озера	Ріки
Видалення відходів	Діоксид вуглецю (CO <sub>2</sub> )	Гостр. Токс. 3	–	газ	1453,00	908125,00	так/ні	до 0,1	0,5	–	–	–
	Монооксид вуглецю (CO)	Гостр. Токс. 1	630-08-0	газ	38,00	23750,00	так/ні	0,4	2	–	–	–
	Метан (CH <sub>4</sub> )	Займ. Газ 1	74-82-8	газ	3,70	2312,50	так/так	0,2	0,3	–	–	–
	Етилен (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> ), у т.ч. окис етилену	Канц. 1В	74-85-1, 75-21-8	газ	1,26	787,50	так/так	> 5	> 5	> 10	> 4,5	> 10
	Бензол (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	Займ. Газ 1	86290-81-5	газ	0,90	562,50	так/так	0,2	0,3	–	–	–
	Поліциклічні ароматичні вуглеводні (PAHs)	Канц. 1А, Хрон.токс.в одн. 1	50-32-8	газ	0,30	187,50	так/так	> 5	> 5	> 10	> 4,5	> 10
	Аміак (NH <sub>3</sub> )	Гостр. Токс. 2	7664-41-7	газ	1,12	700,00	так/так	до 0,1	0,8	–	–	–
	Двоокис сірки (SO <sub>2</sub> )	ССТ ОДН 1	7446-09-5	газ	0,50	312,50	так/так	> 5	> 5	> 10	> 4,5	> 10
	Оксиди азоту (NO <sub>x</sub> as NO)	Гостр. Токс. 1	10102-43-9	газ	3,74	2337,50	так/так	0,4	2	–	–	–
	PM2.5	Асп. Токс. 1	–	твердий	9,80	6125,00	так/так	> 5	> 5	> 10	> 4,5	> 10
	PM10	Асп. Токс. 2	–	твердий	11,90	7437,50	так/так	інформація відсутня				
	Сажа (black carbon)	Асп. Токс. 2	1333-86-4	твердий	0,650000	406,25	так/так	інформація відсутня				
	Ртуть (Hg)	Гостр. Токс. 1	7439-97-6	газ	0,000210	0,131250	так/так	0,4	2	–	–	–
	Поліхлоровані біфеніли (PCBs)	Канц. 1А, Хрон.токс.в одн. 1	1336-36-3	газ	0,000310	0,193750	так/так	> 5	> 5	> 10	> 4,5	> 10

За результатами оцінки та з використанням доступних у вільному доступі картографічних даних від Google візуалізовано зони небезпечного впливу (без

врахування кумулятивного ефекту), що становлять:

- **5 км зону** від об'єкту – небезпечний ризик для людини;
- **10 км зону** від об'єкту – небезпечний ризик для навколишнього середовища (поверхневі води та ґрунти).

На підставі отриманих результатів можна зробити висновок, що негативні наслідки пожежі, пов'язані із небезпечним впливом на життя і здоров'я людини, розповсюджуються не тільки частину населення м. Балаклія, що проживає на відстані 5 км від сміттєзвалища, а також на мешканців сіл Бородоярське (221 осіб) та Ольховатка (296 осіб).

В 10 км зоні негативного впливу на довкілля знаходяться такі поверхневі водні об'єкти як річки Волоська Балаклійка та Сіверський Донець, а також об'єкти природо заповідного фонду серед яких: заказники ландшафтні місцевого значення «Крейдянська лісова дача» площею 1477,7 га та «Савинська лісова дача», площею 1711,0 га; заказник ботанічний місцевого значення «Байрак», площею 1,0 га; заказник загальнозоологічний місцевого значення «Лиман», площею 131,2 га; унікальне водно-болотне угіддя біля с. Вільхуватка площею 328,0 га, резервоване для наступного заповідання як місце гніздування сірого журавля.

Подальші вказівки щодо реагування на надзвичайні ситуації можна знайти у the Emergency Response Guidebook (ERG) [5] або отримати у представників територіального управління Державної служби з надзвичайних ситуацій України.

**Висновки.** З огляду на викладене слід зазначити, що пропонується підхід може бути використаний для експрес оцінки негативного впливу та подальшої розробки і пріоритезації відповідних заходів реагування на надзвичайні ситуації. У випадку необхідності отримання більш точної оцінки пропонується застосування експертно-аналітичних методів в комплексі з інструментально-лабораторними вимірюваннями вмісту забруднюючих речовин в навколишньому середовищі.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Інформаційне повідомлення. URL: <https://fakty.com.ua/ru/ukraine/20220724-uharkivskij-oblasti-sered-nochi-bulo-chuty-dva-vybuhy>.
2. Повідомлення ГУ ДСНС в Харківській області. URL: <https://www.facebook.com/MNSKHARKIV/posts/421940976642068>.
3. Flash Environmental Assessment Tool (FEAT 2.0). UNEP/OCHA. Geneva, 2016. 39 p. URL: <https://eectre.org/resources/feat>.
4. Florin Constantin Mihai, Alexandru Banica, Adrian Grozavu. Backyard burning of household waste in rural areas. Environmental impact with focus on air pollution. *19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference on Ecology, Economics, Education and Legislation*, Jun 2019, Albena, Bulgaria. pp. 55-62, DOI: 10.5593/sgem2019/5.1/S20.007.
5. Emergency Response Guidebook (ERG). URL: <https://www.phmsa.dot.gov/training/hazmat/erg/emergency-response-guidebook-erg>.

УДК 504.064:556.388

## МЕТОДИКА КІЛЬКІСНОГО ВИЗНАЧЕННЯ НАДХОДЖЕНЬ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН В РІЧКУ З ПІДЗЕМНИМ ПОТОКОМ

Маркіна Н.К.<sup>1</sup>; Горишнякова Я.В.<sup>1</sup>; Доценко О.О.<sup>1</sup>, к.т.н.;  
Лептуга О.К.<sup>2</sup>, к.філ.н., доц.

<sup>1</sup>Науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем», Харків, Україна;

<sup>2</sup>Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна

**Вступ.** Багаторічний досвід вивчення стану водних ресурсів свідчить про екологічний кризовий стан малих і середніх річок. На даний час на території України майже не існує річок, якість води в яких відповідає нормативним вимогам. Крім прямих скидів стічних вод важливу негативну роль в забрудненні річок відіграють забруднені підземні води, що дреноються річками. Така ситуація потребує оперативної розробки нових підходів до забезпечення умов мінімізації впливу на екологічний стан та якість річкових вод. Одним із шляхів оздоровлення річкової мережі є реалізація водоохоронних заходів, підгрунтям розробки яких слугує розрахункове обґрунтування методів визначення впливу підземних вод. Розроблена методика дозволить вирішити ситуацію, що склалась.

**Постановка проблеми.** При вирішенні проблеми захисту річок від забруднення підземним стоком досить складно визначити витрати підземних вод та кількісні параметри надходження забруднюючих речовин в русло річки. Оскільки умови розвантаження залежать від геологічної будови і гідрогеологічних умов на конкретних ділянках русла, взаємозв'язок між ними досить різноманітний. Живлення річки в таких умовах характеризується або боковим притоком підземних вод або їх притоком через дно. Ці умови є визначальними при плануванні та реалізації водоохоронних заходів по захисту річки від забруднення підземним стоком. В зв'язку з цим постала необхідність в розробці методики.

**Огляд літературних джерел.** Проблеми взаємовпливу та взаємозв'язку підземних і поверхневих вод вирішували відомі вчені Куделін і Чугаєв Р.Р. Причому, Чугаєвим Р.Р. була запропонована універсальна емпірична формула для визначення притоку підземних вод в річку в умовах, коли вона є досконалою або недосконалою дреною. Цей підхід був адаптований для вирішення екологічних проблем і положений в основу розробленої методики, яка, крім цього, доповнена особливостями гідролого-гідрогеологічної схематизації.

**Матеріали та методи.** Вихідними даними для визначення гідрогеологічних параметрів, необхідних для кількісних оцінок і прогнозних розрахунків з метою охорони підземних і річкових вод, слугують, матеріали натурних, польових, дослідно-фільтраційних досліджень і розрахункові величини, а також результати математичного моделювання, що виконувалось для вирішення екологічних проблем на ряді промислових підприємств України, які були джерелами забруднення підземних та взаємопов'язаних з ними поверхневих вод (річок і водойм).

**Методи,** що використовувались в процесі розробки методики, включають теоретичний аналіз існуючих аналітичних розрахункових формул, аналіз узагальнених гідрогеологічних умов, гідродинамічні класичні формули і емпіричні залежності, які в гідрогеології використовуються для аналітичного моделювання фільтрації і розвантаження потоку підземних вод в річки.



**Результати.** При вирішенні умов формування водних ресурсів балансове рівняння враховує максимальну кількість основних факторів і процесів, що впливають на формування якості підземних вод, і особливостей надходження забруднюючих речовин в річку. Зважаючи на складність гідрогеологічних умов об'єктів, на які накладаються фізико-хімічні фактори, для вирішення прогностичних завдань необхідна схематизація цих умов: усереднюються по площі і за профілем гідрогеологічні, фільтраційні і міграційні параметри, річка прирівнюється до досконалої чи недосконалої дрени в залежності від часткового або повного перехоплення ґрунтового потоку. У разі часткового перехоплення, приплив в річку забруднених підземних вод (бічні притоки і вертикальна складова) визначаються за формулою Чугаєва Р.Р. [1] для розрахунку припливу води в недосконалу дрена в безнапірному водоносному горизонті:

$$Q = kL \left[ \frac{h_1^2}{2B} + h_1 q_{r1} + \frac{h_2^2}{2\rho} + h_2 q_{r2} \right] \quad (1),$$

де  $k$  – коефіцієнт фільтрації, м/добу;

$L$  – довжина ділянки дрени, м;

$h_1$  – статичний рівень ґрунтових вод на вододілі, відлічуваний від дна річки, м;

$B$  – відстань від дрени до вододілу, м;

$h_2$  – рівень води в річці, відлічуваний від дна, м;

$\rho$  – відстань від дрени до річки, м;

$q_{r1}$  і  $q_{r2}$  – наведена фільтраційна витрата відповідно з боку вододілу і річки, які знаходять за графіками [1] в залежності від  $\alpha$  і  $\beta$ .

$$\alpha_1 = \frac{B}{B + 0.5B}; \quad \alpha_2 = \frac{\rho}{\rho + 0.5B}; \quad (2)$$

$$\beta_1 = \frac{B}{T}; \quad \beta_2 = \frac{\rho}{T}.$$

Причому, якщо  $\beta > 3$ , то  $q_r$  визначається за формулою

$$q_r = \frac{q_r}{(\beta - 3)q_r^1 + 1}, \quad (3),$$

де  $q_{r1}$  знаходиться за графіком [1] по  $\alpha = \frac{T}{T + 2/3B}$ .

У цих формулах :  $T$  – потужність водоносного горизонту під дренаю (річкою) (відстань від точки витоку до дна дрени), м;  $B$  – ширина дрени, м.

Аналіз формули (1) дає підставу вважати, що бічний приплив в дрена характеризується складовими типу  $h^2/2B$ , а приплив в дрена з боку її дна, – складовими типу  $hq_r$ .

Стосовно до нашого випадку недосконалою дренаю є річка, приплив в неї зі сторони берегів відповідає притоку з боку забрудненої ділянки, а приплив з бо-

ку вододілу відповідає притоку з боку берега річки, на якому відсутнє джерело забруднення (рисунок 1).

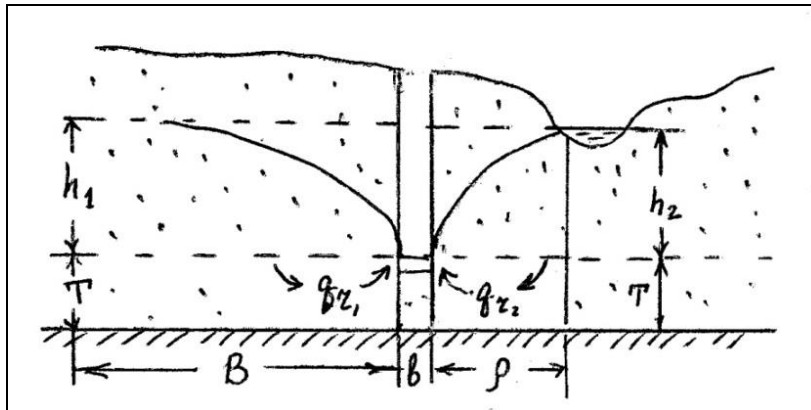


Рисунок 1 – Схема притоку в «недосконалу» дренаж

Таким чином, величина бічного припливу забруднених ґрунтових вод з боку берега буде:

$$q_3 = kL \frac{h_2^2}{2\rho} \quad (4)$$

Через дно річки (вертикальна складова):

$$q_{др}^B = kL(h_1 q_{r1} + h_2 q_{r2}) \quad (5)$$

Величина бічного припливу незабруднених ґрунтових вод:

$$q_H = kL \frac{h_1^2}{2B} \quad (6)$$

Сумарний приплив в дренаж-річку складе:

$$q_{др} = q_3 + q_H + q_{др}^B \quad (7)$$

У формулах (2-7):

$h_1$  – потужність водоносного горизонту, яка відлічується від дна річки на вододілі, м;

$B$  – відстань від вододілу до незабрудненого берега річки, м;

$h_2$  – дна річки рівень рідини в накопичувачі, відрахований від, м;

$\rho$  – відстань від річки до накопичувача, м.

Якщо річка є досконалою дренажем, приплив забруднених підземних вод становитиме:

$$q = LK \frac{H}{R} \quad (8)$$

У нашому випадку:

$q$  – сумарний приплив води в річку, м<sup>3</sup>/сек;  
 $L$  – довжина ділянки річки, м;  
 $k$  – коефіцієнт фільтрації водоносного пласта, м/доб;  
 $H$  – потужність безнапірного водоносного пласта, м;  
 $R$  – радіус депресійної воронки, утвореною річкою-дреною в дзеркалі ґрунтових вод, м.

Вплив забрудненого підземного стоку на зміну якості води в річці оцінюється за формулою (9):

$$\Delta C_p = \frac{C_{др} q_{др}}{q_p} \quad (9)$$

де  $\Delta C_p$  – зміна концентрації забруднюючих речовин в річковій воді, обумовлене розвантаженням забрудненого підземного стоку, мг/дм<sup>3</sup>;  
 $C_{др}$  – концентрація забруднюючих речовин в підземних водах, мг/дм<sup>3</sup>;  
 $q_{др}$  – приплив забруднених підземних вод в річку, м<sup>3</sup>/сек;  
 $q_p$  – витрата річки, м<sup>3</sup>/сек.

Якщо відлік часу вести від початку функціонування джерела забруднення, вважаючи параметри, що входять в розрахункові залежності, незмінними, можна розрахувати прогностні значення показників якості ґрунтових вод у руслі річки на ретроспективу (1, 2 ... $n$  років). Значення початкових концентрацій можна, для полегшення розрахунків, приймати рівними нулю, враховуючи розведення ґрунтових вод під час щорічних паводків і малі значення фонових величин в природному потоці ґрунтових вод в порівнянні з вмістом їх в забрудненому ( $C_{\sigma} > C_e$ ). Зіставляючи розрахункові дані за якістю ґрунтових і поверхневих вод на терміни, які цікавлять (в тому числі – на ретроспективу) з наявними натурними, отриманими в процесі проведення польових досліджень, оцінюється адекватність запропонованої моделі процесу забруднення ґрунтових вод і річкових, тобто проводиться верифікація моделі.

**Висновки.** Слід зазначити, що Методика може успішно використовуватися при виконанні розрахункового визначення ефективності водоохоронних заходів в умовах теоретичного розрахування доцільності їх реалізації для захисту річок від забруднення підземним стоком. Надійність запропонованої методики перевірена на численних об'єктах, що дозволяє авторам запропонувати її використання при визначенні забруднення поверхневих вод в басейнах річок, а також при вирішенні проблем реабілітації якості поверхневих водних об'єктів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Вамболь С.О., Міщенко І.В., Кондратенко О.М. Технічна механіка рідини і газу: підручник. Х: НУЦЗУ, 2016. 300 с.

УДК 504.05/.06+504.75.05

## ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

Оськіна М.В.<sup>1</sup>; Гончаренко І.О.<sup>2</sup>, к.т.н.;  
Цапко Н.С.<sup>1</sup>, к.т.н., доц.; Хабарова Г.В.<sup>1</sup>, к.т.н.

<sup>1</sup>Науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем», Харків, Україна;

<sup>2</sup>Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, Харків, Україна

**Вступ.** Забруднення довкілля є предметом особливої уваги з боку як громадськості, так і державних органів. Основний вплив шкідливих викидів в атмосферне повітря чинять теплові електростанції на викопному паливі [1], тому значна частина підприємств переходить на використання альтернативних джерел енергії, в тому числі рослинних відходів сільського господарства

Одночасно з цим в 2015 році лідери 193 країн-членів ООН ухвалили «Цілі сталого розвитку», досягнення яких допоможе у протидії кліматичним змінам у світі. Забезпечення доступу населення до дешевого, надійного, стійкого і сучасного енергопостачання передбачено ціллю 7 «Доступна та чиста енергія», у тому числі, щодо збільшення частки енергії з відновлювальних джерел (далі ВДЕ) та подвоєння енергоефективності до 2030 року. Наразі частка відновлюваної електроенергетики в енергобалансі України становить всього 1,58%, але Україна має цілком реальні шанси отримувати майже всю свою енергію з відновлюваних джерел до 2050 року [2].

Слід погодитись з висновками [3], а саме, екологічна складова енергетичної безпеки України знаходиться на неприйнятно низькому рівні і, безумовно, повинна бути суттєво покращена. Не зважаючи на вкрай несприятливі умови щодо реалізації більшості сучасних екологічних вимог в енергетичній галузі, Україна взяла на себе цілком амбітні та обґрунтовані міжнародні зобов'язання, в рамках Паризьких Угод, які необхідно виконувати. Ключовими завданням забезпечення екологічної безпеки ефективності виробництва та споживання енергії з використанням ВДЕ є дослідження впливу на навколишнє середовище та прозоре регулювання цієї діяльності.

**Викладення основного матеріалу.** Вплив об'єктів енергетичної галузі з довкіллям відбувається на всіх стадіях добування та використання палива, перетворення та передачі енергії. На частку ТЕС припадає біля 30 % всіх викидів, а це пов'язано, здебільшого, з техногенним впливом при спалюванні палива. За дослідженням [4] схематично зображено вплив ТЕС (на базі конденсаційних паротурбінних установок) на навколишнє середовище Рис. 1, де: ПГ – парогенератор; Т – турбіна; К – конденсатор; ЖН, КН, ЦН – відповідно живильні, конденсатні і циркуляційні насоси; РПЖВ – регенеративний підігрів живильної води; Г – генератор електричного струму; МО – масло охолоджувач; ТП – трансформаторна підстанція; ЛЕП – лінії електропередачі.

З аналізу вказаного техногенно-екологічна безпека виробництва енергії з використанням органічного палива включає: безпека поверхневих та підземних вод; охорона атмосферного повітря від хімічного і теплового забруднення; локальні зміни клімату; техногенне забруднення ландшафтів (ґрунтів), вплив на живі



організми (біота); акустичне (шум), електромагнітне й електростатичне забруднення довкілля.

Серед переліченого найбільшим небезпечним впливом на навколишнє середовище є викид забруднюючих речовин в атмосферне повітря, що залежить від обсягів спаленої сировини та вироблення енергії, якісних характеристик палива, технології спалювання і очищення димових газів. На тепер існує багато досліджень щодо різних способів використання в енергетичних цілях та оцінювання негативного впливу на довкілля викопного палива. Ситуація, що стосується ВДЕ набагато складніша, що пов'язано із більшою різноманітністю сировинної бази та технології її використання.

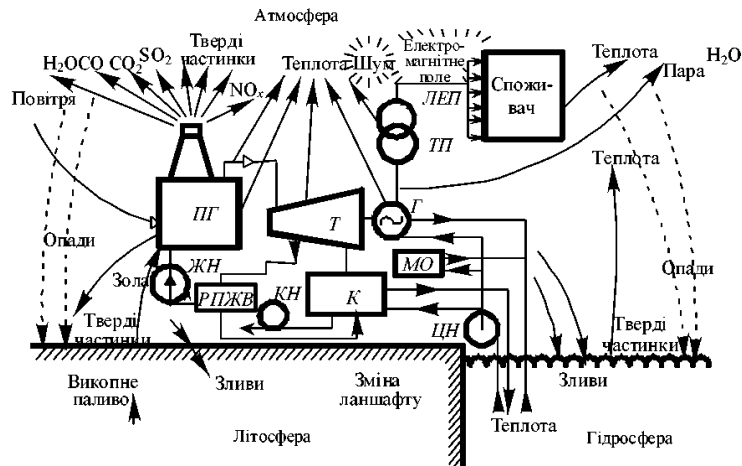


Рисунок 1 – Взаємодія ТЕС з навколишнім середовищем [4]

В якості практичного об'єкту дослідження вибрано найпоширенішу в Україні технологію спалювання органічного палива з ВДЕ на прикладі відходів сільськогосподарства з подальшим отриманням електричної енергії. Для виробництва електроенергії на підприємстві встановлені два котла парових на твердому паливі КПП 16000-40-440 R, які працюють на лушпинні соняшниковому пресованому гранульованому. Під час спалювання палива котлами утворюється пар, який приводить в дію турбогенератор, який у свою чергу виробляє електроенергію. Продукція, що виробляється – електроенергія – 48000 Мвт/рік. Сировина – лушпиння соняшникове пресоване гранульоване – 41600 т/рік. Тепло згорання палива – 17,60 МДж/кг (показник прийнятий згідно сертифікату на паливо наданого підприємством). Резервне паливо для котлів – лушпиння соняшника. На кожному з котлів встановлена газоочисна установка циклон батареїний ЦБ-56 (КПД 75 % і 75,5 %) і установка фільтра рукавного з імпульсною регенерацією BFF-I-M3-500A (КПД 98,8 % і 98,9 %).

Технологічний процес виробництва схематично зображено на рис. 2. Узгальнену характеристику викидів забруднюючих речовин від основного та допоміжного виробництва на рис. 3. Окремо проведено розрахунок викидів парникових газів, що зазначено на рис. 4.

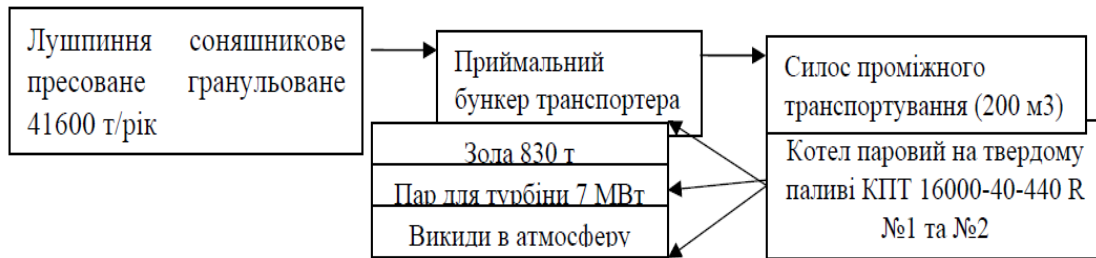
В якості порівняння можна розглянути аналогічний енергетичний об'єкт, що використовує викопне паливо та територіально розташований в Харківській області.

За даними регіональної доповіді про стан навколишнього середовища Харківської області за 2018 р. [5]. валовий викид забруднюючих речовин в атмосферне повітря Зміївською ТЕС складає 22645,743 т (без врахування парникових газів).

Суттєвою різницею у викидах ТЕС, є те, що при використанні викопних видів палива щорічно викидається в атмосферу приблизно 40-20 т важких металів. Так у 2018 р. валовий викид важких металів в атмосферу Зміївською ТЕС становив 11,153 т.

Найбільша кількість викидів важких металів Зміївською ТЕС припадає на викиди цинку (3,260 т), хрому (1,478 т), свинцю (1,346 т) та заліза (1,247 т).

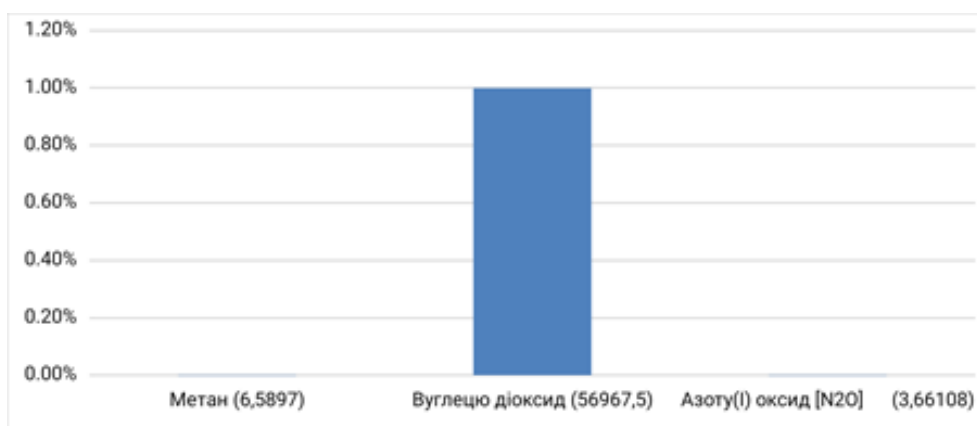
Значення окремих викидів забруднень у довкілля в ході спалювання викопного палива і деревини (в розрахунку на 1 кВт енергії на годину) проведені [6] та представлені в Табл. 1.



**Рисунок 2 – Балансова схема виробництва електроенергії шляхом спалювання лушпиння соняшника**



**Рисунок 3 – Характеристика викидів забруднюючих речовин від основних виробництв ТЕС потужністю 7 МВт з використанням лушпиння соняшника, т/рік**



**Рисунок 4 – Розподіл викидів парникових газів при виробництві електроенергії шляхом спалювання лушпиння соняшника, тон/рік**

**Таблиця 1 – Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря під час спалювання різних видів палива, мг викидів/ кВт год**

Вид викиду	Деревина	Вугілля	Природний газ
Оксиди азоту	154,77	588,12	12,69
Монооксид вуглецю	541,69	38,69	7,74
Сірчистий газ	38,69	278,58	4,33
Тверді частки	30,95	30,95	12,85
Метан	30,95	3,40	13,00
Закис азоту	20,12	23,33	3,10
Діоксид вуглецю	0,00	331202,00	181078,00

Як видно з таблиці, негативні показники забруднення атмосферного повітря при використанні ВДЕ не є значно кращими в порівнянні з викопними типами палива, що здебільшого пояснюється багаторічною науково-технічною діяльністю з підвищення рівня екологічної безпеки і економії використання викопних типів палива.

Одним із найбільш повних та ґрунтовних джерел інформації про визначення викидів забруднюючих речовин від енергетичних установок з використанням різних типів палива є «Збірник показників емісії (питомих викидів) забруднюючих речовин в атмосферне повітря різними виробництвами», розроблений в 2004 році ВАТ «Український науковий центр технічної екології», який обов'язковий при визначенні валових обсягів викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря на підприємствах під час ведення державного обліку в галузі охорони атмосферного повітря та обчислення збору, який справляється за викиди в атмосферне повітря забруднюючих речовин стаціонарними джерелами забруднення.

За більше ніж 15 років змін та вдосконалень енергетичної галузі, використання широкого спектру палива та різних технологій спалювання якісних змін в методологічному забезпеченні даної галузі не відбулось.

Додатковим негативним чинником при регулюванні діяльності ВДЕ є практичне застосування застарілого законодавства та нормативів, створених до або на початку 2000-х років [7-11], наприклад, відсутність прямої класифікації щодо обґрунтування встановлення розміру санітарно-захисної зони за

ДСП №173-96 [11], що є основною перешкодою в отриманні товариствами дозволу на викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами.

**Висновки.** Енергетична безпека як невід’ємна частина національної безпеки є важливою складовою сталого розвитку будь-якої держави.

Для впровадження дієвих заходів з підвищення екологічної безпеки та сталого розвитку даної галузі необхідно провести ґрунтовні дослідження впливу енергетичних об’єктів, що використовують відновлювальні джерела енергії, на навколишнє середовище, провести аналіз різних типів палива та технології його використання, а також адаптувати відповідно сучасному стану методологічне та нормативно-технічне забезпечення.

Використання відновлювальних джерел енергії (відходів сільського господарства) додатково сприяє вирішенню проблеми безпечного поводження з відходами шляхом енергетичної утилізації.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Аналіз та оцінка впливу шкідливих викидів ТЕС України на навколишнє середовище [Електронний ресурс]. URL: <http://ena.lp.edu.ua:8080/bitstream/ntb/26866/1/013-036-039.pdf>.
2. «Цілі сталого розвитку» як пролог до реформ в Україні [Електронний ресурс]. URL: <https://ukraine.ureport.in/story/501/>.
3. Бараннік В.О. Екологічна складова енергетичної безпеки: нові глобальні вимоги та завдання для України. *Серія «Національна безпека»*. 2016. № 37. URL: [https://niss.gov.ua/sites/default/files/2016-07/ekologichna\\_skladova-413cf.pdf](https://niss.gov.ua/sites/default/files/2016-07/ekologichna_skladova-413cf.pdf).
4. Екологічна характеристика та вплив на довкілля ТЕС [Електронний ресурс] – URL: <http://eco.com.ua/content/ekologichnaharakteristika-ta-vpliv-na-dovkillya-tes>.
5. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Харківській області у 2018. Департамент екології та охорони навколишнього природного середовища ХОДА, 2019. 209 с.
6. Forest Biomass and Air Emissions. Washington State Department of Natural Resources, Electronic Source. URL: [http://www.eesi.org/files/em\\_forest\\_biomass\\_and\\_air\\_emissions\\_factsheet\\_8.pdf](http://www.eesi.org/files/em_forest_biomass_and_air_emissions_factsheet_8.pdf).
7. Збірник показників емісії (питомих показників) забруднюючих речовин в атмосфері різними виробництвами», УкрНЦТЕ, Донецьк, 2004 р.
8. КНД 211.2.3.063-98 Відбір проб промислових викидів. Інструкція.
9. ГОСТ 17.2.4.02-80 «Охорона природи. Атмосфера. Загальні вимоги до методів визначення забруднюючих речовин».
10. Перелік найбільш поширених і небезпечних забруднюючих речовин, викиди яких в атмосферне повітря підлягають регулюванню. Затверджено Постановою Кабінету Міністрів України за №1598 від 29.11.2001.
11. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів, затверджені наказом Міністерства охорони здоров’я України від 19.06.96 за №173 та зареєстрованих у Міністерстві юстиції України 24.07.96 за № 379/1404.

УДК 504.03

## ОЦІНКА РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ ВНАСЛІДОК ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ В ХАРКІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

Рибалова О.В.<sup>1</sup>, к.т.н., доц.

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

Забруднення навколишнього природного середовища є найважливішою проблемою сучасності. Зусилля міжнародної спільноти спрямовані на зменшення антропогенного тиску на довкілля. Харківська область є великим індустріальним центром України, тому визначення соціально-економічних втрат держави від забруднення атмосферного повітря є дуже актуальним.

У багатьох країнах світу законодавчо закріплено використання методів оцінки ризику для здоров'я населення для цілей соціально-гігієнічного моніторингу, екологічної і гігієнічної експертизи, екологічного аудиту, визначення зон екологічного лиха і надзвичайної екологічної ситуації, державного екологічного контролю, обґрунтування планів дій з охорони навколишнього середовища і здоров'я населення. Результати оцінки ризику дозволяють визначити доцільність, пріоритетність і ефективність природоохоронних і санітарно-гігієнічних заходів, спрямованих на зниження несприятливого впливу навколишнього середовища на здоров'я населення.

З метою визначення небезпеки для здоров'я людей внаслідок забруднення атмосферного повітря пропонуємо використовувати метод оцінки потенційного ризику для здоров'я населення, який ґрунтується на вітчизняній системі моніторингу за станом навколишнього природного середовища та системі нормування антропогенного навантаження на компоненти довкілля і представляє логарифмічну залежність між концентраціями забруднюючих речовин та ймовірністю збільшення захворюваності на відміну від коефіцієнту небезпеки (HQ) або індексу небезпеки (HI), які представляють тільки кратність перевищення референтних концентрацій і вказують на рівень небезпеки.

Переваги застосування методу оцінки потенційного ризику для здоров'я населення детально перелічені в роботі [1]. Ризик здоров'ю населення при хронічному впливі забруднення атмосфери визначається за формулою [2]:

$$R = 1 - \exp(\ln(0.84) \times (C / \text{ГДК})^b / K_3), \quad (1)$$

де  $K_3$  – коефіцієнт запасу;  $b$  – коефіцієнт, що дозволяє оцінювати ізоефективні ефекти домішок різних класів небезпеки.

При трактуванні отриманих величин потенційного ризику здоров'ю населення користуються наступною ранговою шкалою (табл. 1).

Відповідно до класифікації (табл. 1) значення потенційного ризику для здоров'я населення за середніми концентраціями за 2020 рік відповідає 2 класу – слабкий вплив на здоров'я населення, а за максимальними концентраціями за 2020 рік відповідає 3 класу – значний вплив на здоров'я населення (табл. 2).

**Таблиця 1 – Залежність ваги ефектів від величини потенційного ризику здоров'ю населення [2]**

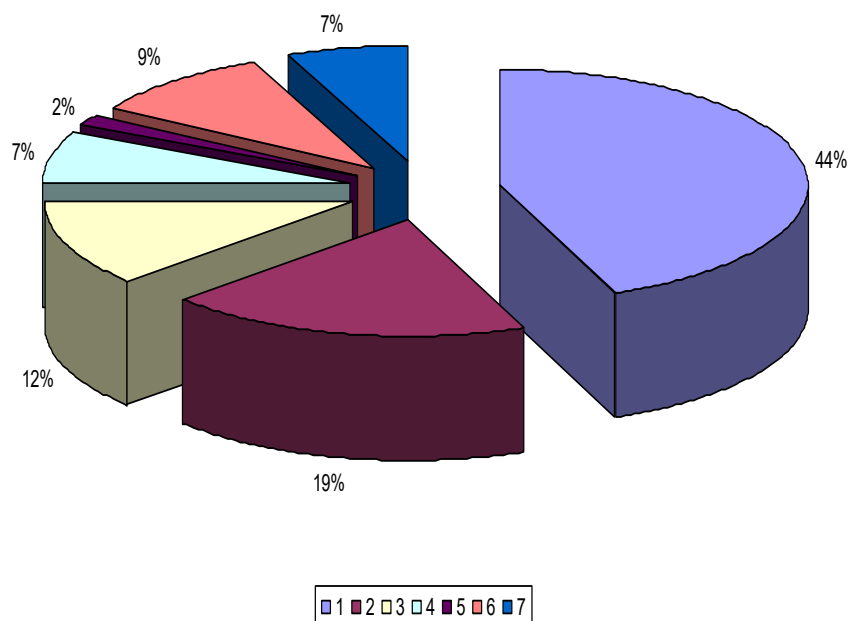
Risk	Клас	Характеристика ризику
<0,1	1	незначний вплив на здоров'я населення
0,1 – 0,19	2	слабкий вплив, граничні хронічні ефекти
0,2 – 0,59	3	значний вплив, важкі хронічні ефекти
0,6 – 0,89	4	великий вплив, важкі гострі ефекти
0,9 – 1,0	5	дуже великий вплив на здоров'я населення

**Таблиця 2 – Потенційний ризик для здоров'я населення за максимальними концентраціями забруднюючих речовин в атмосферному повітрі в м. Харків**

Забруднююча речовина	Середня концентрація забруднюючої речовини, мг/м <sup>3</sup>	Risk	Максимальна концентрація забруднюючої речовини, мг/м <sup>3</sup>	Risk
Пил	0,09	0,025	1,6	0,025
Діоксид сірки	0,007	0,005	0,029	0,005
Оксид вуглецю	2,8	0,053	12	0,176
Діоксид азоту	0,02	0,012	0,12	0,112
Оксид азоту	0,02	0,013	0,05	0,013
Сірководень	0,001	0,002	0,003	0,008
Фенол	0,001	0,007	0,006	0,068
Сажа	0,03	0,023	0,3	0,023
сульфати	0	0,000	0,01	0,034
аміак	0	0,000	0,04	0,034
Формальдегід	0,002	0,017	0,017	0,235
Сумарний ризик		0,148		0,549

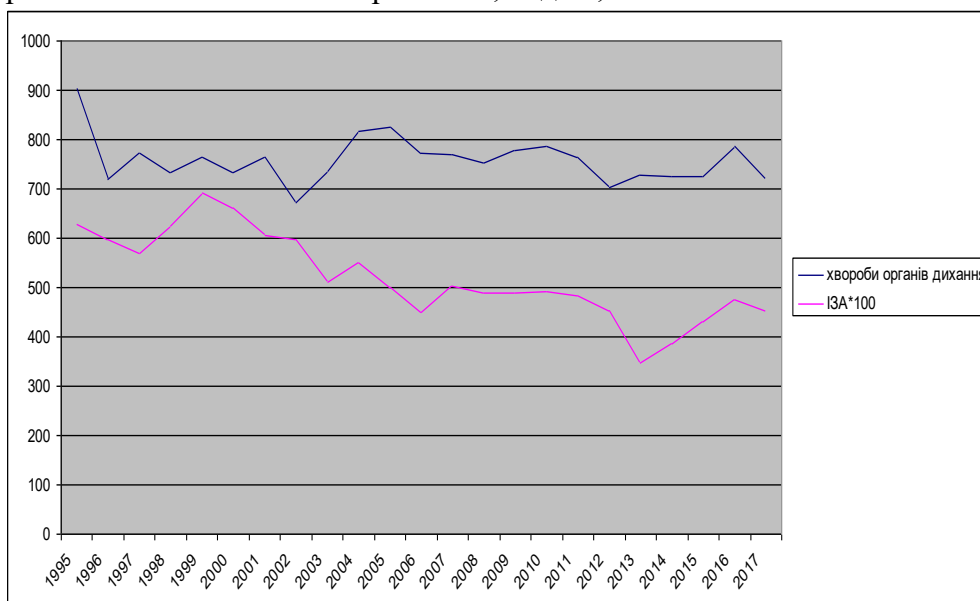
Розрахунки показують, що найбільш вразливими від забруднення атмосферного повітря є органи дихання (рис. 1).





**Рисунок 1 – Поширеність захворювань населення м. Харків внаслідок забруднення атмосферного повітря (1 – органи дихання; 2 – кров; 3 – серцево-судинна система, розвиток, ЦНС; 4 – очі, імунна система; 5 – нирки, печінка; 6 – смертність, 7 – зуби)**

Таким чином, забруднення атмосферного повітря найбільше впливає на збільшення захворюваності органів дихання. Дослідження впливу якісного стану атмосферного повітря за значенням показника ІЗА (індекс забруднення атмосфери) на кількість осіб, які мають хвороби органів дихання за період з 1995 року по 2017 рік представлено на рис.2. Значення показника ІЗА за період з 1990 року по 2018 рік зменшилось майже в 3 рази з 11,26 до 4,09.



**Рисунок 2 – Динаміка забруднення атмосферного повітря і хвороб органів дихання за період з 1995 року по 2017 рік.**

Коефіцієнт кореляції впливу викидів забруднюючих речовин на стан атмосферного повітря за значенням інтегрального показника ІЗА складає 0,85.

Необхідно відзначити, що кількість осіб, які мають хвороби органів дихання за період з 1995 року по 2017 рік змінилась незначно з 903 осіб у 1995 році до 720 осіб у 2017 році [3].

Метод оцінки потенційного ризику здоров'ю населення дозволяє адекватно інтегрувати забруднюючі речовини, тому що представляє імовірнісну характеристику появи рефлекторних реакцій організму й інших шкідливих ефектів. Оцінка потенційного ризику здоров'ю населення дозволяє також рангувати ризики за окремими забруднюючими речовинами з метою встановлення причини забруднення на основі ідентифікації найбільш небезпечних джерел антропогенного впливу на стан довкілля.

Порівняння методичних підходів щодо оцінки ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря показало необхідність застосування комбінованого підходу для визначення канцерогенного і не канцерогенного ризику [4].

Ризик для здоров'я населення було визначено за офіційними даними моніторингу за станом атмосферного повітря за 2020 рік до початку військової агресії росії проти України. З перших днів війни були зафіксовані обстріли та бомбардування промислових та енергетичних об'єктів, підпали лісів, підриви нафтобаз, руйнування інфраструктури, знищення населених пунктів, шкіл, лікарень, промислових підприємств. Харківська область зазнає обстрілів російських військ кожного дня, що безумовно впливає на якісний стан атмосферного повітря.

В теперішній час, коли Україна зазнала впливу військових дій та економічної кризи, дуже важливим є питання щодо пріоритетності фінансування природоохоронних заходів. У післявоєнний час найактуальнішим питанням стане науково обґрунтований розподіл фінансових ресурсів на відбудову країни на основі аналізу екологічної ситуації і визначення ризику для здоров'я населення.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Рибалова О.В., Варламов Є.М. Гаджиєв Е.Н. Визначення ризику для здоров'я людей від впливу шкідливих викидів при виробництві мінеральної вати. *The scientific heritage*. No 10 (10) (2017) P.3 (Budapest, Hungary), p 52-58
2. Інтегральні та комплексні оцінки стану навколишнього природного середовища: монографія / О.Г. Васенко, О.В. Рибалова, С.Р. Артем'єв і др. Х.: НУГЗУ, 2015. 419 с
3. Головне управління статистики у Харківській області. <http://kh.ukrstat.gov.ua/stat-informatsiya>
4. Рибалова, О., Коробкова, Г., Гудзевич, А., Артем'єв, С., & Бондар, О. Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення повітря в промислових регіонах України. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія»*, 2022. 56, 240-254

УКД 502.5

## ОЦІНКА І ПРОГНОЗ ПОКАЗНИКІВ ТЕХНОГЕННО-ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ ТА НАСЛІДКІВ КРИЗ: ЗАГАЛЬНІ ПІДХОДИ

Сидоренко В.Л.<sup>1</sup>, д.т.н., доц.; Пруський А.В.<sup>1</sup>, д.т.н., доц.;  
Єременко С.А.<sup>1</sup>, д.т.н., доц.; Бикова О.В.<sup>1</sup>, к.пед.н., доц.

<sup>1</sup>Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту,  
Київ, Україна

Аналіз і облік всієї сукупності техногенно-екологічних ризиків (далі – ТЕР), створення відповідних структур і механізмів управління ними є важливими умовами сталого розвитку країни, екологічної рівноваги та захисту довкілля. Визначення пріоритетів державної політики у галузі екологічної безпеки, прийняття обґрунтованих і раціональних рішень з управління природними ресурсами, планування еколого-економічного розвитку потребують оцінки і прогнозу ТЕР та наслідків криз, які в рамках загальної теорії екологічної безпеки, що потребує розвитку й удосконалення, досліджено недостатньо.

Значимість ТЕР з точки зору сталого розвитку країни оцінюється двома групами показників: 1) абсолютними (оцінки у натуральних одиницях та економічні оцінки ймовірної шкоди навколишньому середовищу); 2) відносними (місце даного ризику в їх ранжованому ряду). Абсолютні показники в силу суттєвих невизначеностей в оцінці як можливості реалізації кризи, так і очікуваного збитку мають великі похибки. Тому для багатьох практично важливих задач (наприклад, раціонального розподілу природних ресурсів) часто буває достатньо відносних оцінок. Загальні підходи до оцінки як абсолютних, так і відносних показників ТЕР в значній мірі можуть бути засновані на підходах, що використовуються під час оцінки і прогнозу ризику надзвичайних ситуацій (далі – НС). Етапи оцінки показників ризику НС, що впливає на процес функціонування екосистем (далі – ЕС), наведені на рис. 1.

Прогноз ризику НС, по суті, передбачає повторення процедури оцінки ризику для різного горизонту прогнозів, з урахуванням зміни значущих чинників (склад і властивості джерел небезпеки, характеристики уразливості, еколого-економічні показники розвитку ЕС та ін.). Розглянута схема оцінки може бути адаптована для оцінки і прогнозу ТЕР. Етапи оцінки ТЕР, обумовлених негативними сценаріями розвитку, що впливають на життєздатність ЕС, показані на рис. 2, фактори, що впливають, утворюють «віялову» функцію, окремі реалізації якої можуть бути формалізовані як сценарії розвитку. Можна розглядати розподіл ймовірностей  $f(u, t)$  для певних перетинів по  $t$  (горизонтів прогнозу), а також  $f(t, u)$  для певних перетинів по  $u$  (критеріїв настання криз). Густина розподілу ймовірностей  $f(t, u)$  описує випадковий час настання кризи.

Прогноз ТЕР може бути виконаний з використанням комплексних показників або індикаторів еколого-економічного розвитку. На рис. 3, а показані залежності індикаторів кризового розвитку ЕС від часу ( $u_{кр}$  – гранично допустиме значення індикаторів, що встановлюється на основі світового досвіду).

У силу дії великого числа факторів, що суперечливо впливають, вони утворюють «віялову» функцію, окремі реалізації якої можуть бути формалізовані як сценарії розвитку.



Рисунок 1 – Етапи оцінки ризику НС на деякій території (для розміщених на ній об'єктів) в умовах можливої реалізації небезпечних техногенно-екологічних явищ



Рисунок 2 – Етапи оцінки ТЕР для ЕС в умовах можливої реалізації негативних сценаріїв розвитку

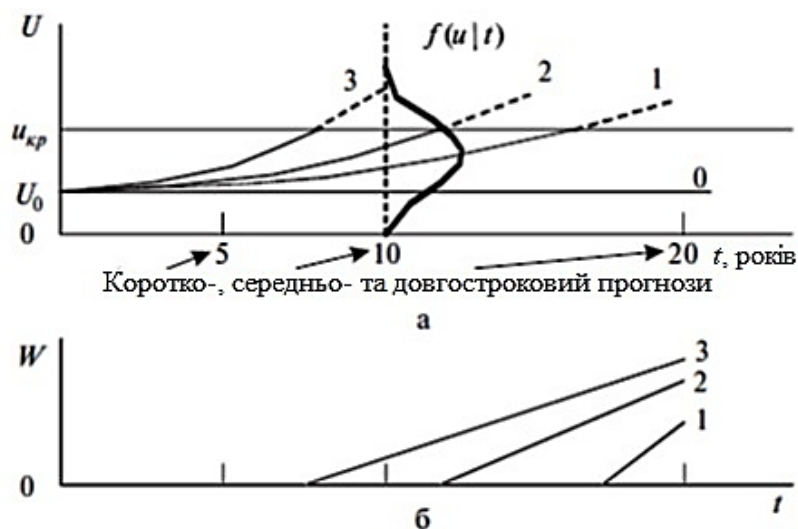


Рисунок 3 – Ілюстрація використання індикаторів криз під час прогнозу розвитку ЕС (1, 2, 3 – варіанти розвитку ЕС)

Можна розглядати розподіл імовірностей  $f(u/t)$  для певних перетинів по  $t$  (горизонтів прогнозу), а також  $f(t/u)$  для певних перетинів по  $u$  (критеріїв настання криз). Густина розподілу ймовірностей  $f(t/u)$  описує випадковий час настання кризи. Вихід індикатора кризового розвитку на порогове значення свідчить про настання стану кризи, що пов'язано з певними втратами (рис. 3, б), розмір яких залежить від значень показників (індикаторів) і часу перебування в стані кризи. В результаті негативного впливу небезпечних явищ, негативних тенденцій розвитку, нераціональних рішень, прийнятих в умовах невизначеності, можливі небажані наслідки для ЕС. Поняття наслідків носить узагальнений, неекономічний характер, в той час як поняття шкоди є економічна кількісна величина, що має бути викладена у вартісному вираженні. Іншими словами, збиток – це оцінені негативні наслідки, що можуть класифікуватися за різними ознаками.

Класифікація наслідків небезпечних явищ може бути проведена за місцем і часом прояву наслідків щодо впливу негативних чинників, в залежності від розв'язуваної задачі, по об'єктах впливу негативних факторів небезпечних явищ. За місцем і часу настання щодо місця і часу впливу негативних факторів небезпечних явищ розрізняють прямий, непрямий, повний і загальний збиток.

Наслідки небезпечних явищ є ланцюг послідовних взаємопов'язаних подій. Число ланок в цьому ланцюзі може бути досить велике. До прямих втрат (збитку) відносять втрати і збитки всіх об'єктів, що представляють інтерес для життєдіяльності людини та які потрапили в зону безпосередньої дії негативних факторів небезпечного явища. До них відносяться руйнування, пошкодження, радіоактивне або хімічне забруднення, наслідки впливу негативних факторів на об'єкти природи і народного господарства (земля, люди, рослинний і тваринний світ, будівлі, споруди, обладнання тощо), тобто все те, що знаходиться у сфері інтересів (усвідомлених потреб) людини.

Непрямі збитки від небезпечного явища – це втрати, збитки і додаткові витрати, що понесуть об'єкти, які не потрапили в зону дії негативних факторів небезпечного явища та викликані порушеннями і змінами в такій структурі господарських зв'язків, інфраструктурі, а також втрати (додаткові витрати), викликані необхідністю проведення заходів з ліквідації наслідків, викликаних небезпечним явищем пригод і НС. Найчастіше в циклах генерування непрямих збитків проявляються всі групи наслідків. На рівні держави, регіонів і фірм проявляється ланцюговий непрямий ризик, зображуваний як «дерево ризиків» з кількістю циклів  $m \rightarrow \infty$ . Практично доцільний облік не більше 6–10 циклів. Аналіз послідовності взаємопов'язаних подій під час виникнення НС показує, що в міру просування по їх ланцюжку, по-перше, слабшає вплив вихідної події і, по-друге, зростають труднощі оцінки непрямих збитків. Тому непрямі збитки зазвичай оцінюються експертно без деталізації окремих складових. У непрямому збитку від сукупності наслідків небезпечних явищ особлива роль належить віддаленим глобальним змінам природного середовища, що не можуть бути оцінені в грошовому вираженні.

Повний збиток є сумою прямого і непрямих збитків. Повний збиток визначається на конкретний момент часу і є проміжним у порівнянні із загальним збитком, який враховує віддалені наслідки катастрофи або кризи. Необхідність розгляду розподілених в часі або віддалених проявів шкоди особливо важлива для аварій, пов'язаних з впливом на компоненти навколишнього середовища або впливом радіоактивних матеріалів. Так, термін прояви шкоди від аварії на АЕС може досягати сотень років. Розрізняють методи оцінки збитку від гіпотетичної і реальної кризи. Якщо розглядається гіпотетичну кризу, то про ці види шкоди

говорять як про передбачувані. Для різних сценаріїв розвитку кризи розрахунковим методом виходять різні значення збитку. У силу впливу на розмір збитку великого числа випадкових чинників в задачах прогнозу розглядають випадкову величину збитку  $W$ , описувану функцією розподілу  $F(w)=P(W<w)$ .

Статистичні дані про збитки від криз і катастроф, що реально відбулися, на деякому часовому інтервалі утворюють вибірку з генеральної сукупності, описуваної функцією розподілу  $F(w)$ , що характеризується статистичною функцією розподілу. За об'єкту проявів наслідків кризи (зокрема, впливу негативних чинників небезпечного явища) розрізняють наступні види збитку:

- життю і здоров'ю конкретних людей (медико-біологічний), який визначається конкретними порушеннями для їх здоров'я;
- для деякої спільності (населення країни, суспільства), що приводить до соціальних втрат і в підсумку скорочення середньої тривалості життя;
- фізичним та юридичним (організаціям) особам (матеріальний, моральний);
- державі (політичний, економічний, соціальний, культурний тощо);
- природному середовищу (екологічний).

Універсальної шкали для вимірювання шкоди не існує. На практиці використовують в основному дві шкали – абсолютну і відносну. У першому випадку, як правило, використовуються кількісні значення. Наприклад, вартість втрати того чи іншого виду власності виражається у грошових одиницях, нещасні випадки характеризуються їх кількістю і т. д. Якісні шкали створюються в тих випадках, коли виникає необхідність оцінки такого виду шкоди, для вимірювання якого відсутня можливість отримання чисельних значень. Під час використання абсолютних шкал всі складові шкоди можуть оцінюватися в натуральних одиницях, властивих даного виду шкоди або у вартісному вираженні. Однак для порівняння наслідків від різних негативних подій з урахуванням різних складових збитку, вироблення раціональних заходів зниження ризику, під час розрахунку запобігання в результаті вжитих заходів збитку і економічної ефективності заходів щодо забезпечення безпеки всі складові збитку доцільно оцінювати в одних одиницях, тобто давати їх вартісну оцінку.

Необхідність врахування специфіки вирішуваних завдань визначає складність проблеми оцінки збитку. Найбільш часто вирішуються два завдання: 1) обґрунтування вжитих заходів зниження ризику. У даних задачах оцінюється відвернений збиток:  $W=W_0-W_1$ , де  $W_0$  і  $W_1$  – прогнози шкоди до і після вжиття заходів зниження ризику; 2) обґрунтування розмірів відшкодується збитку. У першому наближенні зазвичай приймається, що збиток від небезпечних явищ, криз, нераціональних рішень дорівнює витратам на відновлення, яке існувало до небезпечного явища положення.

Таким чином, наведені загальні підходи до оцінки і прогнозу показників техногенно-екологічних ризиків та наслідків криз можуть бути запропоновані як основоположні елементи щодо розвитку й удосконалення загальної теорії екологічної безпеки.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Азаров С.І., Сидоренко В.Л., Задунай О.С. Аналіз характеристик існуючих екосистем. *Екологічні науки*. 2017. Вип. 3-4/2017(18-19). С. 77–85.
2. Сидоренко В.Л., Азаров С.І., Єременко С.А., Бикова О.В., Пруський А.В. Моделювання імовірнісних характеристик пожежних (техногенних) ризиків. *16 всеукр. наук.-практ. конф. рятувальників: матер. конф. (Київ, 23–24 вересня 2014 р.)*. Київ, 2014. С. 268–270.



УДК 351.861

## ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПІДВОДНОГО РОЗМІНУВАННЯ

Соловйов І.І.<sup>1</sup>; Стрілець В.М.<sup>2</sup>, д.т.н., проф.

<sup>1</sup>ГУ ДСНС України в Херсонській області, Херсон, Україна;

<sup>2</sup>Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна

Незважаючи на те, що існуючий рівень технологічного прогресу дозволяє на протязі між 2010 та 2030 роками на 100% збільшити використання водних ресурсів, всі прибережні країни ЄС зіткнулись з викликами, що пов'язані із повоєнними залишками вибухонебезпечних [1,2] та хімічних [3,4] речовин у водних акваторіях. Крім цього у всьому світі на цей час встановлено біля 70 мільйонів мін, з яких, ймовірно, 15% встановлені на мілководні ділянки внутрішніх водоймищ [5]. В Україні ці виклики усугубляються як значною кількістю вибухонебезпечних предметів на узбережжі Чорного та Азовського морів, характерним прикладом чого є Херсонська область [6], так і збільшенням вибухонебезпечних предметів, які забруднюють мирні водні акваторії внаслідок війни з росією. З урахуванням того, що в нашій країні питання підвищення розвідки та розмінування водного середовища, особливо в умовах проведення бойових дій з росією, у порівнянні з ліквідацією вибухонебезпечних предметів на суходолі, де накопичено величезний досвід [7], потребують подальшою розробки, проблема підвищення ефективності попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних з підводним розташуванням вибухонебезпечних предметів, є актуальною. В доповіді показано, що важливою та нерозв'язаною частиною цієї проблеми є урахування екологічних аспектів, які впливають на ефективність підводного розмінування.

Відмічено, що координацію зусиль та забезпечення єдиних підходів щодо підводного розмінування водних акваторій в Європі здійснює Балтійська рада з безпеки боєприпасів (BOSB) [9]. Проте в її документах, які спільно із США конкретизовані в Міжнародному стандарті IMAS 09.60 «Підводна розвідка та знешкодження вибухових речовин» [10] і де підкреслена особлива роль водолазів-саперів, особливості забезпечення оперативної діяльності особового складу з урахуванням взаємодії достатньо специфічних факторів, які характеризують не тільки людину та технічні засоби, які вони використовують, але й середовище. Як не розглядаються ці питання і в Стандартній оперативній процедурі гуманітарного підводного розмінування [11], де основна увага приділяється підготовці водолазів-саперів.

Питання передового досвіду, який використовується під час обстеження та знешкодження підводних вибухонебезпечних боєприпасів, наведені в [12], але там розглядаються конкретні випадки та надається їх аналіз. Проте при цьому питання прогнозування результатів діяльності водолазів-саперів з урахуванням особливостей навколишнього середовища остаються поза увагою.

В більшості наукових досліджень, де розглядаються питання управління надзвичайними ситуаціями, пов'язаними з вибухо- та хімічно небезпечними об'єктами, основна увага звертається на характеристику об'єкта та результати його обстеження [1,13,14], у тому разі підвищення оперативності інформування військ щодо мінної обстановки безпосередньо в районі бойових дій [15], оцінку ризику [16], а також потенційні проблеми, що пов'язані із здоров'ям та підготовкою особового складу піротехніків [17].

Сучасною європейською перспективою попередження НС, пов'язаних з підводним знаходженням вибухонебезпечних предметів, є застосування принципів «не підривати» [18] та перехід на реалізацію можливостей підводних роботів [19]. Але і в першому, і в другому випадку без участі спеціально підготовлених водолазів-саперів [20] не обійтись, а організація їх діяльності вимагає урахування як можливостей особового складу, так і умов, в яких вони будуть виконувати поставлені завдання.

З іншого боку, екологічні дослідження, пов'язані з безпекою навколишнього середовища на воді та під водою, яким присвячено цілий випуск *The Journal of Coastal Research* [21],

В доповіді розглянуті деякі напрямки урахування екологічних аспектів підводного розмінування. Так, ефективні дії спеціалізованих піротехнічних підрозділів, особливо в питаннях визначення місць масового підводного знаходження вибухонебезпечних предметів, спираються на документально зафіксовані архівні дані. В умовах сьогодення дії спеціалізованих піротехнічних підрозділів після нашої перемоги будуть суттєво ускладнені стосовно тимчасово окупованого узбережжя Чорного та Азовського морів. Це викликано тим, що до непрямих доказів щодо забруднення території вибухонебезпечними предметами належать історичні довідки та архівні матеріали щодо ведення бойових дій або іншої військової діяльності та ін. Джерелами інформації під час проведення нетехнічного обстеження акваторії належать карти (схеми, формуляри) мінних полів і територій ведення бойових дій та інші архівні джерела, які сприяють встановленню небезпечних територій. І навіть при їх наявності проведення підводного технічного обстеження акваторії з метою виявлення конкретних місць знаходження вибухонебезпечних предметів буде дуже складною задачею, розв'язання якої буде потребувати широкого залучення фахівців-гідрологів.

Також особиста практика підводного розмінування в мирний час показала, що реальні місця підводного знаходження вибухонебезпечних предметів дещо відрізняються від тих, які були задокументовані офіційно. На наш погляд це пояснюється географічними особливостями (течія, у тому підводна, ґрунтова характеристика дна, склад води, який зумовлює показники видимості, шторми тощо). Дуже корисним для практичної діяльності підрозділів ДСНС України було б застосування геоінформаційних технологій до створення відповідних систем складання та коригування у відповідності до географічних показників карт наявності та характеристик місць можливого знаходження вибухонебезпечних предметів у прибережних акваторіях України.

Крім цього наші особисті експериментальні дослідження, які проводились на протязі 2020 та 2021 років під час розмінування прибережних акваторій Херсонської області (Дніпровсько-Бузький лиман, Ягорлицька затока Чорного моря, акваторія Чорного моря поблизу Тендрівської коси, акваторія р. Дніпро поблизу м. Херсон, акваторія Азовського моря поблизу м. Генічеськ, Каланчацький лиман тощо), підтвердили, що на час підводного розмінування суттєво впливають не тільки оснащення та рівень підготовленості водолазів-саперів, але й умови, в яких працював особовий склад спеціалізованого підрозділу. В нашому випадку, враховуючи роботу водолазів-саперів в апаратах на стисненому повітрі та архівні дані щодо можливих місць знаходження вибухонебезпечних предметів, ми під час організації пошукових робіт штучно поділили умови на гарні (гарна видимість, відсутність течії та глибина до 3 метрів), звичайні (обмежена видимість на відстані більше 3 м, незначна течія та глибина від 3 м до 6 м) та погані (обмежена видимість на відстані менше 3 м, значна течія та глибина більше 6 м). Статистичний

аналіз отриманих експериментальних даних підтвердив значимі ( $\alpha=0,05$ ) відмінності результатів діяльності водолазів-саперів в залежності від умов підводного розмінування, а також взаємозв'язок між всіма обраними факторами. Так, за гірших умов проведення робіт з підводного розмінування вони краще виконувались фахівцями з більш високим рівнем підготовленості та в мокрих гідрокостюмах у порівнянні з сухими. Все це свідчить, що підвищення ефективності розмінування, у тому разі підводного, прибережних акваторій вимагає широкого кола різнопланових, але тісно пов'язаних між собою досліджень, які самим тісним чином пов'язані з різноманітними екологічними аспектами.

У висновку підкреслено, що результати наукових прибережних досліджень, пов'язаних з розмінуванням водних акваторій, будуть сприяти підвищенню не тільки рівня екологічної безпеки навколишнього середовища, але й ефективності практичної діяльності спеціалізованих підрозділів підводного розмінування особливо у разі їх доведення до рівня науково-обґрунтованих закономірностей.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Frey, Torsten; Beldowski, Jacek; and Maser, Edmund (2020). Explosive Ordnance in the Baltic Sea: New Tools for Decision Makers. *The Journal of Conventional Weapons Destruction*: Vol. 23: Iss. 3, Article 11. Available at: <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol23/iss3/11>
2. Beck AJ, Gledhill M, Schlosser C, Stamer B, Böttcher C, Sternheim J, Greinert J and Achterberg EP (2018). Spread, Behavior, and Ecosystem Consequences of Conventional Munitions Compounds in Coastal Marine Waters. *Frontiers in Marine Science*. 5:141. doi: 10.3389/fmars.2018.00141
3. Ong, Caroline, Tamara Chapman, Raymond Zilinskas, Benjamin Brodsky and Joshua Newman (2013). Chemical Weapons Munitions Dumped at Sea: An Interactive Map. James Martin Center for Nonproliferation Studies. Available at: [http://cns.miiis.edu/stories/090806\\_cw\\_dumping.htm](http://cns.miiis.edu/stories/090806_cw_dumping.htm)
4. Long, Terrance P. (2013). An International Overview of Sea Dumped Chemical Weapons: The Way Forward. Conventional Weapons Convention Coalition. Available at: <http://www.cwcoalition.org/wp-content/uploads/2010/12/longpaper.pdf>
5. Dario Matika, Slavko Barić (2016). Maritime environmental security. *Scientific Journal of Maritime Research*: Volume 30, pp. 19-27. Available at: [file:///C:/Users/User/Downloads/357\\_16\\_1\\_Matika\\_Baric.pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/357_16_1_Matika_Baric.pdf)
6. Соловійов І.І., Стрілець В.М. Проблемні питання виконання робіт з підводного розмінування. *Енергозбереження та промислова безпека: виклики та перспективи. Третя міжнародна науково-практична конференція*. Київ: КПІ, ННДІ ПБтаОП. 2020. С. 225-231
7. Наказ ДСНС України від 08 серпня 2018 року № 461 «Про затвердження Стандартної оперативної процедури 09.10-12(1)/ДСНС "Порядок проведення органами та підрозділами цивільного захисту очищення (розмінування) територій, забруднених вибухонебезпечними предметами. Оперативне реагування"».
8. Наказ ДСНС України від 21 січня 2020 року № 68 «Про реалізацію основних заходів з протимінної діяльності у 2020 році та проведення спеціальних вибухових робіт».
9. Möller, Gunnar. From a DC-3 to BOSB: The Road to a Breakthrough in Military Safety Measures Against the Risks of Historic, Explosive Ordnance. *Marine Technology Society Journal*, Volume 45, Number 6, November/December 2011, pp. 26-34(9). DOI: <https://doi.org/10.4031/MTSJ.45.6.1>
10. IMAS 09.60:2014, IDT. Underwater Survey and Clearance of Explosive Ordnance (EO). Available at: <https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/www>

.mineactionstandards.org\_fileadmin\_MAS\_documents\_imas-international-standards\_english\_series-09\_IMAS\_09.60\_Underwater\_Survey\_and\_Clearance\_of\_Explosive\_Ordnance\_EO\_.pdf

11. Standard Operating Procedures for Humanitarian Underwater Demining in South Eastern Europe. Available at: <https://old.mineactionstandards.org/fileadmin/MAS/documents/references-publications/Humanitarian-Underwater-Demining-in-South-Eastern-Europe.pdf>

12. Humanitarian Demining, Geneva International Centre for, "A Guide to Survey and Clearance of Underwater Explosive Ordnance" (2016). Global CWD Repository. 1326. Available at: <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-globalcwd/1326>

13. Frederic Maussang, Jocelyn Chanussot, Michèle Rombaut, Maud Amate (2009). From statistical detection to decision fusion: detection of underwater mines in high resolution SAS images. *Advances in Sonar Technology*, edited by Sergio Rui Silva, In-Tech, pp. 111 – 150, 2009, 978-3-902613-48-6. fffhal-02118475f. Available at: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02118475/document>

14. Mareike Kampmeier, Eefke M. van der Lee, Uwe Wichert, Jens Greinert (2020). Exploration of the munition dumpsite Kolberger Heide in Kiel Bay, Germany: Example for a standardised hydroacoustic and optic monitoring approach. *Continental Shelf Research*. Volume 198, 15 July 2020, 104108. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.csr.2020.104108>

15. Коцюруба В., Цибуля С., Рибалко В. Обґрунтування доцільності використання способу повітряної розвідки районів інтенсивного застосування мінної зброї. *Social Development and Security*, vol. 9, no. 1, 2019, pp. 60-68, doi:10.33445/sds.2019.9.1.5.

16. Sayle, Stephen; Windeyer, Tom; Charles, Michael; Conrod, Scott; Stephenson, Malcolm (2009). Site Assessment and Risk Management Framework for Underwater Munitions. *Marine Technology Society Journal*, Volume 43, Number 4, Fall 2009, pp. 41-51(11). DOI: <https://doi.org/10.4031/MTSJ.43.4.10>

17. The British Army – Commando Engineer Diver. UK Ministry of Defence. Retrieved 17 April 2017. Available at: <https://www.army.mod.uk/who-we-are/corps-regiments-and-units/corps-of-royal-engineers/>

18. Huet, C., Mastroddi, F. (2016). Autonomy for underwater robots – a European perspective. *Auton Robot* 40, 1113–1118. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10514-016-9605-x>

19. Nick Cooper, Simon Cooke, Kevin Burgess. Risky Business (2017). Dealing with Unexploded Ordnance (UXO) in the Marine Environment. Coasts, Marine Structures and Breakwaters. Published Online: August 21, 2018. Available at: <https://doi.org/10.1680/cmsb.63174.0157>

20. Mijajlovic, Veselin (2013). The Regional Center for Divers Training and Underwater Demining. *The Journal of ERW and Mine Action*: Vol. 17: Iss. 2, Article 13. Available at: <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol17/iss2/13>

21. The Journal of Coastal Research (JCR) Volume 114, Issue SI, SPECIAL SESSION #3: CONVERGENCE TECHNOLOGY RELATED TO WATER SAFETY AND UNDERWATER SAFETY. Available at: [https://simdos.unud.ac.id/uploads/file\\_penelitian\\_1\\_dir/cff5a9cf6d548429edaf46ba54c32628.pdf](https://simdos.unud.ac.id/uploads/file_penelitian_1_dir/cff5a9cf6d548429edaf46ba54c32628.pdf)

УДК 351.861

## УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ БАЛОНІВ ДЛЯ ДИХАЛЬНИХ АПАРАТІВ НА СТИСНЕНОМУ ПОВІТРІ

Тарадуда Д.В.<sup>1</sup>, к.т.н., доц.

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

Забезпечення безпеки рятувальника під час роботи у непридатному для дихання середовищі було і залишається пріоритетним напрямом розвитку та вдосконалення дихальних апаратів на стисненому повітрі.

Аналіз дихальних апаратів, які на сьогодні експлуатуються в підрозділах рятувальних служб України говорить про їх застарілість та високий рівень технічного зношення [1]. Поряд із цим, вивчення широкого спектра моделей автономних ізолюючих дихальних апаратів на стисненому повітрі, представлених на українському ринку, знайомство з етапами їх створення та удосконалення дозволило визначити основні тенденції розвитку та вдосконалення сучасних дихальних апаратів, а саме: підвищення їх надійності, розширення функціональних можливостей, підвищення ергономічності.

У зв'язку з вище наведеним, виникає актуальна наукова проблема – моральна та технічна застарілість дихальних апаратів на стисненому повітрі, які знаходяться на озброєнні в підрозділах рятувальних служб нашої держави.

Для вирішення поставленої наукової проблеми необхідно провести аналіз літературних даних щодо дослідження характеристик та розробки конструкцій балонів з повітрям під високим тиском як підрозділів рятувальних служб, так і об'єктів цивільної інфраструктури. Аналіз літературних джерел [2-6] показав, що невирішеною частиною проблеми є розробка та проведення розрахунків конструкції композитних балонів з повітрям під високим тиском з покращеними характеристиками для підрозділів рятувальних служб.

Метою роботи є підвищення надійності, довговічності, а також зниження маси балонів для дихальних апаратів на стисненому повітрі підрозділів ДСНС та інших формувань, які працюють у непридатному для дихання середовищі.

Досягнення поставленої мети потребує вирішення наступних завдань:

- розробити конструкцію композитних балонів високого тиску з покращеними характеристиками;
- провести розрахунки конструкції композитних балонів високого тиску з покращеними характеристиками.

В результаті проведеного дослідження було досягнуто поставленої мети, а саме: підвищено надійність, довговічність, а також знижено масу балонів для дихальних апаратів на стисненому повітрі підрозділів ДСНС та інших формувань, які працюють у непридатному для дихання середовищі. Досягнення поставленої мети доведено наступними факторами: підвищення надійності і довговічності балонів для апаратів на стисненому повітрі було досягнуто шляхом укладання армуючого матеріалу за схемою «кокон» з багатозонним укладанням спіральних шарів, а розрахунок значень товщини армуючого матеріалу в багатозонних шарах балона виконувався з урахуванням розповсюдження деформації, тобто прораховувалися відносні деформації армуючого матеріалу в напрямку армування кожного шару і за оптимальний проект приймалося рівність деформацій в кожному шарі; знижено масу балонів для дихальних апаратів на стисненому

повітрі шляхом застосування композитних балонів з лейнером з органічних матеріалів, основою яких є синтетичні або природні високомолекулярні сполуки (полімери), аморфний матеріал яких не схильний до втоми в діапазоні відносних деформацій, що виникають при експлуатації балонів, крім того, лейнер з органічного матеріалу істотно знижує загальну масу балону і вартість його виготовлення в порівнянні з металевим.

**Таблиця 1 – Параметри досліджених матеріалів і балонів**

Матеріал лейнера	Товщина стінки лейнера, мм	Армуючий матеріал	Маса балона М, кг	Руйнівний тиск (Р), кгс/см <sup>2</sup>	Масова досконалість $\mu$ , км
Поліетилен -273	2,2	скловолокно	5,2	790	11,09
Lupolen - 5261	2,2	скловолокно	5,1	800	11,45
Lupolen - 4261	4,0	органоволокно	4,4	$\geq 900$	$\geq 14,93$

Як видно з табл. 1, міцність балонів реалізується при задовільній їх масі.

Випробування заправлених балонів на газопроникність показало:

– балон з лейнером з Lupolen-5261 товщиною стінки 2,2 мм втратив герметичність через 45 діб витримки при робочому тиску (30 МПа). Сталася розгерметизація по сліду від гнізда пресформи (не якісно виготовлена пресформа, стоншення лейнера у цьому місці до 1,3 мм).

– балон з лейнером з Lupolen-4261 товщиною стінки 4 мм, в заправленому на робочий тиск (30 МПа) при спостереженні протягом 135 діб втратив у вазі 30 г.

**Таблиця 2 – Продукти, які виділяються з матеріалу лейнерів**

Матеріал лейнера	Вміст мг/м <sup>3</sup>			
	ізопропанол	ізобутанол	бутанол	формальдегід
ГДК середньодобова	0,6	0,1	0,1	0,003
ГДК робочої зони	10	10	10	0,5
Lupolen-4261	0,03	0,02	0,10	не знайдений
Lupolen-5261	0,10-0,13	0,10-0,12	не знайдений	не знайдений

Як видно з табл. 2, концентрація органічних речовин, що виділилися з лейнера, виготовленого з Lupolen-4261, не перевищує ГДК середньодобову ГДК робочої зони. Витримка протягом 4-х годин при температурі 60 0С заправленого балону з лейнером з Lupolen 4261 призвело до збільшення виділення приблизно в два рази ізопропанолу, ізобутанолу, бутанолу, але при цьому їх вміст залишився нижче ГДК робочої зони. Слід зазначити, що при випробуванні лейнера з Lupolen-5261 додатково виявлено виділення 4-метил-2 пентанол в кількості 0,15...0,20 мг/м<sup>3</sup>, що перевищує середньодобову ГДК у 2-3 рази.

Проведені дослідження дозволили отримати конструкцію балона високої масової досконалості і вартості менше, ніж аналогічний металопластиковий балон, а також: забезпечити необхідну несучу здатність балонів; визначити проникність повітря через стінку лейнера; дослідити виділення органічних сполук з матеріалу лейнерів в процесі зберігання балона, заправленого повітрям. При розрахунку балона високого тиску був обраний лейнер з полімеру полівінілхлориду. Основний матеріал, що використовується при виробництві балонів, має багат шарову структуру: основний шар з синтетичної тканини (поліестер) з двостороннім покриттям з шарів поліхлорвінілу, пов'язаних між



собою спеціальним адгезивним складом. Лицьова сторона має додатковий захисний шар з поліуретану, що підвищує стійкість до абразивного стирання. Матеріал стійкий до впливу ультрафіолетового випромінювання, солоної води, пального і мастил. Шви лейнера виконуються методом з'єднання «в стик», з проклеюючою з двох сторін стрічками з основного матеріалу. Для склейки застосовується клей на поліуретановій основі, який, вступаючи в хімічний контакт з матеріалом склеюваних поверхонь, дає ефект «холодної зварки». Лейнер виготовляється в такому розмірному співвідношенні, щоб в процесі заповнення повітрям він щільно зайняв своє місце по контуру силової оболонки. При подачі тиску, який створює напругу в стінці лейнера по осьовому напрямку, рівному межі плинності матеріалу, не виникає руйнівних сил в стінці лейнера, а при більшому тиску основне навантаження бере на себе силова оболонка.

Як недолік даного дослідження можна відзначити наступне: у процесі просочення базальтового наповнювача сполукою спостерігається дещо більший його обсяг у зв'язку з гідрофільністю поверхні волокон, також слід звернути увагу на неоднорідність механічної міцності у зв'язку з розлохмочуванням відділових філаментів. Ця проблема може бути вирішена в перспективі шляхом застосуванням поверхнево-активних речовин в якості активатора для зміни енергії Гіббса.

Таким чином, розробка композитних балонів високого тиску до 30 МПа з використанням лейнера з Lupolen-4261 товщиною 4 мм є досить перспективною з точки зору всіх поставлених у дослідженні напрямків: міцності, проникності і забезпечення гігієнічних норм.

Подальші дослідження планується присвятити випробуванням натурних зразків балонів для дихальних апаратів на стисненому повітрі підрозділів ДСНС.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Єлізаров О. В. Тенденції удосконалення ізолюючих дихальних апаратів на стисненому повітрі. *X Міжнародна науково-практична конференція «Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій»*. 2019. Черкаси, Україна 11–12 квітня 2019. [http://edu-mns.org.ua/img/news/120/zbirnik\\_11-12.04.2019.pdf#page=27](http://edu-mns.org.ua/img/news/120/zbirnik_11-12.04.2019.pdf#page=27)
2. Mair G. W., Scherer F., Scholz I., Schönfelder T. The Residual Strength of Breathing Air Composite Cylinders Towards the End of Their Service Life: A First Assessment of a Real-Life Sample. *ASME 2014 Pressure Vessels and Piping Conference*. 2014. Anaheim, California, USA 20–24 July 2014. <https://doi.org/10.1115/PVP2014-28168>
3. Zhi-Bo H., Pan L., Da-Sheng W., Yue-Bing L. Fracture toughness evaluation of 37CrNi3MoVE steel used for high-pressure air storage cylinder. *Materials Express*. 2022. Vol. 12. N. 1. P. 123-132. <https://doi.org/10.1166/mex.2022.2133>
4. Azeem M., Haji Ya H., Azad Alam M., Kumar M., Stabla P., Smolnicki M., Gemi L., Khan R., Ahmed T., Ma Q., Md Rehan Sadique, Akmar Mokhtar A., Mazli Mustaphaa. Application of Filament Winding Technology in Composite Pressure Vessels and Challenges: A Review. *Journal of Energy Storage*. May 2022. Vol. 49. <https://doi.org/10.1016/j.est.2021.103468>
5. Mair G. W. Safety Assessment of Composite Cylinders for Gas Storage by Statistical Methods. Potential for Design Optimisation Beyond Limits of Current Regulations and Standards. *Book. Springer* 2017. P. 304. ISBN: 978-3-319-49710-5
6. Xiaoxiao Niu, Guangfa Hao, Chengliang Zhang, Lei Li. Design and Experimental Verification of Pressurized Cylinders in Hydraulic Rubber Hose Pressure Washers. *International journal on the science and technology «Actuators»*. 2021. Vol. 10. 139 p. <https://doi.org/10.3390/act10070139>

УДК 628.31

## АКТУАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА: МЕТОД ОЧИСТКИ ВОДИ КОАГУЛЯЦІЄЮ

Третякова Л.Д.<sup>1</sup>, д.т.н., проф.; Мітюк Л.О.<sup>1</sup>, к.т.н., доц.; Оніщенко Ю.Є.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

Технології захисту навколишнього середовища – це вивчення процесів з метою мінімізації викидів та відходів, уникнення забруднень. Вони включають програми, що стосуються контролю води, повітря, ґрунту тощо [1].

Понад дві третини поверхні Землі вкрито водою. Це означає трохи більше 1 октильйона літрів (1 260 000 000 000 000 000 літрів) води, розподіленої в океанах, річках, озерах і струмках, але для споживання людиною доступно менше 0,3%. У міру розвитку комерціалізації та індустріалізації це число продовжує зменшуватися. Крім того, неефективна та застаріла практика, недостатня обізнаність та безліч інших обставин призвели до забруднення води [2].

Природні води зазвичай містять цілий набір забруднень різної природи. Це й механічні домішки, великі частинки та завислі речовини, солі важких металів, органічні молекули різних розмірів, бактерії, віруси, а в деяких випадках навіть радіонукліди. Наявність таких забруднень погіршує якість питної води, викликає збої в роботі запірної арматури та насосів, забиває фільтра, погіршує якість фільтрації та неприйнятна для більшості технологічних процесів [3].

Забруднення води виникає, коли водойми, такі як річки, озера, океани, підземні води та водоносні горизонти, забруднюються промисловими та сільськогосподарськими стоками. Це негативно впливає на всі форми життя, які прямо чи опосередковано залежать від цього джерела. Забруднення води в більшій мірі можна контролювати різними методами. Замість того, щоб скидати стічні води у водойми, краще очистити їх перед скиданням. Практика цього може зменшити початкову токсичність, а залишкові речовини можуть бути розщеплені та знешкоджені самою водоймою. Якщо була проведена вторинна очистка води, то її можна повторно використовувати в санітарних системах і сільськогосподарських полях.

Деякі хімічні методи, які допомагають контролювати забруднення води, – це осадження, процес іонного обміну, зворотній осмос і коагуляція. Як окрема особа, повторне використання, скорочення та переробка скрізь, де це можливо, допоможе значно подолати наслідки забруднення води [2].

Розглянемо метод очистки води коагуляцією. Коагуляція простими словами – це об'єднання дрібних частинок у більші. Коагуляція призводить до об'єднання найдрібніших зважених домішок і випадання їх у вигляді пластівцевого осаду. Реагенти, які застосовуються для коагуляції, називають коагулянтами. Для коагуляції зазвичай використовують солі алюмінію або заліза, такі як сульфат алюмінію та сульфат або хлориду заліза.

Головна особливість коагулянтів – їх частки мають позитивний заряд. Розчинені та зважені домішки заряджені негативно. Тому, в результаті взаємодії коагулянту і суспензій, вони злипаються і утворюють більші утворення. Іноді після коагулянту додають ще флокулянт. Флокулянт – це компонент на основі полімеру, який склеює коагульовані суспензії між собою. В результаті, видалені домішки збираються у великі пластівці (флокули), які легше відфільтрувати або зібрати

в осад. Чим більше і важче частка, тим швидше вона осідає або затримується на матеріалі, що фільтрує. Методом коагуляції з води ефективно видаляють: природні органічні речовини та органічні сполуки, включаючи розчинені та зважені частки, неорганічні речовини (наприклад, залізо).

Високий вміст органічних сполук може викликати неприємний смак, запах або пофарбувати воду у коричневий відтінок. Однак, незважаючи на те, що коагуляція видаляє частину зважених і кілька розчинених частинок, у воді можуть залишатися віруси і бактерії. Коагуляція та осадження знешкоджують від 27 до 84 відсотків вірусів та від 32 до 87 відсотків бактерій. Але зазвичай патогенні мікроорганізми можна вилучити з води тільки тому, що звідти видаляються розчинені частинки, до яких вони прикріплені [2].

Хоча коагуляція не може затримати всі мікроорганізми і віруси, вона є важливим попереднім елементом очищення, оскільки видаляє розчинені органічні домішки, які ускладнюють подальше знезараження. У цьому випадку після коагуляції потрібна менша кількість речовин, що містять хлор, необхідних для повного знезараження води.

Це дозволяє міським очисним спорудам здешевити процес, оскільки використовується менше компонентів, що містять хлор. При цьому якість води буде вищою, тому що знижується вміст тригалометанів, які утворюються як побічний продукт при реакції хлоровмісних сполук з органічними домішками.

У практиці водопідготовки відомі два види коагуляції – коагуляція в товщі зернистого завантаження фільтра (контактна коагуляція) та коагуляція, що відбувається в камерах пластів'я (коагуляція у вільному обсязі).

Механізм контактної коагуляції – порушення агрегативної стійкості колоїдних домішок води внаслідок усунення або зниження дуже малих значень заряду міцели. При додаванні до оброблюваної води коагулянту, наприклад, сульфату алюмінію, відбувається його гідроліз з утворенням тривалентного іону алюмінію. Іони алюмінію нейтралізують заряд колоїдних частинок домішок води і тим самим порушують їхню агрегативну стійкість. Позбавлені стійкості колоїдні частинки, проходячи з потоком води через фільтр (контактний освітлювач), адсорбуються на поверхні частинок зернистого завантаження фільтра під впливом сил міжмолекулярної взаємодії. Це призводить до освітлення та знебарвлення води.

Механізм коагуляції у вільному обсязі має інший характер. Так само як і при контактній коагуляції, введення в оброблювану воду сульфату алюмінію обумовлює нейтралізацію заряду природних колоїдів води та зниження їхньої агрегативної стійкості. Цей процес протікає дуже швидко та закінчується при встановленні рівноваги між катіонами коагулянту та міцелами природних колоїдів. Після цього починається утворення гідроксиду алюмінію як в результаті гідролізу, так і шляхом взаємодії коагулянту з присутніми у воді карбонатами та бікарбонатами (резервна лужність води). Вочевидь, що з вод різного складу потрібні різні дози коагулянта. Попередній розрахунок оптимальної дози виробляють з урахуванням лужності та кольоровості води, що обробляється. Однак складність фізико-хімічних процесів, що призводять до коагуляції, змушує уточнювати попередню дозу, розраховану дослідним шляхом.

Для прискорення коагуляції та інтенсифікації роботи очисних споруд застосовують так звані флокулянти – високомолекулярні синтетичні сполуки. Розрізняють флокулянти аніонного (поліакриламід, К-4, К-6, активована кремнієва кислота) та катіонного (наприклад, ВА-2) типу. Застосування флокулянтів аніонного типу вимагає попередньої обробки води коагулянтом, використання катіонних флокулянтів – попереднього введення коагулянту не передбачає. Флокулянти до-

звояють прискорити коагуляцію, збільшити швидкість руху води у відстійниках, зменшити час відстоювання шляхом збільшення швидкості осадження пластівців, підвищити швидкість фільтрування та тривалість фільтроциклу. Асортимент речовин із флокулюючими властивостями постійно розширюється. Для застосування в централізованому питному водопостачанні допускаються лише флокулянти, які пройшли гігієнічну апробацію та мають нормовані ГДК.

Коагуляція лише готує воду для подальшої обробки - освітлення та знебарвлення і в цьому сенсі не є самостійним процесом. У ряді випадків у схемі підготовки питної води коагуляцію не позначають. Для підвищення ефективності коагуляції при очищенні води від радіоактивних ізотопів, дози коагулянтів слід збільшувати порівняно із звичайно застосовуваними для освітлення води. Додавання до води певної кількості відповідного нерадіоактивного ізотопу також збільшує глибину очищення.

Щоб скоротити кількість шкідливих речовин у чистій воді, слід дотримуватися правил та інструкцій і не перевищувати дозування знезаражувальних компонентів, оскільки в процесі реакції утворюються додаткові домішки та побічні продукти. Їхній склад залежить від використовованого реактиву. Більшість міських очисних станцій використовують як коагулянт сірчаноокислий алюміній. Зазвичай, дозування розраховується таким чином, щоб усі домішки витягувалися з осадом. Тим не менш, допускається, що очищена вода, до якої додавалися коагулянти на основі алюмінію, може містити деяку кількість алюмінію.

Отже, підбиваючи підсумки по даній темі, можна сказати, що існуючі методи очистки води достатньо ефективні, але, звичайно, потрібно їх вдосконалювати. Для цього потрібно говорити про екологічні проблеми, шукати фінансування для досліджень та розробки нових, більш ефективних методів.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Кульський Л.А. Основи хімії та технології води. Київ: Наукова думка, 1991. 568 с.
2. Хімічна технологія. Н.А. Мешкова-Клименко, І.В. Косогіна, Н.М.Толстопалова. Технологія та обладнання одержання питної та технічної води. Конспект лекцій. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського». Київ, КПІ, 2019. 141 с.
3. Біохімія. П.І. Гвоздяк. Біохімія. Біотехнологія води. Інститут колоїдної хімії та хімії води ім. А.В. Думанського НАН України. Київ. Видавничий дім Києво-Могилянська академія, 2019. 228 с.

## АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ УПРАВЛІННЯ РІВНЕМ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ТЕХНОГЕННИХ ОБ'ЄКТІВ

UDC 502.3+004.04

### MODELING OF THE PROCESS OF MIGRATION OF CHEMICAL ELEMENTS IN COAL DUMPS

Krasovskyi S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

**Introduction:** The use of natural resources has increased, which in turn increases the anthropogenic pressure on the environment. One of the sectors of use of natural resources is mining. Coal is one of the sources of electricity. The production of electricity based around the coal industry in Ukraine reaches 25-30% [1]. One of the negative factors of the impact of the coal industry, during coal mining, is the formation of coal dumps. Coal waste is empty rock that accumulates in specially designated areas and has a negative impact on the atmosphere, lithosphere and hydrosphere. About 60 million tons of rock is accumulated in Ukraine annually [2]. The coal dumps of Western Donbass are characterized by low pH values, low electrical conductivity, low nutrient content, and a high concentration of heavy metals, which is several times higher than the maximum allowable concentrations (MPC) [3].

**Purpose:** As a result of the obtained data, try to create a model of the migration of chemical elements in the substrate.

**Literature review:** The migration of metals and their concentration in soil as a heterogeneous system with variable composition is controversial due to the complexity of these highly interconnected processes and the huge amount of input data required for these models. In general, the migration of metals depends on several conditions, including the granulometric composition of the soil, its filtering capacity, pH, metal sorption, composition of soil phases (percentage of clay, organic matter, iron, etc.), climatic conditions (e.g., moisture), and the geochemical structure of the terrain. Given that these parameters are not easy to determine, yet are necessary to characterize metal migration, basic parameters for modeling metal migration in soil are often insufficient. Therefore, the application of mathematical models for a comprehensive description of the migration of metals should take into account the complete, complex nature of these processes. Several mathematical algorithms have already been implemented as tools to improve phytoremediation efficiency and to better understand specific soil processes. One example is the implementation of a system dynamic approach (SDA), which provides a set of differential equations defined by specific models for specific physiological responses of plants. One example is a study where a system dynamics approach was used to predict the uptake of cadmium, lead, copper, and zinc in rice shoots grown on a contaminated site near an abandoned lead and zinc mine [4]. In this study, six different chelating agents were applied in experimental fields and  $\text{NH}_4\text{OAc}$  and  $\text{CaCl}_2$  chelating agents were found to be the most suitable extractants for predicting the bioavailability of heavy metals for rice grown on a ground cover with several problems causing plant abiotic stress, including mixed contamination with metals. In another study, SDA was successfully used to predict the time required for uptake of 2,4,6-trinitrotoluene (TNT) by *Populus fastigiata*. However, this study was conducted under artificial conditions of eared

soil and not on a large scale [5]. Another model that can be used for phytoremediation planning is the PLANTX model, which takes into account the dynamic transport of compounds from soil to plants and air, as well as the metabolism of pollutants, including their final accumulation in stems, leaves or fruits. It is mostly useful for organic contaminants. In general, the model is based on the diffusion of pollutants through the soil solution and soil pores, the transport of pollutants into roots, and the total distribution of pollutants in plant tissues [6]. The Freundlich model can be used to estimate the absorption of heavy metals from contaminated soil characterized by significantly different concentrations of pollutants. The model is based on both the total and the available concentration of the pollutant. This method supports the non-linearity of absorption and takes into account the differences between plant species, which helps in the process of selecting the most suitable plants for a given area. A positive feature of a Freundlich-like model is that it is easy to operate and can be used to predict field phytoremediation performance. With this model, a more realistic prediction of the potential of the technology can be obtained, as the use of linear transfer functions from soil to plant may overestimate absorption [7].

**Materials and methods.** The object of the study was a coal waste heap in the Western Donbass, Ukraine. The Western Donbass is a coal basin within the Dnipropetrovsk region, part of the Donetsk coal basin. The research methodology consists in a comprehensive analysis of such physical and chemical parameters of substrate as: pH, specific electrical conductivity of the soil (EC), the total content of heavy metals, other toxic and rare-earth elements. For an intact soil sample, the quantitative content of nutrients for plants was additionally determined, namely,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  ions (spectrophotometrically) and the concentration of mobile forms of elements obtained by water extraction and extraction with ammonium acetate buffer (pH = 7) and ammonium acetate solution with the addition of citric acid (pH=4).

**Results.** According to the analysis of physical and chemical indicators, there was determined that the pH of the soil from the site where accumulated coal dump is 7.68, the value of specific electrical conductivity is 1200  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Results of mine rock research with regard to plant nutrients, they testify about insufficient amount of nitrate (from 0.007 mg/kg) and ammonium (0.11 mg/kg) forms of nitrogen, as well as phosphates (0.016 mg/kg) [8]. The analysis of the physical-chemical properties of coal waste is presented in Table 1.

**Table 1 – Physical-chemical parameters of the coal dump**

pH	EC $\mu\text{S}/\text{cm}$	Nutrients		
		$\text{NO}_3^-$ , mg/kg	$\text{NH}_4^+$ , mg/kg	$\text{PO}_4^{3-}$ , mg/kg
7.68	1200	0.007	0.11	0.016

Table 2 shows the concentration of potentially active and mobile forms of heavy metals and other toxic elements.

**Table 2 – Concentration of potentially active and mobile forms of heavy metals and other toxic elements in the substrate**

Elements	Co	As	Cu	Pb	Mn	Zn
C mg/kg	296.8	76.6	140.9	122.5	3740	572.3



The water-soluble content of chemical elements was determined based on the inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) method. During the analysis of potentially dangerous elements that can be leached from this rock, it was found that with an aqueous solution of ammonium acetate (pH=7 and pH=5), dangerous forms that can enter the environment were not detected.

**Conclusion.** The results of the physical and chemical analysis of the substrate taken from the coal mining dump are given, which indicate a low content of nutrients and a high concentration of potentially active heavy metals and other toxic elements.

**Discussion.** The use of mathematical models in environmental studies can improve the evaluation of various outcomes in order to make an objective decision about the most suitable process for a selected contaminated site. Models of contaminant uptake and accumulation can play a key role in understanding the processes occurring in soils and plants, which may subsequently allow for the management of contaminated sites. Many existing models have been tested with limited data and may only apply to certain described soil and plant conditions. In order to achieve the desired effectiveness of remediation, the main direction is the combination of physical and chemical properties of contaminated land with mathematical models and programming tools.

#### REFERENCES

1. Гайко Г. І., Білецький В. С. (2013). Історія гірництва. Підручник: Київ: ДонДТУ. 542 с.
2. Видобуток і збагачення вугілля. URL: [https://energo.dtek.com/business/coal\\_industry/](https://energo.dtek.com/business/coal_industry/)
3. Красовський С.А., Ковров О.С., Клімкіна І.І. (2021). Фіторемедіація вугільних відвалів Західного Донбасу. *Збірник наукових праць НГУ*. №65. – С. 170-178.
4. Ming-Kui Z., Zhao-Yun L., Huo W. (2010) Use of Single Extraction Methods to Predict Bioavailability of Heavy Metals in Polluted Soils to Rice. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. Volume 41. P.820-831.
5. Ying O., Cheng He H., Dong Yi H., Dian L., Lihua C. (2007). Simulating uptake and transport of TNT by plants using STELLA. *Chemosphere*. Volume 69, Issue 8. P. 1245-1252.
6. Edita B., Arvydas L., Pranas B. (2016). Modelling the Balance of Metals in the Amended Soil for the Case of 'Atmosphere-Plant-Soil' System. *Environmental Modeling & Assessment*. Volume 21. P.577-590.
7. Francesca P., Martina G, Meri., Giannantonio P., Irene R., Elisabetta F., Roberto B., Marco V. (2017). Applicability of a Freundlich-Like Model for Plant Uptake at an Industrial Contaminated Site with a High Variable Arsenic Concentration. *Environments*. Volume 4(4). № 67.
8. Красовський С.А., Ковров О.С., Клімкіна І.І. (2021). Визначення фізико-хімічних параметрів вугільного відвалу ДТЕК ШУ «Героїв космосу». *Екологічні Науки*. № 6(39). С. 137-140.

UDC 368.125

**PROBLEMATIC ISSUES OF COMPULSORY INSURANCE OF POTENTIALLY  
HAZARDOUS OBJECTS AGAINST FIRE RISKS AND ENVIRONMENTAL  
DAMAGE IN UKRAINE**

Savchenko A.V.<sup>1</sup>, PhD (Engineering), Senior Researcher;  
Bashtovaya D.N.<sup>1</sup>; Nadion E.V.<sup>1</sup>, PhD (Law)

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

Negative trends related to the permanent increase in fire risks, significant potential and real economic losses, irreparable social losses associated with the increase in the number of fires and their scale, pose a significant threat to national security in the economic, social and environmental spheres. Over the last 10 years, 730,456 fires have been registered in Ukraine, which is an average of more than 73,000 cases per year. The direct damage caused by the fires amounted to more than 12 billion hryvnias, and the total material losses – about 50 billion hryvnias. Losses from such catastrophes and accidents require compensation in the form of payments to victims, allocation of funds to eliminate the consequences, compensation for damage caused to legal entities. [1]

In contrast to our practice of reimbursement at the expense of the budget, the world experience is based on extensive involvement in the process of guaranteeing compensation for losses of the insurance system. The European experience has long been based on a fairly effective model, where insurance is a prerequisite for those who do business from time to time in the face of risky circumstances. Everyone who operates facilities where there is a potential for an emergency situation insures their liability to potential victims. This provides a reliable guarantee that the victims will receive compensation.

One of the tools to reduce the risk of emergencies and fires at facilities is a fire insurance system, which provides for the creation of conditions under which the business entity, understanding the responsibility for the safety of its enterprise and its employees, will be interested in meeting fire safety requirements. reduction of fire risks and, accordingly, reduction of insurance premium. Insurance should be aimed at providing economic levers for regulating fire and man-made safety. The insured event is considered to cause direct damage to third parties as a result of a fire and / or an accident at an elevated facility during the validity of the compulsory insurance contract, as a result, the insurer has an obligation to make a payment insurance indemnity.

Given the foreign experience of insurance, it should be noted that third party liability insurance for "fire risks" is extremely common not only in Europe and the United States, but also in China and Japan. Most real estate is put into operation or rented with the condition of having an appropriate insurance policy. In many countries (Germany, France, others) such insurance is regulated in the case of the presence on the territory of such an enterprise of flammable and explosive substances, the use of which can lead to accidents of ecological and sanitary-epidemiological nature. [2]

In Ukraine, fire insurance is currently provided, but the level of fire protection and the actual state of fire safety is taken into account in each case. Therefore, fire insurance has almost no effect and does not regulate fire safety. Currently, in insurance organizations, to justify the applied insurance rates, methods based on the theory of probability are widely used, which allow assessing the risk and determining the insurance premium – the price of an insurance service. The insurance rate for the insurance of the lane is based on the fire conditions and the elements of the natural manifestations. The accuracy of the risk assessment and, accordingly, of the calculated tariff is determined by the accuracy of the statistical data. Consequently, the incompleteness or inaccuracy of statistical data leads to errors in the calculation of the tariff. The main problem for insurance organizations when applying these methods is that the business case and calculation of the insurance rate are presented on the basis of the existing data of the insurance market, which could be collected earlier.

At the same time, the main source of information is the insurance rates of other companies, since it is not possible to obtain more complete data not only due to competition, but also due to the lack of a sufficient statistical base for most young insurance organizations (in many insurance companies there are no more than a hundred insured events caused by fire). The insurance rules must indicate the standard rights and obligations of insurers and policyholders, in accordance with which the policyholder is obliged to comply with fire safety rules, instructions (rules) for the operation, maintenance of the insured property, as well as buildings and structures in which this property is located, in a timely manner. necessary repair and maintenance work; take reasonable and accessible precautions to prevent the occurrence, as well as reduce damage to the insured property.

At the same time, responsibility for violation of fire safety rules can arise only in case of proof of the guilt of the person who committed the offense, i.e. evidence of a causal relationship between a specific violation of a fire safety requirement or rule and the person who committed it or committed such a violation, and the damage caused by this violation.

Fire insurance is currently carried out without regard to the level fire protection and the actual state of fire safety, ie at random. So fire insurance does not affect or regulate the state of fire safety. The modern system of fire insurance should provide for the creation of such conditions, when which the owner, understanding the responsibility for the safety of his enterprise and its employees, will be interested in insuring possible risks that may arise in his company. The extent of these risks will be determined by independent audit firms, and by their magnitude will depend on the insurance premiums that will be set by the insurance companies. That is the amount of the insurance premium will be differentiated depending on the level of protection of the object and insurance companies will insure only those companies that have carried out a set of measures to minimize the risk of fire.

If a law appears in Ukraine that will regulate compensation for damages third parties, and insurance companies will pay damages to the victims but not the perpetrators fire, the participants in the insurance process will be interested in compliance by other parties with all established requirements. On the one hand, the

insurance company will be interested in the client, on the other – the client will be interested in insuring the liability that in case of emergency situations victims are guaranteed compensation. On the third hand, an independent audit company in a competitive market will be interested in conducting a quality audit, and the fourth participant in the scheme is the SES of Ukraine.

It is proposed to prescribe at the legislative level a detailed mechanism for compensation for damage caused to third parties. By increasing the size of the insurance rate, the insurer will be able to influence the company by motivating the latter to invest in security. The modern fire insurance system should provide for the creation of such conditions under which the owner, understanding the responsibility for the safety of his enterprise and its employees, will be interested in reducing the risks of accidents and fires that may occur at his enterprise.

#### **REFERENCES**

1. Draft Law of Ukraine from 17.04.2020. N 3361 "On Amendments to Certain Legislative Acts of Ukraine Concerning the First Steps of Deregulation of Business through Civil Liability Insurance".
2. «Early models describing the fire insurance risks» Paul Johaxsen. [Electronic resource]. Access mode: <http://www.actuaries.org/LIBRARY/ASTIN/vol10no3/330.pdf>.

UDC (504.05 +504.06) 622.692.4

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

Stepova O.<sup>1</sup>, DSc (Engineering), Full Professor;  
Stepovyi Ye.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>National University «Poltava Polytechnic named after Yury Kondratyuk»,  
Poltava, Ukraine

*On the basis of the electrochemical corrosion mathematical pipeline model in the insulating coating crack under the action of an aggressive electrolytic medium towards the pipeline metal, the dependence was obtained that allows to calculate the corrosion depth of the pipeline wall during the work of macro-galvanic corrosion couples in the conditions of stable and periodic stay of the aggressive solution in the damaged zone. The advantage of this model is the ability to predict the development of corrosion over time regardless of the corrosive electrolyte chemical composition, the possibility of obtaining necessary design parameters for operated structures. The developed dependencies of the pipeline section corrosion depth make it possible to plan rationally the repair work, to predict the real terms of the structure work, to review the operation mode, etc. The obtained results allow us to more reliably evaluate the bearing capacity of structures that operate in conditions of aggressive medium with cracks*

**Keywords:** steel oil pipeline, electrochemical corrosion, galvanic element, corrosion rate.

The long-term operation of pipelines, starting from the transport and storage of pipes, causes various types of damages to them, namely: damage to insulation, corrosion damages, dents in the pipe metal, cracks in welds of prolonged use and cracks near welds. Such damages in contact with external technological environments results in corrosion, mechanical and corrosion-mechanical processes leading to the destruction of pipes [1].

Being a capillary-porous material, insulating coating is a second class conductor, therefore the steel corrosion process in it can be considered from the standpoint of ordinary electrochemical corrosion of metals in electrolytes. In most cases, which can include the pipeline corrosion in the crack, the heterogeneous mechanism of the metal destruction prevails. Herewith, certain parts of the metal surface are cathodes (pipeline under the insulation layer), and the other – anodes (pipeline in the crack). The main characteristic of the electric field is the potential for which it is possible to find the corrosion current density according to the known ohm law in the differential form.

The problem of modeling the steel electrochemical corrosion in the crack of the insulating coating during the action of an aggressive metal electrolytic medium, which comes down to the determination of the heterogeneous electrode stationary electric field, is solved. The advantage of this model is the ability to predict the valve corrosion development over time, which is important in determining the reinforced concrete structure residual life.

The pipe wall thickness is one of the main parameters that affects the changes in the stress-strain state of the structure, but also, therefore, on its residual life. The pipeline cross-section changing leads to a change in the distribution of stresses in the pipe-

line and contributes to the development of environmentally hazardous situations. The pipe wall thickness depends on the working pressure of loads, structural characteristics and strength redundancy, including allowance to uniform corrosion loss.

In order to calculate the cross section area loss under the constant being of an aggressive electrolytic solution in the damaged insulation zone, the pipeline corrosion depth dynamics during the operation of the galvanic element "pipeline having damaged insulation – the pipeline under the insulating coating" is considered [2].

The frequency of penetration into the crack of an aggressive solution will affect the hourly average current strength of the galvanic couple, and hence the steel corrosion rate in the crack.

The hourly average current strength increases with the increase in the frequency of penetration aggressive solution into a crack, but until the cathodic limitation of the process occurs, as solution saturation stops the oxygen inflow.

The pipeline section corrosion in the crack reaches the most active phase when on its surface a moisture film is formed. Herewith, the moisture film thickness is that the anode process in it is not yet slowed down, and there are the most favorable conditions for the cathode process development in the pipeline section under the insulation coating.

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

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

Thus, the velocity of change in the pipeline wall thickness is the time derivative of the initial wall thickness size. It is also clear that the rate of change in the wall thickness will be proportional to its size.

Consequently, the dependence of the change in the wall thickness of the pipeline section from time  $t$  can be regarded as a derivative in time

$$\frac{dD}{dt} = -rD \quad (1)$$

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

After integration we get

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

where integration constant  $A = \ln a$ .

From the last equation after exponentiation we have

$$D = ae^{-rt} \quad (2)$$

If the initial thickness of the wall of the pipeline  $D = D_0$  is known at the initial time  $t = 0$  (at the beginning of the structure operation), then substituting these values in (2), we obtain:  $D_0 = a \times e^{-r \times 0}$ , from which  $a = D_0$

Then (2) is

$$D = D_0 e^{-rt}. \quad (3)$$

To determine  $r$  (specific velocity of wall thickness reduction), we take logarithm of the both parts of equation (3)

$$\ln D = \ln D_0 - rt. \quad (4)$$

Using equation (4) it is possible to calculate the values of  $r$  for two known values of the cross sections  $D_1$  and  $D_2$ .

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

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

Or  $\Delta D = D_0 (1 - e^{-\left(\frac{\ln D_1 - \ln D_2}{t_2 - t_1}\right)t}) \quad (5)$

In the case of irregular periodic moisturization of the structure, steel corrosion calculations are also performed according to the average value of the galvanic couple current.

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

Dependencies make it possible to predict the development of corrosion in time, regardless the aggressive electrolyte chemical composition, the possibility of obtaining the required calculation parameters from the structures which are used.

#### REFERENCES

1. Polyakov S., Klimenko A., Malkova O. (2008). Electrochemical monitoring pipelines for corrosion hazardous areas, *Fiziko-chimichna mekhanika materialov*, No. 7, Vol. 2. P. 761 – 766.
2. Stepova O., Paraschienko I., Lartseva I. (2018). Calculation of steel pipeline corrosion depth at the work of galvanic corrosion element operating. *International Journal of Engineering & Technology*. Vol.7, No 3.2. P.431-435.



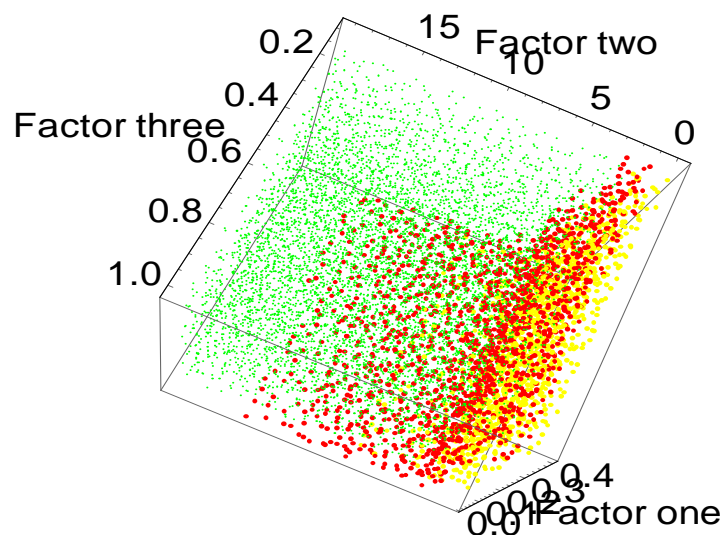
UDC 504.05

## REPRESENTATION OF ENVIRONMENTALLY HAZARDOUS OBJECTS IN STATE SPACE

Teslenko O.O.<sup>1</sup>, PhD (Physics and Mathematics), Associate Professor;  
Tarasenko O.A.<sup>1</sup>, DSc (Engineering), Full Professor

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

In papers [1-4], the algorithms of technogenic danger have been studied from the point of view of set theory. From the very beginning of these studies, hazards have been used as input data for them. These dangerous factors acted as coordinates in n-dimensional space. Many important properties of the algorithms underlying the regulatory acts assessing the technogenic hazard were found. For example, in the space of dangerous factors, areas were found in which the algorithms of regulatory acts worked unstably. These areas have been called areas of questionable decisions. These areas have been found to have a complex shape. Despite the fact that this approach uses the coordinate method, this was not explicitly indicated. The usage of coordinate method in this way has a long history. The space of dangerous factors that was introduced in [1-4] is similar to another mathematical object, namely, the state space. This space is also called phase space. But in this paper, we used the concept of “state space”. The usage of this concept implies an approach to solving a fairly large class of problems. In papers [1-4], such approach has been used, but its application was not explicitly specified. In contrast to [1-4], this paper explicitly indicates the use of the “state space” methodology. Projections of the n-dimensional state space onto the three-dimensional space allow one to visually see the behavior of a dangerous object in the state space. An environmentally hazardous object in the state space (its projection onto a 3-dimensional space) may look like this (Figure 1).



**Figure 1 – Yellow dots represent environmentally dangerous objects, green – safe, red – areas of doubtful decisions**

Here, an environmentally dangerous object is considered from a general point of view without going into details of its nature and the nature of the hazards that characterize it. Dangerous factors are simply numbered. Figures 2-5 give an idea of the location of dangerous safe and questionable decision areas.

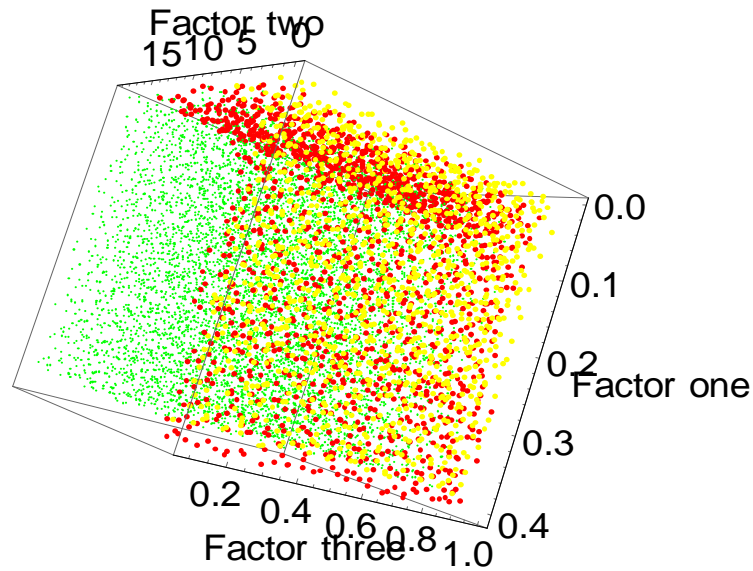


Figure 2 – The same view from a slightly different angle

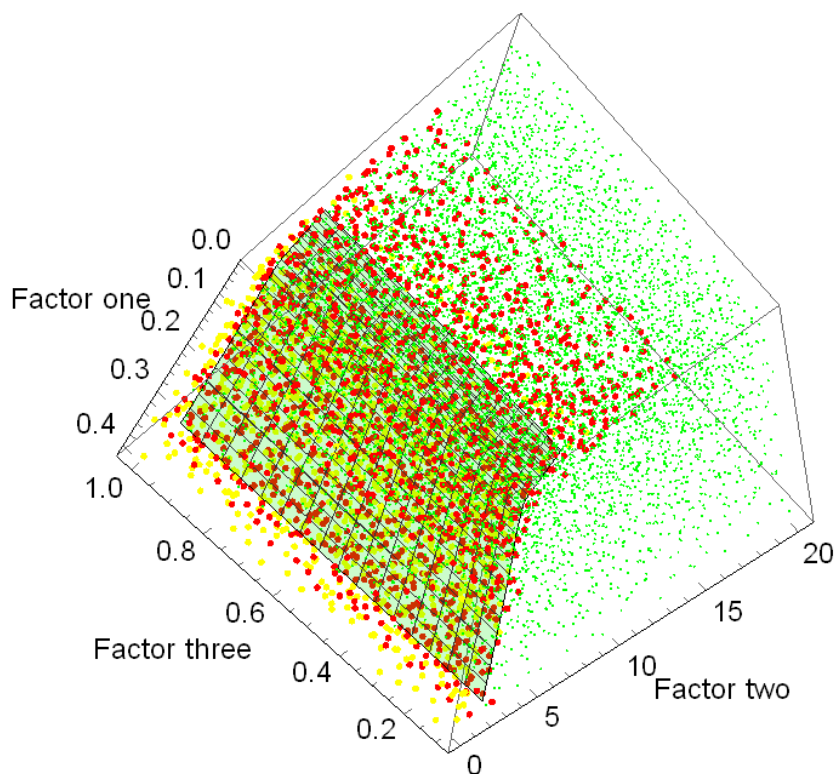
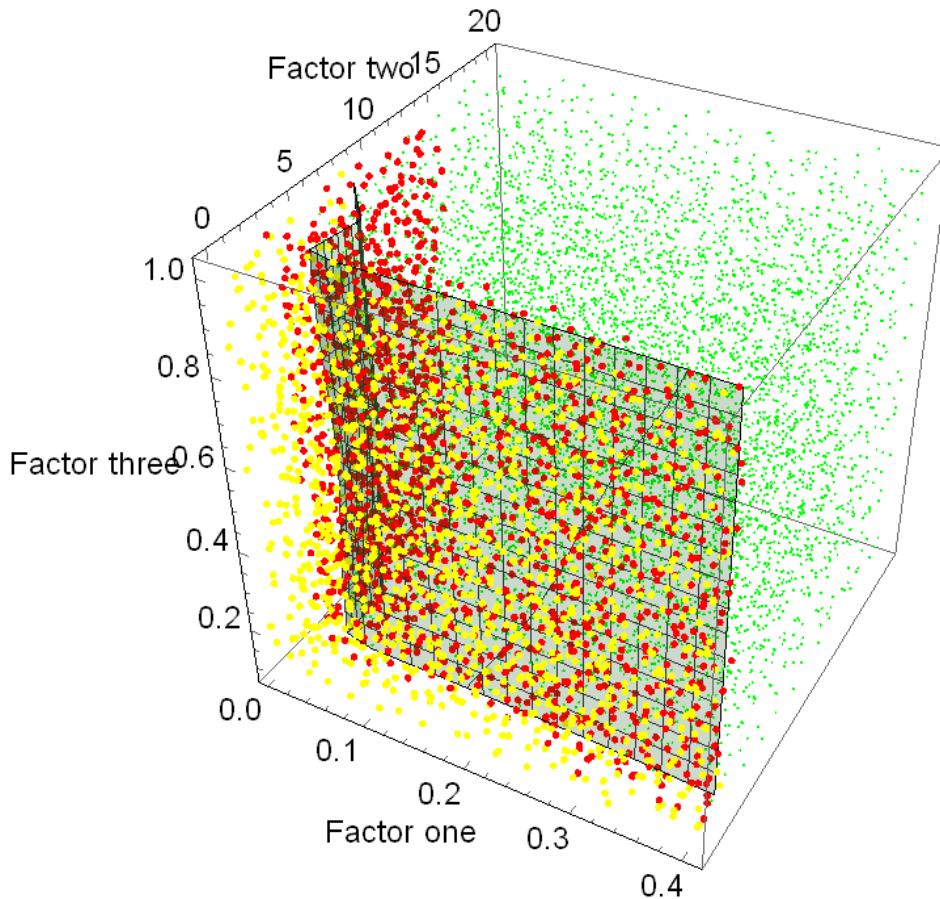


Figure 3 – The boundary of dangerous and safe zones (green). The questionable decision areas have red dots



**Figure 4 – The boundaries of dangerous and safe zones (green)**

This paper allows not only to evaluate the ways of processing data on an environmentally dangerous object, but also to determine their positive and negative properties. An investigation in the state space of an ecologically dangerous object makes it possible to evaluate the reliability of methods for studying such an object.

#### REFERENCES

1. Teslenko A.A., Tokar A.I. (2014). Reliable estimates explosion for external unit in Russia, Belarus and Ukraine. *Eastern European scientific journal*. Dusseldorf. P.210-215. DOI 10.12851/EESJ201410.
2. Categories definition of premises, buildings and outdoor units for explosion and fire hazard: DSTU B V.1.1-36-2016. Official edition. K.: Minregion of Ukraine, 2016. 31 p. (Order of the Ministry of Regional Development, Construction and Housing and Communal Affairs of Ukraine, dated 15.06.2016 No. 158, effective from 01.01.2017)
3. Teslenko A.A., Tokar A.I. (2014). Methods for assessing the explosion hazard of outdoor units in Russia, Belarus and Ukraine. *Problems of fire safety. Digest of Scientific Tr. NUTSZU*. Issue. 36. Kharkov: NUCDU. P. 259-265.
4. Teslenko A.A., Royanov A.N. (2015). Methods for assessing the fire hazard of premises in Russia, Belarus and Ukraine. *Problems of fire safety. Digest of Scientific Tr. NUCDU*. Issue. 37. Kharkov: NUGZU. P. 223-227.

УДК 351.78:504

## ДЕРЖАВНЕ УПРАВЛІННЯ У СФЕРІ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ: ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТЕХНОГЕННИХ ОБ'ЄКТІВ

Бойко О.А.<sup>1</sup>, к.держ.упр.

<sup>1</sup>Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту,  
Київ, Україна

В Україні наявна велика кількість техногенних об'єктів, аварії на яких можуть призвести до виникнення надзвичайних ситуацій різного характеру, становлять загрозу їх екологічній безпеці.

Екологічна безпека техногенних об'єктів значно ускладнюється в умовах дії воєнного стану, розв'язаної 24 лютого 2022 року російсько-української війни, зокрема веденням бойових дій поблизу об'єктів атомної енергетики, зокрема Запорізької, Південноукраїнської та Чорнобильської АЕС.

Екологічна безпека – це такий стан навколишнього природного середовища, при якому забезпечується попередження погіршення екологічної обстановки та виникнення небезпеки для здоров'я людей (згідно статті 50 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища») [1].

На сьогодні рівень ризику виникнення небезпечних ситуацій на техногенних об'єктах у всіх регіонах України залишається досить високим. Причин для цього багато, але головними з них є зношеність виробництва та застарілість методів управління безпекою, заснованих переважно на інспекційних заходах, періодичність проведення яких останніми роками теж помітно порушилась.

Матеріали даного дослідження ґрунтуються на працях вітчизняних науковців, які розглядали питання екологічного стану техногенних об'єктів, вдосконалення державного управління у сфері цивільного захисту. Аналізуються прийняті останнім часом акти законодавства.

Проблеми техногенно-екологічної безпеки в сфері цивільного захисту досліджували Я. Адаменко, М. Андрієнко, О. Волошкіна, А. Гриценко, А. Довгань, О. Ігнат'єв, Г. Іщенко, Ю. Масікевич, О. Мельниченко, А. Павличенко, С. Попов, І. Присяжнюк, О. Сніцар, А. Чухлебов, В. Шведун та інші.

Зокрема, С. Попов та І. Присяжнюк у своєму дослідженні механізмів координації і взаємодії суб'єктів протидії надзвичайним ситуаціям використовують описову модель, яка заснована на типових формах об'єктивації теорії і методології механізмів публічного управління координацією і взаємодією суб'єктів протидії надзвичайним ситуаціям [2].

В дисертаційному дослідженні автора доповіді глибоко аналізуються питання державного управління техногенно-екологічною безпекою в сучасних умовах глобалізації та цифрової трансформації [3].

Для розгляду винесеної в назву доповіді проблеми використано: абстрактно-логічний метод дослідження (аналіз наукових джерел, нормативно-правової бази за темою дослідження); синтезу та моделювання, за допомогою якого сформовано рекомендації щодо подальшого вдосконалення державного управління у сфері цивільного захисту, в контексті забезпечення екологічної безпеки техногенних об'єктів.

До цього часу не прийнято проект постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку функціонування системи моніторингу і прогнозування надзвичайних ситуацій».

Саме тому на даний час моніторинг і прогнозування надзвичайних ситуацій в Україні здійснюються на рівні регіональних, галузевих або інших самостійних систем, не об'єднаних у єдиний інформаційно-аналітичний комплекс.

Водночас важливим кроком стало внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо об'єктів підвищеної небезпеки, відповідно до якого відбулася заміна терміну «потенційно небезпечні об'єкти» на «об'єкти підвищеної небезпеки» [4]. На виконання Закону постановою Кабінету Міністрів України від 13.09.2022 № 1030 затверджено Порядок ідентифікації об'єктів підвищеної небезпеки. На ДСНС покладено завдання забезпечення ведення обліку об'єктів підвищеної небезпеки та ведення Державного реєстру об'єктів підвищеної небезпеки. Порядком, зокрема передбачено, що ідентифікація об'єктів підвищеної небезпеки проводиться юридичними або фізичними особами – підприємцями стосовно об'єктів, які перебувають у їх власності або користуванні, а стосовно об'єктів, які проектуються, – замовниками будівництва. Ідентифікація об'єкта підвищеної небезпеки проводиться трьома етапами. Передбачено розробку та подання Кабінетові Міністрів України проекту постанови щодо функціонування та ведення Державного електронного реєстру об'єктів підвищеної небезпеки [5].

Особливості і ступінь впливу державного регулювання на конкретні об'єкти управління повинні визначатися з урахуванням значень їх реальних ризиків, а також здійснених заходів щодо мінімізації ризиків на всіх стадіях життєвого циклу небезпечних об'єктів (проекування, розміщення, будівництво, монтаж, пуск в експлуатацію, функціонування, ліквідація).

Основою державної системи управління у сфері техногенної та природної безпеки і відповідно управління ризиками повинні стати економічні механізми, їх метою є утворення економічного фундаменту функціонування цієї системи на всіх рівнях управління безпекою, починаючи від об'єктового і закінчуючи загальнодержавним.

Комплекс економічних механізмів регулювання повинен забезпечити оптимальний баланс економічних витрат і рівня екологічної безпеки техногенних об'єктів в умовах обмежених ресурсів держави.

Негативний досвід великих техногенних аварій, що сталися за останні роки (наприклад, 2014 р. – залізнична аварія під Черкасами, внаслідок якої спалахнули цистерни з мазутом і ледь вдалося уникнути вибуху скрапленого газу; 2015 р. – масштабна пожежа на території нафтобази під Глевахою; 2020 рік – масштабні лісові пожежі на території Луганської області), свідчить про об'єктивну необхідність удосконалення системи управління безпекою в Україні.

Екологічний стан техногенних об'єктів потребує переходу до регулювання безпеки на основі сучасної парадигми ризик-орієнтованого підходу, як це прийнято у більшості країн світу.

Впровадження ризик-орієнтованого підходу в управлінні техногенно-екологічною безпекою, з огляду на їх велике значення як для кожного підприємства, так і для держави в цілому, повинно стати більш активним.

Питання запровадження системи управління техногенною безпекою на основі ризик-орієнтованого підходу і європейських стандартів досліджувались в наукових працях і статтях В. Бегуна, П. Белова, М. Биченок, Є. Буравльова, В. Гетьмана, В. Гречанінова, В. Клименка, Г. Лисенка, В. Лифаря, О. Ляшевської,



А. Морозова, Т. Поліщука, П. Волянського, С. Домбровської, О. Євсюкова, А. Терент'євої, Г. Хміля, О. Яценка та інших.

Безпека є головною потребою кожної людини і основним чинником життєдіяльності суспільства. Належний стан безпеки в державі має підтримуватися відповідними законодавчими актами, обов'язковими для виконання. Проте в Україні існують суттєві суперечності між вимогами законодавства і реальними процедурами регулювання безпеки.

Важливим залишається питання функціонування системи моніторингу і прогнозування надзвичайних ситуацій, управління у сфері цивільного захисту на основі критеріїв ризику.

Моделювання небезпек і загроз у перспективі, поза всяким сумнівом, сприятиме забезпеченню більш точної діагностики розвитку небезпечних процесів, виявленню ступеня ризику надзвичайних ситуацій, підвищенню ефективності вжитих превентивних заходів по забезпеченню комплексної безпеки, суттєвому зниженню фінансових витрат на запобігання стихійних лих, техногенних катастроф, соціальних конфліктів, а також зумовлених ними людських жертв і матеріальних втрат.

Як висновки. Екологічна безпека гарантується громадянам України здійсненням широкого комплексу взаємопов'язаних політичних, економічних, технічних, організаційних, державно-правових та інших заходів.

Потребується забезпечення екологічної безпеки людей, раціональне використання природних ресурсів, додержання нормативів шкідливих впливів на навколишнє природне середовище при проектуванні, розміщенні, будівництві, введенні в дію нових і реконструкції діючих підприємств, споруд та інших об'єктів, удосконаленні існуючих і впровадженні нових технологічних процесів та устаткування, а також в процесі експлуатації цих об'єктів. При цьому повинні дотримуватись екологічні вимоги до розміщення, проектування, будівництва, реконструкції, введення в дію та експлуатації підприємств, споруд та інших об'єктів; передбачатися вловлювання, утилізація, знешкодження шкідливих речовин і відходів або повна їх ліквідація, виконання інших вимог щодо охорони навколишнього природного середовища і здоров'я людей.

Подальшого вдосконалення потребує державне управління техногенно-екологічною безпекою, ряд заходів щодо цього передбачені проектом Стратегії громадської безпеки та цивільного захисту; під час розробки Білої книги цивільного захисту України.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Про охорону навколишнього природного середовища: Закон України від 25.06.1991 р. № 1264 –XII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text>
2. Попов С., Присяжнюк І. Техногенно-екологічна безпека і надзвичайні ситуації: механізми координації і взаємодії. *Актуальні проблеми державного управління: зб. наук. праць ОРІДУ НАДУ*. Одеса, 2020. Т. 1, № 81. С. 75 – 81.
3. Бойко О.А. Державне управління у сфері цивільного захисту в сучасних умовах українського державотворення. Дис. ... канд. наук держ. упр.: 25.00.01. Дніпро, 2021. 285 с. URL: [http://www.dridu.dp.ua/nauka/sv\\_rada\\_D/dis/Boyko\\_dissertation.pdf](http://www.dridu.dp.ua/nauka/sv_rada_D/dis/Boyko_dissertation.pdf)
4. Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо об'єктів підвищеної небезпеки: Закон України від 15.07.2021 р. № 1686-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1686-20#Text>
5. Деякі питання ідентифікації об'єктів підвищеної небезпеки: постанова Кабінету Міністрів України від 13.09.2022 р. № 1030. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/deiaki-pitannia-identyfikatsii-objektiv-1030>

УДК 656.7:656.8

## МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ МІНІМІЗАЦІЇ ЕКОЛОГІЧНИХ НАСЛІДКІВ ВІД ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ПРЕДМЕТІВ

Матухно В.В.<sup>1</sup>, к.т.н.

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

Внаслідок широкомасштабної військової агресії росії проти України, ворожих обстрілів та інженерного мінування окупованих територій, було забруднено близько 252 000 км<sup>2</sup> території України, що серйозно вплинуло на життя мільйонів мирних жителів.

Вибухонебезпечні предмети, які є наслідками військової агресії росії, можуть перетворюють будівлі на токсичний щебінь і знищують давно улюблені дерева. Вони можуть десятиліттями забруднювати ґрунт і викликати вимивання отрут у колись здорові річки. Вони можуть знищити екосистеми та порушити гармонію природи. Вони вбивають людей і тварин без роздумів і виводять світ з рівноваги.

Хоча зв'язки між військовим конфліктом і навколишнім середовищем досліджувалися деякими організаціями, такими як Обсерваторія конфліктів і навколишнього середовища, дослідження впливу вибухонебезпечних предметів на навколишнє середовище було проведено відносно мало. Цей недолік досліджень необхідно вирішити. ВВП не тільки завдають тривалої шкоди навколишньому середовищу, але ця шкода має значні наслідки для здоров'я та засобів існування для цивільного населення.

Питання протимінної діяльності є незмінним на порядку денному, але загалом управління організації піротехнічних робіт та гуманітарного розмінування ДСНС має незначний прогрес у знешкодженні мін, нерозірваних боєприпасів та інших вибухонебезпечних предметів. Управління ООН з координації гуманітарних питань зазначає, що Україна на даний момент залишається однією з найбільш сильно забрудненими ВВП країною в світі.

За даними управління організації піротехнічних робіт та гуманітарного розмінування ДСНС понад 30 000 км<sup>2</sup> на підконтрольній та не підконтрольній території України забруднені касетними елементами з механізмом самоліквідації та без нього: 9Н210, 9Н235, КОБЄ, протитанкові міни ТМ-62, авіабомби різних калібрів та розмірів, артилерійські снарядами, які не розірвалися, протипіхотні міни самих різноманітних модифікацій та принципу дії, ПМН та ОЗМ, ракети системи залпового вогню Град, Ураган та Смерч. Ще зустрічаються дуже багато ракет типу Іскандер, Точка-У. Найбільшими районами забруднення ВВП вважається райони, які розташовані в межах 15 км по обидві сторони по всій лінії фронту.

Для зменшення негативного впливу вибухонебезпечних предметів на навколишнє середовище, можливо, за рахунок використання безпілотних літальних апаратів з навісним обладнанням, яке пришвидшить та зробить максимально безпечним обстеження території при проведенні нетехнічного обстеження – приблизно в 15 разів.

Використання мультикоптера з датчиками магнітометру. Ці датчики монтують на безпілотний літальний апарат типу мультикоптер, який виконує обліт необхідної ділянки місцевості на висоті 5 – 10 метрів і визначає не лише місця перебування вибухонебезпечних предметів, а і їхні контури (рис. 1).

Мультикоптер, обладнаний даними датчиками, безпомилково ідентифікує мінометні міни калібру 82 та 120 міліметрів з точністю до сантиметра. Причому вони здатні це робити, як удень, так і вночі. Отриману інформацію можна передавати як у режимі реального часу, так і після повернення з польотного завдання. У другому випадку за допомогою таких відомостей пілот (оператор) складає карту місцевості з нанесенням місць виявлення ВНП.



**Рисунок 1 – Робота мультикоптера з датчиками магнітометру**

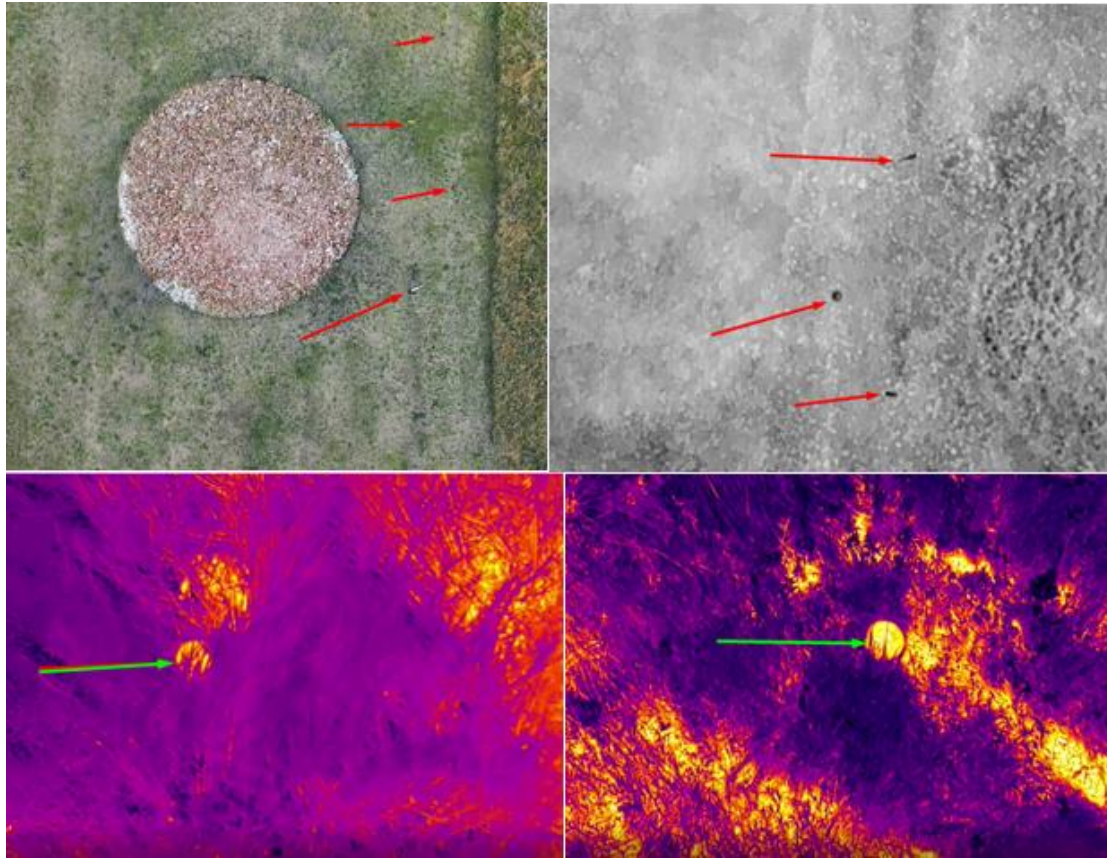
Використання квадрокоптера з датчиком пульсуючого електромагнітного зондування (ПЕМЗ). Датчик ПЕМЗ за характером електромагнітних аномалій може визначати форму, розміри і координати об'єкта. На даний час вказана технологія є найбільш ефективною при пошуках родовищ, але може бути ефективно застосована для пошуку ВНП на імовірно забруднених територіях. Результати аналізу сканування поверхні показує, що в місцях де знаходяться вибухонебезпечні предмети, апаратура виділяє аномалії підвищених значень електромагнітних параметрів.

Металеві та неметалеві ВНП, відрізняються між собою параметрами швидкостей загасання вертикальних градієнтів. Геоелектричні параметри середовища (коефіцієнти анізотропії напруг електромагнітних полів, вертикальні градієнти їх змін по глибині) дають можливість визначити території знаходження вибухонебезпечних предметів. Дана технологія визначення ВНП на імовірно забрудненій території, заснована на динамічному багатопараметричному методі електромагнітного сканування зондування разом із аналізом випромінювань локальних аномалій пошукових об'єктів, що дозволяє дистанційно досліджувати фізичні показники імовірно забрудненої територій ВНП з визначенням їхньої просторової локації.

Використання квадрокоптера з термальною камерою. Найбільш ефективною камерою даного типу є DJI Zenmuse H20T, яка встановлюється на квадрокоптер Matrice 300 з RTK. Даний квадрокоптер має в комплекті акумуляторною станцією та базовим комплектом Shield від V&N. Цей комплект включає промисловий квадрокоптер DJI Matrice 300 RTK, дві льотні батареї TB60, акумуляторну станцію BS60 і план захисту Enterprise Shield Basic. Matrice 300 RTK – це міцний безпілотник, призначений для виконання критично важливих завдань у комерційних галузях, а також для пошуково-рятувальних операцій для пожежогасіння, протимінної діяльності та правоохоронних органів. У таких ситуаціях важливо залишатися в повітрі якнайдовше, і кожна з двох батарей забезпечує квадрокоптеру до 55 хвилин польоту. Акумуляторна станція BS60 у твердому корпусі забезпечує їх зарядку, дозволяючи одночасно заряджати до восьми польотних батарей TB60 та до чотирьох віддалених батарей WB37 [1].



Використання є DJI Zenmuse H20T в поєднанні з Matrice 300 RTK, дає можливість пілоту (оператору) будувати траєкторію польоту на імовірно забрудненій території та автоматично робити фотофіксацію, тим самим виявляти термальні аномалії ВВП, які знаходяться на поверхні (рис 2).



**Рисунок 2 – Результати сканування земної поверхні камерою DJI Zenmuse H20T**

Отримані фотознімки дають можливість формувати карту з позначенням теплових аномалій. Нагрівання ВВП відбувається рівномірно на відміну від верхнього шару ґрунту, і таким чином ВВП при тепловізійному скануванні землі має чітко виражені форми.

Отже нові технології та прилади, які встановлюються на БПЛА, дозволять проводити дистанційне безпечне обстеження імовірно забруднених територій, та забезпечити маркування (позначення) і складення карт територій України та об'єктів, забруднених ВВП. Визначення місць з чіткими координатами ВВП надасть значну допомогу ізолювання небезпечних місць, та пришвидшить в разі можливість гуманітарного розмінування територій України. Тим самим допоможе зменшити час впливу небезпечних вибухових речовин на навколишнє середовище.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. D. Usachov, O. Shevchuk, V. Matukhno, O. Yashchenko. A modern method of demining the area using an unmanned aerial vehicle. *XXVIII International scientific and practical conference «Science and practice, actual problems, innovations»*. Milan, Italy. 2022. P 192-194.

УДК 355.58.0001:351.862.001:621.396.62

**РОЗРОБКА МЕТОДОЛОГІЇ РАНЖУВАННЯ ПОТЕНЦІЙНО-НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ ЗА РІВНЕМ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОГО РИЗИКУ В УМОВАХ ВОЄННОГО КОНФЛІКТУ**

Михайлова А.В.<sup>1</sup>, к.т.н., ст.досл.; Мурасов Р.К.<sup>2</sup>, к.т.н.;  
Піріков О.В.<sup>3</sup>, к.т.н., доц.; Чумаченко С.М.<sup>4</sup>, д.т.н., с.н.с.;  
Фурсенко О.М.<sup>1</sup>, к.т.н.,

<sup>1</sup>Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту,  
Київ, Україна;

<sup>2</sup>Національний університет оборони імені Івана Черняхівського, Київ, Україна;

<sup>3</sup>Громадська організація «Фундація розвитку екологічних та енергетичних  
ринків», Київ, Україна;

<sup>4</sup>Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

Актуальність проблеми ранжування об'єктів критичної інфраструктури (далі – ОКІ) за рівнем природно-техногенного ризику є беззаперечною, оскільки обумовлена критичною обстановкою в Україні, веденням активних бойових дій, значної кількості потенційно-небезпечних об'єктів критичної інфраструктури (далі – ПНО КІ). Виникнення надзвичайної ситуації (далі – НС) на таких об'єктах може зумовити їх вихід з ладу, руйнування або каскадні ефекти «Доміно». Вірогідність виникнення НС та ймовірні прямі і непрямі наслідки від них, умови та чинники їх виникнення визначаються як цілеспрямованими впливами на ПНО КІ в зоні воєнного конфлікту, так і стохастичними процесами, що за своєю сутністю характеризуються як природно-техногенні загрози (природні лиха та техногенні аварії).

Варто наголосити про можливість перебування значної кількості цивільного населення, особового складу Збройних сил України та інших силових структур в межах ураження ПНО КІ, що підвищує ризик настання негативних наслідків не лише для техногенної й екологічної безпеки, але і для безпеки життєдіяльності населення держави. Зважаючи на все вищевикладене, нині актуальною проблемою є організація й проведення всіх необхідних заходів, спрямованих на ефективне планування і оцінювання рівня загроз від ПНО КІ з метою забезпечення еколого-техногенної безпеки, зокрема шляхом ранжування ПНО КІ за рівнем природно-техногенного ризику.

Єдина державна система цивільного захисту забезпечує реалізацію державної політики у сфері цивільного захисту, здійснює заходи із запобігання виникнення НС [1, 2]. Створення умов безпечного середовища життєдіяльності населення держави можливе за рахунок забезпечення сил і засобів цивільного захисту належними спроможностями для ефективного реагування на можливі природно-техногенні загрози, в тому числі за рахунок проведення наукових досліджень щодо ранжування ПНО КІ держави за рівнем природно-техногенного ризику, що є запорукою створення передумов достатнього рівня національної безпеки держави.

В ході проведення досліджень авторами статті було здійснено аналіз нормативно-правової бази [3–8], а також наукових публікацій вітчизняних науковців [9–19], у роботах яких послідовно проводилась розробка категоріального апарату для оцінювання природних, техногенних та екологічних загроз для ОКІ. Але в цих

роботах методологічні основи ранжування ОКІ за рівнем природно-техногенних ризиків в умовах воєнного конфлікту не аналізувались. Крім того, до теперішнього часу розглядалися лише галузеві та монотипові об'єкти, а руйнування об'єктів досліджувалося лише як наслідок природної або техногенної катастрофи і як виключення терористичних атак. З чого можна зробити висновок що тема дослідження ранжування ОКІ за рівнем загроз не розкрита повністю і потребує подальшого опрацювання.

Метою цієї роботи є розробка теоретико-методологічних основ ранжування ПНО КІ, що можуть стати об'єктами ураження в умовах воєнного конфлікту, за рівнем природно-техногенних загроз для винайдення їх класифікації.

Застосуємо метод декомпозиції з метою детального опису процесів та здійснення математичної формалізації завдання.

Пропонується ввести наступні критерії, а саме коефіцієнти важливості –  $K_i \in [0, \dots, 1]$ , які будуть визначати ступінь важливості ПНО в системі КІ.

**Таблиця 1 – Коефіцієнти важливості потенційно-небезпечних об'єктів КІ**

		Значення коефіцієнту
$K_1$	Уразливість об'єкту	0...1
$K_2$	Первинний збиток	0...1
$K_3$	Вторинний збиток	0...1
$K_4$	Хімічна загроза	0...1
.....	.....	0...1
$K_n$	Загроза військам	0...1

Важливість кожного ПНО буде визначатися сумою даних коефіцієнтів

$$W_j = \sum_{i=1}^N K_i$$

де  $j$  – номер об'єкту по Каталогю;

$i$  – номер коефіцієнту важливості.

З метою формування Каталогу ПНО представники кожного суб'єкту ПНО КІ надають дані про відповідні об'єкти, після чого здійснюються подальші роботи з формування Каталогу ПНО, що в результаті дасть можливість врахувати усі ПНО з визначенням відповідних коефіцієнтів важливості ПНО КІ.

Сформований Каталог ПНО КІ розповсюджується між всіма суб'єктами КІ та відповідними відомствами. Після цього здійснюється ранжування ПНО суб'єктами КІ та залученими відомствами, метою якого є надання пріоритетності об'єктам Каталогу.

Наступним етапом є узагальнення та пріоретизація Каталогу з урахуванням усіх отриманих оцінок. В результаті чого формується Єдиний перелік, який буде підґрунтям для прийняття відповідних рішень щодо оцінювання природно-техногенних загроз і ризиків для ПНО КІ та заходів щодо їх захисту.

Наступним кроком буде розгляд та аналіз Єдиного переліку відповідним компетентним органом з метою подальшого опрацювання за допомогою:

- апарату оцінки загроз для ОКІ в умовах воєнного конфлікту з урахуванням можливих потенціальних збитків;
- методики оптимальної оцінки ризиків ОКІ з урахуванням потенціальних збитків;
- методики оцінювання загроз для ПНО КІ в умовах воєнного конфлікту.

Застосування у зазначеній послідовності наведених вище методик визначає методологію ранжування потенційно-небезпечних об'єктів критичної інфраструктури України за рівнем природно-техногенного ризику в умовах воєнного конфлікту. В результаті використання запропонованого методологічного апарату уможливується здійснення заходів з реалізації державної політики Єдиною державною системою цивільного захисту щодо запобігання виникнення надзвичайних ситуацій, ефективного реагування на них, а також зменшення негативних наслідків та забезпечення умов безпечного середовища життєдіяльності населення, що є запорукою створення передумов достатнього рівня національної безпеки держави. Подальші наукові дослідження передбачають здійснити апробацію запропонованої методології на основі реальних даних.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України: Закон України від 02.10.2012 № 5403-VI. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text> (дата звернення 25.07.2022).
2. Про затвердження Положення про єдину державну систему цивільного захисту: Постанова Кабінету Міністрів України від 09.01.2014 № 11. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/11-2014-%D0%BF#Text> (дата звернення 24.07.2022).
3. Про національну безпеку України: Закон України від 21.06.2018 № 2469-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2469-19> (дата звернення: 23.07.2022).
4. Про фізичний захист ядерних установок, ядерних матеріалів, радіоактивних відходів, інших джерел іонізуючого випромінювання: Закон України від 19.10.2000 № 2064-III. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2064-14#Text> (дата звернення: 01.08.2022).
5. Про боротьбу з тероризмом: Закон України від 20.03.2003 № 638-IV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/638-15#Text> (дата звернення: 01.08.2022).
6. Про основні засади забезпечення кібербезпеки України: Закон України від 05.10.2017 № 2163-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2163-19#Text> (дата звернення: 01.08.2022).
7. Концепція створення державної системи захисту критичної інфраструктури: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 6.12.2017 № 1009-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1009-2017-%D1%80#Text> (дата звернення: 25.07.2022).
8. Про критичну інфраструктуру: Закон України від 16.11.2021 № 1882-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1882-20#Text> (дата звернення: 31.01.2022).
9. Азаров С. І., Сидоренко В. Л., Єременко С. А., Пруський А. В., Демків А. М. Захист критичної інфраструктури в умовах надзвичайних ситуацій: Монографія / за заг. ред. П. Б. Волянського. К., 2021. 375 с.
10. Бірюков Д. С. Захист критичної інфраструктури: проблеми та перспективи впровадження в Україні: Аналітична записка. URL: [http://old2.niss.gov.ua/content/articles/files/zah\\_ynfrastr-b98c0.pdf](http://old2.niss.gov.ua/content/articles/files/zah_ynfrastr-b98c0.pdf) (дата звернення: 03.08.2022).
11. Бірюков Д. С. Загрози критичній інфраструктурі та їх вплив на стан національної безпеки: Аналітична записка. URL: [http://old.niss.gov.ua/content/articles/files/KI\\_Ivanyuta-3a331.pdf](http://old.niss.gov.ua/content/articles/files/KI_Ivanyuta-3a331.pdf) (дата звернення: 03.08.2022).

12. Зелена книга з питань захисту критичної інфраструктури в Україні: зб. матеріалів міжнародних експертних нарад / упоряд. Д.С. Бірюков, С.І. Кондратов; за заг. ред. О.М. Суходолі. К. : НІСД, 2015. 176 с.
13. Суходоля О. М. Захист критичної інфраструктури: сучасні виклики та пріоритетні завдання сектору безпеки. *Науковий часопис Академії національної безпеки*. 2017. № 1-2. С. 50-80. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nivanb\\_2017\\_1-2\\_7](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nivanb_2017_1-2_7) (дата звернення: 31.01.2022).
14. Уряднікова І. В., Чумаченко С. М., Кармазін С. В., Тесленко О. М. Застосування експертно-аналітичних методів для оцінювання ризиків надзвичайних ситуацій на об'єктах критичної інфраструктури. *Науковий вісник Академії муніципального управління. Серія : Техніка*. 2015. Вип. 1. С. 206-218.
15. Чумаченко С. М., Троцько В. В. Оцінювання загроз об'єктам критичної інфраструктури. *Науковий вісник: цивільний захист та пожежна безпека*. 2017. № 1. С. 41-47.
16. Чумаченко С. М., Парталян А. С., Мошенський А. О., Сукало М. Л., Філатова Л. Д.. Автоматизована система передачі даних про стан об'єктів критичної інфраструктури із застосуванням сучасних інформаційно-телекомунікаційних технологій. *Інженерія природокористування*. 2021. № 3 (21). С. 127-135.
17. Чумаченко С. М., Кутовий О. П., Михайлова А. В.. Застосування експертно-аналітичних методів для оцінювання загроз об'єктам критичної інфраструктури оборонно-промислового комплексу на сході України. *Інженерія природокористування*. 2020. № 4 (18). С. 114-123.
18. Чумаченко С. М., Мурасов Р. К., Мельник Я. В. Теоретико-методологічні основи інформаційного аналізу еколого-техногенних загроз для потенційно-небезпечних об'єктів критичної інфраструктури в умовах збройного конфлікту на Сході України. *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони*. 2021. № 1 (40). С. 117-122.

УДК 502.15+504.05/.06+504.064.2

## ОБҐРУНТУВАННЯ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ ДО УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ ОБ'ЄДНАНИХ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД В УМОВАХ ВОЄННИХ ЗАГРОЗ

Пісня Л.А.<sup>1</sup>, к.т.н.; Таргонський О.О.<sup>1</sup>; Попов І.І.<sup>2</sup>, к.т.н, доц.

<sup>1</sup>Науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем», Харків, Україна;

<sup>2</sup>Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна

**Вступ.** В умовах воєнних загроз, що стали постійним сьогоденням фактично для всієї території України починаючи з 24 лютого 2022 року, масове застосування зброї по об'єктах критичної інфраструктури життєзабезпечення об'єднаних територіальних громад (ОТГ), ліквідація наслідків надзвичайних ситуацій та діяльність підрозділів МНС по забезпеченню конституційних прав населення України на життя, чисте навколишнє природне середовище (НПС), широке залучення громадськості до участі в публічному управлінні та діяльності органів місцевого управління, зокрема шляхом впровадження механізмів стратегічної екологічної оцінки (СЕО), вимагають особливих системних наукових підходів до розв'язання нагальних соціальних задач.

Метою роботи є підвищення екологічної безпеки на території об'єднаних територіальних громад в умовах воєнних загроз та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

Завдання роботи – обґрунтування системного підходу до прийняття ефективних управлінських рішень для забезпечення екологічної безпеки об'єднаних територіальних громад в умовах воєнних загроз та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

Об'єкт дослідження – вплив надзвичайних ситуацій воєнного характеру на екологічний стан території об'єднаних територіальних громад.

Предмет дослідження – методи та заходи аналізу та оцінки забезпечення екологічної безпеки об'єднаних територіальних громад в умовах воєнних загроз та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

### **Постановка проблеми.**

Загально відомо, що усунути повністю ризик надзвичайних ситуацій (НС) практично неможливо, бо завжди залишаються три типи ризиків [1]:

- випадки, пов'язані з залишковими ризиками, тобто після їх опрацювання, наприклад згідно з ISO 73;
- ризики які признані прийнятними в ході аналізу;
- ризики, які не були виявлені чи прогнозовані, тобто принципово нові.

Визначення екологічних ризиків та збитків неодноразово досліджувалися останніми десятиліттями та були викладені в цілому ряді публікації.

**Огляд літературних джерел.** Досить детально проаналізував узагальнення цілого комплексу методичних підходів до визначення екологічних ризиків та збитків від надзвичайних ситуації антропогенного походження в своєму дисертаційному дослідженні автор [2].

Колектив авторів в [1] зазначають про певну недосконалість існуючих методів оцінки природних, економічних та екологічних станів як самих потенційних ресурсів так і можливих збитків внаслідок надзвичайних ситуацій, а особливо в

умовах воєнних загроз. Разом з тим, за відсутності та недосконалості інформаційної бази про об'єкти критичної інфраструктури ОТГ в місцевих підрозділах МНС та ЦЗ, і в першу чергу це стосується сільськогосподарських та природних територій.

Принципи управління: системність підходів до оцінки поточного екологічного стану території об'єднаних територіальних громад та об'єктів критичної інфраструктури; комплексність використання існуючих наявних сил та засобів підрозділів місцевих пожежних команд та структура цивільного захисту об'єднаних територіальних громад об'єктів; альтернативність варіантів у розроблених заходах дій під час надзвичайних ситуацій, особливо тих що враховують воєнні загрози; результативність планових дій з урахуванням місцевих особливостей умов характерних для природних екосистем на території об'єднаних територіальних громад; адресність заходів на об'єктах та збалансованість дій технічної бази та інформаційних систем підрозділів МНС та ЦЗ.

Методи управління: нормативно-правові; економіко-математичного моделювання; комплекс сценаріїв отриманих науковим експертним аналізом та оцінкою для осіб, що приймають управлінське рішення; індукційне планування та моніторинг поточного стану на об'єктах та територіях ОТГ; ризик-менеджмент об'єктів та територій.

Інструментарій управління: засоби публічного управління в першу чергу процедури стратегічної екологічної оцінки територіальних програм сталого економічного розвитку території ОТГ та регіону; адміністративно-правове регулювання раціонального природокористування засобами ОВД та СЕО; науково-методичне супроводження реалізації генерального плану розвитку територій ОТГ за рахунок процедур: СЕО, ОВД та після проектного моніторингу; бюджетування цільових та інвестиційних об'єктів та програм і планів розвитку ОТГ; екологічне оподаткування; інформування включаючи сповіщення населення ОТГ та соціальне екологічне навчання включаючи зацікавлену громадськість.

#### **Матеріали та методи.**

Складові підсистеми структури управління екологічною безпекою території ОТГ в умовах воєнного стану:

- підсистема збору поточної інформації щодо стану екологічної безпеки території ОТГ в умовах воєнного техногенного навантаження (наявні сили, засоби, методики);
- підсистема аналізу та управління заходами в надзвичайних ситуаціях життєзабезпечення та екологічної безпеки території ОТГ (створення оперативних аналітичних груп чи штабів прийняття рішень та протидії загрозам);
- підсистема забезпечення інформаційної взаємодії з регіональними територіальними органами державної влади МНС та військовими формуваннями в умовах масової загрози населенню чи значній території навколишнього природного середовища;
- підсистема сповіщення, інформування, методичне забезпечення населення ОТГ в умовах прогнозованих та реалізованих загроз з метою зменшення негативних наслідків, протидії та збереження якості довкілля та громадського порядку.

Складові об'єкти системного управління екологічною безпекою ОТГ:

- елементи соціальної сфери, об'єкти критичної інфраструктури життєдіяльності на території ОТГ (включаючи населення, навколишнє природне середовище, нові утворення в умовах воєнних загроз тощо);



- фактори небезпеки, загрози, що існують чи можуть виникнути, та потребують невідкладних дій з упередження (відвернення), зменшення, усунення чи протидії;
- умови сприяння чи відвернення (завади) вирішенню завдань безпеки.

**Результати та їх обговорення.** Створення системного підходу має бути комплексним, міжвідомчим за характером дії, спрямованим на вдосконалення інформаційно-технологічної та інформаційно-комунікативної інфраструктури місцевого державного управління ОТГ.

Алгоритм послідовності впровадження системного підходу полягає в наступних етапах:

1. Аналіз ризиків та соціально-економічного потенціалу територій та об'єктів ОТГ.
2. Діагностика та оцінка ризиків та збитків від надзвичайних ситуацій, в тому числі воєнного характеру.
3. Формування комплексу стратегії (згідно вимог Закону України «Про СЕО» – не менше трьох на кожний сценарій дій) з планування заходів щодо забезпечення екологічної безпеки критичної інфраструктури об'єктів ОТГ (об'єднаних територіальних громад), а саме дій з попередження чи відновлення якості довкілля по факту впливу надзвичайної ситуації.
4. Аналіз та контроль відповідності екологічних параметрів стану довкілля стратегічним цілям сталого розвитку територій та об'єктів ОТГ.
5. Оперативне управління екологічною безпекою ОТГ на попередніх етапах 1 – 4 цього алгоритму.

#### **Висновок**

1. Кризове управління може бути ефективним лише гармонійно поєднаним з процесами ідентифікації та опрацювання ризиків. Важливо також зауважити, що наявні плани дій в надзвичайних ситуаціях (або ПЛНС – плани ліквідації надзвичайних ситуацій) для різних ризиків є ключовою базою для успішного вирішення завдань, що можуть бути досягнуті як результат для саме нових непередбачуваних ризиків.
2. Оперативне комбінування елементів та алгоритмів із існуючих ПЛНС дозволяє починати діяти в невідкладних умовах суттєво раніше ніж при їх відсутності.
3. Наявність ПЛНС для різних випадків ризиків створює своєрідні буфери та резерви і відповідні навички та досвід як у прийнятті управлінських рішень так і в практичній реалізації дій.

#### **ЛІТЕРАТУРА**

1. UNECE “Risk management in regulatory framework: towards a better management of risks”. New York; Geneva: UN, July 2012. 108p.
2. Свентух А. О. Оцінка ризикованості функціонування об'єктів комунального господарства на основі нечітко-множинного підходу: дис. канд. екон. наук: 08.03.02 / Свентух Андрій Олегович; Вінницький національний технічний ун-т. Вінниця, 2005. 191 с.



УДК 389.14

## ОЦІНКА ЗНИЖЕННЯ ТЕХНОГЕННОГО РИЗИКУ ПРИ РУЙНУВАННІ РЕЗЕРВУАРІВ З НАФТОЮ

Рудаков С.В.<sup>1</sup>, к.т.н., доц.

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

Основною спрямованістю сучасних підходів до забезпечення техногенно-екологічної безпеки, що базуються на концепції «прийняттого ризику», є зниження ймовірності загибелі людей та забруднення територій. Відсутність або нехтування науковими основами призводить, з однієї сторони, до економічних невинуватих витрат на забезпечення техногенно-екологічної безпеки, з іншої – до суттєвих упущень щодо реальної небезпеки аварійної ситуації на об'єкті [1-2].

Однак, незважаючи на підвищену увагу дослідників до цієї проблеми [3-4], ряд важливих з практичної точки зору закономірностей, що характеризують техногенну небезпеку руйнування технологічного обладнання та забруднення навколишнього середовища, виявлені в науковому плані недостатньо. І, як наслідок, відсутні методи оцінки небезпечних факторів, динаміки розвитку і прогнозу наслідків аварійної ситуації, пов'язаної з квазімиттєвим руйнуванням вертикального сталевих резервуарів з нафтопродуктами (далі РВС або нафтовий резервуар).

Відрізняючими ознаками такої аварії є повна втрата цілісності корпусу РВС і вихід протягом короткого проміжку часу на прилеглу територію всієї рідини, яка зберігається в резервуарі, у вигляді потужного потоку – хвильового прориву. При цьому хвиля характеризується різкою нестаціонарністю, наявністю фронту у вигляді бору (валу), який рухається зі значною швидкістю і володіє великою руйнівною силою.

Аналіз наслідків руйнувань РВС, переконливо свідчить про те, потік рідини, який рухається за законами гідродинаміки, призводить до травм і загибелі людей, значних матеріальних і екологічних збитків.

Специфіка проблеми в даному випадку пов'язана, перш за все, з тим, що резервуари несуть в собі підвищену небезпеку, як для самого об'єкту, так і для навколишньої території, внаслідок зберігання в них великої кількості пожежонебезпечних та токсичних речовин.

Мета роботи – розвиток методів оцінки та засобів зниження техногенно-екологічного ризику при квазімиттєвому руйнуванні нафтових резервуарів.

Аналіз наслідків руйнувань РВС переконливо свідчить, що такі перешкоди у всіх випадках не виконали свого функціонального призначення.

Особливістю руйнування РВС є не тільки знищення земляного обвалування або залізобетонної огорожувальної стіни, а й зазначене в кожному другому випадку повне руйнування або сильна деформація сусідніх резервуарів, пошкодження будівель, споруд і технологічних установок, що призводило до значного економічного збитку. При цьому потік рідини практично завжди виходив далеко за територію підприємства, створював загрозу сусіднім об'єктам та приводив до забруднення навколишнього середовища.

Захист від аварійного розливу нафти і нафтопродуктів, які знаходяться в пошкоджених резервуарах і трубопроводах, відповідно до вимог цього документа забезпечується пристроєм обвалування навколо окремих резервуарів, груп резер-

вуарів і резервуарних парків з відведенням пролітої рідини в систему каналізації, аварійні земляні амбари, відвідні канали та інші аварійні споруди.

Так, кожна група РВС, повинна бути огорожена замкнутим земляним обвалування шириною поверху не менше 0,5 м від огорожувальної стіни з негорючих матеріалів, яка розрахована на гідростатичний тиск рідини, що розлилася. При цьому висота зовнішнього огороження повинна бути на 0,2 м вище розрахункового рівня рідини, що розлилася, але не менше 1 м для РВС номінальним об'ємом до 10000 м<sup>3</sup> і 1,5 м для РВС об'ємом 10000 м<sup>3</sup> і більше.

Об'єм, який утворюється між укосами обвалування, повинен дорівнювати: для окремо розташованих РВС – повної ємності резервуара; для групи резервуарів – ємності більшого РВС.

Місткість обвалування групи резервуарів повинна задовільняти умові [4]:

$$V_{max} = (h_{огр} - \Delta h_{огр})(F_{обв} - \sum_{i=1}^n F_i) \quad (1)$$

де  $V_{max}$  – об'єм більшого РВС, м<sup>3</sup>;  $h_{огр}$  – висота зовнішньої огорожі, м;  $\Delta h_{огр}$  – перевищення зовнішньої огорожі над розрахунковим рівнем рідини, що розлилася, м;  $F_{обв}$  – загальна площа обвалованої ділянки, м<sup>2</sup>;  $F_i$  – площа кожного з резервуарів групи, за винятком першого, м<sup>2</sup>;  $n$  – кількість резервуарів в групі.

Вимоги по обвалування окремих РВС, груп резервуарів (як і до відстаней між резервуарами) залежать від ємності групи резервуарів і окремого резервуара.

Необхідно відзначити, що нормативні вимоги до мінімальної відстані до сусідніх об'єктів змінюються стрибкоподібно в залежності від категорії складу і, що найголовніше, не враховують максимальний об'єм одиничного резервуара.

Таким чином, можна констатувати, що огорожі РВС, які розраховані на гідростатичний тиск рідини, що розлилася, не здатні протистояти гідродинамічному потоку, що і призводить до реалізації процесу його розливу по поверхні з виникненням ризику загибелі людей в результаті впливу хвилі прориву або теплового випромінювання пожежі потоку.

Для оцінки площі проливу рідини ( $F_{пр}$ , м<sup>2</sup>) при руйнуванні РВС використовуємо наступний вираз:

$$F_{пр} = f_p \cdot V_p \quad (2)$$

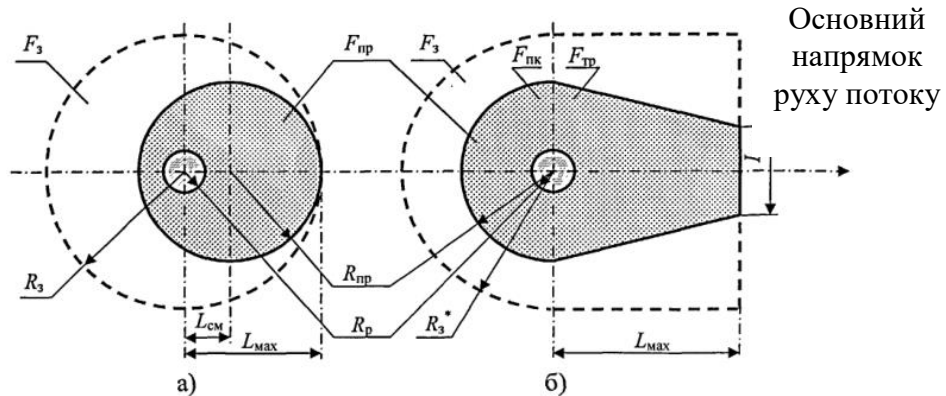
де  $f_p$  – коефіцієнт розлиття, дорівнює 5 м<sup>-1</sup> – при протоці на несплановану ґрунтову поверхню; 20 м<sup>-1</sup> – при протоці на сплановане ґрунтове покриття; 150 м<sup>-1</sup> – при протоці на бетонне покриття;  $V_p$  – об'єм рідини, що надійшла в навколишній простір при руйнуванні РВС, м<sup>3</sup>.

Аналізуючи формулу (2) можна бачити, що  $f_p$  залежить тільки від планування і покриття виробничого майданчика. При цьому форма площі проливу в будь-якому випадку набуває обрис кола. Однак аналіз наслідків руйнувань РВС переконливо свідчить про те, що на коефіцієнт розлиття основний вплив здійснює не розпланування території та вид покриття, а ухил виробничого майданчику ( $i, \%$ ).

Наведені фактори щодо виду та планування покриттів резервуарних парків виробничих об'єктів, а також відсутність методики оцінки параметрів форми площі прориву рідини при розгерметизації надземного резервуара не дозволяють коректно використовувати нормовані коефіцієнти розлиття, що зумовлює необхідність диференційованого підходу до визначення їх величин.

Суттєве питання є про вплив властивостей рідин, які зберігаються в РВС до аварії на величину площі прориву при руйнуванні резервуара. На величину площі прориву рідини при руйнуванні РВС такі її властивості як в'язкість, щільність і коефіцієнт поверхневого натягу істотно впливу не оказують, особливо в початковій стадії розливу, коли відбувається гідродинамічне витікання.

На рис. 1 наведені принципи схеми для визначення параметрів форми площі проливу рідини і зони можливого затоплення території при квазімиттєвому руйнуванні РВС.



**Рисунок 1 – Форми площ розливу рідин та зон можливого затоплення території з ухилом місцевості а)  $i_1 < 1,5\%$  б)  $1,5\% < i_2 < 7,0\%$**

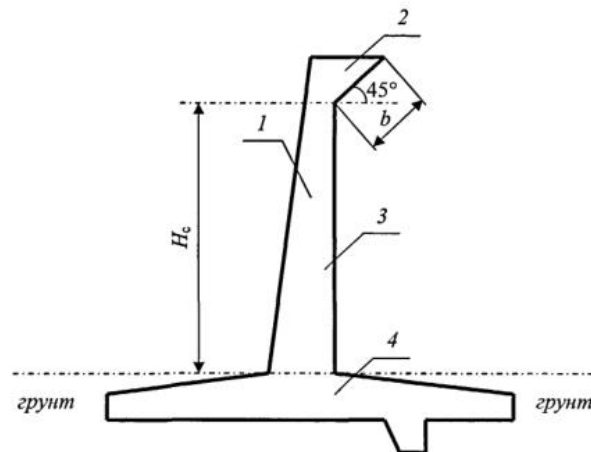
На рисунку:  $R_p$  – радіус РВС, м;  $R_{рп}$  – радіус площі проливу рідини при руйнуванні РВС, м;  $R_з$  – радіус зони можливого затоплення території рідиною при руйнуванні РВС, м;  $L_{см}$  – відстань між центру аварійного РВС до центру окружності, яка обмежує площу проливу;  $L_{маx}$  – максимальна відстань між центру до межі дзеркала проливу рідини за напрямком ухилу місцевості, м;  $L_{тр}$  – ширина площі проливу рідини на територіях з  $1,5\% < i_2 < 7,0\%$ , чисельно дорівнює  $R_{рп}$ , м;  $F_{пк}$  та  $F_{тр}$  – площі напівкола та трапеції відповідно, на територіях з  $1,5\% < i_2 < 7,0\%$ , м<sup>2</sup>;  $F_з$  – площа зони можливого затоплення території при руйнуванні РВС.

За результатами розрахункового визначення параметрів аварійного розливу нафти або нафтопродуктів при квазімиттєвому руйнуванні РВС на схему ситуаційного (генерального) плану об'єкта наноситься максимально прогнозована площа проливу і зона можливого затоплення території з вказаним значенням.

На об'єктах, до складу яких входять резервуари та резервуарні парки, повинні бути завчасно передбачені превентивні заходи протиаварійного і протипожежного захисту, адекватні аварійної ситуації, яка розглядається.

При оцінці техногенних ризиків в резервуарних парках у взаємодії з НФП, розглядаємо хвилю прориву в якості небезпечного фактору аварійної ситуації і в обґрунтованих випадках передбачати огорожу РВС, яке розраховане на гідродинамічне утримання потоку рідини.

Спосіб зниження техногенного ризику при квазімиттєвому руйнуванні РВС оснований на обмеженні площі проливу нафти або нафтопродукту шляхом застосування спеціальної огорожувальної стіни з хвильовідбивним навісом, яка розрахована на максимально можливий гідродинамічний вплив хвилі прориву (рис. 2). Огороджувальна стіна з хвильовідбивним навісом повинна бути суцільною за периметром резервуару та виконана з негорючих матеріалів з межею вогнестійкості не менш Е150.



**Рисунок 2 – Принципова схема огорожувальної стіни з хвильовідбивним навісом: 1 – захисна стіна, 2 – хвильовідбивний навіс, 3 – майданчик відображення потоку, 4 – основа стіни.**

Відстань розмаху хвильовідбивного навісу необхідно приймати не менш 0,5 м;

Висновки: Запропонована концепція оцінки потенційного техногенного ризику при квазімиттєвому руйнуванні РВС та його зниження за рахунок застосування огорожувальної стіни з хвильовідбивним навісом, яка відображає:

- особливості та частоту квазімиттєвого руйнування резервуару;
- сценарії виникнення та розвитку аварії при руйнуванні РВС;
- метод оцінки форми та площі проливу рідини при руйнуванні РВС;
- спосіб зниження пожежного ризику при руйнуванні РВС – метод визначення геометричних параметрів огорожувальної стіни з хвильовідбивним навісом та метод визначення динамічних навантажень від впливу хвилі прориву на огорожувальну стіну з навісом;
- оцінку впливу огорожі на величину потенційного техногенного ризику при квазімиттєвому руйнуванні резервуару.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Про затвердження критеріїв, за якими оцінюється ступінь ризику від провадження господарської діяльності та визначається періодичність здійснення планових заходів державного нагляду (контролю) у сфері техногенної та пожежної безпеки Державною службою з надзвичайних ситуацій. Постанова Кабінету Міністрів від 27 грудня 2017 р. № 1043.
2. Азаров С. І., Сидоренко В. Л., Задунай О. С. Розробка засад класифікації небезпечних критично важливих об'єктів із загрозою виникнення техногенних надзвичайних ситуацій. *Науково-технічний журнал «Техногенно-екологічна безпека»*. 2019. Вип. 6(2/2019). С. 3–11. DOI: 10.5281/zenodo.3558940.
3. Баранов М.И. Избранные вопросы электрофизики: Монография в 2-х томах. Том 2, Кн. 1: Теория электрофизических эффектов и задач. Харьков: НТУ “ХПИ”, 2009. 384 с.
4. Wolski A., Dembsey N., Meacham B. Accommodating perceptions of risk in performance based building fire safety code development. *Fire safety journal*. 2000. V. 34(3). P. 297-309.

УДК 658.567.1

## МЕТОД ПРОГНОЗУВАННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ВОДНИХ ГОРИЗОНТІВ ПІД ЧАС ДОВГОТРИВАЛОГО ЗБЕРІГАННЯ ВІДХОДІВ ГАЛЬВАНІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

Третякова Л.Д.<sup>1</sup>, д.т.н., проф.; Мітюк Л.О.<sup>1</sup>, к.т.н., доц.;  
Прокопенко І.Д.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

**Вступ.** На підприємствах військово-промислового комплексу, машинобудування, електронної техніки України використовують гальванічний (електрохімічний) спосіб нанесення різноманітних покриттів: хромованих, мідних, нікельованих, оцинкованих. У процесах оброблення поверхонь для надання їм антикорозійних і декоративних властивостей використовують різноманітні реагенти, до складу яких входять важкі метали. Підприємства, у складі яких функціонують гальванічні цехи, є основними джерелами потрапляння токсичних важких металів у ґрунт і водні горизонти.

**Постановка проблеми і огляд літературних джерел.** Проблеми забруднення ґрунтів та водних ресурсів є домінуючими в питаннях екологічної безпеки. Забруднення важкими металами підземних вод є однією з екологічних проблем через його вплив на здоров'я людей [1]. Особливу небезпеку становлять важкі метали, які потрапляють у воду та поглинаються фітопланктоном, що може призвести у подальшому до потрапляння їх у їжу людини. Водопостачання у всьому світі стикається з серйозними проблемами через підвищення концентрацій важких металів [2].

Гальванічне виробництво належить до найбільш матеріаломістких, в якому обсяги сировини і допоміжних матеріалів у декілька разів перевищує вихід готової продукції. Як наслідок, в результаті виробництва утворюються відходи: електроліти та травильні розчини різного складу. Під час змішування з водою у ході очищення, електроліти та травильні розчини потрапляють у стічні води. Сухі відходи (шлам) утворюється під час очищення стічних вод. Найбільш небезпечними складниками шламу є оксиди важких металів (мідь, залізо, хром, нікель, цинк, свинець, олово) [3]. Довготривале складування відходів гальванічного виробництва дозволено на спеціальних майданчиках в обладнаних сховищах. Однак, як показує практика, штучні сховища мають обмежену місткість та терміни використання. Нині шлам зберігають на відкритих майданчиках із застосуванням захисних упакувань. Тверді відходи під впливом опадів, особливо кислотних дощів, переходять в рідкий стан. Такі явища призводять до витоку хімічно-активних елементів у ґрунт. У результаті виникають забруднення важкими металами не тільки прилеглих до місць складування ґрунтових покривів і поверхневих вод, а й підземних водних горизонтів. Забруднення поверхні ґрунтів призводить до низки проблеми, пов'язаних із засолення ґрунту, забрудненням ґрунтових вод та підвищенням рівня мінералізації води в поверхневих водоймах. Безвідповідальне ставлення до розміщення промислових відходів спричинило повне забруднення 6 % і часткове забруднення 25 % розвіданих запасів підземних вод [4].

Забруднення ґрунтів, поверхневих і ґрунтових вод оцінюють різними фізико-хімічними методами за групою параметрів, на підставі великих масивів експе-

риментальних даних [5]. Їх реалізація потребує отримання великих обсягів інформації, тривалих лабораторних випробувань, наявності коштовного спеціального обладнання, спеціальних комп'ютерних пакетів програм.

Вищенаведена інформація робить актуальним розробку методу прогнозування рівнів можливого забруднення ґрунтів та підземних вод з використанням математичних моделей для отримання швидких та інформативних рішень. Метою статті є розробка методу і математичної моделі для прогнозування виникнення забруднення водних горизонтів важкими металами під час довготривалого зберігання гальванічного шламу на відкритих ділянках.

**Матеріали та методи.** Автори виконали експериментальні дослідження процесу накопичення шламу на території підприємства у ході роботи ліній «травлення міді» під час виготовлення чипів. Процес «травлення міді» використовують для створення та закріплення малюнків на поверхнях мікросхем. Оброблення окремих деталей супроводжується використанням великої кількості води і відповідно утворенням відходів. Відпрацьовані технологічні розчини хімічного та електрохімічного знежирення, а також лужні стічні води після каскадного промивання потрапляють у стоки. Технологічні процеси в цехах гальваніки призводять до утворення рідких відходів з металами в процесі травлення та твердих відходів (шламу) – під час утилізації. У попередні роки шлам зберігали на території підприємства у звалищах на відкритих ділянках. Останні 20 років шлам зберігають в упакуваннях з полівінілхлорид-пластикату. Негативним наслідком від такого поширення хімічно-небезпечних речовин є забруднення території складування на підприємстві та імовірність забруднення прилеглих територій сільськогосподарського призначення.

Запропоновано метод прогнозування забруднення ґрунтів на території складування шламу під час моделювання процесу руху солей від поверхні землі в нижче розташовані шари зони [6]. Ґрунти в районі підприємства мають таку структуру: суглинок – (1.5...1.8) м; пісок – (1.8...2.2) м; ґрунтові води – (2.6...3.0) м; глина – (3.8...4.5) м; далі починається міжшарова вода. Методика досліджень базується на використанні теорії фізико-хімічної гідродинаміки пористих середовищ. Процес руху солей металів можна описати диференціальним рівнянням руху і збереження маси речовини для вертикального перенесення маси речовини. Наявність на поверхні ґрунту шламу відповідає граничній умові першого роду.

$$D \frac{d^2 C}{dX^2} = \theta \frac{dC}{dT}, \quad (1)$$

де  $D$  – коефіцієнт молекулярної дифузії,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;  $C$  – засоленість ґрунту (порід), %;  $\theta$  – об'ємна вологість, %;  $X$  – просторова координата, м;  $T$  – часова координата, с. Аналітичне вирішення рівняння (1) має вигляд:

$$C_{hx} = (C_s - C_0) \operatorname{erfc} \left[ \frac{1}{2} \cdot \frac{h_x}{\sqrt{\frac{D \cdot t}{\theta}}} \right], \quad (2)$$

де  $C_{hx}$  – прогнозний рівень засоленості на глибині  $h_x$ , %;  $C_s$  – поверхнева засоленість зони аерації в точках поверхні ( $x_0, y_0, z_0$ ) при  $h = 0$ ;  $C_0$  – початковий рівень засоленості в точках поверхні ( $x_0, y_0, z_0$ ) ґрунту до початку складування при  $t = 0$ ;  $h_x$  – відстань розрахункових точок від точок поверхні ( $x_0, y_0, z_0$ ), тобто від поверхні землі, м;  $t$  – термін прогнозного розрахунку, рік;  $\operatorname{erfc}$  – табульована функція.

Коефіцієнт молекулярної дифузії  $D$  характеризує переміщення іонів металу в наслідок теплового руху в ґрунті і залежить від властивостей молекул металів, температури та тиску, але головним чином визначається концентрацією речовини та вологістю. Для України вологоперенесення в зоні аерації за відносної сталості природних та техногенних джерел надходження води та солей, характерна часова повторюваність водно-солевого режиму, близька до річної. Явної залежності коливань коефіцієнта молекулярної дифузії  $D$  від сезону не спостерігається [7]. Об'ємна вологість  $\theta$  визначається вмістом вологи у ґрунті і залежить від механічних властивостей ґрунту, пористості, капілярності, вмісту гумусу.

#### **Результати та їх обговорення.**

Проникнення важких металів та рівнів засоленості ґрунту визначено за таких постановок задачі:

1. Складування та зберігання шламів на відкритій ділянці впродовж двадцяти років;
2. Складування шламів та зберігання в упакованнях на відкритій ділянці впродовж двадцяти років.

У ході прогнозування прийняті такі допущення: умова формування області використання математичної моделі – наявність у поверхневому шарі ґрунту хімічно-небезпечних речовин, рівень яких перевищує гранично-допустиму концентрацію; поширення важких металів у глибину ґрунту призводить до його засолення; процес накопичення металів є кумулятивний; не враховано щорічні сезонні зміни вологості ґрунту. За розрахунковий період прийнято один рік (365 днів). Загальний час прогнозування становить 20 років. Прогнозування з якісними та кількісними показниками реалізовано з використанням прикладного забезпечення Microsoft Excel.

За першої постановки задачі виконано прогнозування глибини проникнення важких металів у зону аерації на наступні 20 років. Розрахунки показали, що відбувається щорічне збільшення глибини проникнення важких металів і після 10...12 років може виникнути загроза потраплянням шкідливих речовин у ґрунтові води, оскільки елементи важких металів знаходяться на глибині, яка перевищує 1,6 м. Після 20 років глибина проникнення елементів важких металів становить більш як 2,7 м.

Довгостроковий прогноз забруднення ґрунтів під час зберігання шламу в упакованні з полівінілхлорид-пластикату на відкритій ділянці, отримано як результат ітераційного розрахунку за запропонованим алгоритмом за формулою (2) Як впливає з розрахунків під час зберігання шламу в упакованні засоленість на поверхні зменшується порівняно з першою постановкою та процес проникнення важких металів на глибину уповільнюється. Через 10 років глибина проникнення елементів важких металів становила до 0,6 м. Однак під час збереження упаковань на відкритих ділянках відбувається поступове їх руйнування. Шви під впливом механічних навантажень, змінення зовнішніх температур, ультрафіолетового опромінення та опадів розтріскуються, що призводить до утворення постійного шару шламу на ділянках для зберігання. Такий процес спричиняє через 10...15 років рівні забруднення аналогічні за умов відкритого зберігання.

#### **Висновки.**

У статті запропоновано метод прогнозування забруднення ґрунту та водних горизонтів сполуками важких металів у разі їх зберігання на відкритих ділянках. Аналіз літературних джерел засвідчив, що потрапляння важких металів у ґрунт призводить до негативних екологічних наслідків, які створюють небезпеки

для населення та довкілля. Проникнення солей важких металів призводить до глибинного засолення ґрунту, втрати його родючості, до вторинного забруднення рослин, які повсюдно використовують в їжу, до забруднення поверхневих та глибинних шарів водних горизонтів, які часто використовують як джерела питної води.

За результатами розрахунків, які отримано за запропонованим методом, встановлено:

– зберігання шламу на відкритих ділянках спричиняє два види небезпек: глибинне засолення ґрунту та забруднення підземних водних горизонтів важкими металами;

– під час розміщення та зберігання шламу на відкритій ділянці без упакувань упродовж десяти років, проникнення елементів важких металів досягає глибини 1,6 метрів, що створює небезпеку їх потрапляння у водні горизонти. Використання упакувань уповільнює процес, однак після десяти років зберігання через їх часткове руйнування створюють умови для забруднення.

Впровадження ефективних методів очищення стічних вод, вторинної переробки шламу та досконаліх умов зберігання відходів дає можливість запобігти забрудненню та підвищенню засоленості ґрунту не тільки на робочих площадках але на прилеглих територіях, які часто мають сільськогосподарське значення. Створення умов до унеможливлення виникнення забруднення поверхневих і підземних вод, яке призводить до виникнення техногенних надзвичайних ситуацій, дає можливість запобігти витрачання великих матеріальних і фінансових ресурсів, які можливо скерувати на практичну реалізацію науково-технічних розробок щодо утилізації вторинного використання відходів промислових виробництв, а також на регенерацію та відновлення земельних та водних природних ресурсів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Elumalai, V., Brindha, K., & Lakshmanan, E. Human Exposure Risk Assessment Due to Heavy Metals in Groundwater by Pollution Index and Multivariate Statistical Methods. A Case Study from South Africa. *Water Journal*, 2017, 9, 234. doi: 10.3390/w9040234.
2. Razak, N.H.A., Praveena, S.M., Aris, A.Z., Hashim, Z. Drinking water studies: A review on heavy metal, application of biomarker and health risk assessment (a special focus in Malaysia). *J. Epidemiol. Global Health*, 2015, 5, 297–310. doi: 10.1016/j.jegh.2015.04.003.
3. Ali H. Khan E. Trophic Transfer, Bioaccumulation and Biomagnification of Non-Essential Hazardous Heavy Metals and Metalloids in Food Chains. *Concepts and Implications for Wildlife and Human Health. Human and Ecological Risk Assessment*. 2018. 25. P. 1353-1376. URL: <https://doi.org/10.1080/10807039.2018.1469398>.
4. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2020 році. URL: <https://mepr.gov.ua/news/38840.html>
5. Chen Y., Yuan L., Xu C. The Accumulation Characteristics and Potential Health Risks of Heavy Metals in Vegetables from Reclaimed Area of China. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*. 2018. 24. P. 949-960. URL: <https://doi.org/10.1080/10807039.2017.1403281>.
6. Nester A.A., Tretiakova L, Mitiuk L, Prakhovnik N, Husiev A. Remediation of Soil Containing Sludge Generated by Printed Circuit Board Production and Electroplating. *Journal of Environmental Research, Engineering and Management*. 2020. Vol. 76. No. 4. P. 68–75. doi: 10.5755/j01.ere.m.76.4.25460



## АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ РОЗРОБКИ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

UDC 504.064.4:621.431:389.14:528.088

### PREREQUISITES FOR THE DEVELOPMENT OF A COMPLEX TECHNOLOGY FOR ATMOSPHERIC AIR PROTECTION DURING THE OPERATION OF POWER PLANT WITH RECIPROCATING INTERNAL COMBUSTION ENGINE WITH HIGH LEVEL OF MORAL AND PHYSICAL WEAR

Kondratenko O.M.<sup>1</sup>, DSc (Engineering), Associate Professor;  
Babakin V.M.<sup>1</sup>, DSc (Law), Associate Professor; Krasnov V.A.<sup>1</sup>; Semykin V.M.<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>A.M. Pidgorny Institute for Mechanical Engineering Problems of National Academy of Sciences of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

**Introduction and formulation of research problem.** From the analysis of scientific and technical literature and works of the main scientists in technogenic and ecological safety area [1-5] is known that power plants (PP) that are equipped with reciprocating internal combustion engine (RICE), namely diesel engine as the source of mechanical energy to drive (i.e. vehicles) and/or performing their main function (i.e. special equipment, including units of fire and emergency rescue equipment that are on operational duty in units of the State Emergency Service of Ukraine) are a powerful source of factors of environmental hazard (EH) of different origins. Which means that PP with RICE performs permanent, intensive and diverse by its physical origin, the negative impact of technogenic nature on the components of the environment, especially on atmospheric air.

**Purpose of the study.** Determination and description of the prerequisites for the development of complex environmental protection technology (EPT), in particular atmospheric air, from the negative technogenic impact of physical and chemical EH factors, the source of which is diesel RICE as a part of PP, both new and with a significant degree of moral and physical wear, during its accident-free exploitation. **Object of the study.** Ecological safety of atmospheric air in the places of PP with RICE exploitation both new and with significant moral and physical wear. **Subject of the study.** The EPT, which complexly ensures the legally established values of indicators of the level of the object of the study.

**Presentation of the main material of the research.** In monograph [1] based on the hierarchical principle, a classifier of EH factors was built. Classifier contains EH factors which are inherent in accident-free exploitation as part of the life cycle of an PP with RICE, which at the same time are in a different technical condition, degree of moral and physical wear, consume different types of motor fuel, while the exploitation process itself can be implemented according to different models (that is, a set of operational regimes presses and corresponding weight factors). In that case in building of the EPT and development of their executive devices the rational and perspective decision would be to fix the attention in research on the total influence on environment components: a) chemical EH factors: emission of gaseous and aerosol pollutants – exhaust gas (EG),

vapors of motor fuel and motor oil, crankcase gases; b) physical EH factors: energetic pollution of environment components with thermal energy as well as noise and vibration. Herewith other chemical EH factors (liquid pollutants spilling and solid waste) are shown only in accident by performing care and renovation and by disposal of equipment units after the resource has been exhausted. The monograph [4] sets out the scientific and methodological foundations of the construction of EPT against the negative technogenic impact of PP with RICE with a significant degree of moral and physical wear during their accident-free exploitation.

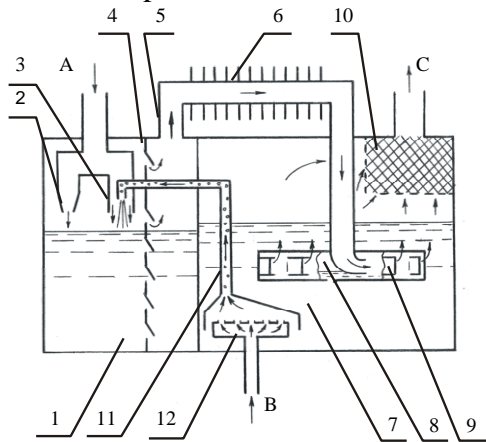
At the same time the EPT functioning which is performed to fulfill legally established level of environmental safety (ES) indicators of such process that is based on the appropriate methodological basis, in particular on the environmental safety management system (ESMS) (developed and described in the monograph [4]), and the executive devices of EPT in relation to the ESMS act as its material basis.

Functioning efficiency evaluation of that ESMS and corresponding EPT should be done with the appropriate criteria-based mathematical apparatus – the integrative indicator of the ES level of the exploitation process of PP with RICE  $D_{RICE}$  (developed in the dissertation [5]) which contains separate components that characterize the efficiency of the diesel particulate matter filter (DPF) as the executive device of the EPT – the index of efficiency of exploitation of the DPF as the executive device of the EPT  $I_{DPF}$  (described in the article [7]), as well as individual components characterizing the level of ecological perfection of the RICE – the complex fuel and ecological criterion of prof. Igor Parsadanov  $K_{fe}$  (developed in the monograph [2], improved in the monographs [3, 4], became the basis of the structure of the new criterial apparatus in the dissertation [5] and was used to evaluate the efficiency of the implementation of innovative elements of EPT (renewable energy resource consumption and the use of a hybrid engine) for the RICE in articles [8,9]). At the same time, in the hierarchical classifier there are the EH factors, which are collectively taken into account by the mathematical apparatus of the  $K_{fe}$  criterion, EH factors that are not taken into account by this criterial apparatus, but are intensively manifested in the process of accident-free exploitation of the PP with RICE and EH factors, which are not taken into account by this criterial apparatus, but do not appear in the such exploitation process (but only in an emergency situation, during maintenance and repair, when disposing of equipment units after the resource has been exhausted).

The monograph [4] gives the results of the analysis of the constructions and methods of operation of DPF in the form of appropriate classifiers built on a hierarchical principle. Filters with a liquid working body [4] should be especially noted among the well-known constructions of DPF. Due to a number of design features, such filters have not become widespread for vehicles, but are the promising technical solution for stationary PP (diesel generators, motor pumps, compressor stations, etc.). The main advantage of such DPFs is that the experimental working samples developed and tested, but not introduced into serial production, are structurally capable of comprehensively reducing the values of the following EH factors [6]: a) emission with the exhaust gases (EG) flow from RICE of particulate matters (PM), b) emission with the EG flow of unburned carbohydrates  $C_nH_m$ , c) emission with the EG flow of nitrogen oxides  $NO_x$ , and in addition: d) absorb the noise of the EG flow, e) extinguish sparks in the EG flow, f) reduce the temperature of the EG flow.

The schematic diagram of such two-stage DPF with a liquid working body, which explains the principle of its complex action, is shown in Fig. 1. Such design of the DPF proposed in work [6], the elements of which are protected by a patent USSR #1712636, is taken as a basis in this study for the purpose of further improvement and

improvement of operational efficiency. Figure 1 shows the following components: A – input EG flow; B – ozonized air; C – output EG flow; 1 – impact reservoir; 2, 3 – intake manifold with working nozzles; 4 – water-deflecting partitions; 5 – connecting channel; 6 – heat exchanger; 7 – bubbling reservoir; 8 – ring gas distributor; 9 – side nozzles; 10 – moisture separator; 11 – overflow device; 12 – bubbler.



**Figure 1 – Scheme of two-stage DPF with liquid working body [6]**

Though, when analyzing the classification of working methods and their corresponding constructions of DPF, developed in the monograph [4], such DPF of complex action cannot be attributed to a specific item, since it is built on the use of different principles of action to neutralize various EH factors. The same applies to the place of this DPF in the classification of DPF according to the method of implementation of regeneration processes of the I and II kind, developed in [4], for the same reasons. Therefore, an equally important task

of developing an improved design of such type of DPF, a theoretical study of its working processes and experimental study of its performance indicators, as well as the implementation of the complex criteria-based assessment of the efficiency of its use as a complex executive device of the EPT, is the improvement specified classifications.

The use of special equipment with RICE during the post-war reconstruction of objects of housing stock, critical infrastructure, industry and so on will play a significant role. Therefore, the protection of atmospheric air from the negative impact of RICE of such PP, especially those characterized by a significant degree of physical and moral wear, which will work for a long time stationary in crowded places and in steady regimes of operation with high effective power, acquires the status of one of the priority tasks of ensuring of technogenic and environmental safety.

The expected number of units of such equipment and the predicted volume of restoration work necessitates the need for reliable, simple in design, technological and low-cost technical solutions. DPF with a liquid working body, the improvement of the principle of operation and design of which is proposed to achieve the purpose of this study, fully corresponds the specified need, which makes this study relevant both for the period of the country's post-war reconstruction and in the future peacetime, and the corresponding new scientific product must be appropriately protected [10].

Since it is assumed that such an executive device of the EPT has a complex effect, namely, it eliminates several EH factors at once, which at the same time have a different physical nature from each other, and the mathematical apparatus of the  $K_{fe}$  criterion does not take some of them into account, then a separate direction in the study is development of a specific structure of the mathematical apparatus of the  $D_{RICE}$  integrative indicator and the  $I_{DPF}$  index for the purpose of assessment the effectiveness of the operation of such a technical means of ES ensuring, as the DPF with a liquid working body. Therefore, it is promising to improve the prototype of the DPF with a liquid working body, described in articles [6,11], in order to eliminate some fundamental design flaws, based on a comprehensive theoretical study of the work processes in it and the results of bench motor tests.

**Conclusions.** Thus, on the basis of the analysis of scientific and technical, reference, patent and normative literature, it was found that study aimed at improving the scheme of the environment protection technology from the negative anthropogenic impact of the PP with RICE with a significant degree of moral and physical wear during their accident-free exploitation through the development of devices for cleaning the EG flow, which reduce several EH factors at once, the mathematical apparatus for criteria-based assessment of the efficiency of its operation are relevant, have signs of scientific novelty and significant practical value.

#### REFERENCES

1. Кондратенко О.М. (2019). Метрологічні аспекти комплексного критеріального оцінювання рівня екологічної безпеки експлуатації поршневих двигунів енергетичних установок : монографія. Х.: Стиль-Издат (ФОП Бровін О.В.). 532 с.
2. Парсаданов І.В. (2003). Підвищення якості і конкурентоспроможності дизелів на основі комплексного паливно-екологічного критерію: монографія. Х.: Центр НТУ «ХП». 244 с.
3. Кондратенко О.М., Колосков В.Ю., Деркач Ю.Ф., Коваленко С.А. (2020). Фізичне і математичне моделювання процесів у фільтрах твердих частинок у практиці критеріального оцінювання рівня екологічної безпеки : монографія. Х.: Стиль-Издат (ФОП Бровін О.В.). 522 с.
4. Вамболь С.О., Строков О.П., Вамболь В.В., Кондратенко О.М. (2015). Сучасні способи підвищення екологічної безпеки експлуатації енергетичних установок: монографія. Х.: Стиль-Издат (ФОП Бровін О.В.). 212 с.
5. Кондратенко О.М. (2021). Науково-методологічні основи захисту атмосферного повітря від техногенного впливу енергоустановок з поршневими двигунами внутрішнього згоряння: дис. ... д-ра техн. наук: спец 21.06.01 – екологічна безпека. Х.: НУЦЗ України. 465 с.
6. Семикін В.М. (2001). Дизельний рідинний нейтралізатор відпрацьованих газів. *Авіаційно-космічна техніка і технологія: Зб. наук. праць*. Вип. 23. Двигуни та енергоустановки. С. 83–86.
7. Kondratenko O., Andronov V., Koloskov V., Strokov O. (2021). Development and Use of the Index of Particulate Matter Filter Efficiency in Environmental Protection Technology for Diesel-Generator with Consumption of Biofuels. *2021 IEEE KhPI Week on Advanced Technology: Conference Proceedings. 13–17 September 2021*. Kharkiv: NTU «KhPI». P. 239–244. DOI: 10.1109/KhPIWeek53812.2021.9570034.
8. Kondratenko O, Koloskov V, Kovalenko S, Derkach Y., Strokov O. (2020). Criteria based assessment of efficiency of conversion of reciprocating ICE of hybrid vehicle on consumption of biofuels. *2020 IEEE KhPI Week on Advanced Technology, KhPI Week 2020. 05–10 October 2020. Conference Proceedings*. Kharkiv, Ukraine. P. 177–182. DOI: 10.1109/KhPIWeek 51551.2020.9250118.
9. Kondratenko O, Mishchenko I., Chernobay G, Derkach Yu., Suchikova Ya. (2018). Criteria based assessment of the level of ecological safety of exploitation of electric generating power plant that consumes biofuels. *2018 IEEE 3rd International International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS–2018): Book of Papers. 10–14 September, 2018*. Kharkiv, Ukraine. P. 57-1–57-6. DOI: 10.1109/IEPS. 2018.8559570.
10. Бабакин В.М. (2012). Проблема злочинності у сфері захисту інтелектуальної власності на сучасному рівні розвитку ІТ-технологій. *Форум права*. № 1. С. 16–21.
11. Семикин В.М. (2008). Анализ области применения жидкостной нейтрализации отработавших газов дизелей. *Автомобильный транспорт: сб. научн. тр. ХНАДУ*. Вип. 22. С. 128–130.

UDC 504.064.4: 621.431: 389.14: 528.088

**COMPARATIVE STUDY OF KNOWN FORMULAS FOR THE CONVERSION OF OPACITY INDICATORS OF EXHAUST GAS OF DIESEL ENGINES AS AN ENVIRONMENTAL HAZARD FACTOR**

Kondratenko O.M.<sup>1</sup>, DSc (Engineering), Associate Professor;  
 Stokov O.P.<sup>2</sup>, DSc (Engineering), Full Professor;  
 Babakin V.M.<sup>1</sup>, DSc (Law), Associate Professor;  
 Lytvynenko O.O.<sup>1</sup>, PhD (Philology), Assoc. Prof.;  
 Ryzhchenko O.S.<sup>1</sup>, PhD (Philology); Krasnov V.A.<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>Kremenchuk Branch of Classic Private University, Kremenchuk, Ukraine

**Relevance of research.** Nowadays, in Ukraine there are legally established standards for indicators of the toxicity of exhaust gases (EG) of reciprocating internal combustion engines (RICE) of motor vehicles (MV), in particular, the specific effective mass hourly emission of solid particles (SP) with the flow of EG of the  $g_{ePM}$  engine in  $g/(kW \cdot h)$  [1–5]. At the same time, the  $g_{ePM}$  value itself is obtained by relating the value of the mass hourly emission of SP with the flow of EG  $G_{PM}$  in  $g/h$  to the value of the effective power of the RICE  $N_e$  in kW. Obtaining the value of  $N_e$  and the values of its instrumental absolute and relative errors is not a difficult task. The main difficulty in obtaining the values of  $g_{ePM}$  as a legally standardized indicator of the environmental friendliness of a reciprocating internal combustion engine according to the pollutant with the highest value of the relative aggressiveness indicator is in obtaining the values of the  $G_{PM}$  value. As it is known from the basic provisions of the scientific discipline «Metrology», no measurements can be performed with absolute accuracy, but only with some error [4], which should also be taken into account when planning experimental or computational studies.

Normative requirements [5] for such an indicator of EG toxicity of reciprocating internal combustion engines of various purposes also establish a method of experimentally obtaining  $G_{PM}$  values – gravimetric [1–5]. However, due to the well-known circumstances characteristic of our country, calculation formulas of various types have become widespread, the most known of which is the formula of Prof. Ihor Parsadanov (NTU «KhPI»), described in the monograph [3]. This calculation formula, unlike its alternatives, takes into account not only the opacity of EG (in particular, the attenuation coefficient of the luminous flux  $N_D$  (in %), determined with a opacity-meter [6]), but also the toxicity of EG (in particular, the volumetric concentration of unburned hydrocarbons in EG  $C_{CH}$  (in ppm), determined using a gas analyzer [7]) and on the basis of these two independent variables it allows to obtain the value of  $G_{PM}$  (in  $kg/(kW \cdot h)$ ). At the same time, this formula contains two more independent variables – the values of mass hourly consumption of fuel  $G_{fuel}$  and air  $G_{air}$  of the RICE (in  $kg/h$ ). The analysis of the scientific and technical literature on the topic of the use of calculation formulas did not reveal the method of assessing their accuracy and its results. There is also an analysis of the quantitative and qualitative aspects of the accuracy of obtaining  $G_{PM}$  values by the gravimetric method.

Another unresolved issue in the application of any calculation formula is the choice of units of measurement of EG opacity indicators and corresponding measuring equipment (ME), namely opacity-meters of various designs. Different indicators of

EG opacity with their corresponding units of measurement are related to each other according to non-linear laws, and direct use in a certain calculation formula of alternative base indicators of EG opacity is impossible. Such questions arise in practice in the following cases. 1) Selection of the type and model of the ME when equipping the motor stand of a newly created or modernized laboratory. 2) Bench motor studies of a reciprocating internal combustion engine – separately or as part of an vehicle – in a laboratory already equipped with a certain type of ME, which gives alternative indicators of opacity of EG. 3) Criteria-based assessment of the fuel-ecological perfection of the RICE of vehicle in the presence of a ready-made set of initial data obtained by other researchers, among which there are only alternative indicators of EG opacity. In connection with the above considerations, there is also the question of the influence of the type of units of measurement of EG opacity indicators on the quantitative and qualitative aspects of the instrumental accuracy of the calculation formulas, which determines its relevance.

**The aim of the study.** Creation of a methodology for calculating the values of the instrumental error of obtaining the values of the mass hourly emission of PM with the EG flow of a RICE of the vehicle, obtained when using a known conversion formula, taking into account the type of EG opacity index. **The Object of the study.** Instrumental accuracy of the calculation formula of Prof. Ihor Parsadanov. **The Subject of the study.** The influence of the type of EG opacity index with its inherent units of measurement on the instrumental accuracy of the selected calculation formula.

**The analysis of the nomenclature of known recalculation formulas.**

The recalculation formula, suggested by Prof. Ihor Parsadanov and described in the monograph [3], obtained as the data result analysis of the certification testing of the auto tractor diesel SMD-31 on the Ricardo motor stand, equipped with the full-flow dilution tunnel, is presented as the formula (1.1).

$$G_{PM} = \left( 2,3 \cdot 10^{-3} \cdot N_D + 5 \cdot 10^{-5} \cdot N_D^2 + 0,145 \cdot \frac{C_{CnHm} \cdot 4,78 \cdot 10^{-7} \cdot (G_{air} + G_{fuel})}{0,7734 G_{air} + 0,7239 \cdot G_{fuel}} \right) + 0,33 \cdot \left( \frac{C_{CnHm} \cdot 4,78 \cdot 10^{-7} \cdot (G_{air} + G_{fuel})}{0,7734 G_{air} + 0,7239 \cdot G_{fuel}} \right)^2 \times \frac{(0,7734 G_{air} + 0,7239 \cdot G_{fuel})}{1000}, \text{ kg/hr.} \quad (1.1)$$

The recalculation formula MIRA (The Motor Industry Research Association) is presented as a set of formulas (1.2)–(1.4) [4].

$$N = 100 \cdot (1 - \exp(-\varepsilon \cdot l \cdot C)), \% \quad (1.2)$$

$$C_c = \ln(1 - N/100) / (\varepsilon \cdot l), \text{ g/m}^3; \quad (1.3)$$

$$\varepsilon = 3 \cdot d_A^2 / (2 \cdot \rho \cdot d_v^3), \text{ m}^2/\text{g}; \quad (1.4)$$

where  $C_c$  is PM concentration,  $\text{g/m}^3$ ;  $\varepsilon \approx 6,82 \text{ m}^2/\text{g}$  is specific light transmission coefficient;  $\rho \approx 1 \text{ g/m}^3$  is PM density;  $d_A \approx 0,1 \cdot 10^{-6} \text{ m}$  is PM equivalent projection diameter;  $d_v \approx 0,13 \cdot 10^{-6} \text{ m}$  is PM equivalent volume diameter.

A.C. Alkidas's recalculation formula is presented by formula (1.5) [4], where  $BSU$  ( $BSN$ ) is EG opacity on Bosch (Bosch Soot Units or Number) scale.

$$C_c = 565 \cdot \left( \ln \left( \frac{10}{10 - BSU} \right) \right)^{1,206}, \text{ mg/m}^3; \quad (1.5)$$

G.G. Muntean's recalculation formula is presented by formula (1.6) [4].

$$C_c = (-184 \cdot BSU - 727,5) \cdot \log(1 - BSU/10), \text{ mg/m}^3. \quad (1.6)$$

**The analysis of the known indexes of exhaust gases opacity**

The EG opacity is most often characterized by the value of light flux attenuation coefficient  $N$  (further in this study marked as  $N_D$ ) [4] is determined by the formulas (1.7) and (1.8), where  $\tau$  is transmittance coefficient;  $I$  and  $I_0$  are light flux through the EG sample released from the light source and obtained at the light receiver, lm. According to the definition, the values  $N$  and  $K$  are related to each other by the formula [4] (1.9), at  $L = 0,43 \text{ m}$  [4]. The correlation between the EG opacity units of measure by Harritage  $HSN$  (Harritage Soot Number) scale and Bosch  $BSU$  scale is described by the formula (1.10) [4].

$$N = 100 - \tau, \% \quad (1.7)$$

$$\tau = I / I_0 \cdot 100, \% \quad (1.8)$$

$$K = -\ln(1 - N/100) / L, \text{ m}^{-1}. \quad (1.9)$$

$$HSN = -2,64 \cdot 10^{-4} \cdot BSU^2 + 0,111642 BSU - 1,023 \cdot 10^{-3}. \quad (1.10)$$

The information about correlation between different indicators of opacity if EG is summarized in Fig. 1, where the correlation between the alternative EG opacity indicators and the base indicator by the data from the source [4] is presented.

Dependency graphs in Fig. 1 are described by polynomials by the method of least squares, which coefficients are summarized in Table 1, for the indicator  $R^2$  for those polynomials rates 0,999-1,0, so the polynomials obtained can be used as alternative to the formulas (1.2)-(1.6), (1.10).

**Table 1 – Coefficients of the approximating polynomials of the EG opacity indicators dependences of diesel RICE with each other [4]**

Coefficient	$a_4$	$\times 10^x$	$a_3$	$\times 10^x$	$a_2$	$\times 10^x$	$a_1$	$\times 10^x$
$N_D = f(K), a_0 = 0 \%, R^2 = 1,0$								
un. meas.	$\% \cdot \text{m}^4$		$\% \cdot \text{m}^3$		$\% \cdot \text{m}^2$		$\% \cdot \text{m}$	
value	-4,985	-2	9,863	-1	-8,681	0	4,266	1
$N_D = f(BSU), a_0 = 0 \%, R^2 = 1,0$								
un. meas.	$\% / \text{BSU}^4$		$\% / \text{BSU}^3$		$\% / \text{BSU}^2$		$\% / \text{BSU}$	
value	-1,169	-1	1,219	0	-2,471	0	1,082	1
$N_D = f(C_c), a_0 = 0 \%, R^2 = 0,999$								
un. meas.	$\% / (\text{mg}/\text{m}^3)^4$		$\% / (\text{mg}/\text{m}^3)^3$		$\% / (\text{mg}/\text{m}^3)^2$		$\% / (\text{mg}/\text{m}^3)$	
value	-1,932	-10	4,381	-7	-4,350	-4	2,773	-1
$N_D = f(HSN), a_0 = 0 \%, R^2 = 1,0$								
un. meas.	$\% / \text{HSN}^4$		$\% / \text{HSN}^3$		$\% / \text{HSN}^2$		$\% / \text{HSN}$	
value	0	0	0	0	0	0	1,0	0
$K = f(N_D), a_0 = 0 \text{ 1/m}, R^2 = 0,999$								
un. meas.	$1 / (\text{m} \cdot \%^4)$		$1 / (\text{m} \cdot \%^3)$		$1 / (\text{m} \cdot \%^2)$		$1 / (\text{m} \cdot \%)$	
value	1,475	-7	-1,731	-5	8,534	-4	1,433	-2
$BSU = f(N_D), a_0 = 0 \text{ BSU}, R^2 = 0,999$								
un. meas.	$\text{BSU} / \%^4$		$\text{BSU} / \%^3$		$\text{BSU} / \%^2$		$\text{BSU} / \%$	
value	0	0	7,562	-6	-1,301	-3	1,242	-1
$C_c = f(N_D), a_0 = 0 \text{ mg}/\text{m}^3, R^2 = 0,999$								
un. meas.	$\text{mg} / (\text{m}^3 \cdot \%^4)$		$\text{mg} / (\text{m}^3 \cdot \%^3)$		$\text{mg} / (\text{m}^3 \cdot \%^2)$		$\text{mg} / (\text{m}^3 \cdot \%)$	
value	1,954	-5	-2,351	-3	1,333	-1	2,074	0
$HSN = f(N_D), a_0 = 0 \text{ HSN}, R^2 = 1,0$								
un. meas.	$\text{HSN} / \%^4$		$\text{HSN} / \%^3$		$\text{HSN} / \%^2$		$\text{HSN} / \%$	
value	0	0	0	0	0	0	1,0	0

Data contained in table 1 allow us to suggest formulas for describing graphs in Fig. 1 in the form of the 4<sup>th</sup> degree as a uniform alternative to various formulas (1.2)-(1.6), (1.10), partial derivatives for the formula (1.1) are much easier to obtain.

**Conclusions.** The analysis of the mathematical apparatuses of known recalculation formulas and the nomenclature of the most widely used EG opacity indicators of RICE has been carried out. Dependences of the values of the EG opacity indicators on each other are described by polynomials by the method of least squares which are much more useful for further computational studies.

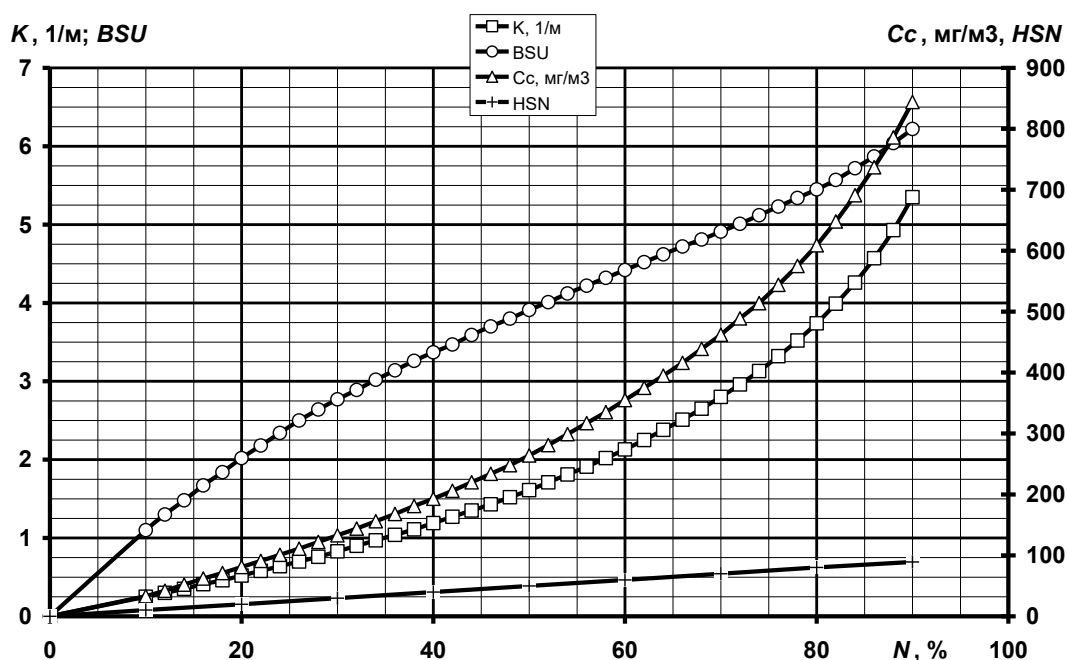


Figure 1 – Correlation between alternative EG opacity indicators of diesel RICE and the base indicator on the data [4]

### REFERENCES

1. Vambol S.O., Stokov O.P., Vambol V.V., Kondratenko O.M. (2015). Modern methods of increasing the environmental safety of operation of power plants: monograph. Kharkiv: Styl-Izdat. 212 p.
2. Vambol S.O., Vambol V.V., Kondratenko O.M., Mishchenko I.V. (2018). Criteria-based assessment of the level of ecological safety of the exploitation process of power plants: monograph. Kharkiv: Styl-Izdat. 320 p.
3. Parsadanov I.V. (2003). Improving the quality and competitiveness of diesel engines on the basis of a complex fuel-ecological criterion: monograph. Kharkiv: Publ. center of NTU "KhPI". 244 p.
4. Kondratenko O.M. (2019). Metrological aspects of complex criteria-based assessment of the level of ecological safety of the exploitation process reciprocating engines of power plants: monograph. Kharkiv: Styl-Izdat. 532 p.
5. Uniform provision concerning the approval of compression ignition (C.I.) engines to be installed in agricultural and forestry tractors with the regard to the emissions of pollutants by the engine: Regulation № 96, Revision 2, 26 July 2012 [Electronic recourse]. Geneva: UNECE, 2012. 370 p. URL: <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/R096r2e.pdf>.
6. Opacimeter INFRAKAR D. User's manual VEKM.41531.007PS. 8 p.
7. Five-component gas analyzer Autotest-02.03P. Operating Instructions M 057.000.000RE. 12 p.



УДК 614.841.12

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОСТАТИЧНИХ ФІЛЬТРІВ, ЯК ІНСТРУМЕНТУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

Антошкін О.А.<sup>1</sup>, к.т.н., доц.

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

Існує широкий перелік технологічних процесів, хід яких супроводжується утворення пилу (переробка та зберігання зернових культур, деревообробка, текстильне виробництво, видобуток корисних копалин, металургія та ін.). Виробничий пил – це дрібнодисперсні тверді частки, які або знаходяться у повітрі у зваженому стані, або на поверхнях у осілому. Пил – поширений небезпечний та шкідливий виробничий фактор.

Небезпека пилу може бути віднесена до галузі медицини, пожежної безпеки, екології.

З точки зору медиків негативний вплив виробничого пилу на організм людини полягає в провокуванні розвитку різних захворювань – алергічних, шкіри та слизових оболонок, неспецифічних захворювань органів дихання, пневмоконіозів. До речі, пневмоконіози займають перше місце серед профпатології в усьому світі.

З точки зору пожежної безпеки завислий у повітрі пил (аерозоль), здатний утворювати вибухові суміші, а пил, який осів з повітря (аерогелі) на обладнанні або конструкції будівлі, можуть тліти і горіти.

Пил, який осідає на листях зелених насаджень, знижує доступ до них світла і призводить до посилення поглинання теплової радіації. Забруднення ґрунтів та води викликає різні ушкодження рослин. Екологічні наслідки пилових викидів на сільське господарство виражаються у зниженні ґрунтової родючості та врожайності сільськогосподарських культур, погіршенні якості продукції рослинництва, зниженні ефективності застосування добрив.

Крім того, робота будь-якого обладнання в умовах динамічних пилових потоків призводить до абразивних пошкоджень зовнішніх деталей. Експлуатація обладнання в запиленому середовищі, де циркуляція повітря слабка, веде до появи статичного шару, що перешкоджає повітряному та тепловому обміну.

Тому питання очищення повітря від пилу є актуальним питанням, вирішення якого дозволить не тільки зменшити негативний вплив на організм людини, навколишнє середовище, а й збільшити термін експлуатації обладнання.

Якщо спробувати сформулювати основні завдання, які вирішуються системами очистки повітря, то список може виглядати наступним чином:

1. Уловлювання твердих часток, які можуть бути залишками продуктів горіння, пилу, аерозолів і т.д., які після очищення повітря утилізуються.
2. Фільтрування сторонніх домішок (різні гази та пари).
3. Уловлювання твердих часток для подальшого використання.

Тобто, як можна побачити, процес очищення повітря окрім покращення умов навколишнього середовища дає можливість поповнення запасів сировини за рахунок використання завислих у повітрі твердих часток.

Для очищення повітря від пилу можуть бути використані наступні методи:

- механічний;
- вологий;

- звуковий та ультразвуковий;
- електростатичний.

Спосіб механічної фільтрації – це найбільш відомий і розповсюджений варіант очищення повітря, який людство «експлуатує» не перше століття. Зараз для реалізації механічної фільтрації на промислових об'єктах монтуються системи вентиляції та аспірації. Такий підхід потребує від власника об'єкту, або його представника, значних капіталовкладень. Крім того, мобільність механічних систем вентиляції досягається шляхом зменшення розмірів фільтрів, площі фільтруючої поверхні і, відповідно, суттєвого зниження робочої продуктивності системи.

Вологий спосіб очищення повітря полягає в тому, що завислі тверді частки контактують з дрібними краплями води, «розчиняючись» в них. Потім воду очищують від домішок і знову використовують для осадження. Ефективність роботи водяних осаджувачів тим вище, чим менше діаметр крапель і більше сумарна корисна площа їх поверхні. До основного недоліку такого способу очищення повітря, як правило, відносять те, що завислий пил, який вловлено, осідає у вигляді шламу, наявність якого тягне за собою необхідність обробки стічних вод. Відповідно процедура очищення повітря дорожчає.

Очищення повітря з використанням ультразвуку передбачає здійснення ультразвукової коагуляції, яка являє собою процес зближення і укрупнення, зв'язаних в повітрі дрібних твердих часток, рідких крапельок і газових бульбашок під дією акустичних коливань звукових або ультразвукових частот [1]. Для прискорення процесу осадження пропонується за допомогою ультразвукового інгалятора вводити в середовище, яке необхідно очистити від пилу, рідину (наприклад, звичайну воду) у вигляді дрібного аерозолі. Це дозволить набагато швидше і ефективніше осаджувати забруднення розмірами близько мікрона і менше. Але існує обмеження на використання рідини при ультразвуковому осадженні – можливість хімічної взаємодії рідини и пилу.

Всі вище наведені недоліки існуючих способів осадження пилу можна оминати при використанні електростатичного способу осадження пилу. Цей процес очищення заснований на ударній іонізації газів у зоні коронуючого розряду, який виникає в електричному полі біля поверхонь електронів, що коронують, з малим радіусом кривизни. В результаті частки набувають електричного заряду (як правило, негативного знака), який називається коронним зарядом. При електроосадженні часткам невеликих розмірів вдається передати значний електричний заряд і завдяки цьому здійснити процес осадження дуже малих частинок, який неможливо провести під дією сили тяжіння.

Мобільність електростатичних фільтрів обмежена наявністю джерела живлення. Потужність пристрою, в числі інших факторів залежить від площі пластин. Тобто для локальних об'ємів мобільний варіант електростатичного фільтра буде технічно легко реалізувати. При цьому він буде ефективним. Поточне технічне обслуговування такого фільтра нескладне. Достатньо після кожного сеансу роботи знімати електроди і очищувати їх від накопичень осілого пилу.

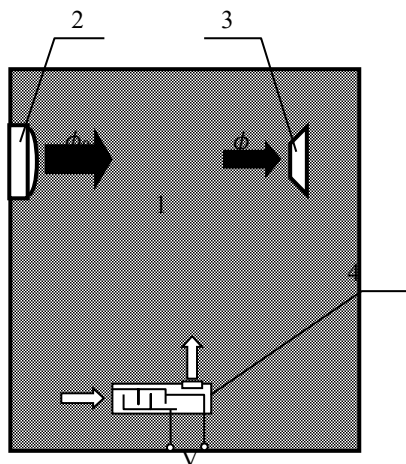
Але, незважаючи на всі переваги, електростатичний фільтр має і недоліки. Головний з них це його здатність генерувати озон. У невеликих кількостях він не є небезпечним і навіть дарує приємний запах дощу. Але коли цей газ накопичується він може викликати головний біль і навіть астму. Відповідно довгострокове перебування людей в зоні роботи потужного електрофільтра не завжди є безпечним.

Зазвичай, людина відчуває перевищення озону у повітрі, але згодом він звикає до його присутності та перестає помічати. Зменшивши дію фільтра, а зна-

чить зменшивши його продуктивність, розробники можуть досягти скорочення генерації озону.

Для дослідження впливу електростатичного поля на завислий пил було зроблено експериментальну установку, схема якої наведено на рис. 1.

Як об'єкт дослідження було обрано замкнутий об'єм висотою 485 мм, шириною 460 мм та довжиною 500 мм. У цьому обсязі спалювалися аерозолеутворюючі заряди [3] Е-1 різної маси, створювалася різна концентрація пилу та досліджувалася швидкість осадження пилу гравітаційним методом та електростатичним методом. Аерозолеутворюючі заряди використані як імітація джерела пилу тому, що вогнегасний аерозоль (ВА) за своїми характеристиками (дисперсність, колір) максимально схожий з реальним пилом, що може утворюватися у виробничих приміщеннях. Крім того, слід враховувати доступність пилоімітатора для багатократного проведення експериментів.



1. Модель приміщення.
2. Джерело світла.
3. Фотоелектричний приймач.
4. Електростатичний очисник повітря пластинчатий ГВ-1.

**Рисунок 1 – Схема експериментальної установки**

З результатами проведеної серії експериментів можна зробити наступні висновки. При осадженні пилу гравітаційним методом протягом 10 хвилин концентрація змінюється лінійно. Даний результат відповідає даним, отриманим іншими дослідниками [2]. При включенні електростатичного поля через 10 хвилин гравітаційного осадження (після 10-ї хвилини) швидкість осадження збільшується в (1,3-1,7) рази. Однак через 5 хвилин після включення ГВ-1 швидкість осадження пилу на пластинах зменшується, що пов'язано із забрудненням решітки вхідного отвору приладу.

Виявлено, що найінтенсивніше пил осідає на електростатичних пластинах в областях завихрень, утвореними обрешіткою на вхідному отворі (рис 2).



**Рисунок 2 – Нерівномірний розподіл осілих твердих часток по площі пластин-електродів**

Для встановлення основних закономірностей впливу електростатичного поля на швидкість осадження пилу необхідно продовжувати дослідження у обраному напрямку. При цьому, виходячи з результатів експериментальна установка потребує вдосконалення – забезпечення рівномірного пилу вздовж всієї поверхні пластин. Таке вдосконалення не потребує значних капіталовкладень та принципових змін у конструкції.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Андрейчиков М.В. Інноваційні розробки для підвищення ефективності сухого очищення повітря за допомогою ультразвуку. *Гірничий вісник*. 2015. № 99. С. 65-68.
2. Zaripov T.Sh., Egorov A.G. Deposition efficiency of charged aerosol particles in cylinder array. *European Aerosol Conference EAC – 2012*. Granada, 2012. 1 p. Digital Abstracts Book: C-WG10S1P20.
3. Бондаренко С.Н. Применение генераторов огнетушащего аэрозоля в составе автоматических установок пожаротушения, вопросы математического моделирования. *Проблемы пожарной безопасности*. 1999. №3. С. 25-28. Режим доступа: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/1512> (дата звернення: 28.07.2022).
4. Антошкин А.А., Галица В.И., Литвяк А.Н. Экспериментальное исследование влияния электростатического поля на скорость осаждения огнетушащего аэрозоля. *Проблемы пожарной безопасности*. 2018. № 43. С. 9–13. Режим доступа: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/9311/1/antoshkin.pdf> (дата звернення: 28.07.2022).

УДК 504.06

**АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ РОЗРОБКИ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ  
ТЕХНОЛОГІЇ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ЗЕМЕЛЬ МІСЦЬ  
ЗНЕШКОДЖЕННЯ БОЄПРИПАСІВ**

Бабакін В.М.<sup>1</sup>, д.ю.н., доц.; Кобзев О.В.<sup>2</sup>, к.т.н.; Дідовець Ю.Ю.<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,  
Харків, Україна

**Вступ.** За сучасними дослідженнями, земля є особливим і стратегічно важливим національним ресурсом будь-якої держави. Саме тому, раціональне й ефективне використання земель сільськогосподарського призначення є одним із основних напрямів в Україні. Результатом такого використання земельних ресурсів, є створення сприятливих умови для використання сільськогосподарських земель, що дасть змогу підвищення їх продуктивності. Але, нажаль використання земельних ресурсів, особливо під час воєнного стану в Україні, після яких земля приходить в непридатний стан для використання їх в сільськогосподарських цілях, що вимагає після завершення бойових дій серйозних зусиль у розробці практичних методів в цьому напрямі не тільки з боку держави, але й суспільства, науковців та працівниками сільського господарства.

**Постановка проблеми.** Актуальною і гострою проблемою технологій рекультивації земель місць знешкодження боєприпасів для України, в т.ч. у воєнний стан, залишається негативний вплив на довкілля в результаті якого відбувається забруднення ґрунтів, зокрема, радіонуклідами, важкими металами і іншими речовинами, що призводить до незворотних змін у геологічному середовищі на великій території. В процесі діяльності гірничодобувної промисловості відбувається порушення земель на значних площах, що призводить до їх деградації, а з 24.02.2022 року внаслідок військового вторгнення Російської Федерації на територію України, ще й від масових мінометних та артилерійських обстрілів, в тому числі фосфорними боєприпасами, окремі сільськогосподарські землі прийшли в стан неможливого їх використання через залишків в землі уламків корпусів від боєприпасів які вибухнули, насичення земель різними важкими хімічними елементами в результаті вибуху вибухової речовини та знаходження в землі боєприпасів, які з невідомих причин не детонували є важливою необхідністю проведення рекультиваційних робіт після закінчення війни в Україні.

**Виклад основного матеріалу.** У науці за останній час висловлена наукова позиція, зокрема Письменного О.В., який визначив, що сільськогосподарський напрям з надмірним використанням мінеральних добрив і засобів захисту рослин, у результаті чого майже всюди змінюється фізико-хімічний склад ґрунтів і спостерігається деградація земель то рекультивацію на даній ділянці треба вести за напрямом сільськогосподарського використання [2, с. 17], що ми підтримуємо, але, на нашу думку, слід доповнити ще одним пунктом: – пошкодження родючого шару землі внаслідок вибуху боєприпасів або часткової їх детонації.

За нашими дослідженнями, у місцях, де відбуваються вибухи боєприпасів, реєструються суттєві за рівнем небезпеки забруднення повітря, води та особливо ґрунту, зокрема, у ґрунті де відбувались вибухи бойові боєприпасів, які були випущені з Російської Федерації, нами було встановлено наявність важких металів

(хрому, нікелю, свинцю, цинку, марганцю) у концентраціях, що перевищують фонові значення. На наукову думку Колоскова В. Ю., який зазначив на додаткову небезпеку, що становить явище міграції важких металів з поверхні вглиб території, на яких відбувалися вибухи. Знищення технічно непридатних боєприпасів може, зокрема, здійснюватися шляхом підриву та спалювання, що, натомість, призводить до надання шкоди навколишньому середовищу. Такі способи утилізації раціонально використовувати тільки в тому випадку, коли боєприпаси неможливо демонтувати по-іншому через вибухонебезпечність (наприклад, через особливу технічну будову або при виявленні візуальним шляхом пошкоджень корпусу) [1], що ми підтримуємо та підтверджує напрям нашого дослідження.

Відповідно до ст. 116 Земельного кодексу України, в якому нормативно закріплено, що рекультивация порушених земель це комплекс організаційних, технічних і біотехнологічних заходів, спрямованих на відновлення ґрунтового покриву, поліпшення стану та продуктивності порушених земель, які зазнали змін у структурі рельєфу, екологічному стані ґрунтів і материнських порід та у гідрологічному режимі внаслідок проведення гірничодобувних, геологорозвідувальних, будівельних та інших робіт, підлягають рекультивации [3].

Згідно з нормами цього Закону України, який регламентує завдання щодо рекультивации порушених земель і результати нашого дослідження, свідчать про те, що для проведення комплексного аналізу та оцінки стану окремих забруднених земель та прилеглої території необхідно здійснити наступні заходи, зокрема:

- обстеження та отримання даних про прилеглу територію, що включають характеристику ґрунтів, ландшафту, рослинності, тваринного світу, гідрогеологічні особливості території;
- збір відомостей про господарське використання земель та земельних ділянок ( про наявність у межах земельної ділянки територій з особливими умовами використання таких як: санітарні та охоронні зони, землі природоохоронного, оздоровчого, рекреаційного, історико-культурного призначення);
- отримання інформації про правовласників забруднених земель;
- відомості про особливості рельєфу місцевості та окремої площі забрудненої ділянки;
- визначення типу ґрунту, розподіл та концентрацію забруднення у ґрунтових горизонтах, глибина забрудненого шару ґрунту;
- відбір проб ґрунту для проведення лабораторних досліджень;
- обґрунтування оптимального комплексу прийомів рекультивации з урахуванням природних особливостей території та для подальшого повернення екосистеми до близького вихідного стану.

Також під час нашого дослідження, ми дійшли до висновку, що рекультивацийний етап порушених земель внаслідок вибуху боєприпасів повинен поєднувати обов'язковий комплекс робіт спрямованих на:

- очищення відновлюваної площі від осколків боєприпасів та іншого сміття;
- планування поверхні ділянки, що рекультивується, спрямовану на вирівнювання рельєфу з метою надання початкової форми;
- облаштування порушених русел водотоків та берегових ділянок водоймів.

З дискусії цього питання, окремі вчені у своїх дослідженнях дійшли до висновків, що для відновлення ґрунтів, забруднених внаслідок вибухів, пропонують використання наступних технологій:

– технології цивільного будівництва, зокрема, утворення покривних чи бар'єрних споруд на території місця знищення боєприпасів або полігонів утилізації відходів;

– біотехнології, включаючи біоремедіацію ґрунтів з використанням мікроорганізмів або грибків та фіторемедіацію ґрунтів за допомогою рослин;

– хімічні технології, зокрема, промивання ґрунтів з наступним виділенням розчинених компонентів;

– фізичні технології, які також базуються на промиванні ґрунтів з механічним виділенням невеликих фрагментів боєприпасів;

– теплові технології, зокрема, термічна десорбція органічних вибухових речовин [4], що ми підтримуємо та вищевказані технології можуть бути використані у технології рекультивативації земель місць знешкодження боєприпасів.

**Висновки.** Таким чином, на підставі наукових позицій вчених і результати нашого дослідження було встановлено, що проблема технологій рекультивативації земель місць знешкодження боєприпасів не перестає бути актуальною й сьогодні. У багатьох теоретичних та прикладних дослідженнях щодо застосування технологій рекультивативації земель місць знешкодження боєприпасів на сучасному етапі ще недостатньо або фрагментарно дослідженні, тому на нашу думку набуває завдання наукової розробки принципово нових підходів до технологій рекультивативації земель на місцях де відбувались та відбуваються знешкодження боєприпасів. Використання таких земель за сільськогосподарським призначенням свідчить про необхідність проведення усіх невідкладних рекультивативаційних робіт вищезазначених етапів очищення землі. Як результат наданих пропозицій і рекомендацій нашого дослідження в подальшому сприятимуть удосконаленню подальших теоретичних і прикладних розробок у цьому напрямі.

Утім підняті питання не є остаточними і потребують окремого дослідження, або наукового вивчення. Пропоную учасникам конференції прийняти участь у обговоренні наданих пропозицій.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Колосков В. Ю., Полищук Е. А. Утилизация непригодных для дальнейшего использования боеприпасов с учетом критериев безопасности. *Экология и промышленность*. 2011. № 4 (29). С. 109–114.
2. Письменний О.В. Рекультивация земель. Метод. реком. до виконання практичних занять для здобувачів ступеня вищої освіти "магістр" спеціальності 201 "Агрономія". Миколаїв. МНАУ, 2017. 87 с.
3. Земельний кодекс України від 25.10.2001 р. (із змінами та доповненнями) за № 2768-III. *Офіц. вісн. України*. 2001. № 46. Ст. 2038.
4. Bulloch G., Green K., Sainsbury M. G., Brockwell J. S., Steeds J. E., Slade N. J. Land Contamination: Technical Guidance on Special Sites: Explosives Manufacturing & Processing Sites. R&D Technical Report P5-042/TR/03. Environment Agency, 2001. 68 p.

УДК 621.43.057.3

## МЕТОД УТИЛІЗАЦІЇ МОНООКСИДУ ВУГЛЕЦЮ В СИСТЕМІ ЕНЕРГЕТИЧНОГО КОМПЛЕКСУ З ВИКОРИСТАННЯМ ДОПОМІЖНОГО ГАЗОВОГО ДВИГУНА

Бганцев В.М.<sup>1</sup>, к.т.н., с.н.с.; Левтеров А.М.<sup>1</sup>, к.т.н., с.н.с.;  
Кондратенко О.М.<sup>2</sup>, д.т.н., доц.

<sup>1</sup>Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного Національної академії  
наук України, Харків, Україна;

<sup>2</sup>Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна

**Аналіз літератури та постановка проблеми.** Аналіз публікацій в галузі енергетики показує зростаючу актуальність питань екологічного моніторингу та підвищення ефективності роботи силових установок у відповідності до вимог офіційно прийнятих стандартів. Зниження собівартості електроенергії та утилізація енергії невикористаної теплоти можуть бути забезпечені у комбінованому енергетичному комплексі, що складається з енергоблоків, в яких використовуються різні енергоносії, доступні та економічно доцільні для даної місцевості. Побудова сучасних електростанцій великої потужності з використанням паливних елементів – відносно новий напрямок, який має суттєві переваги перед традиційними підлогами [1,2]. Енергетичні комплекси, у складі яких поряд з газовою або паровою турбіною у якості силового агрегату використовуються паливні елементи, мають більш високий ККД і можливість регулювання потужності у великому діапазоні за рахунок їх групового включення. Але є й недоліки, пов'язані з необхідністю дотримання особливих умов в період виведення паливного елемента на робочий режим. Здебільшого використовуються високотемпературні твердооксидні паливні елементи, для яких у якості палива використовують метан, а з нього за допомогою конверсійних технологій отримують водень з супутніми газами. Токсичним продуктом в процесі конверсії метану є монооксид вуглецю (СО) [2], його кількість максимальна перед початком прогрівання паливного елемента. Кількість викидів СО взагалі визначається потужністю енергетичного комплексу. Для розв'язання проблеми утилізації монооксиду вуглецю доцільно додати до структури комплексу допоміжний поршневий двигун та забезпечити його роботу на сумішевому паливі (СО + метан) змінного складу. Окрім того з'являється можливість отримати додаткове джерело енергії живлення конверсійних пристроїв та додаткове джерело теплоти для процесу пароплазмової конверсії метану [3–5].

**Мета дослідження.** Підвищення рівня екологічної безпеки експлуатації енергетичного комплексу потужністю 25 МВт з твердооксидними високотемпературними паливними елементами шляхом розробки методу утилізації монооксиду вуглецю в системі енергетичного комплексу з використанням допоміжного газового поршневого двигуна внутрішнього згорання.

**Об'єкт дослідження.** Екологічна безпека експлуатації енергетичного комплексу потужністю 25 МВт з твердооксидними високотемпературними паливними елементами.

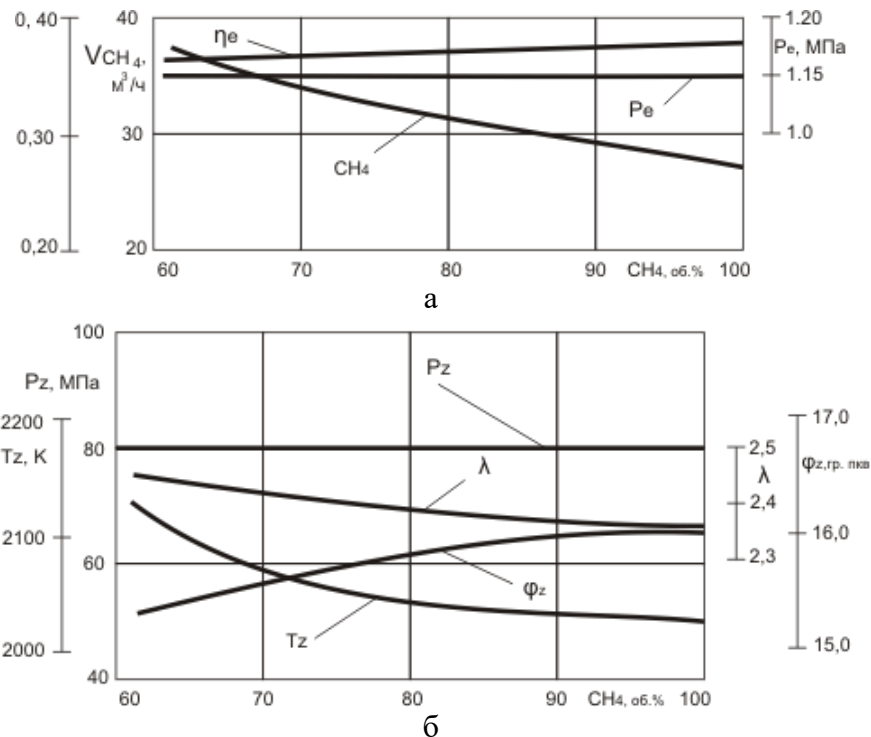
**Предмет дослідження.** Вплив на рівень об'єкту дослідження утилізації монооксиду вуглецю з використанням допоміжного газового поршневого двигуна внутрішнього згорання як технології захисту навколишнього середовища.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** При розробці у відділі водне-



вої енергетики ІПМаш НАН України схеми енергетичного комплексу потужністю 25 МВт орієнтувалися на використання твердооксидних високотемпературних паливних елементів. У зв'язку з цим виникла необхідність вибору допоміжного двигуна, його параметрів та визначення показників робочого циклу газового двигуна, пристосованого для роботи на сумішевому паливі монооксид вуглецю – метан в різних співвідношеннях.

Для дослідження обрано газовий серійний, та такий, що добре себе зарекомендував в експлуатації при роботі на метані двигун, Caterpillar DG100-2S з номінальною потужністю 100 кВт. В розрахунках об'ємна частка CO в сумішевому паливі приймалась рівною: 0; 5; 10; 20; 30 і 40 %. Розрахунки робочого циклу виконувались за спрощеною методикою. Аналізувались значення наступних показників робочого циклу, отримані при роботі двигуна на сумішевому паливі різного складу: ефективний ККД ( $\eta_e$ ); середній ефективний тиск циклу ( $p_e$ ); витрата сумішевого палива ( $V_{CH_4}$ ); максимальний тиск циклу ( $P_z$ ); кут максимального тиску на індикаторній діаграмі ( $\varphi_z$ ); максимальна температура циклу ( $T_z$ ); ступінь підвищення тиску при згорянні ( $\lambda$ ). Характер змінення зазначених показників двигуна Caterpillar DG100-2S та параметрів його робочого циклу наведені на рис. 1.



**Рисунок 1 – Залежності витрати метану, середнього ефективного тиску та ефективного ККД (а) та максимального тиску і температури циклу, ступеня підвищення тиску при згорянні та кута максимального тиску (б) двигуна Caterpillar DG-100-2S від частки метану в сумішевому паливі**

Ефективний ККД у всьому діапазоні зміни складу палива змінюється відносно мало, від 0,369 до 0,380, з тенденцією зростання при підвищенні концентрації  $CH_4$  в сумішевому паливі. Середній ефективний тиск циклу практично не змінюється, тому що при несуттєвих змінах ефективного ККД величина механічного ККД залишається майже на одному й тому ж рівні.

За умови підтримання потужності двигуна незмінною, витрата газового палива підвищується зі збільшенням у суміші частки монооксиду вуглецю через

менше значення його питомої об'ємної теплоти згоряння ( $12630 \text{ кДж/м}^3$ ) проти ( $33520 \text{ кДж/м}^3$ ) у метана.

Розрахункові дослідження показників робочого процесу допоміжного газового двигуна потужністю 100 кВт на сумішевому паливі змінного складу (монооксид вуглецю – метан) показують його стабільну роботу при відповідній корекції системи регулювання паливopoдачі. Величина ефективного коефіцієнту корисної дії у всьому діапазоні змін складу газової суміші мало змінюється (від 0,369 до 0,380). Його зростання спостерігається зі збільшенням частки метану в сумішевому паливі. Середній ефективний тиск циклу практично не змінюється, а максимальний тиск циклу при роботі двигуна в усьому діапазоні змін складу суміші становить на рівні 8,0 МПа. Збільшення кута максимального тиску на індикаторній діаграмі та зниження максимальної температури циклу можна пояснити особливостями роботи системи регулювання кута випередження запалювання, якою оснащено двигун. Спостерігається невелика зміна величини максимальної температури зі збільшенням частки метану в паливній суміші – від 2117 К до 2048 К. Дослідження засвідчили про ефективність запропонованого способу покращення екологічних та економічних характеристик енергетичного комплексу з паливними елементами, шляхом включення в його структуру допоміжного газового двигуна з мінімально витратною адаптацією для роботи на сумішевому паливі змінного складу.

**Висновки.** Таким чином, використання допоміжного газового ДВЗ у складі енергетичного комплексу великої потужності з паливними елементами в період їх прогрівання і, як наслідок, зміни кількості викидів монооксиду вуглецю, дозволяє шляхом спалювання їх суміші з метаном в камері згоряння ДВЗ суттєво зменшити рівень потрапляння цих викидів в довкілля. Використання допоміжного ДВЗ у якості приводу електрогенератора (крім основного призначення – утилізації викидів монооксиду вуглецю, тобто як виконавчого пристрою технології захисту навколишнього середовища) забезпечує додаткове джерело живлення та додаткове джерело теплоти в схемі пароплазмової конверсії метану для отримання водню.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Fridman A., Kelledy L.A. Plasma physics and engineering. 3<sup>rd</sup> Edition. NY: CRC Press, 2021. 150 p.
2. Бганцев В.М., Левтеров А.М. Газові двигуни внутрішнього згоряння в системах підвищення ефективності паливних елементів об'єктів великої енергетики. *Двигуни внутрішнього згоряння*. 2022. № 2. С. 18–23. DOI: <https://doi.org/10.20998/0419-8719.2022.2.03>.
3. Integration of solid oxide fuel cell and internal combustion engine for maritime applications / Sapra H.H., Stam J., Reurings J., van Biert L., van Sluijs W., de Vos P., Visser K., Vellayani A.P., Hopman H. *Applied Energy*. 2021. Vol. 281. Pp. 110–115. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.115854>.
4. Kirillov V.A., Shigarov A.B., Kuzin N.A., Kireenkov V.V., Amosov Yu.I., Samoilov A.V., Burtsev V.A. Thermochemical conversion of fuels into hydrogen-containing gas using recuperative heat of internal combustion engines. *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*. 2013. Vol. 47. № 5. Pp. 524–537.
5. Ot'yshchyn D., Harim N.F., Tucker D., Bryden K. M., Shadle L. Fuel Utilization Effects on system Efficiency in Solid Oxide Fuel Cell Gas Turbine Hybrid Systems. *Applied Energy*. 2018. Vol. 228. Pp. 1953–1965. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.07.004>.

УДК 504.06 + 538.1 + 623.45

## ОБҐРУНТУВАННЯ АКТУАЛЬНОСТІ ЗДІЙСНЕННЯ КОМПЛЕКСНОЇ ОЦІНКИ ВПЛИВУ АРТИЛЕРІЇ НА СТАН НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ВНАСЛІДОК БОЙОВИХ ДІЙ

Данченко Ю.М.<sup>1</sup>, д.т.н., проф.; Кондратенко О.М.<sup>2</sup>, д.т.н., доц.;  
Нікулеско Д.С.<sup>2,3</sup>; Нікулеско А.О.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Національна академія Національної гвардії України, Харків, Україна;

<sup>2</sup>Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна;

<sup>3</sup>ГУ ДСНС України в Донецькій області, Бахмут, Україна

**Вступ.** Екологічно безпечний стан усіх компонентів навколишнього природного середовища (НПС) – атмосфери, гідросфери та літосфери – у мирний час піддається інтенсивному техногенному впливу внаслідок виробничої, комерційної та повсякденної побутової діяльності людини. Комплексне оцінювання показників такого впливу на основі результатів теоретичних та експериментальних досліджень дозволяє, по-перше, встановити реальний рівень показників екологічної безпеки (ЕБ) компонентів довкілля та, по-друге, сформулювати відповідні переліки рекомендацій щодо зниження негативних наслідків антропогенного негативного впливу на ці компоненти. Принципово іншою є картина такого навантаження на усі компоненти НПС під час активної фази військового конфлікту із масованим застосуванням артилерії усіх видів та інших засобів ураження, що містять вибухові речовини як за якісними, так і за кількісними характеристиками [1–14]. Те саме стосується номенклатури та можливих методик і засобів здійснення комплексного оцінювання такого впливу.

**Мета дослідження.** Обґрунтування актуальності здійснення комплексної оцінки впливу застосування артилерії на стан компонентів НПС внаслідок бойових дій як передумови побудови відповідної технології захисту навколишнього середовища (ТЗНС), що буде застосовуватись у період повоєнної відбудови об'єктів критичної інфраструктури, виробничого і агропромислового комплексу, житлового фонду країни.

**Об'єкт дослідження.** Вплив застосування артилерії на стан компонентів НПС внаслідок бойових дій.

**Предмет дослідження.** Кількісні та якісні показники об'єкту дослідження як складові комплексної оцінки та функція управління ТЗНС.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Під час повномасштабного військового конфлікту негативний вплив на усі компоненти довкілля значно інтенсифікується та змінює свій характер як за якісними показниками, так і за кількісними. Відомим є той факт, що на сучасному етапі розвитку військового мистецтва основним засобом ураження противника (як живої сили, так і елементів матеріально-технічного забезпечення) і на тактичному рівні, і на стратегічному є артилерія.

Застосування усіх видів артилерії під час так званої гарячої фази сучасного високотехнологічного військового конфлікту призводить до появи значних наслідків для екобезпечного стану атмосферного повітря (у короткостроковій перспективі), оскільки при пострілах зі одиниць зброї та розривах снарядів виділяються газоподібні та аерозольні продукти окисно-відновних реакцій, реагентами у яких виступають відповідні види вибухових речовин. Також при влучанні снаряду

у ціль у разі її ураження у атмосферу надходять також продукти горіння елементів цілі, а у разі невлучання чи неуразення – частинки дисперсної фази аерозолів.

Але більш небезпечними є наслідки потрапляння складових розірваних чи нерозірваних снарядів, елементів їх упакування та використаних гільз боєприпасів у гідросферу (поверхневі водні об'єкти) та у літосферу (грунти), оскільки ці забруднюючі речовини та тверді відходи спричинятимуть негативний вплив у довгостроковій перспективі.

Особливої актуальності обраний напрям досліджень набуває у період повоєнної відбудови об'єктів критичної інфраструктури, промислових об'єктів та об'єктів житлового фонду, яка має супроводжуватись гуманітарним розмінуванням відповідних територій, усуненням залишків як самих боєприпасів, так і залишків уражених ними цілей – саме такі задачі будуть стояти перед підрозділами Державної служби України з надзвичайних ситуацій (ДСНС України).

Слід особливо звернути увагу на те, що масштаби застосування усіх видів артилерії складають від одиниць до десятків кілометрів, географічні координати їх рухомих і нерухомих цілей, їх номенклатура та розміщення відносно значущих елементів компонентів довкілля носять випадковий характер, значне різноманіття одиниць артилерійської зброї, боєприпасів до них, так і той факт, що дані про застосування артилерії та його результати складають таємницю у воєнний час і можуть бути втрачені і тому їх виявлення носитиме пошуковий характер.

Таким чином, результати здійснення комплексної оцінки впливу результатів застосування артилерії на театрі бойових дій на усі компоненти довкілля будуть зумовлюватись низкою різноманітних факторів та потребувати інноваційного науково обґрунтованого підходу (що складатиме наукову новизну отриманих результатів), а розроблені на їх основі рекомендації щодо зменшення негативних наслідків застосування артилерії будуть придатними і корисними для практичного застосування у діяльності підрозділів ДСНС України, що складає практичну цінність такого наукового продукту.

Як результат аналізу літературних джерел [1–14] розроблено наступний план дослідження щодо здійснення комплексної оцінки впливу застосування артилерії на стан компонентів НПС внаслідок бойових дій як передумови побудови відповідної ТЗНС, застосовуваної у період повоєнної відбудови об'єктів критичної інфраструктури, виробничого і агропромислового комплексу, житлового фонду країни.

Крок 1. Стан питання щодо вивчення впливу бойових дій на стан НПС. Він передбачає: 1.1. аналіз літературних джерел за темою дослідження; 1.2. аналіз особливостей та результатів застосування артилерії у історичній ретроспективі; 1.3. аналіз особливостей та результатів застосування артилерії на російсько-українській війні.

Крок 2. Застосування артилерії та артилерійських боєприпасів під час бойових дій як фактор забруднення довкілля. Він передбачає: 2.1. аналіз та описання чинників екологічної небезпеки при застосуванні артилерії; 2.2. аналіз та вибір методів та інструментарію для теоретичного і експериментального дослідження впливу застосування артилерії на екобезпечний стан довкілля; 2.3. Опис впливу застосування артилерії на екобезпечний стан біосфери.

Крок 3. Дослідження впливу артилерії в російсько-українській війні на стан гідросфери, літосфери та гідросфери України. Він передбачає: 3.1. дослідження впливу застосування артилерії на екобезпечний стан атмосфери; 3.2. дослідження впливу застосування артилерії на екобезпечний стан гідросфери; 3.3. дослідження впливу застосування артилерії на екобезпечний стан літосфери.

Крок 4. Рекомендації щодо зменшення негативних наслідків застосування артилерії в російсько-українській війні. Він передбачає: 4.1. аналіз відомого інструментарію для надання комплексної оцінки впливу застосування артилерії на екобезпечний стан довкілля; 4.2. надання комплексної оцінки впливу застосування артилерії на екобезпечний стан довкілля; 4.3. формулювання переліку рекомендацій щодо зменшення негативних наслідків застосування артилерії в російсько-українській війні.

**Висновки.** Таким чином, актуальність дослідження за обраною темою зумовлюється нагальною практичною проблемою захисту компонентів довкілля (атмосфери – у короткостроковій, а гідросфери та літосфери – у довгостроковій перспективі) від негативного техногенного впливу чинників екологічної небезпеки, джерелом яких є застосовувана у бойових діях артилерія. Цей напрям досліджень обрано з урахуванням перспективи застосування теоретичних і практичних результатів такого дослідження для вирішення задач, які будуть поставлені перед ДСНС України у період повоєнної відбудови об'єктів критичної інфраструктури, промислових об'єктів та об'єктів житлового фонду. Отже, зважаючи на викладені вище міркування можна однозначно стверджувати, що обрана тема дослідження є актуальною та перспективною.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Дерев'янчук А.Й. Основи будови артилерійських гармат та боєприпасів: підручник. Суми: СДУ, 2011. 716 с.
2. Застосування підрозділів інженерних військ в бою. Методичний посібник. Мін-во оборони України. Х.: ФВП НТУ «ХП», 2008. 96 с.
3. Керівництво із застосування інженерних боєприпасів у Міністерстві оборони України та Збройних силах України; Мін-во оборони України. К.: Вид-во МО України, 2010. 314 с.
4. Вишняков В.В., Дробаха Г.А., Каленський А.А., Смірнов Є.Б. Тактика. Підручник. К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2009. 274 с.
5. Російські міни. Посібник солдату / за ред. В.Г. Глюзи. К. Інформаційний рупор українських саперів, 2018. 272 с.
6. Коробійчук В.В., Соколовський В.О., Іськов С.С. Руйнування гірських порід та безпека вибухових робіт: підручник. Житомир: ЖДТУ, 2019. 332 с.
7. Симанович Г.А., Хоменко О.Є., Кононенко М.М. Руйнування гірських порід вибухом: навч. посіб. Дніпропетровськ: НГУ, 2014. 207 с.
8. Светкіна О.Ю., Устименко Є.Б., Нетяга О.Б., Тарасова Г.В. Реакції розкладу вибухових речовин. Методичні рекомендації для самостійного вивчення теми з дисципліни «Основи хімії енергонасичених речовин» для студентів спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія. Дніпро: НТУ «Дніпровська політехніка», 2020. 20 с.
9. Ідентифікація ракетної та реактивної зброї Російської Федерації: посібник / уклад. В.М. Коротаєв, Р.С. Кірін, М.М. Кушнір, А.С. Клочков, О.В. Овчаров, О.С. Жуган. Дніпро: Дніпропетровський НДЕКЦ МВС, 2022. 134 с.
10. Akhavan J. The Chemistry of Explosives: Edition 4. London: Royal Society of Chemistry, 2022. 204 p.
11. Бойко В.В., Ган А.Л., Ган О.В. Спеціальні вибухові технології в геоінженерії: Монографія. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 316 с.
12. Розробка і впровадження емульсійних вибухових речовин на кар'єрах України / під ред. В.П. Купріна, І.Л. Коваленка. Дніпропетровськ: ДВНЗ УДХТУ, 2012. 43 с.
13. Стецюк Є.І. Методика попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних з загрозою вибуху малогабаритного вибухонебезпечного предмету: дис. к.т.н., спец. 21.02.03 – цивільний захист. Х.: НУЦЗУ, 2019. 168 с.
14. Кобець М.В. Вибухові речовини у судовій вибухотехнічній експертизі. *Криміналістичний вісник*. К.: ДНДЕКЦ/КНУВС, 2007. № 2 (8). С. 50–53.

УДК 628.16

## МЕТОДИ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ПИТНОЇ ВОДИ

Душкін С.С.<sup>1</sup>, к.т.н. доц.; Ялинич І.С.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Національний університет цивільного захисту України

**Вступ.** Знезараження води в процесі водопідготовки для господарсько-питних цілей проводять з метою знищення можливих патогенних бактерій та вірусів на кінцевій стадії обробки та покращення санітарно-екологічного стану споруд на попередньому етапі очищення.

Найбільш небезпечні для людини водні патогенні організми:

- віруси (ентеровіруси гепатиту А, Б, Е та ін.);
- бактерії (патогенні *Escherichia Coli* та ін.);
- найпростіші агенти (*Giardia Zamblia* та ін.).

В технології знезараження хімічними методами можлива інактивація лише вірусів та бактерій. Видалення найпростіших агентів роблять у процесі глибокого попереднього прояснення води.

У зв'язку із сезонними змінами фізико-хімічного та мікробіологічного складу води поверхневих та підруслоних підземних вододжерел, змінюються режими знезараження та дози дезінфектантів протягом року.

Раціональний вибір методу знезараження питної води повинен проводитися з урахуванням якості води у джерелі водопостачання, схеми та продуктивності станції водопідготовки, стану водоводів та розподільчої мережі.

Метою роботи є техніко-екологічне обґрунтування знезараження води для питних цілей.

Завдання роботи – проаналізувати існуючі методи знезараження питної води, розглянути стан питання, проаналізувати альтернативні методи знезараження питної води.

Об'єкт дослідження – процеси знезараження питної води.

Предмет дослідження – процеси знезараження питної води в системах водопостачання.

**Постановка проблеми.** Ефективне знезаражування було і повинно залишатися питанням номер один в підготовці питної води. Знезаражування включає дві можливі стадії, відповідно двом різним функціям знезаражувального агента: загальні бактерицидні, віруліцидні та біоцидні дії і так звана «післядія», що гарантує збереження мікробіологічної якості розподілюваної води та захист мережі.

Існує ряд критеріїв, за якими оцінюється прийнятність того або іншого методу знезаражування:

- мають бути забезпечені видалення патогенних і зниження концентрації індикаторних мікроорганізмів до значень, встановлених відповідними санітарними нормативами;
- вживаний метод знезаражування не повинен призводити до виникнення шкідливих побічних продуктів у концентраціях вище ГДК;
- вибраний режим очищення і знезараження має забезпечити збереження мікробіологічної якості води при її транспортуванні споживачеві;
- метод повинен органічно вписуватися в загальну технологічну схему очищення і бути прийнятним з економічної точки зору, а також безпечним, таким, що включає надзвичайні ситуації на об'єкті.

Аналіз існуючих методів і режимів знезараження води показує, що не існує універсального методу, оптимального для вирішення всіх зазначених завдань.

**Огляд літературних джерел.** Бактерицидний ефект хлору значною мірою залежить від початкової дози хлору та тривалості його контакту з водою. Ступінь забрудненості води органічними речовинами характеризується хлоропоглинанням води [1-3].

На спорудах водопідготовки хлор для знезараження застосовують у вигляді  $Cl_2$ , хлорреагентів – розчинів товарних гіпохлориту натрію і кальцію, гіпохлориту натрію, отриманого електролітичним способом з кухонної солі на місці, хлорного вапна, хлорамінів, а також хлору, отриманого з мінералізованої артезіанської води методом прямого електролізу.

Ефективність знезаражувальної дії хлору та хлорвмісних сполук залежить від ряду факторів, пов'язаних з біологічними особливостями мікроорганізмів, бактерицидними властивостями діючих препаратів, станом водного середовища та умовами, в яких здійснюється знезараження.

Хлорування поверхневої води здійснюють у традиційній реагентній двоступінчастій схемі водопідготовки – на початковому етапі очищення в змішувачах (первинне хлорування) та в резервуарах чистої води (вторинне хлорування).

Первинне хлорування проводять з метою попереднього знезараження та підтримки споруд водопідготовки у належному санітарно-технічному стані, а також покращення процесу коагуляції.

Остаточне знезараження здійснюють відповідно до ДержСанПіН із концентрацією залишкового вільного хлору 0,3-0,5 мг/дм<sup>3</sup> після контакту з водою протягом 30 хвилин. Концентрація зв'язаного хлору – 0,8-1,2 мг/дм<sup>3</sup> після контакту з водою протягом 60 хвилин. При вмісті вільного та зв'язаного хлору контроль ведуть по вільному хлору (якщо його міститься більше 0,3 мг/дм<sup>3</sup>) або по зв'язаному хлору, якщо вільного хлору менше 0,3 мг/дм<sup>3</sup>. Орієнтовно приймають дози хлору при первинному хлоруванні до 3-5 мг/дм<sup>3</sup> та після фільтрування – 0,75-2,0 мг/дм<sup>3</sup> при заданій тривалості контакту. Належний ефект знезараження (99%) забезпечують залишковою дозою вільного активного хлору у формі  $HOCl$  при величині  $pH < 6,0$  і гіпохлорит-іона  $OCl^-$  при  $pH = 7-9$  у кількості 0,3-0,5 мг/дм<sup>3</sup> або залишковою дозою «пов'язаного» хлору в кількості 0,75-2,0 мг/дм<sup>3</sup> у формі монохлорамінів та дихлорамінів [4].

#### **Матеріали та методи.**

Рідкий хлор, що дає прийнятні результати по збереженню мікробіологічної якості питної води при її транспортуванні водопровідними мережами, в той же час має серйозні недоліки як знезаражувальний агент на стадії виробництва питної води.

Він неефективний проти вірусів, спороутворюючих бактерій. Крім того, в процесі хлорування (особливо первинного) утворюються небезпечні для людини хлорорганічні речовини.

Гіпохлорит натрію має такий же механізм знезараження та взаємодії з органікою у водному середовищі, як і газоподібний хлор. Разом с тим виробництво гіпохлориту натрію на місці споживання є набагато небезпечнішою технологією знезараження в порівнянні із застосуванням рідкого хлору.

Недоліком гіпохлоритного методу є обмеження максимальної потужності водоочисних споруд кількома десятками тис. куб. м на добу з позицій техніко-економічної доцільності.

Діоксид хлору ( $ClO_2$ ) – містить 90-95% активного хлору, є ефективним дезінфікуючим засобом, має наступні переваги перед хлором [7, 8]:

- більш високий бактерицидний та віруліцидний ефект;
- відсутність у продуктах обробки хлорорганічних сполук;
- високий рівень окислення (до утворення  $CO_2$ );
- відсутність необхідності перевезення на великі відстані, оскільки його виготовляють на місці.

Діоксид хлору має більш тривалу в часі бактерицидну дію (9-20 діб) ніж хлор, незалежний від температури, *pH* органічних речовин, включаючи гумінові речовини, і амонійний азот у воді.

Метод знезараження води УФ випромінюванням має ряд переваг перед іншими методами знезараження.

- УФ випромінювання летальне для більшості водних бактерій, вірусів, спор та протозоа. УФ випромінювання інактивує навіть ті віруси, які не піддаються дії хлору.

- Знезараження ультрафіолетом відбувається за рахунок фотохімічних реакцій у середині мікроорганізмів, тому на його ефективність зміна характеристик води надає набагато менший вплив, ніж при знезараженні хімічними реагентами.

- Після дії УФ у воді не утворюються шкідливі органічні сполуки навіть у разі багаторазового перевищення необхідної дози.

- УФ випромінювання не впливає на органолептичні властивості води.

- Метод безпечний для людей, не потрібне будівництво небезпечних складів.

- УФ обладнання компактне.

- Немає проблем корозії технологічного устаткування.

В практиці знезараження питної води певне поширення набув метод озонування.

Озонування води дозволяє суттєво покращити якість води та вирішити безліч проблем, які виникають при хлоруванні. Основними перевагами озону в порівнянні з іншими окиснювачами, що використовуються для водопідготовки, є:

- озон більш сильніший окиснювач, ніж хлор – одночасно із знезараженням видаляє й інші забруднення води (забарвленість, запах, присмак, залізо, марганець, феноли, нафтопродукти, ПАР та ін.);

- озон має високу біоцидну активність, у тому числі щодо вірусів та цист найпростіших;

- компактність установок озонування, зручність їх експлуатації, відсутність громіздкого реагентного господарства, можливість повної автоматизації процесу;

- відсутність токсичних побічних хлорорганічних продуктів реакції.

Метод озонування, на відміну від хлорування, технічно складніший і для його реалізації необхідне виконання ряду послідовних технологічних операцій, таких як: очищення повітря, його охолодження та сушіння, змішування озono-повітряної суміші з водою, яка обробляється, відведення та деструкція залишкової озono-повітряної суміші, виведення їх у атмосферу. Крім того, необхідно багато допоміжних процесів та устаткування.

**Результати та їх обговорення.** Вивчаючи вплив модифікованого розчину коагулянту на поліпшення бактеріологічних показників води при очищенні її на контактних прояснювачах, було виконано дослідження на очисних спорудах водопроводу з використанням води р. Дніпро [5, 6].

Аналіз дослідних даних показує, що якість очищення води за бактеріологічними показниками при використанні модифікованого розчину коагулянту значно



вища, ніж при обробці води звичайним розчином коагулянту, тому як зниження мікробного числа під час використання звичайного розчину коагулянту становить в середньому 12,1-14,1%; а при використанні модифікованого розчину коагулянту 17,4-18,4%.

Аналогічне явище спостерігається при аналізі показників coli-index: звичайний розчин коагулянту – 15,2-16,2%, модифікований розчин коагулянту – 20,09-24,3% і т.д.

Таким чином, на підставі виконаних досліджень можна зробити висновок щодо можливості поліпшення бактеріологічних показників прояснення води при використанні модифікованого розчину коагулянту сульфату алюмінію.

#### **Висновки**

1. Рациональний вибір методу знезараження питної води повинен проводитися з урахуванням якості води у джерелі водопостачання, схеми та продуктивності станції водопідготовки, стану водоводів та розподільчої мережі.

2. Бактерицидний ефект хлору значною мірою залежить від початкової дози хлору та тривалості його контакту з водою.

3. З санітарно-екологічного погляду доцільно для знезараження питної води використовувати озонування.

4. Озон має сильну бактерицидну, віруліцидну та спороцидну дію. Велика чутливість до озону відзначена як у індикаторних бактерій, так і патогенних.

5. Знезараження води ультразвуком є одним із перспективних методів водопідготовки але ефект знезараження ультразвуком має нестабільний характер.

6. Аналіз досліджень дозволяє встановити, що використання модифікації розчину реагентів дає можливість інтенсифікувати процеси очищення води, підвищити її екологічну безпеку.

#### **ЛІТЕРАТУРА**

1. Бондаренко Ю.Г., Хоменко І.В. Медико-екологічна оцінка використання нанотехнологій в різних галузях народного господарства. *Актуальні проблеми транспортної медицини*. 2011. №2(24). С. 139-143.
2. Петренко Н.Ф. Гігієнічна оцінка застосування діоксиду хлору для знезараження води із поверхневих джерел. *Вісник морської медицини*. 2002. №1(17). С. 84-90.
3. Ковальчук Л.Й., Мокієнко А.В., Петренко Н.Ф. Гігієнічна оцінка наслідків хлорування води поверхневих водойм Придунав'я. *Вісник наукових досліджень*. 2015. №3. С. 89-91.
4. Мокієнко А.В. Гігієна води. Одеса, 2021. 318 с.
5. Dushkin S., Martynov S., Dushkin S. Intensification of the work of contact clarifiers of drinking water preparation. *Journal of Water and Land Development*. 41 (IV–VI), 2019. p. 55–60.
6. Dushkin S., Shevchenko T. Applying a modified aluminium sulfate solution in the processes of drinking water preparation. *Eastern European Journal of Enterprise Technologies*, 2020, 4 (10-106), pp. 26-36.

УДК 628.16

## ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛІ КОМБІНОВАНОГО ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ВІДСТІЙНИКА

Епоян С.М.<sup>1</sup>, д.т.н., проф.; Айрапетян Т.С.<sup>1</sup>, к.т.н., доц.; Волков В.М.<sup>2</sup>, к.т.н.;  
Гайдучок О.Г.<sup>3</sup>, к.т.н.; Костенко О.Г.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Харківський національний університет міського господарства  
імені О.М. Бекетова, Харків, Україна;

<sup>2</sup>Комунальне підприємство «Харківводоканал», Харків, Україна;

<sup>3</sup>Харківський національний університет будівництва та архітектури,  
Харків, Україна;

<sup>4</sup>Харківський державний професійно-педагогічний коледж  
імені В. І. Вернадського, Харків, Україна

**Вступ.** Відстоювання води використовується постійно в якості методу її освітлення. Ще у давні часи люди використовували резервуари в яких відбувався процес осадження завислих речовин, потім почали використовувати проточні резервуари. Принцип дії проточних резервуарів полягав в тому, що спочатку вода потрапляла в перший резервуар, де відстоювалась, а далі надходила в другий резервуар, де також відбувався процес відстоювання. Осад періодично видалявся з резервуарів [1, 2].

На теперішній час для відстоювання води використовують спеціальні споруди – відстійники. За напрямом руху води в цих спорудах розрізняють вертикальні, горизонтальні та радіальні [3]. Найбільш часто для очистки води поверхневих джерел використовують двоступінчасту схему з горизонтальними відстійниками на першій ступені. Ці споруди надійні та прості в експлуатації. До недоліків можна віднести те, що споруди потребують значних площ, а системи розподілу вихідної та відводу освітленої води працюють не достатньо ефективно. Тому ці споруди постійно модифікуються [4]. Вдосконалюються системи розподілення та відводу води, а також їх розрахунок і конструкції.

В 50-х роках минулого століття з'явилися тонкошарові відстійники. Осадження завислих речовин в таких спорудах відбувається за рахунок зменшення висоти осадження [5,6]. Перевагою тонкошарових відстійників є те, що вони можуть використовуватись як самостійні споруди, так і для інтенсифікації та реконструкції традиційних відстійників [7-9]. Тонкошарові відстійники по напрямку руху осаду відносно руху оброблюваної води поділяються на прямооточні, протиоточні, комбіновані та поперечні.

Для підвищення ефективності роботи горизонтальних відстійників і якості очищення води нами запропоновано комбінований горизонтальний відстійник. Він складається з: розподільчої системи, вихрової камери пластівцеутворення осаду з вертикальними стінками, водозливу, тонкошарового відстійника, струменеспрямовуючої комбінованої перегородки, торцевого жолоба з водозливом хвилеподібної форми та трубопроводів. Дрібнодисперсна завись, яка затрималась у відстійнику, періодично скидається по трубопроводам.

**Постановка проблеми.** Дослідження комбінованого горизонтального відстійника відбувається на моделях. Під час моделювання необхідно розрахувати геометричну подібність моделі та природи, визначити головну силу в процесі, який вивчається.

**Огляд літературних джерел.** При моделюванні необхідно мати геометричну подібність моделі та природи. В даному випадку це сили тяжіння (гравітаційні сили), за рахунок яких відбувається осадження зависі, тому гідравлічне моделювання комбінованого горизонтального відстійника здійснюється за критерієм Фруда.

**Матеріали та методи.** Для дослідження комбінованого горизонтального відстійника розрахована його модель з коефіцієнтом масштабу геометричної подібності  $L_\lambda=12$ . Тобто усі геометричні розміри натурної споруди зменшується в 12 разів.

При моделюванні по критерію Фруда швидкість руху води в моделі горизонтального відстійника ( $V_M$ ) визначається за формулою:

$$V_M = \frac{V_H}{\sqrt{\frac{L_H}{L_M}}} = \frac{V_H}{\sqrt{L_\lambda}},$$

де  $V_H$  – швидкість руху води в натурній споруді,  $V_H = 8$  мм/с;

$L_H$  – розмір натурної споруди;

$L_M$  – розмір модельної споруди;

Таким чином:

$$V_M = \frac{8}{\sqrt{12}} = \frac{8}{3,46} = 2,3 \text{ мм/с} = 0,0023 \text{ м/с}$$

Витрати води відповідно складають:

$$Q_M = \omega_M \times V_M$$

де  $\omega_M$  – площа живого перетину моделі,  $\omega_M=0,0625$  м<sup>2</sup>

$$Q_M = 0,0625 \times 0,0023 = 0,0001438 \text{ м}^3/\text{с} \approx 0,144 \text{ л/с}$$

Швидкість руху води в елементах (трубах) тонкошарового відстійника визначається за залежністю:

$$V_{m.u.} = \frac{Q_M}{\omega_{m.u.}}$$

де  $\omega_{m.u.}$  – площа живого перетину моделі тонкошарового відстійника; складає  $\omega_{m.u.} = 0,01447$  м<sup>2</sup>).

$$V_{m.u.} = \frac{0,0001438}{0,01447} = 0,00994 \text{ м/с} = 9,94 \text{ мм/с}$$

Дослідження комбінованого горизонтального відстійника проводяться при різних температурах вихідної води та різної каламутності.

Для визначення рівномірності розподілення вихідної води по елементах тонкошарового відстійника використовується розчин перманганату калію, який подається у вихідну воду, а сам процес спостерігається за допомогою наглядних вікон. Водночас крізь наглядні вікна спостерігається рух забарвленої перманганатом калію вихідної води навколо струменеспрямовуючої комбінованої перего-

родки. Для замушення вихідної води використовується мул річки Сіверський Донець, а як коагулянт – сірчаноокислий алюміній.

**Висновки.** Отже, запропонований комбінований горизонтальний відстійник представляє собою споруди в якій поєднано вихрову камеру пластівцеутворення та горизонтальний відстійник. В камері горизонтального відстійника влаштовується тонкошаровий відстійник. Осад, що утворюється в тонкошаровому відстійнику, сповзає по лотку труб і видаляється.

Дослідження комбінованого горизонтального відстійника виконується за критерієм Фруда. Для цього використовуємо зменшену модель споруди з коефіцієнтом масштабу геометричної подібності 12. Це дозволяє знайти технологічні параметри моделі як: швидкість руху води в моделі горизонтального відстійника, швидкість руху води в елементах тонкошарового відстійника та витрати води. Визначено витрати води в моделі та швидкість руху води в елементах тонкошарового відстійника.

Запропонована методика дослідження комбінованого горизонтального відстійника є продовженням наших попередніх досліджень і спрямована на підвищення ефективності роботи відстійників на станціях водопідготовки. Це дозволить знизити експлуатаційні витрати та гідравлічні навантаження на інші об'єкти, підвищити рівномірність збору та відведення освітленої води, покращити якість очищення води та підвищити надійність споруд.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Запольський А. К. Водопостачання, водовідведення та якість води. К. : Вища школа, 2005. 671 с.
2. Епоян С.М., Айрапетян Т.С., Волков В.М., Гайдучок О.Г., Сухоруков Г.І. Розробка методики розрахунку та розрахунок комбінованого горизонтального відстійника. *Науковий вісник будівництва*. Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2022. Т.107., №1. С. 27 – 33.
3. Тугай А.М., Орлов В.О. Водопостачання. К.: Знання. 2009. 735 с.
4. Eroyan S., Sukhorukov G., Volkov V., Haiduchok O. The research of tubular mixer with improved design. *Innovative Technology in Architecture and Design (ITAD 2020)*. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 907 (2020) 012050. doi:10.1088/1757-899X/907/1/012050
5. Демура М.В. Проектирование тонкослойных отстойников. К.: Видавництво «Будівельник», 1981. 50 с.
6. Эпоян С., Сыроватский А., Бабенко С. Моделирование движения суспензии в тонкослойном элементе усовершенствованной конструкции. *MOTROL. Commission of motorization and energetics in agriculture*. Lublin-Rzeszow, 2013. С. 43–50.
7. Butko A.V., Mikhailov V.A., Barinov M.Yu., Lysov V.A., Sharkov A.V. Hydrodynamic and technological investigations of a thin-layer settler. *Khimiya i Tekhnologiya Vody*. Kyiv, 1996. Vol. 18. № 4. P. 404-411.
8. Ahuja S. Advances in water purification techniques. Meeting the needs of developed and developing countries. 1<sup>st</sup> edn. Amsterdam: Elsevier, 2018. 440 p.
9. Moran S. An applied guide to water and effluent treatment plan design. 1<sup>st</sup> edn. Amsterdam: Elsevier, 2018. 466 p.

УДК 502.51:502.172

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ РІЧКИ СУЛА

Коваленко С.А.<sup>1</sup>; Пономаренко Р.В.<sup>1</sup>, д.т.н., проф.;  
Титаренко А.В.<sup>1</sup>, к.психол.н., доц.; Іванов Є.В.<sup>1</sup>, к.т.н.

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

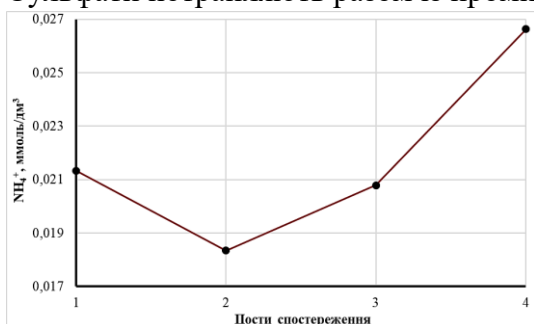
**Вступ.** Поверхневі водні об'єкти є джерелом життя і основою діяльності людини. У результаті постійного використання водних ресурсів та їх забруднення екологічні проблеми гідросфери, у тому числі і поверхневих водних об'єктів, стають все більш поширеними. Основною причиною забруднення поверхневих водних об'єктів є неочищені поверхневі зливові стоки, незадовільна якість очищення господарсько-побутових і виробничих стічних вод, що скидаються у водні об'єкти, несанкціоновані аварійні скиди та безконтрольна культивация та використання для сільського господарства прибережних смуг річок. У зв'язку із постійним розвитком промисловості спостерігається тенденція до погіршення екологічного стану поверхневих водних об'єктів не лише в Україні [1-3], а і у світі [4-5]. Відповідно до даних звіту Європейської агенції довкілля (ЕЕА) більшість річок, озер, лиманів Європи не відповідають навіть мінімальним екологічним стандартам. Сьогодні більше ніж у 780 млн людей у світі відсутній доступ до чистої води. Також відомо, що хвороби, які передаються через воду, призводять до 250 мільйонів захворювань. Згідно з даними ВООЗ, щодня у світі помирає близько 42 тисяч людей від хвороб, що пов'язані з неякісною водою. Основними водоспоживачами в Україні є підприємства сільського господарства, промисловості, комунальні підприємства. Щороку зі стічними водами до поверхневих водних об'єктів скидається біля 2 млн. тон забруднюючих речовин. За даними державного моніторингу вод Держводагентства спостерігаються високі концентрації органічних сполук, сполук нітрогену й фосфору, фенолів, нафтопродуктів, важких металів тощо. Відповідно до статті 41 ВКУ забороняється скидання у водні об'єкти забруднюючих речовин, для яких не встановлено нормативи екологічної безпеки водокористування та нормативи гранично допустимого скидання. Лише у 2019 році за результатами узагальнення даних державного обліку водокористування до поверхневих водних об'єктів було скинуто 5374 млн м<sup>3</sup> стічних вод, у тому числі: підприємствами промисловості – 3478 млн м<sup>3</sup>, житлово-комунальної галузі – 1473 млн м<sup>3</sup> та підприємствами сільського господарства – 373,1 млн м<sup>3</sup>. На сьогоднішній день проблема зміни екологічного стану поверхневих водних об'єктів країни залишається актуальною для усіх 9 водних басейнів України, що існують на території держави. У басейнах річок Дніпра, річках Приазов'я, окремих приток Західного Бугу і Дністра, річки Сіверський Донець якість води відносять до VI класу («дуже брудна») відповідно до вимог СанПіН 2.2.4-171-10.

**Матеріали та методи.** Систематизований аналіз екологічного стану поверхневого водного об'єкту було проведено на основі моніторингових даних Державного агентства водних ресурсів України. Проаналізовано дані основних показників: нітрати та нітроти, іони амонію, фосфати та сульфати, з 4 постів спостереження річки Сула за 2020 рік (рисунки 1): 1) м. Ромни Сумської обл.; 2) с. Чеберяки Роменського р-ну Сумської обл.; 3) м. Заводське Лохвицького району Полтавської обл.; 4) м. Лубни Полтавської обл.

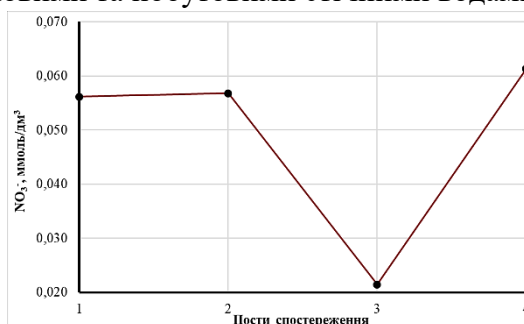


**Рисунок 1 – Схематичне розміщення 4 постів спостереження басейну річки Сула, за даними яких проводилось дослідження**

**Результати та їх обговорення.** Нітрати, нітрити та іони амонію потрапляють у воду зі стоками стоків промислових і сільськогосподарських підприємств; при розкладанні мікроорганізмами білків тваринного і рослинного походження. Фосфати, у свою чергу, потрапляють разом із господарсько-побутовими, промисловими стічними водами, змивами мінеральних добрив та пестицидами із сільськогосподарських угідь, відходами тваринницьких ферм, дощовими стоками із територій населених пунктів, що розташовані поблизу поверхневих водних об'єктів. Сульфати потрапляють разом із промисловими та побутовими стічними водами.



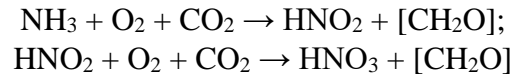
**Рисунок 2 – Загальний вміст іонів амонію, ммоль/дм<sup>3</sup> по постах забору води річки Сула за 2020 рік**



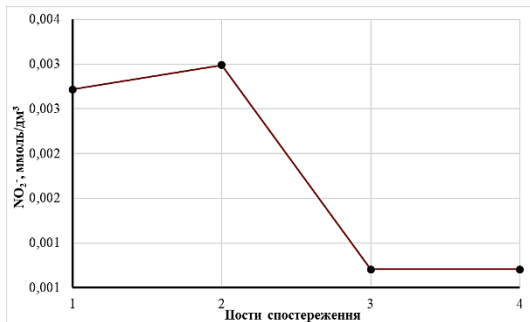
**Рисунок 3 – Загальний вміст нітратів, ммоль/дм<sup>3</sup> по постах забору води річки Сула за 2020 рік**

Іони амонію потрапляють до поверхневих водних об'єктів разом із стоками сільськогосподарських угідь та від сільськогосподарських підприємств і комунальними скидами зворотних вод з очисних споруд та без очистки у населених пунктах Сумської та Полтавської областей. На рисунку 2 зображено зменшення вмісту від посту 1 по посту 2, що може бути зумовлене процесом окиснення його киснем, який розчинений у воді до нітрит іонів, що і можемо спостерігати на рисунку 3. Збільшення вмісту іонів амонію від посту 2 до посту 4 може відбуватись за рахунок надходження у поверхневий водний об'єкт господарсько-побутових стічних вод, азотних і органічних добрив.

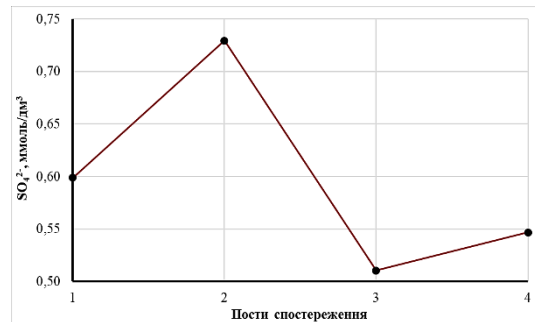
Нітрифікація – це мікробіологічний процес окиснення аміаку до азотистої кислоти або далі до азотної кислоти. Процес нітрифікації проходить у дві стадії, які здійснюють різні мікроорганізми (хоча деякі виконують обидві стадії). Першу стадію, тобто окиснення аміаку до азотистої кислоти, здійснюють нітрифікуючі бактерії роди *Nitrosomonas*, *Nitrosococcus*, *Nitrospiraceae*, *Nitrosolobus*, *Nitrosovibrio*. Друга стадія – окиснення азотистої кислоти до азотної, що здійснюється нітрифікуючими бактеріями (роди *Nitrobacter*, *Nitrospiraceae*, *Nitrococcus*).



Нітрати – це продукти розкладу органічних речовин. Розчини, які збагачені нітратами та нітридами добре поглинаються рослинами, зокрема зерновими культурами. На рисунку 3 від поста 4 відбувається збільшення вмісту нітратів за рахунок добрив, які використовують у сільському господарстві.

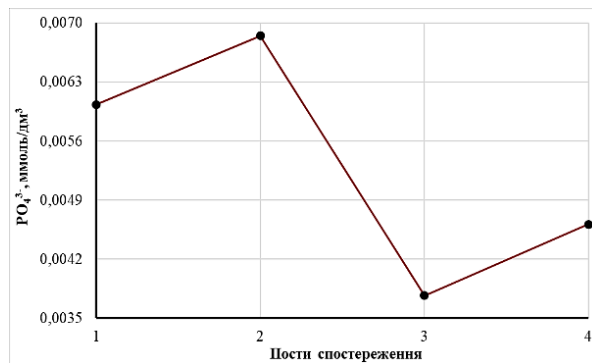


**Рисунок 4 – Загальний вміст нітритів, ммоль/дм<sup>3</sup> по постах забору води річки Сула за 2020 рік**



**Рисунок 5 – Загальний вміст сульфатів, ммоль/дм<sup>3</sup> по постах забору води річки Сула за 2020 рік**

Нітрити – це нестійкі сполуки. Їх можливо виявити при порівняно свіжому забрудненні водного об'єкту. Відповідно до рисунків 2 – 4 від поста 2 до поста 4 процес нітрифікації відбувається досить повільно, оскільки не відбувається зменшення вмісту іонів амонію.



**Рисунок 6 – Загальний вміст поліфосфатів, ммоль/дм<sup>3</sup> по постах забору води річки Сула за 2020 рік**

На рисунках 5 – 6 від поста 1 до 2 та від 3 до 4 спостерігається збільшення вмісту фосфатів та сульфатів. Можна припустити, що причиною даного явища є скиди господарсько-побутових чи промислових неочищених чи недостатньо очищених стічних вод. Згідно з даними екологічного паспорту Сумської області за 2020 рік комунальним підприємством «Недригайлів-водосервіс» у 2020 році до річки Сула було скинуто 34 тис. м<sup>3</sup> неочищених чи недостатньо очищених стічних вод, а відповідно до даних екологічного паспорту Полтавської області за 2020 рік комунальним підприємством «Лубни-водоканал» Лубенської міської ради» було скинуто неочищених чи недостатньо очищених стічних вод 0,9384 млн. м<sup>3</sup>, а комунальним підприємством «Сяйво» с. Засулля Лубенського району – 0,0335 млн. м<sup>3</sup>. А від поста 2 до 3 спостерігається зменшення вмісту сульфатів та фосфатів. Загальновідомим є той факт, що наразі в Україні відсутні нормативи для вмісту фосфатів у побутових миючих засобах, проте встановлені нормативи вмісту фосфатів у стічних водах, які приймаються до систем централізованого водовідведення [6]. Одним із джерел потрапляння фосфатів у поверхневі водні об'єкти є фосфатні добрива, які використовують у сільському господарстві. Наприклад, дигідрофосфат кальцію (Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>) – сполука, яка добре засвоюється рослинами на всіх видах ґрунтів.

**Висновки.** Отримані у даній роботі результати, дають змогу стверджувати про погіршення екологічного стану басейну річки Сула. Відповідно до схематичного розміщення доречно додатково встановити пункти спостереження для більш детального дослідження екологічного стану поверхневого водного об'єкту: від витоку річки до посту 1, між постами 3-4 та від поста 4 до гирла річки.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Коваленко С.А., Пономаренко Р.В., Третяков О.В., Іванов Є.В. Дослідження зміни екологічного стану річки Псел. *Техногенно-екологічна безпека*. Х.: НУЦЗУ, 2021. № 10(2/2021). С. 45 – 51. DOI: 10.52363/2522-1892.2021.2.7.
2. Пономаренко Р.В. Визначення екологічного стану головного джерела водопостачання України. *Техногенно-екологічна безпека*. Х.: НУЦЗУ, 2020. № 6(2/2019). С. 69 – 77. DOI: 10.5281/zenodo.3559035.3.
3. Коваленко С.А., Пономаренко Р.В., Третяков О.В., Титаренко А.В., Іванов Є.В. Визначення нових аспектів зміни екологічного стану поверхневого водного об'єкту. *Комунальне господарство міст*. Х.: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2022. Том 3, випуск 170'2022. С. 53 – 61. DOI: 10.33042/2522-1809-2022-3-170-53-61.
4. Li Ren, Shuping Song, Yue Zhou (2022). Evaluation of River Ecological Status in the Plain River Network Area in the Context of Urbanization: A Case Study of 21 Rivers' Ecological Status in Jiangsu Province, China. *Ecological Indicators*. 142 (2022) 109172. DOI: 10.1016/j.ecolind.2022.109172.
5. Mariola Krodkiewska, Aneta Spyra, Anna Cieplak (2022). Assessment of Pollution, and Ecological Status in Rivers Located in the Vistula And Oder River Basins Impacted by the Mining Industry in Central Europe (Poland). *Ecological Indicators*. 144 (2022) 109505. DOI: 10.1016/j.ecolind.2022.109505.
6. Правила приймання стічних вод до систем централізованого водовідведення. Затв. Наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 01.12.2017 № 316.



УДК 628.35

## ОЦІНКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ АЕРОТЕНКІВ ДЛЯ БІОЛОГІЧНОЇ ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД

Ковров О.С.<sup>1</sup>, д.т.н., проф.; Гетта А.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

**Вступ.** В сучасній практиці біологічної очистки виробничих та господарсько-побутових стічних вод провідне місце належить аеротенкам. В цих спорудах для штучного біологічного очищення стічних вод відбуваються різноманітні процеси біохімічного окислення органічних домішок за допомогою активного мулу представленого симбіотичними угрупованнями мікроорганізмів. Бактерії становлять переважну більшість представників активного мулу, якісно-кількісні характеристики якого змінюються у часі та під впливом низки чинників, зокрема показників стічних вод, біохімічного споживання кисню (БСК), температури, активної реакції середовища (рН), наявності важких металів та токсичних речовин, продуктів органічного розпаду тощо. Враховуючи різноманітний вплив зазначених вище чинників, визначення технологічних параметрів аеротенків є актуальною задачею біологічної очистки стічних вод.

**Постановка проблеми.** З світової і вітчизняної практики біологічного очищення стічних вод відомо, що науково обґрунтовані технологічні параметри аеротенка та режими його роботи з урахуванням анаеробних і аеробних процесів дозволяє оптимізувати процеси очистки та збільшити їх ефективність і продуктивність. Для цього необхідно визначити найбільш вагомні чинники очистки води та діапазони їх варіації, проаналізувати вплив на технологічні показники аеротенків.

Лівобережна станція аерації (ЛСА) м. Дніпро – це комплекс муніципальних очисних споруд, що призначені для повного біологічного очищення господарсько – побутових стічних вод від об'єктів комунальної сфери та промислових підприємств, розташованих у лівобережній частині міста.

В експлуатації знаходяться: та 3 аеротенки – змішувачі:

- 3 аеротенки–витиснювачі 3–коридорні із шириною коридору 5 м; загальний розмір аеротенку становить 120x45x5м;
- 3 аеротенки–змішувачі 2–коридорні з шириною коридору 9 м; загальний розмір аеротенку становить 72x54x5, 1м.

У 2005р. фактична пропускна спроможність очисних споруд становила 121,9 тис. м<sup>3</sup>/добу за проектної потужності 160,0 тис. м<sup>3</sup>/добу. Ефективність роботи очисних споруд Лівобережної станції аерації склала у 2020 р. за завислими речовинами 90,3%; за БСК – 80,2%; за нафтопродуктами – 52,2% [1].

Метою роботи є оцінка ефективності біологічної очистки стічних вод на Лівобережній станції аерації м. Дніпро та дослідження технологічних параметрів роботи аеротенків з науково обґрунтованими залежностями впливу різноманітних чинників на процес окислення органічних речовин.

**Огляд літературних джерел.** Незважаючи на значні досягнення в галузі біохімічних процесів очистки стічних вод дослідження процесів в аеротенках залишаються на вістрі актуальності через стратегічне значення водоочисних споруд для муніципальної інфраструктури.

В роботі [2] розглянуті існуючі методи розрахунку аеротенка, які враховують швидкість біохімічного процесу і тривалість обробки стічних вод. Але ці ме-

тодики не враховують вплив початкових концентрацій вилучених компонентів на швидкість біохімічного процесу.

У роботі [3] досліджено процеси використання аеротенків з максимальної і мінімальної зонами регенерації та встановлено, що ефективність очищення залежить від ступеня підтримки бактерій в стані фізіологічної активності. Запропоновано технологічну схему розміщення аеротенків зі зміною кута змішання потоків активного мулу зі стічною водою. Така технологічна схема повного біологічного очищення являє собою комплекс очисних споруд, які розташовуються таким чином, що вода, проходячи їх послідовно одне за одним, піддається механічному, біологічному очищенню та дезінфекції перед спуском у водойму.

В роботі [4] наведено залежності питомої поверхні контакту фаз від інтенсивності і виду аерації, місця розташування аераторів, кількості і глибини занурення аераторів, наявності в моделі аеротенка зі зваженим (вільноплаваючим) і закріпленим біоценозом.

В роботі [5] виконано аналітичні дослідження щодо параметрів роботи діючих аеротенків, в яких реалізовані технологічні схеми біологічного видалення зі стічних вод сполук азоту і фосфору. Напрацьовані рекомендації для проектування споруд із реалізацією зазначених схем.

Таким чином, тематика визначення технологічних показників аеротенків для біологічної очистки стічних вод залишається актуальною задачею.

**Матеріали та методи.** В роботі використана методика розрахунку аеротенків відповідно до ДБН В.2.5-75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі і споруди [6].

**Результати та їх обговорення.** Враховуючи низку чинників, що впливають на процеси бактеріального окислення органічних домішок, доцільно володіти найбільш вичерпною інформацією щодо їх впливу на технологічні параметри аеротенків. Такі показники, як добовий приплив стічних вод та концентрація БСК можуть коливатись протягом доби в широких інтервалах. Тому, для оптимізації роботи очисних споруд доцільно розробити технологічну карту роботи аеротенків з науково обґрунтованими залежностями впливу різноманітних чинників на процес видалення органічних і завислих домішок з води.

Згідно з виконаними розрахунками отримані залежності впливу найбільш вагомих чинників на процес біологічної очистки в аеротенках.

Так, БСК стічної води варіює в діапазоні від 200 до 290 мг/л. Для усередненого БСК=240 мг/л значення нормативні технологічні показники обробки води в аеротенку складуть: період аерації в аеротенках  $t_{atm}=4,42$  год; тривалість окислення органічних речовин в аеротенках з регенераторами  $t_o = 8,49$  год; тривалість обробки води  $t_{at} = 1,56$  год (рис. 1).

Доза мулу варіює в діапазоні  $a_i = 1,5-6$  г/л. Для усередненого  $a_i = 3,0$  г/л нормативні технологічні показники обробки води в аеротенку складуть: питома швидкість окислення забруднень,  $\rho = 23,7$  мг/(г-год); навантаження на активний мул  $q_i = 569,1$  мг/БСКповн на 1 г беззольної речовини мулу на добу; ступінь рециркуляції активного мулу  $R_i = 0,43$  (рис. 2).

Також для усередненого значення дози мулу  $a_i = 3,0$  г/л період аерації в аеротенках складе  $t_{atm} = 4,42$  год; тривалість окислення органічних речовин в аеротенках з регенераторами  $t_o = 8,5$  год; тривалість обробки води в аеротенку  $t_{at} = 1,6$  год; тривалість регенерації  $t_r = 6,9$  год (рис. 3).

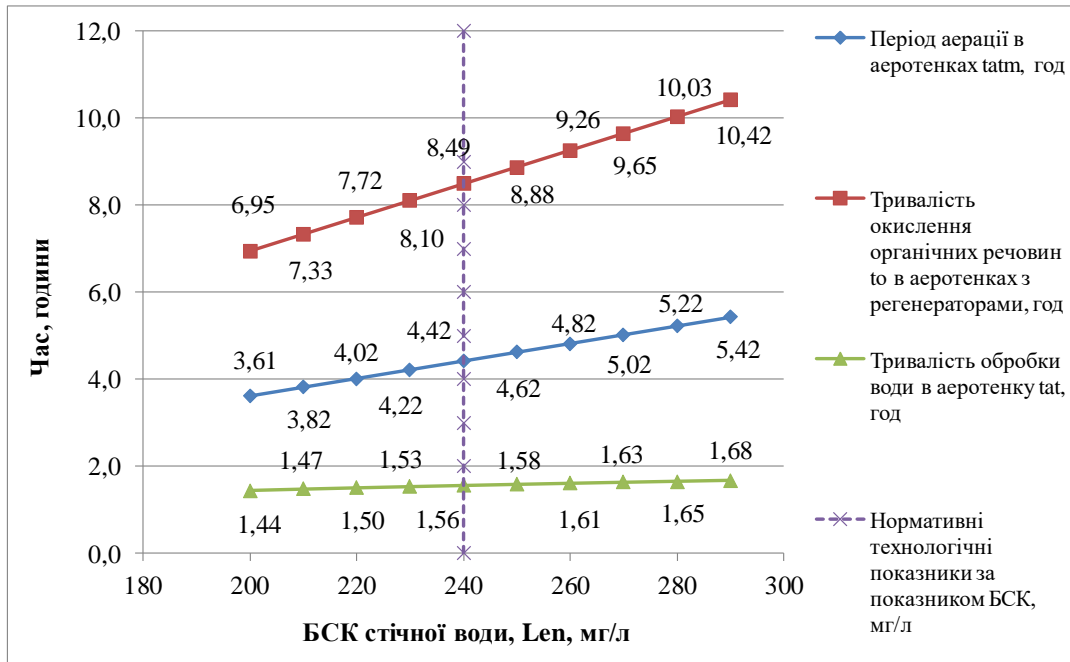


Рисунок 1 – Технологічні показники обробки води в аеротенку

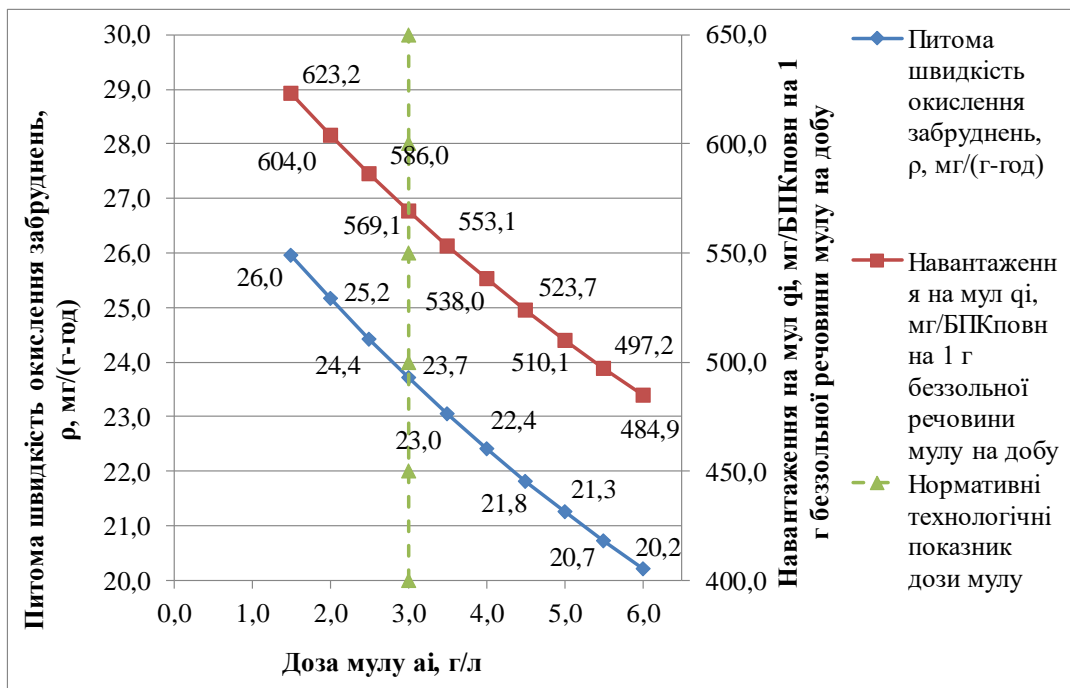
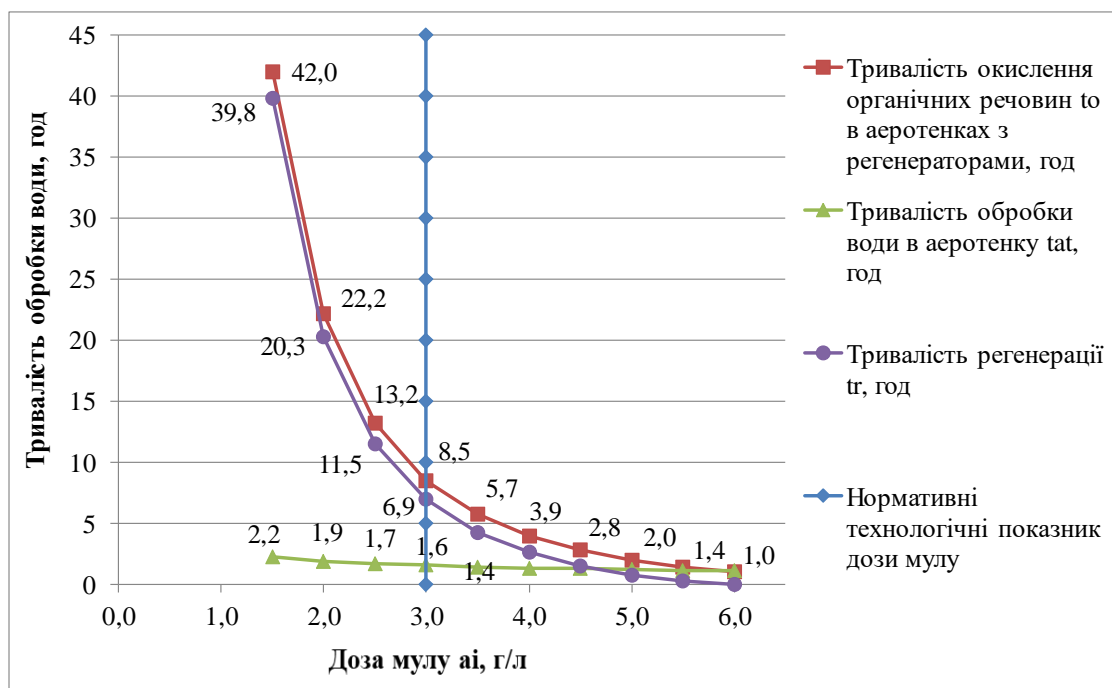


Рисунок 2 – Питома швидкість окислення забруднень та навантаження на активний мул

Наведені вище результати розрахунків на є вичерпними та мають мінливий характер залежно від діапазону варіацій основних факторів, що впливають на процеси біологічної очистки.



**Рисунок 3 – Тривалість окислення речовин та обробки води в аеротенку, тривалість регенерації залежно від дози мулу**

### Висновки.

Для оптимізації роботи аеротенків необхідно здійснювати постійний моніторинг показників БСК, завислих речовин та інших домішок у стічній воді. Виконані розрахунки створюють основу для розробки технологічної карти роботи аеротенків з науково обґрунтованими залежностями впливу різноманітних чинників на процес окислення органічних речовин і видалення завислих домішок з води. Наведені в роботі залежності дозволяють керувати технологією біологічної очистки стічних вод для умов Лівобережної станції аерації м. Дніпро.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Оцінка впливу на довкілля очисних споруд повного біологічного очищення стічних вод Лівобережної станції аерації м. Дніпро. Одеса: НДІ «Укрдіпрокомунбуд», 1985. 128 с.
2. Бартова Л.В., Авдєєва М.А., Луферчик Я.С. Визначення тривалості обробки стічних вод в аеротенках за різними методиками *Вісник ПНРПУ. Будівництво та архітектура*. 2018. Т. 9, №3. С. 99–107.
3. Шамсутдінова З. Р., Хафізов І.І. Аналіз ефективності аеротенків в системі очищення стічних вод. *Вісник ВГУІТ* № 4, 2016. Т.18, №22. С. 21-23.
4. Олійник О.Я., Айрапетян Т.С. Моделювання очистки стічних вод від органічних забруднень в біореакторах-аеротенках зі зваженим (вільноплаваючим) і закріпленим біоценозом. *Доповіді НАНУ*. 2015. С. 55-60.
5. Василенко О. А., Поліщук О. В., Василенко Л. О. Впровадження технології біологічної очистки стічних вод від сполук азоту і фосфору на міських очисних спорудах. *Екологічна безпека та природокористування: зб. наук. праць*. Київ: нац. ун-т буд-ва і архіт., Ін-т телекомунікацій і глобал. інформ. простору Київ : КНУБА : ІТГПІ, 2014. Вип. 15. С. 90–101.
6. ДБН В.2.5-75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі і споруди. Державні Будівельні норми України. Київ, Мінрегіон України, 2013. 219 с.

УДК 621.798

## МОДЕЛЮВАННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПЕТ-БУТЛІ У ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ПРОЦЕСІ ВИДУВУ

Колосков В.Ю.<sup>1</sup>, к.т.н., доц.; Колоскова Г.М.<sup>2</sup>, к.т.н., доц.;  
Борисенко Ю.Д.<sup>1</sup>; Автуєвич А.В.<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна

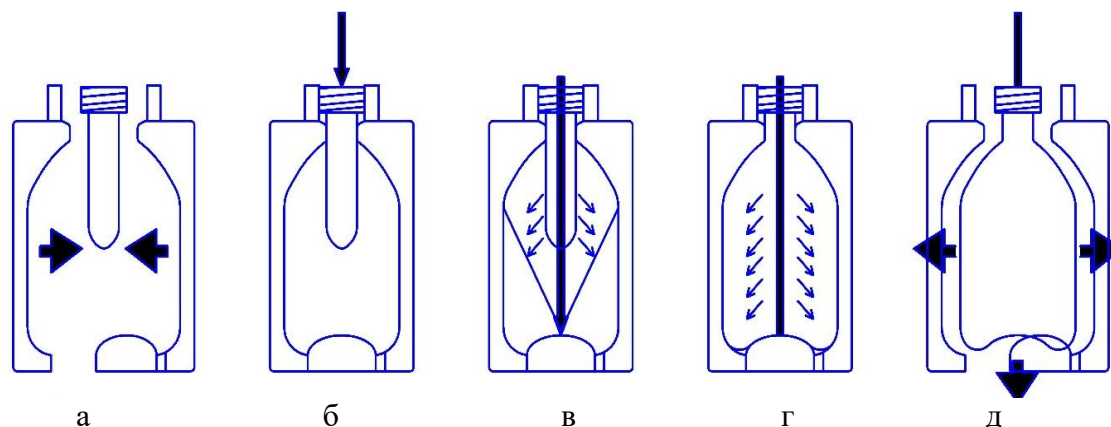
В умовах російської військової агресії негативного впливу зазнали всі сфери економіки України. Виникають суттєві ризики для безпеки населення, зокрема у сфері постачання питної води, що є критичним ресурсом для забезпечення людської життєдіяльності. При цьому одним з ключових елементів системи постачання питної води є її пакування. Сьогодні для розливу безалкогольних напоїв, у тому числі мінеральної води, широко застосовують пластикові пляшки, переваги яких полягають у тому, що вона є прозорою, перешкоджає проникненню пари, повітря та сторонніх запахів, але водночас легша і менш схильна до механічних впливів. Транспортування готової упаковки становить складну проблему, також зі зростанням вартості палива зростає й вартість цих перевезень. А накопичення великих обсягів відпрацьованої упаковки при неможливості її утилізації складає серйозну екологічну проблему, адже пластики у природному середовищі розкладаються дуже довго.

Окремо слід врахувати, що пластикові пляшки для транспортування та зберігання не потрібно поміщати в ящики чи гофроконтейнери, а достатньо покрити міцною поліетиленовою плівкою. Також для пластикових пляшок набагато дешевше та простіше розробляти нові варіанти форми та дизайну. Ще однією перевагою виробництва пластикових пляшок є простота реалізації їх виробництва на тому самому підприємстві, де ці напої виготовляються. Це дозволяє до 20% зменшити собівартість виробництва, а також забезпечити можливість використання на мобільних установках.

У той же час ПЕТ-пляшки дешевші, ніж інші види упаковки, в середньому на 10-20 % і, як і раніше, залишаються найпоширенішими серед пластикових пляшок. У зв'язку з цим застосування ПЕТ дозволяє забезпечити виробництво тари високої якості, що має гарні експлуатаційні показники та переваги в порівнянні з тарою з інших матеріалів [1].

Сьогодні для виробництва пластикових ємностей для розливу рідин використовується багато різних методів. Найбільш ефективним є інжекційно-видувний метод, технологічна схема якого показана на рисунку 1.

Інжекційно-видувний метод – двоступінчастий процес, що включає виготовлення заготовки (преформи) методом лиття під тиском з подальшим її роздуванням в розм'якшеному стані стисненим повітрям. Розрізняють одностадійний процес, при якому роздування преформ відбувається відразу після їх формування, і двостадійний процес, при якому преформи транспортують на інші підприємства, потім попередньо нагрівають і також роздувають стисненим повітрям. Перевагою інжекційно-видувного методу є більш висока міцність та кращі бар'єрні властивості готових виробів.



**Рисунок 1 – Інжекційно-видувний метод формування тари:**  
**а – закриття форми; б – запечатування гiрла; в – розтягування штоком;**  
**г – видув; д – розкриття форми**

Перевагами, що забезпечуються двостадійною схемою, є наступні:

- 1) преформа займає приблизно в 12 разів менше місця, ніж готова пляшка при транспортуванні;
- 2) одна й та сама преформа може бути використана для виробництва різних пляшок;
- 3) продуктивність видувного автомата при двостадійній схемі є вищою, оскільки не обмежується продуктивністю ливарної машини, що є набагато меншою;
- 4) немає необхідності контролювати якість сировини;
- 5) потрібні менші виробничі площі;
- 6) можливість заздалегідь створити запас готових преформ у місці виготовлення кінцевих виробів.

Таким чином, двостадійна схема просто реалізується на тому самому підприємстві, де виробляються та розливаються напої. У зв'язку з цим у представленому дослідженні було вибрано двостадійну схему виробництва [1].

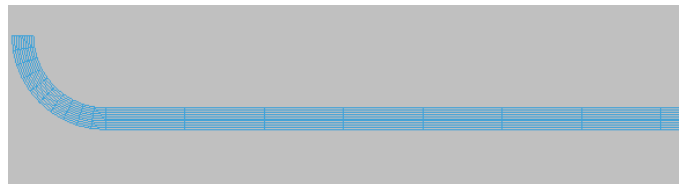
За такого підходу виробництво кінцевого виробу на підприємстві з розливу напоїв складається з наступних стадій:

- 1) завантаження преформ із бункера, орієнтування, захоплення, автоматичний контроль придатності, подача на механізм вузла нагріву;
- 2) розігрівання до заданої температури при проході преформи через піч нагріву, при цьому рівномірність прогрівання преформи забезпечується обертальним рухом заготовок навколо своєї осі;
- 3) остаточний видув та витягування.

Найефективнішим буде виробництво ПЕТ-пляшок із універсальних преформ із стандартом горла PCO [1].

Задачу моделювання процесу видуву ПЕТ-пляшки було сформульовано у тривимірній постановці, але у зв'язку з осьовою симетрією технологічних елементів та термомеханічних процесів задачу у роботі було вирішено у осісиметричній постановці, що дозволяє більш ефективно використовувати обчислювальні ресурси та прискорити процес обчислювань. У математичному формулюванні моделі використовуються три фундаментальні закони, які є справедливими як для формовочного матеріалу, так і для повітря [2] – закон збереження маси, закон збереження кількості руху (імпульсу) та закон збереження енергії. Модель було створено у системі LS-DYNA [3]. Точність та коректність отриманих результатів суттєво залежить від вибору сітки. У першому випадку (рисунок 2) сітка була підіб-

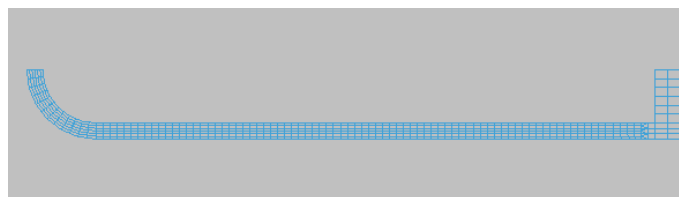
рана невдало, оскільки елементи були занадто видовжені. Друга модель (рисунок 3) є більш придатною, оскільки її елементи наближаються до вигляду квадрату. Третя модель (рисунок 4) є найбільш придатною, оскільки її елементи наближаються до вигляду квадрату та при цьому зменшуються. Використання некоректного типу сітки при моделюванні призводить до помилки у побудові розподілу напружень та деформацій – при видуві швидко утворюється шийка розриву у верхній частині ПЕТ-бутлі, вона «лопається», чого на практиці зазвичай не відбувається.



**Рисунок 2 – Перша модель сітки**



**Рисунок 3 – Друга модель сітки**



**Рисунок 4 – Третя модель сітки**

Таким чином, у представленій роботі за результатами аналізу технологічної схеми видуву ПЕТ-бутлі визначено характеристики технологічного процесу для використання на мобільних установках підприємств з виготовлення та розливу напоїв. Зокрема, визначено, що найефективнішим буде виробництво ПЕТ-пляшок із універсальних преформ із стандартом горла PCO з використанням інжекційно-видувного методу.

Удосконалено чисельну модель фізико-механічних властивостей ПЕТ-бутлі у технологічному процесі видуву з використанням пакету LS-DYNA. За результатами моделювання було визначено, що найбільш ефективним є довільний Лагранжево-Ейлеровий метод (ALE) з використанням сітки, елементи якої наближаються до вигляду квадрату та при цьому зменшуються.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Сучасні тренди в розробці дизайну тари в ПЕТ [електронний ресурс]. URL: <https://pet-eu.com/uk/zahodi/suchasni-trendi-v-rozrobtzi-dizajnu-tari-v-pet/>
2. Groot, J. A. W. M. Numerical shape optimisation in blow moulding. Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven, 2011. DOI: 10.6100/IR709254
3. LS-DYNA theory manual. Livermore Software Technology Corporation, 2014.



УДК 66

## ЕКОЛОГІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ СУШКИ СИРЦЮ КЕРАМІЧНОЇ ЦЕГЛИ МЕТОДОМ ЖОРСТКОГО ЕКСТРУЗІЙНОГО ФОРМУВАННЯ

Крот О.Ю.<sup>1</sup>, д.т.н., доц.; Косенко Н.О.<sup>1</sup>, к.т.н., доц.; Левашова Ю.С.<sup>1</sup>, к.т.н., доц.

<sup>1</sup>Харківський національний університет будівництва та архітектури,  
Харків, Україна

**Вступ.** Керамічна цегла та інші будівельні керамічні вироби залишаються популярними та затребуваними. Ці вироби є екологічними, довговічними, виглядають традиційними. Виробляються вони зараз методом екструзійного жорсткого формування (рис. 1). Єдиним суттєвим недоліком є висока вартість виробів, пов'язана з великими витратами на сушку та обпалювання. Досить повільне зниження вологості під час сушки та повільне підвищення температури сушки роблять процес (та відповідне обладнання) досить енергоємними. Порушення цих вимог «повільності зменшення вологості» сирцю (особливо на початку сушки) приводить до погіршення зовнішнього вигляду виробів (аж до появи бракованих виробів). Нами запропоновано і апробовано простий спосіб зменшити градієнт вологості сирцю на початку процесу сушки.

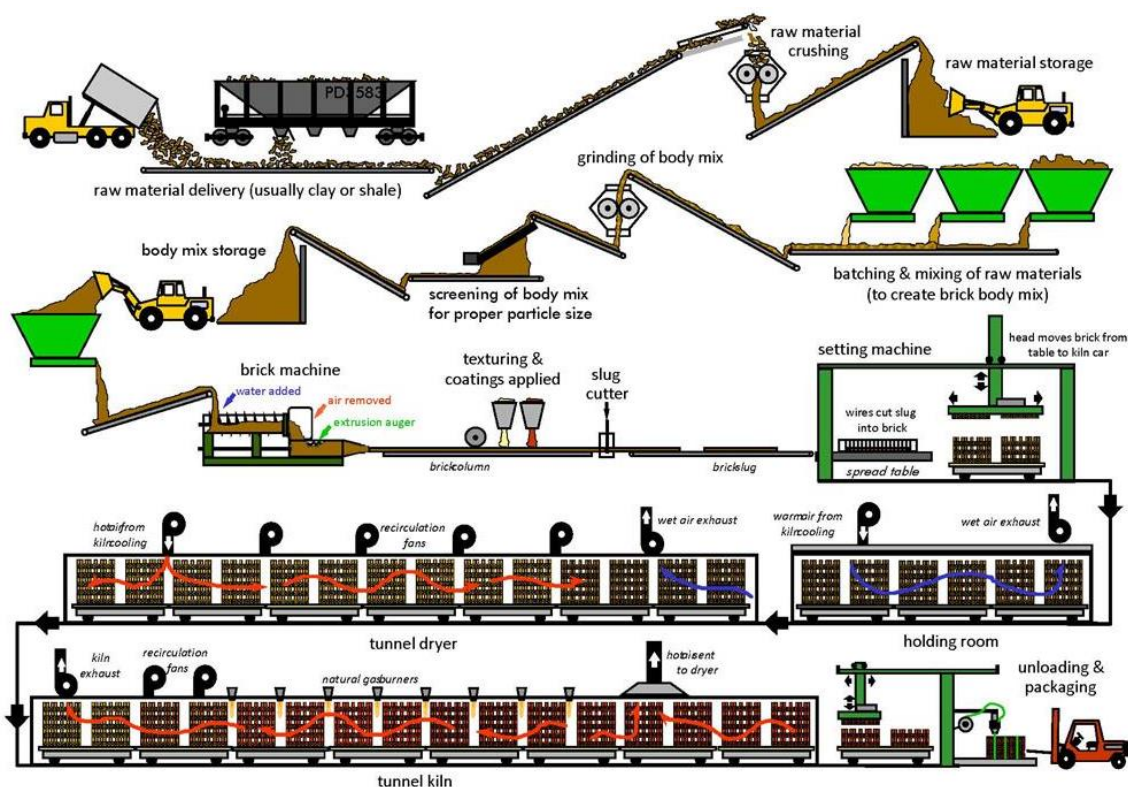


Рисунок 1 – Сучасне виробництво керамічної цегли [1]

**Постановка проблеми.** В процесах сушки виробів у тунельних сушилах відомі три варіанта взаємного руху виробів вздовж печі і теплоносія: супутній, зустрічний і комбінований. Кожен з них має переваги та недоліки. Сучасний підхід до сушки цегли-сирцю передбачає існування багатьох (декількох) областей вздовж тунелю, в кожній з яких можна організувати відповідний варіант (із трьох



вказаних). Крім того, очевидно, що інтенсивність процесу теплопереносу (і масо-переносу вологи) у виробках, залежить не тільки від температури теплоносія, але і від його вологості. Отже, змінити швидкість сушки виробів можна не тільки змінюючи температуру теплоносія у певних областях сушарки, але і примусово змінюючи вологість теплоносія. Завдяки цьому з'являється також можливість заміни супутнього руху теплоносія та виробів на протиструмний у початковій області сушки.

**Огляд літературних джерел.** Дослідженнями виробництв дрібно штучних будівельних виробів співробітники ХНУБА займаються давно і успішно [2]. Термічна розв'язка процесів випалу та сушіння керамічних виробів застосовувалася ще з часів використання традиційної кільцевої печі. На зміну їй прийшла тунельна піч, яка має переваги щодо продуктивності, якості продукції та ступеня автоматизації. За рахунок збільшення швидкості охолодження в зоні швидкого та остаточного охолодження для сушіння стала доступна велика кількість гарячого повітря [3]. Тепло, отримане у печах, використовується для сушки.

Нагріте повітря, виводиться з печі через нижній і верхній повітрязбірники і подається в сушарку. Цей ентальпійний потік з'єднує піч та сушарку в теплову мережу. У сушарці ця енергія використовується для випаровування води замішування [4], [5]. Більшість сучасних досліджень присвячується обпалу (і печам), як більш енергоємному процесу.

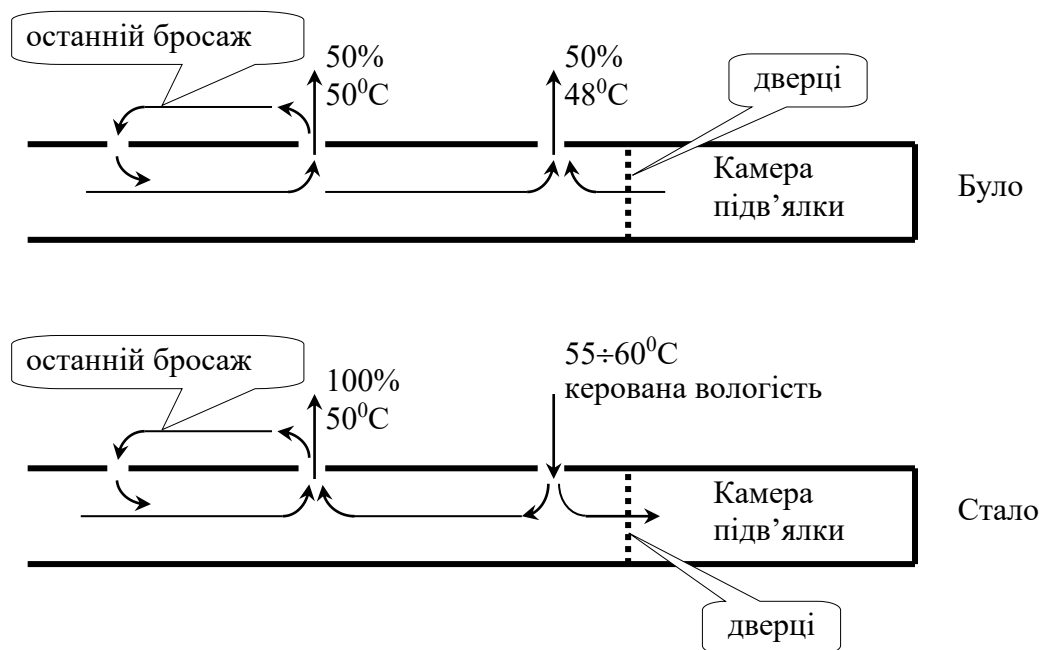
**Матеріали та методи.** Дослідження проводилися на найбільш потужному харківському заводі (нині не існує), де вироблялася лицьова керамічна цегла методом жорсткого екструзійного пресування. Вологість пресової шихти близько 16%; міцність сирцю після преса була достатньою для укладання у багато рядів по висоті безпосередньо на обпалювальні вагонетки. Досліджувалася міцність цегли-серцю; контролювалися вологість і температура теплоносія, а також швидкість руху потоків.

#### **Результати та їх обговорення.**

Бездефектна сушка сирцю в умовах його багаторядної щільної садки на вагонетки є одним з найскладніших процесів, притаманних методу жорсткої екструзії. Необхідність суттєвої (на 40-50%) інтенсифікації процесу сушки диктувалася (на підприємстві, де виконувалися дослідження) потребою подвоєння продуктивності при введенні у дію другої технологічної лінії.

Після багатьох попередніх удосконалень існуючий режим роботи сушарок характеризувався тим, що приблизно половина відпрацьованого повітря з тунелю відбиралася на останньому бросажі (якщо рахувати з гарячого кінця), а інша половина – у кінці тунелю, безпосередньо перед дверима. (Під «бросажем» розуміють організацію кільцевого руху теплоносія на певній невеликій області сушарки; рис. 2; на рис.1 бросажів на сушарці/tunnel dryer/ не застосовується (чи не показано)). Температура теплоносія у цих двох віддалених одна від одної більш ніж на десяток метрів точках майже однакова ( $\approx 50^{\circ}\text{C}$ ). Невелика різниця у  $2-3^{\circ}\text{C}$  пов'язана з підсосом відносно холодного повітря крізь двері з камери підв'ялки. Тобто на ділянці між останнім бросажем та входом у тунель тепло до цегли не підводиться; отже процес сушки на цій відносно довгій ділянці фактично відсутній.  $50^{\circ}\text{C}$ ).

Було запропоновано організувати відбір відпрацьованого теплоносія в одному місті, на останньому бросажі, а відбір в кінці тунелю замінити нагнітанням більш гарячого повітря з температурою  $55-60^{\circ}\text{C}$  і керованою вологістю. Вологість керувалась введенням додаткової розпиленої через форсунку води.



**Рисунок 2 – Ілюстрація запропонованих змін у процесі сушки сирцю (вид зверху)**

Для реалізації пропозиції виконано:

- замінено місцями вентилятори кінця тунелю й останнього бросажу;
- протягнуто додатковий трубопровід подачі більш гарячого теплоносія до кінця тунелю;
- задіяно систему керування вологістю відносно гарячого теплоносія.

**Висновки.** Введення запропонованої ділянки прямооточного руху теплоносія здатне забезпечити більш інтенсивне прогрівання й сушку сирцю на ділянці між останнім бросажем і кінцем тунелю. Реалізація пропозиції разом із садкою сирцю на ложок здатні забезпечити необхідне скорочення терміну сушки без погіршення міцності цегли-сирцю.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. The Brick Industry Association. URL: <https://www.gobrick.com/advocate-for-brick/environmental> (дата звернення: 15.09.2022).
2. Савченко О.Г. Обладнання комплексів для виробництва будівельних дрібно штучних стінових виробів: навч. посіб. Харків: Тимченко, 2006. 416с.
3. Dr.-Ing. Tino Redemann, Prof. Dr.-Ing. Eckehard Specht. Simulation of the firing of ceramic ware Part 2: Roadmap for CO<sub>2</sub>-free brick production by 2050
4. Junge K. Energy demand for the production of bricks and tiles. *Zi Brick and Tile Industry International*, 2002. 55. No. 4, P. 16-24.
5. Junge K., Tretau A., Specht, E. Energy expenditure for drying of green bricks in chamber dryer, Yearbook. *Zi Brick and Tile Industry International*, 2007, P. 25-38.

УДК 66.074.3

**МЕТОДИ ОЧИСТКИ ВИКИДІВ ПІДПРИЄМСТВ ТЕРМІЧНОГО  
ЗНЕШКОДЖЕННЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ**Крот О.П.<sup>1</sup>, д.т.н., доц.; Ровенський О.І.<sup>2</sup>, к.т.н., с.н.с.; Пуховой О.В.<sup>1</sup><sup>1</sup>Харківський національний університет будівництва та архітектури,  
Харків, Україна;<sup>2</sup>Північно-Східний Науковий Центр Національної академії наук України

**Вступ.** Загально визнано, що найбільш прийнятними методом переробки та знешкодження муніципальних відходів є спалювання на спеціально призначених для цього підприємствах. Спалювання відходів дозволяє зменшити обсяг відходів, скоротити загрузку на полігони та отримувати необхідну теплову та електричну енергії. Для вирішення проблеми зменшення негативного впливу процесів спалювання на навколишнього середовища пропонується використовувати багатоступінчасту систему очистки газових викидів. Для нейтралізації особливо токсичних речовин (діоксинів та поліциклічних ароматичних вуглеводнів) авторами пропонується використовувати каталітичну очистку. Каталітичні системи для нейтралізації викидів автомобільного транспорту досить широко розкриті у дослідженнях, проте використання каталізаторів у технологіях очистки викидів після спалювання твердих побутових відходів (ТПВ) недостатньо вивчені.

**Постановка проблеми.**

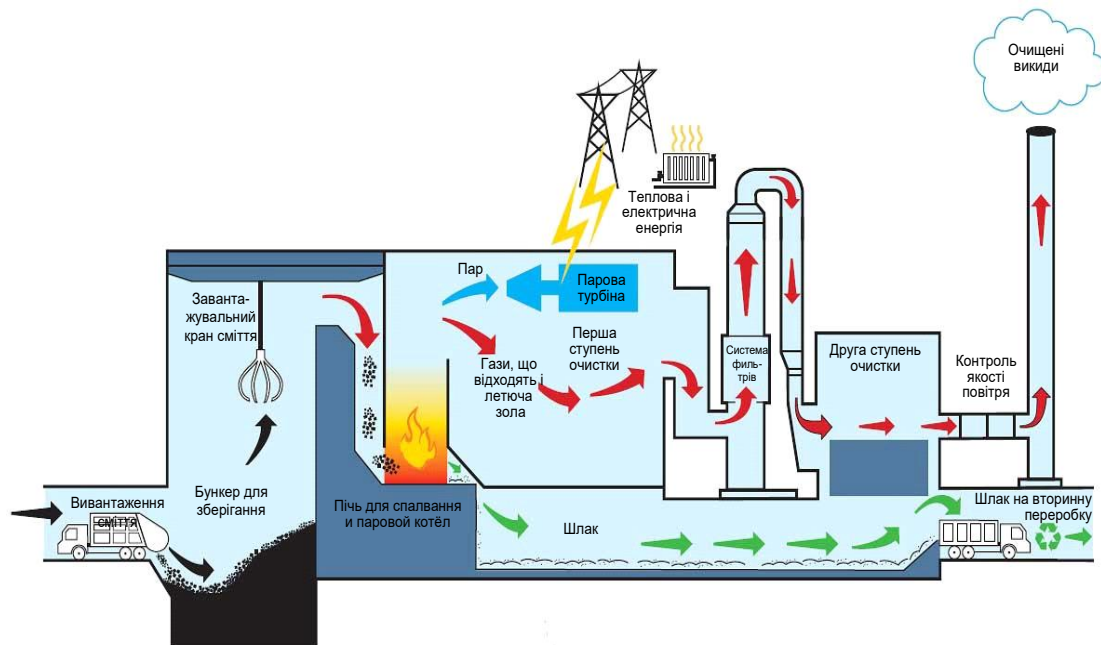
Об'єктом досліджень даної роботи є процес очищення вентиляційних (промислових) газових викидів від вуглеводнів, хлорорганічних сполук і сірковмісних речовин.

Метою експериментальних досліджень було вивчення каталітичної активності обраних каталізаторів, кінетики окислення вуглеводнів і побудова кінетичної моделі в процесі окислення окремо кожного компонента і їх сумішей, а також пошук оптимальних технологічних режимів.

**Огляд літературних джерел.**

Автори дослідження [1] проаналізували всі стадії процесу каталітичного очищення в реакціях повного окислення бензолу та монооксиду вуглецю. Була досліджена площа активної поверхні каталізатора та отримана стабільна каталітична реакція [1]. Каталітичні нейтралізатори вихлопних газів використовуються з 1975 року і є невід'ємною частиною автомобільної індустрії. У дослідженні [2] було доведено, що система виборчої каталітичної нейтралізації оксидів азоту етанолом на каталізаторі  $Ag/Al_2O_3$  значно знижує викиди у змодельованому середовищі вихлопних газів двигуна. У цій статті спочатку оцінювалася ефективність каталізатора на випробувальному стенді двигуна і досліджувався вплив каталізатора на концентрацію твердих частинок у викидах. У дослідженні [3] представлені характеристики каталітичних нейтралізаторів, виготовлених з летючої золи вугілля, для зниження викидів від автотранспортних засобів. Для очищення викидів сміттєспалювальної установки використовують декілька процесів і технологій [4]. Під установкою для спалювання ТПВ розуміють такий комплекс обладнання (рис. 1): камера (камери) спалювання (згоряння) та допалювання, котел, систему очищення димових газів від спалювання, обладнання для перетворення енергії і відновлення, наприклад, теплообмінник, що постачає районне опалення або мережу охолодження і турбінний генератор. Першим кроком нейтралізації викидів є камера до-

опалювання, у якій встановлюється додатковий паливник для підтримки температури 1000°C. Другим кроком очистки газів у більшості сміттєспалювальних установок є видалення летючого попелу, що може бути зроблено за допомогою циклонів, електростатичного осаджувача (електрофільтра) або тканинного фільтра.



**Рисунок 1 – Технологія спалювання відходів з отриманням енергії (www.EcoMaine.org) [4]**

Хімічне очищення газів, які утворюються після спалювання сміття, може бути виконано двома основними способами: мокре очищення або сухе.

Принцип мокрого очищення – це поглинання газоподібних компонентів в рідині. Ефективність такого процесу поглинання залежить перш за все від доступної поверхні рідини, яка контролює перенесення маси з газу в рідку фазу. Для досягнення цієї мети використовуються різні апарати: скрубери Вентурі, порожнисті, пінні газопромивачі тощо.

Мокра очистка є спільною стратегією спалювання відходів у Центральній Європі, сьогодні в більшості випадків виконується як двоступенева установка з вхідним кислотним скрубером, за яким слідує нейтральна або слабо лужна очистка. Кислотний скрубер Вентурі знижує температуру димових газів від 180 -200 °С до 63 - 65 °С. Такі двостадійні системи мають дуже високою ефективністю видалення HF, HCl, HBr, ртуті і SO<sub>2</sub>.

Спочатку мокрі скрубери експлуатувалися зі скиданням рідких стоків, що вимагало подальшої нейтралізації і ефективного видалення будь-якого важкого металу або іншого токсичного забруднювача. Сьогодні стандарти щодо норм скидання стічних вод в каналізацію досить жорсткі і вимагають великих зусиль, особливо при наявності у стоках ртуті та кадмію. З'являється необхідність у встановлюванні додаткового очисного обладнання, що є одним з недоліків використання мокрих методів.

Сухі та напівсухі методи очищення викидів прості і дешеві і використовуються в багатьох установках по спалюванню сміття по всьому світу. У більшості випадків адсорбент або вводиться безпосередньо в газовий канал, або в розпилюється у об'ємі котла в сухому вигляді (сухий процес) або у вигляді суспензії (на-

півсухий процес). Очищаючі продукти в більшості випадків видаляються з димового газу за допомогою тканинного фільтра. Авторами доведена [5] ефективність очистки газових викидів від канцерогенних вуглеводнів, у тому числі від діоксинів, за допомогою каталізаторів платинової або паладієвої групи та сумісних адсорбційно-каталітичних процесів. Каталітична система очищення викидів забезпечить відповідність екологічним вимогам процесу термічної обробки відходів.

#### **Матеріали та методи.**

На першому етапі проводяться експерименти, що дозволяють встановити характер залежності ступеня очищення від температури, далі була визначена температура для ефективної роботи каталізатора, на заключному етапі отримані рівняння кінетики і їх параметри (константи швидкості реакції і енергія активації процесу).

Каталізатор вибирається з урахуванням наступних вимог:

- висока активність в реакції окислення різних сполук;
- висока механічна міцність;
- низький гідравлічний опір;
- висока теплопровідність;
- доступність;
- стійкість до контактних отрут (сірковмісних речовин).

Практичний інтерес представляють паладієвий каталізатор, я якості першого шару (попередня очистка) можна використовувати марганцеворудний каталізатор. При пошаровим завантаженні цих каталізаторів вони володіють всіма перерахованими вище властивостями.

Експерименти проводяться в такій послідовності:

- залежності ступеня очищення від температури окремо для кожного каталізатора і при пошаровим їх завантаженні;
- раціональної величини температури, необхідної для отримання якісної очистки.

Для всіх серій випробувань використовується один зразок каталізатора. Іноді в кожній серії дослідів проводилися повторні випробування для з'ясування, чи змінюється активність каталізатора під час його роботи. Як правило, результати таких повторних випробувань збігалися з результатами попередніх випробувань; відхилення найчастіше не перевищували 5%.

В ході кожного експерименту відбирали 3-5 проб, отримані результати усереднювати. Активність каталізатора визначалася за ступенем окислення вихідних компонентів. Ступінь очищення визначалася за формулою:

$$\theta = \frac{C_{вх} - C_{вих}}{C_{вх}} \cdot 100\% , \quad (1)$$

де  $C_{вх}$  – концентрація речовин на вході у реактор;

$C_{вих}$  – концентрація речовин на виході з реактора.

#### **Результати та їх обговорення.**

Було визначено основні технологічні параметри процесу очищення газових викидів:

- температура реакції;
- час контакту парів летючих органічних сполук з каталізатором;
- товщина шару каталізатора: паладієвого, марганцеворудного.

У більшості випадків термокatalітичне очищення викидів є ідеальним рішенням, оскільки воно дуже ефективно і економічно. У порівнянні з іншими технологіями, такими як термічне окислення, реакції кatalітичного окислення протікають при більш низькій температурі. Це означає менше навантаження на устаткування і зниження експлуатаційних витрат, що може принести значну економічну вигоду.

#### **Висновки.**

Доведена ефективність очистки газових викидів від канцерогенних вуглеводнів, у тому числі від діоксинів, за допомогою кatalізаторів платинової або паладієвої групи та сумісних адсорбційно-кatalітичних процесів. Кatalітична система очищення викидів забезпечить відповідність екологічним вимогам процесу термічної обробки відходів.

Прикладом ефективного використання кatalітичної очистки є кatalітичний апарат, який використовувався в установці термічного знешкодження муніципальних відходів. Реактор був заповнений кatalізатором, який підтвердив свою ефективність при остаточному розкладанні і допалюванні залишків важких вуглеводнів, оксидів вуглецю та інших органічних речовин, що важко розкладаються, на 95%, забезпечуючи сумарну ступінь очищення димових газів від органічних шкідливих речовин на високому рівні 99,0÷99,9%. Паралельно при розкладанні вуглеводнів на кatalізаторі відбувається відновлення частини оксидів азоту до молекулярного азоту. Робоча температура кatalізатора 550°C–650°C. Касети з кatalізатором періодично піддаються очищенню від пилу стисненим повітрям.

#### **ЛІТЕРАТУРА**

1. Todorova T., Petrova P., Kalvachev Y. Catalytic Oxidation of CO and Benzene over Metal Nanoparticles Loaded on Hierarchical MFI Zeolite. *Molecules*, 2021. 26. 5893. P.1–14.
2. Acres, G., Harrison, B. The Development of Catalysts for Emission Control from Motor Vehicles: Early Research at Johnson Matthey. *Topics in Catalysis*. 2004. Vol. 28. P.3–11.
3. Hongyi D., Shijin S., Rulong L., Jianxin W., Xiaoyan S., Hong H. Study of NOx selective catalytic reduction by ethanol over Ag/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalyst on a HD diesel engine. *Chemical Engineering Journal*. 2008. Vol. 135. P.195–201.
4. Moustakas Konstantinos and Loizidou Maria. Solid Waste Management through the Application of Thermal Methods. *Waste Management: InTech* / Edited by E. S. Kumar, 2010. P. 89-124.
5. Крот О.П., Ровенский А. И., Конев В. В. Термическая обработка твердых отходов, образовавшихся на железнодорожном транспорте. *Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту*. 2018. № 4 (76), С. 15–24.

УДК 355.58

## РОЗРОБКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ОСАДЖЕННЯ ГАЗІВ

Мельниченко А.С.<sup>1</sup>; Кустов М.В.<sup>1</sup>, д.т.н., доц.

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

**Вступ.** В багатьох галузях промисловості використовуються хімічні небезпечні речовини. При аваріях на таких підприємствах найбільшу загрозу становлять газоподібні небезпечні речовини. Це пов'язано із великою зоною хімічного забруднення атмосфери при їх викиді із технологічних апаратів. Якщо проаналізувати вміст небезпечних речовин на різних підприємства, то найбільшу кількість як раз становлять небезпечні гази аміак та хлор. Ці небезпечні речовини використовуються при виробництві добрив, очищення води та в якості хладоагентів. Такі галузі використання призводять до їх широкого територіального розповсюдження. Для локалізації викиду небезпечних газів та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій оперативно-рятувальні підрозділи використовують дрібнодисперсні розпилені струмені для осадження газу. Цей метод добре зарекомендував на практиці. Однак, для забезпечення безпеки роботи рятувальників в небезпечній зоні керівнику ліквідації аварії необхідно заздалегідь прогнозувати можливі сценарії розвитку аварії та зони хімічного забруднення.

**Постановка проблеми.** Так як процеси осадження газів дрібнодисперсними струменями відноситься до масообмінних процесів, то за основою для конструкції експериментальної установки повинна бути класична схема масообмінних апаратів. Однак необхідність паралельного дослідження просторової динаміки газів вимагає виконання установки відповідних габаритних розмірів.

**Матеріали та методи.** Відома зустрічнопоточна масо- та теплообмінна колона, яка представляє собою циліндричний корпус для взаємодії зустрічних потоків диспергованої рідини та газу, має штуцери підводу та відводу потоків, в корпусі розміщено розпилювач рідини [1]. Суттєвим недоліком цих абсорберів є зустрічно-поточна схема руху газу та рідини в середині корпусу апарату, що приводить до виносу рідинного аерозолю потоком газу, порушення рівномірності розподілу рідини по об'єму камери; також існують обмеження по дисперсності рідинного аерозолю.

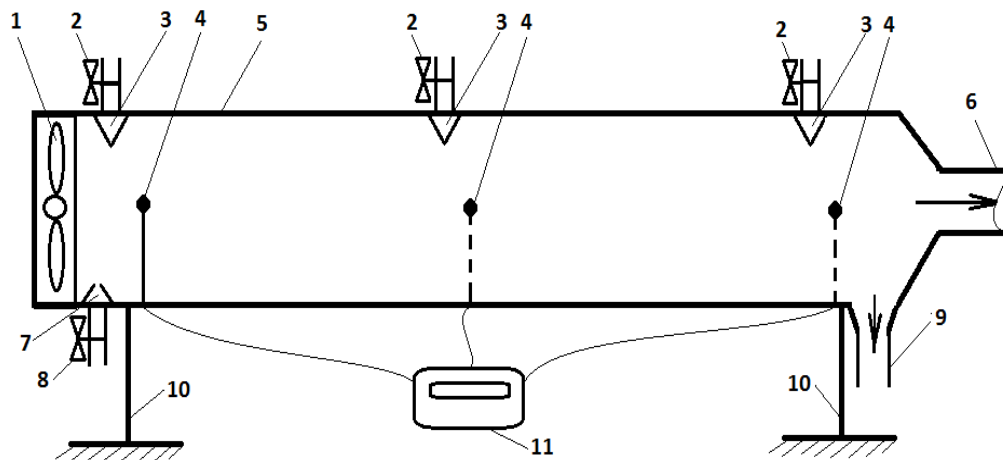
Недолік виносу крапель рідини газовим потоком вирішено за рахунок використання прямоточного абсорберу, який складається з корпусу, штуцера входу та виходу газу та штуцера входу та виходу рідини (абсорбенту), розподілювача потоку рідини, масообмінної секції, каплевідбійника [2].

Недоліком цього пристрою є нерівномірність контакту газу з рідиною по об'єму камери за рахунок наявності масообмінних секцій, що ускладнює дослідження кінетики процесу масообміну. Крім того в абсорбері відсутня вимірювальна газоаналізуюча апаратура для контролю процесу абсорбції та відсутня можливість зміни дисперсності аерозолю. Також дана конструкція не дозволяє досліджувати процеси осадження твердих продуктів горіння.

Найбільш близьким до зазначених вище вимог є камера для дослідження процесів масообміну, яка складається з вертикального герметичного корпусу, вентилятору, запірної арматури, форсунок для подачі води, газоаналізаторів та відсіку для горіння [3].

Недоліком такої камери є її вертикальна конструкція, що не дозволяє проводити дослідження процесів сорбції газів при їх горизонтальному розповсюдженні, відсутня можливість моделювання різної швидкості повітряного потоку та відсутня можливість виміру горизонтального розповсюдження газу.

В основу розробленої експериментальної установки покладене завдання створення камери для дослідження процесів сорбції газів, яка дозволить моделювати умови контакту рідинних аерозолів та газів (парів) при різних фізико-хімічних умовах процесу, яка не матиме вищенаведених недоліків, тобто забезпечуватиме горизонтальне розповсюдження газів при різній швидкості повітряного потоку, забезпечить подачу рідинного аерозолу в довільному місці на шляху розповсюдження газу та надасть змогу виміру просторового розповсюдження газу за трьома координатами (рис. 1).



**Рисунок 1 – Схема камери для дослідження процесів сорбції газів: 1 – вентилятор; 2 – рідинні запірні крани; 3 – рідинні форсунки; 4 – газоаналізатори; 5 – корпус; 6 – відвідний газовий патрубок; 7 – газова форсунка; 8 – газовий запірний кран; 9 – відвідний рідинний патрубок; 10 – кріплення; 11 – блок індикації газоаналізаторів.**

Поставлене завдання вирішується за рахунок того, що камера для дослідження процесів сорбції газів, яка має циліндричну форму та виконана в герметичному виконанні, розміщена у вигляді горизонтальної труби. В якості розпилювачів використовуються з'ємні цільнофакельні форсунки з регулюванням інтенсивності та дисперсності потоку. З одного боку камера додатково обладнується вентилятором для руху газового середовища, з протилежного боку камера обладнана патрубком для виводу газового середовища у безпечне місце та зливним патрубком для відведення рідини. [4]

Для візуального контролю процесу абсорбції камера (рис. 1) герметичного циліндричного корпусу 5 виконана з прозорою стінкою. Корпус камери 5 розміщено на кріпленнях 10. В верхній частині камери розміщені з'ємні цільнофакельні рідинні форсунки 3 з можливістю регулювання інтенсивності та дисперсності потоку. З'ємне виконання рідинних форсунок дозволяє змінювати місце розташування та їх кількість, що дає змогу досліджувати процеси сорбції газів рідинними аерозолями різної інтенсивності на різних етапах розповсюдження газової хмари. Рідинні форсунки 3 обладнані рідинними запірними кранами 2 для регулювання потоку рідини. Для моделювання газового потоку по об'єму камери з одного боку корпусу 5 встановлено повітряний вентилятор 1 зі змінною інтенсивністю обер-



тання. Протилежний бік корпусу 5 обладнано патрубком 6 для відведення газового середовища із камери до небезпечного місця. Встановлені в довільному місці корпусу 5 газоаналізатори 4 дозволяють контролювати концентрацію газу в об'ємі камери. Кількість та місце розміщення газоаналізатору може змінюватись. Дані від мережі газоаналізаторів поступають до блоку індикації 11, де вони обробляються та візуалізуються. З одного боку корпусу 5 розміщено газову форсунку 7 для подачі газу в об'єм камери. Для регулювання інтенсивності подачі газу крізь форсунку 7 на її вході розміщено газовий запірний кран 8. Відпрацьована рідина зливається з камери крізь відвідний рідинний патрубок 9.

Методика проведення експериментальних досліджень на установці (рис. 1) полягає у наступному. Крізь форсунку 7 в камеру 5 подається газ, що досліджується. Інтенсивність подачі газу регулюється газовим запірним краном 8. Швидкість руху газу вздовж камери 5 регулюється обертами вентилятора 1, який ініціює рух газу від форсунки 7 до патрубку 6 для відведення газового середовища із камери в небезпечне місце, наприклад під витяжну шафу. Горизонтальний розподіл концентрації газу вимірюється газоаналізаторами 4, розміщеними уздовж камери 5. Дані вимірів газоаналізаторів 4 виводяться до блоку індикації 11. Вздовж корпусу 5 встановлені рідинні форсунки 3, крізь які подається рідинний потік в об'єм камери. За допомогою форсунок 3 змінюється дисперсність потоку, а інтенсивність рідинного потоку регулюється запірними кранами 2. Відпрацьована рідина стікає по нижній частині камери до відвідного рідинного патрубку 9. При проході газової хмари крізь рідинний аерозольний потік відбувається сорбція газу, інтенсивність процесу сорбція визначається порівнянням розподілу концентрація газової хмари при всіх рівних умовах окрім відсутності та наявності рідинного потоку.

**Висновки.** Розроблена камера дозволяє імітувати розповсюдження газів в повітрі технологічного апарату та довільне розповсюдження в атмосфері. При виборі граничних значень швидкості нагнітання повітря та інтенсивності подачі рідини слід звертати увагу на габаритні властивості розробленої установки. Зазначені вище параметри обираються з урахуванням інертності спрацювання газоаналізаторів. Тобто динаміка просторової зміни концентрації газу в камері не повинна перевищувати інерційності роботи газоаналізаторів. Відповідно збільшення розмірів експериментальної камери дозволить розширити граничні значення досліджуємих параметрів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Bell K. J. Heat Exchanger Design for the Process Industries. *ASME. Journal Heat Transfer*. 2004. V. 126(6). P. 877–885. doi: 10.1115/1.1833366
2. Tang L., Cao F., Li Y., Bao J., Ren Z. High performance mid-temperature selective absorber based on titanium oxides cermet deposited by direct current reactive sputtering of a single titanium target. *Journal of Applied Physics*. 2016. V. 119. P. 045102. doi: 10.1063/1.4940386
3. Merentsov N. A., Golovanchikov A. B., Topilin M. V., Persidskiy A. V., Tezиков D. A. Mass transfer apparatus for a wide range of environmental processes. *IOP Publishing. Journal of Physics: Conference Series*. 2019. V. 1399. P. 055028. doi: 1088/1742-6596/1399/5/055028
4. Hua, A. K., Lakey, P. S., Shiraiwa, M. Multiphase Kinetic Multilayer Model Interfaces for Simulating Surface and Bulk Chemistry for Environmental and Atmospheric Chemistry Teaching. *Journal of Chemical Education*, 2022, 99(3), 1246–1254. doi: 10.1021/acs.jchemed.1c00931

УДК 621.436

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗГОРЯННЯ В ОПОЗИТНОМУ ВИСОКОФОРСОВАНОМУ ДВОТАКТНОМУ ДИЗЕЛЬНОМУ ДВИГУНІ З ПРОТИЛЕЖНО-РУХОМИМИ ПОРШНЯМИ

Парсаданов І.В., д.т.н., проф.<sup>1</sup>; Лал А.Г.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,  
Харків, Україна

**Вступ і постановка проблеми дослідження.** Хімічна енергія палива перетворюється в теплову в результаті його згоряння в циліндрі двигуна. Для повного і швидкого згоряння необхідно якісне змішування палива і повітря. Проте для високофорсованого опозитного двотактного дизельного двигуна з протилежним рухом поршнів вкрай актуальною є задача оптимізації розподілу палива по об'єму камери згоряння з недопущенням потрапляння палива на стінку камери та зіткнення струменів у пристінкових потоках, що при максимальних навантаженнях негативно впливатиме на енергетичні, економічні та екологічні показники двигуна.

**Мета дослідження.** На основі аналізу та узагальнення виконаних теоретичних і практичних досліджень запропонувати умови організації процесу згоряння двотактного дизеля, що дозволяють забезпечити підвищення ефективності згоряння в високофорсованих двигунах з протилежно-рухомими поршнями.

**Об'єкт дослідження.** Особливості організації процесу згоряння у опозитному високофорсованому двотактному дизельному двигуні з протилежно-рухомими поршнями.

**Предмет дослідження.** Процеси сумішоутворення та згоряння в опозитному високофорсованому двотактному дизелі; впливові фактори, що дозволяють забезпечити найкращі умови розподілу палива в камері згоряння.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** У двотактних дизельних двигунах із зустрічним рухом поршнів сумішоутворення відбувається в більш складних умовах порівняно з традиційними 4-тактними двигунами. Розпилювач палива неможливо встановити в центрі камери згоряння (КЗ) через відсутність головки блоку циліндрів, а сама КЗ утворюється між днищами поршнів при їх максимальному зближенні. Впорскування палива відбувається з периферії (рис. 1).

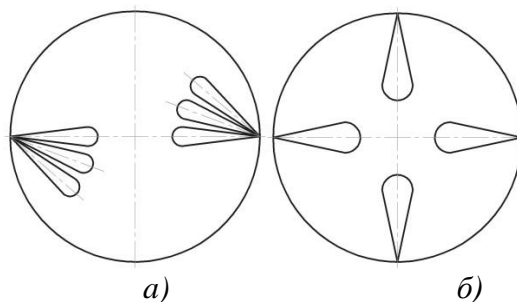
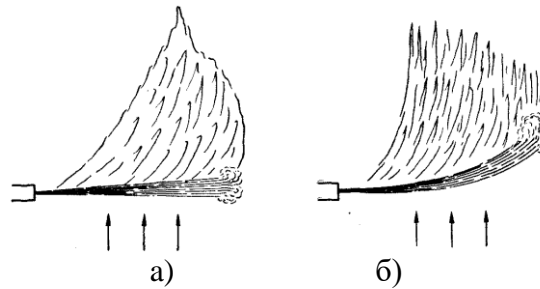


Рисунок 1 – Розташування паливних форсунок по периферії камери згоряння: а – 2 розпилювачі з трьома розпилювальними отворами; б – 4 розпилювачі з одним отвором

Струмінь палива рухається лише на самому початку руху під дією енергії палива. Після виходу з розпилювального сопла на розвиток струменя значною мірою впливає рух повітряного заряду. При менших швидкостях його рух впливає тільки на оболонку факела із дрібними краплями, відбувається розвіювання струменя (рис. 2, а). При більш високих швидкостях, характерних для двотактних двигунів з наявністю тангенціального вихору, відхиляється і ядро струменя (рис. 2, б).

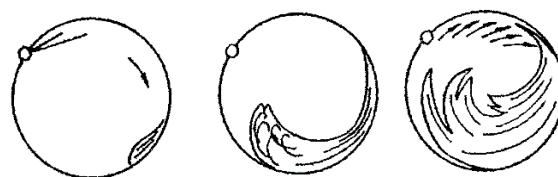


**Рисунок 2 – Вплив руху повітряного заряду на струмінь палива**

При цьому рівномірне розпилення палива забезпечується не тільки використанням кількох розпилювачів, а й відносно значними тангенціальними та осьовим повітряними завихреннями, які створюються завдяки спеціальному профілюванню впускних вікон у гільзі циліндра та зустрічному руху поршнів. Інтенсивність руху вихору в КЗ оцінюється вихровим числом яке є відношенням швидкості обертання повітряного заряду в камері згоряння до швидкості обертання колінчастого валу [1]. Існують оптимальні значення вихрового числа при якому досягаються найкращі показники потужності та економічності.

При цьому спалахування може відбутися тільки в тих зонах, де пари палива з повітрям утворюють склад суміші, що знаходиться у межах горючості. Зона з необхідною концентрацією палива в суміші може утворитися тільки в тих місцях КЗ, де утворюються пари впорснутого й розпиленого палива. Ця зона завжди буде знаходитися між ядром струменя й областю переходу суміші у повітря. Умови для спалахування в середині струменя несприятливі, бо концентрація рідкого палива найбільша, а температура нижче внаслідок випаровування одночасно великої кількості крапель [2].

Дослідження [3,4,5] вказують на те, що при здійсненні повітряним зарядом колового руху на гарячу стінку (до певних значень температури стінки КЗ), паливо згоряє повністю й швидко, попри відсутності рівномірного розподілу по об'єму. Це пояснюється тим, що полум'я виникає на відстані від форсунки й потім розповсюджується по об'ємі КЗ, при цьому рух полум'я спіралеподібний й воно швидко спрямовується до центру КЗ. Гарячі і менш щільні продукти згоряння переносяться до центру, внаслідок цього більш холодне повітря витісняється з центру до периферії і забезпечує біля стінки необхідний для згоряння кисень.



**Рисунок 2 – Горіння в потенційному вихорі**

Температура стінок КЗ у форсованих двотактних дизельних двигунах може досягати 950°C і вище. Це призводить до значних температурних навантажень на елементи поршня та сприяє коксуванню палива при його контакті зі стінкою камери [1]. При об'ємному сумішоутворенні температура стінок слабше впливає на характер згоряння. У вітчизняних двигунах паливо впорскується проти повітряного вихору. З урахуванням значного впливу повітряного вихору на динаміку розвитку струменя, це покращує рівномірність розподілу палива в повітрі.

Слід зазначити що при зростанні температурі стінки значний вміст парів палива поблизу стінок може призводити до утворення сажі без тепловиділення. І дійсно, в місцях контакту струменів із перегрітою стінкою виявляються значні тверді відкладення сажі, причому ці відкладення мають характер коксу, отриманого в результаті крекування палива. Це впливає на зменшення тепловиділення і, як наслідок, корисної роботи, погіршує економічність та екологічність двигуна.

На практиці, особливо при збільшенні циклових подач палива при форсуванні двигуна порушуються оптимальні умови поєднання температури стінки КЗ та руху заряду. Це може призводити до неповного горіння, зниження потужності, збільшення витрати палива, утворенням утворення шкідливих речовин – СО, альдегідів, та сажі, отриманої в результаті крекування палива. Зазначений негативний ефект не може бути усунений тільки зміною температури стінки, якщо одночасно не усувається головна його причина, а саме, зміна орієнтації паливного струменя і форми камери згоряння, збільшення постачання повітря в зону згоряння палива. Якщо температура стінки та швидкість повітря обрані правильно, то ефективність згоряння збільшується, потужність дизельного двигуна зростає, покращуються економічні і екологічні показники.

**Висновки.** Підвищення ефективності і подальше форсування вітчизняних опозитних двотактних дизелів з протилежним рухом поршнів разом із вибором параметрів і характеристик систем паливоподачі та повітропостачання, конструкції камери згоряння, пов'язано із уникненням контакту палива із стінкою камери при збільшених циклових подачах, що в комплексі забезпечить найбільшу ефективність робочого процесу та, відповідно, поліпшення енергетичних, економічних та екологічних показників.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Марченко А.П., Рязанцев М.К., Шеховцов А.Ф. Двигуни внутрішнього згоряння : серія підручників у 6 т. Т. 1 : Розробка конструкцій форсованих двигунів наземних транспортних машин: підручник / ред.: А.П. Марченко, А.Ф. Шеховцов. Харків: Прапор, 2004. 384 с.
2. Дитинкокін Ю.Ф., Клячко Л.А., Новиків Б.В. Розпилювання рідин. Машина, 1977. 208 с.
3. Woschni G., Spidler W., Kolesa K. Heat insulation of combustion chamber walls – a measure to decrease the fuel consumption of I.C. engines. *SAE Technical Paper Series*. 1987. № 870339. 11 pp.
4. Сукачов І.І. Поліпшення паливної економічності форсованих дизелів шляхом узгодження характеристик впорскування палива та форми камери згоряння: дис. ... канд. техн. наук. : спец. 05.05.03. Харків, 2005. 233 с.
5. Марченко А.П., Шпаковский В.В., Пильов В.В., Матвеєнко В.В., Обозний С.В. Оцінка температурного стану стінки камери згоряння поршня з шаром нагару. *Двигатели внутреннего сгорания*. 2012. № 2. С. 37-41.

УДК 614.8

## ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ШЛЯХОМ ВИЗНАЧЕННЯ ОБ'ЄМУ ПОЖЕЖНИХ ВОДОЙМИЩ

Петухова О.А.<sup>1</sup>, к.т.н., доц.; Добринська В.Є.<sup>1</sup>; Кулеш Д.П.<sup>1</sup>

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

Експлуатація ємнісних елементів безводопровідного водопостачання в режимі очікування та при виконанні їх функціонального призначення може мати значний вплив на навколишнє середовище. Відповідно до вимог нормативних документів, реальних обставин мирного життя та особливо в умовах воєнного стану використання елементів безводопровідного водопостачання для забезпечення успішного гасіння пожеж є актуальним. Реалізація цього можлива багатьма способами, одним з яких є влаштування пожежних водоймищ (ПВ) або пожежних резервуарів. Основними вимогами до таких елементів є наявність достатньої для успішного гасіння пожежі кількості води у будь-яку пору року, пристосування цих елементів до можливості забору з них води пожежною технікою та наявність показників, на яких вказується об'єм доступної кількості води та кількість пожежної техніки, яка може одночасно встановлюватися на майданчику біля водоймищ [1-3].

Забезпечення надійної роботи пожежних резервуарів здійснюється на всіх етапах їх життя: при проєктуванні (додержанням вимог нормативних документів), при будівництві (реалізацією всіх запроєктованих рішень) та під час експлуатації (постійним виконанням умов безпечної експлуатації та вчасним проведенням відповідного технічного обслуговування).

На етапі проєктування ПВ обов'язковими вимогами є наступні [1]: об'єм ПВ визначається з урахуванням розрахункових витрат води, тривалості гасіння пожежі, можливого випаровування та утворення льоду (для відкритих ПВ); повинний бути забезпечений вільний під'їзд пожежних машин з майданчиками (пірсами), а поблизу встановлені показники; кількість ПВ повинна бути не менш двох, при цьому в кожному з них слід зберігати 50 % об'єму води на пожежогасіння; відстань від ПВ до об'єктів захисту повинна бути не більше 100 ÷ 200 м (залежно від наявності пожежних автомобілів з пожежними насосами або мотопомп), не менш 10 ÷ 40 м (залежно від ступеню вогнестійкості та інших характеристик найближчих будівель).

Реалізація цих вимог при побудуванні та експлуатації ПВ може забезпечити їх тривалу безпечну для навколишнього середовища та надійну роботу, а також виконання всіх призначень, але існують ще багато способів та напрямків підтримання надійної роботи ПВ, одним з яких є об'єднання за призначенням водоспоживачів, що підключені до водоймища. Реалізація цього напрямку забезпечить постійну працездатність ПВ та відповідну надійність його з забезпечення умов успішного гасіння пожежі.

При проєктуванні ПВ, що обслуговують декількох водоспоживачів (господарсько-питні або виробничі потреби, пожежогасіння), їх об'єм розраховується ([1], п. 13.1.1):

$$W_{\text{ПВ}} = W_{\text{рег}} + W_{\text{НЗ}}, \text{ м}^3, \quad (1)$$

де  $W_{\text{рег}}$  – регулюючий об'єм, м<sup>3</sup>;  
 $W_{\text{нз}}$  – об'єм недоторканного запасу води, м<sup>3</sup>.

Розрахунок регулюючого об'єму ПВ здійснюється табличним або аналітичним способами [2]. В залежності від місця розташування ПВ величина регулюючого об'єму може змінюватися в значному діапазоні. Економічно обґрунтованим варіантом є такий, при якому величина регулюючого об'єму не перебільшує 20 % від добового водоспоживання всіх підключених водоспоживачів.

Для визначення регулюючого об'єму резервуарів проводиться аналіз режиму споруд, які забезпечують подачу води до ПВ та забір води з нього. Реалізація табличного способу виконується заповненням відповідної таблиці, в якій аналіз наповнення – спорожнення ПВ здійснюється щогодини протягом доби. За результатами цього аналізу визначається коефіцієнт нерівномірності, який дозволяє визначити величину регулюючого об'єму за формулою:

$$W_{\text{рег}} = \frac{K Q_{\text{розр}}}{100}, \text{ м}^3, \quad (2)$$

де  $K = (\max " + ") + (|\max " - |)$  – коефіцієнт, що складається зі значень, які визначені за результатами останньої колонки таблиці 1;

$Q_{\text{розр}}$  – розрахункові витрати води за добу максимального водоспоживання, м<sup>3</sup>/доб.

При недостатності даних щодо режимів роботи споруд до та після ПВ, розрахунок регулюючого об'єму здійснюється за формулою:

$$W_{\text{рег}} = Q_{\text{розр}} \left[ 1 - K_{\text{н}} + (K_{\text{год}} - 1) \left( \frac{K_{\text{н}}}{K_{\text{год}}} \right)^{\frac{K_{\text{год}}}{(K_{\text{год}} - 1)}} \right], \text{ м}^3, \quad (3)$$

де  $K_{\text{н}}$  – відношення максимального годинного наповнення ПВ до середньої годинної витрати у добу максимального водоспоживання;

$K_{\text{год}}$  – коефіцієнт годинної нерівномірності відбору води з ПВ, який визначається як відношення максимального годинного відбору води з ПВ до середньої годинної витрати у добу максимального водоспоживання.

Таким чином, є три варіанти визначення регулюючого об'єму ПВ:

– перший варіант: регулюючий об'єм ПВ дорівнює 20 % добового водоспоживання;

– другий варіант: регулюючий об'єм ПВ розраховується за формулою (2), в якій коефіцієнт визначається табличним способом;

– третій варіант: регулюючий об'єм ПВ розраховується за формулою (3).

Для проведення аналізу доцільності використання будь-якого з варіантів, був виконаний розрахунок регулюючого об'єму резервуару, який розташований між насосними станціями першого та другого підйомів поблизу населеного пункту з розрахунковою витратою води за добу максимального водоспоживання:  $Q_{\text{розр}} = 6800 \text{ м}^3/\text{доб}$ .

За першим варіантом регулюючий об'єм ПВ становить наступне:

$$W_{\text{рег}} = \frac{20 \cdot Q_{\text{розр}}}{100} = \frac{20 \cdot 6800}{100} = 1360 \text{ м}^3.$$

Для реалізації другого варіанту заповнюється таблиця 1.

**Таблиця 1 – Другий варіант визначення регулюючого об'єму ПВ**

Години доби	Режим роботи споруди, що подає воду до ПВ, %	Режим роботи споруди, що забирає воду з ПВ, %	Погодинне наповнення (+) – спорожнення (-) ПВ, %	Залишок у ПВ, %
0 – 1	4,16	1,5	2,66	2,66
1 – 2	4,16	1,5	2,66	5,32
2 – 3	4,16	4,567	-0,407	4,913
3 – 4	4,16	4,567	-0,407	4,506
4 – 5	4,16	4,567	-0,407	4,099
5 – 6	4,16	1,5	2,66	6,759
6 – 7	4,16	4,567	-0,407	6,352
7 – 8	4,16	4,567	-0,407	5,945
8 – 9	4,17	4,567	-0,397	5,548
9 – 10	4,17	4,567	-0,397	5,151
10 – 11	4,17	4,567	-0,397	4,754
11 – 12	4,17	4,567	-0,397	4,357
12 – 13	4,17	4,567	-0,397	3,96
13 – 14	4,17	4,566	-0,396	3,564
14 – 15	4,17	7,5	-3,33	0,234
15 – 16	4,17	7,5	-3,33	-3,096
16 – 17	4,17	7,5	-3,33	-6,426
17 – 18	4,17	4,566	-0,396	-6,822
18 – 19	4,17	4,566	-0,396	-7,218
19 – 20	4,17	4,566	-0,396	-7,614
20 – 21	4,17	4,566	-0,396	-8,01
21 – 22	4,17	1,5	2,67	-5,34
22 – 23	4,17	1,5	2,67	-2,67
23 – 24	4,17	1,5	2,67	0
Всього	100	100	–	–

За результатами розрахунку таблиці 1 визначається коефіцієнт К:

$$K = (\max "+" ) + (|\max "-" |) = 6,759 + 8,01 = 14,769$$

де  $\max "+" = 6,759$  – найбільше позитивне число останньої колонки;  
 $\max "-" = 8,01$  – найбільше за модулем негативне число.  
 Регулюючий об'єм ПВ визначається:

$$W_{\text{рег}} = \frac{K \cdot Q_{\text{розр}}}{100} = \frac{14,769 \cdot 6800}{100} = 1004 \text{ м}^3.$$

За третім варіантом регулюючий об'єм ПВ визначається:

$$W_{\text{рег}} = 6800 \left[ 1 - 1 + (1,8 - 1) \left( \frac{1}{1,8} \right)^{\frac{1,8}{(1,8-1)}} \right] = 1450 \text{ м}^3,$$

де  $K_n = 1$  – коефіцієнт, що характеризує нерівномірність подачі води до ПВ;  
 $K_{\text{год}} = 1,8$  – коефіцієнт, що характеризує нерівномірність забору води з ПВ.

Аналіз результатів розрахунку регулюючого об'єму ПВ за трьома варіантами показав, що для прийнятого прикладу, різниця у значеннях складає:

- між варіантом 1 та 2: 26 %;
- між варіантом 1 та 3: 6 %;
- між варіантом 2 та 3: 30 %.

Зрозуміло, що при реалізації табличного способу розрахунку враховується фактичний режим роботи споруд до та після ПВ, тому результат розрахунку є мінімальним та при цьому таким, що фактично забезпечить умови успішного гасіння пожежі. При недостатності даних для реалізації такого способу розрахунку, буде використаний варіант 1 або 3, що значно збільшить капітальні затрати на побудування ПВ та вартість експлуатаційних затрат за багатьма причинами, однією з яких є щодобові втрати води із-за неточності розрахунків.

Зменшення можливого впливу на навколишнє середовище, надійність роботи ПВ забезпечується на стадії їх проектування, при будівництві та під час експлуатації. Об'єднання водоспоживачів, що обслуговуються ПВ, при правильному визначенні основних розрахункових характеристик ПВ, забезпечують виконання умов їх безпечної для навколишнього середовища експлуатації та успішного пожежогасіння. Реалізація трьох варіантів визначення регулюючого об'єму ПВ показала, що результат коливається в межах 6 – 30 %, що значно впливає на вартість будівництва та експлуатації ПВ, при цьому надійність, ефективність та безпечність не змінюються, а ПВ здатне зберігати достатню кількість води для забезпечення умов успішного гасіння пожежі знаходячись в постійно працездатному стані.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.5-74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. [Чинний від 01-01-14]. – Київ: Мінрегіон України, 2013. 172 с. (Державні будівельні норми України).
2. Петухова О.А., Горносталь С.А., Уваров Ю.В. Спеціальне водопостачання: підручник. Харків: НУЦЗУ, 2015. 256 с.
3. Петухова О.А., Добринська В.Є. Влаштування пожежних водоймищ та їх вплив на екологічну та техногенну безпеку територій. *Подолання екологічних ризиків та загроз для довкілля в умовах надзвичайних ситуацій-2022: 2022 рік: матеріали I Міжнародної наук.-практ. конф., 26–27 травня 2022 р.* Полтава: Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2022. С. 472-474



УДК 621.436

## ПОКРАЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОСТІ ДИЗЕЛІВ З ГІДРОМЕХАНІЧНОЮ ПАЛИВНОЮ АПАРАТУРОЮ ЗАСТОСУВАННЯМ ДВОСТАДІЙНОГО ВПОРСКУВАННЯ ПАЛИВА В ЦИЛІНДР

Прохоренко А.О.<sup>1</sup>, д.т.н., проф.; Кравченко С.С.<sup>1</sup>, к.т.н., доц.;  
Кузьменко А.П.<sup>2</sup>, к.т.н., доц.; Солодкий Є.І.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,  
Харків, Україна;

<sup>2</sup>Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків, Україна

**Вступ.** Як вже добре відомо, в сучасних дизельних двигунах ефективним засобом зниження шуму їхньої роботи та викидів з відпрацьованими газами (ВГ) NOx без погіршення економічності є застосування двоступінчастого впорскування палива [1,2]. Такий закон паливоподачі приводить до двостадійного, порціонно рознесеного в часі процесу згоряння палива в циліндрі. При цьому попередня або пілотна порція палива служить для додаткового «розігріву» повітря на такті стиснення, що значно зменшує період затримки займання основної порції палива (а отже – і кількості палива, що випаровується за цей період). Це сприятливо позначається на зниженні рівня шуму згоряння (знижується максимальна швидкість наростання тиску в циліндрі) і витрати палива, і навіть на зменшенні емісії NOx і СН. Багатостадійне впорскування палива застосовується сучасних дизелях з паливною системою типу Common-Rail.

Проте виконаний аналіз показує, що переважна більшість дизельних двигунів, які експлуатуються в Україні, використовують традиційні системи подачі палива гідро-механічного типу, у яких не реалізують двостадійне впорскування, а адаптація сучасних паливних систем типу CR для таких двигунів є досить складною задачею, оскільки алгоритми їх керування є комерційними секретами (know-how) фірм.

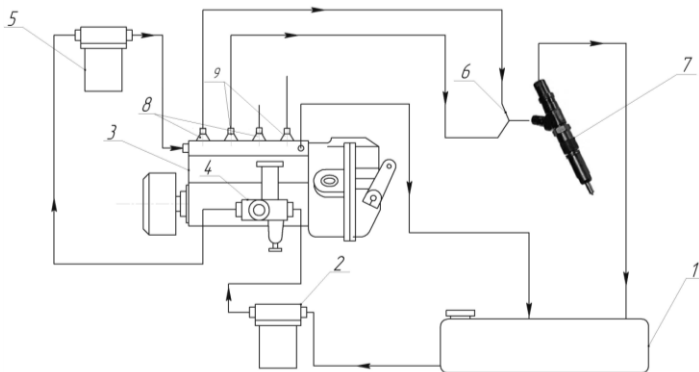
**Метою дослідження** є покращення показників екологічності транспортних дизелів з гідромеханічною системою паливоподачі шляхом забезпечення можливості двостадійної подачі палива.

**Розробка системи двостадійного впорскування палива гідромеханічного типу.** В основу розробки методу, поставлена задача вдосконалення гідромеханічної системи паливоподачі дизелів транспортних засобів шляхом забезпечення можливості двостадійної подачі палива з обмеженим втручанням в конструкцію дизеля, що дозволить отримати значне покращення екологічних показників дизеля.

Ця задача може бути вирішена тим, що паливний насос високого тиску обладнається додатково секціями високого тиску, які працюють на нагнітання палива для пілотного впорскування. Кулачки валу приводу цих секцій випереджають кулачки валу основних секцій на 2-10 град. п.кул.в.

Структурна схема такої системи паливоподачі двостадійного впорскування палива показана на рис. 1. Паливний насос високого тиску 3 має число секцій високого тиску в два рази більше, ніж число циліндрів двигуна. При цьому, половина секцій високого тиску ПНВТ налаштовується та працює на нагнітання палива для пілотного впорскування, а друга половина – для основного впорскування, за-

безпечуючи необхідну циклову подачу. В результаті на один циліндр працюють дві секції високого тиску паливного насосу.



**Рисунок 1 – Структурна схема гідромеханічної ПА двостадійного впорскування [3]**

**1 – паливний бак, 2,5 – фільтр грубого та тонкого очищення палива, 3 – паливний насос високого тиску зі збільшеним числом секцій високого тиску, 4 – паливопідкачувальний насос, 6 – трійник паливопроводу високого тиску, 7 – гідромеханічні форсунки**

Трійник 6 сполучає лінії високого тиску секції пілотно-го (попереднього) та основ-ного впорскування.

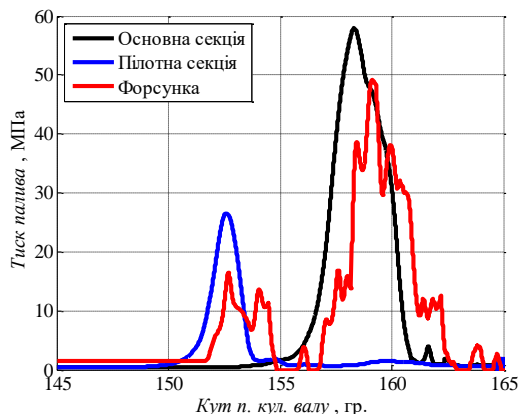
Така організація дво-стадійного впорскування палива гідромеханічною паливною апаратурою, на наш погляд, дозволить досягти зниження викидів оксидів азоту дизелем та шуму його роботи зі збереженням рівня індикаторних та ефективних показників.

Для перевірки праце-здатності запропонованої системи двостадійної подачі палива та підтвердження можливості досягнення нею

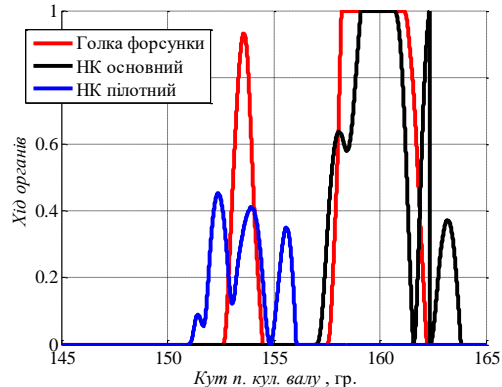
заявлених параметрів було виконано розрахункові дослідження на основі математичного моделювання гідромеханічних процесів у цій системі.

В якості інструмента для досліджень використано математичну модель паливної системи високого тиску дослідницького одноциліндрового дизеля Ч12/14 [4].

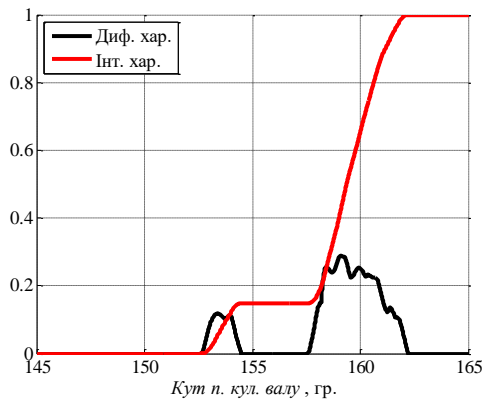
**Результати математичного моделювання.** Тестові результати розрахун-ків за даною математичною моделлю для режиму роботи системи при частоті обертання кулачкового валу  $650 \text{ хв}^{-1}$  та повній подачі палива наведено на рис. 2-4. На цих рисунках проілюстровані основні параметри роботи системи впорскування високого тиску: зміна тиску палива у надплунжерних порожнинах основної та пі-лотної секцій ПНВТ; зміна тиску палива у форсунці; закони переміщення нагніта-льних клапанів (НК) основної та пілотної секцій ПНВТ; закон переміщення голки форсунки; диференціальна та інтегральна характеристики впорскування.



**Рисунок 2 – Тиск палива у надплунже-рних порожнинах та в кармані розпи-лювача форсунки**



**Рисунок 3 – Відносне переміщення НК та голки форсунки**



**Рисунок 4 – Відносні диференціальна та інтегральна характеристики впорскування**

плунжерній порожнині – 26,5 МПа; тривалість впорскування пілотної дози близько 2 град. п.кул.в., основної – 4,7 град. п.кул.в.

При виконанні розрахунків кут геометричного початку нагнітання був встановлений у значення 157 град. п.кул.в. для обох секцій високого тиску відносно власних кулачків. Кут між геометричним початком нагнітання пілотної та основної секції (кут заклинки кулачків) прийнятий у значенні 5 град. п.кул.в.

**Висновки.** За результатами виконаного дослідження можна зробити наступні висновки:

1. Для гідромеханічної системи паливоподачі високого тиску дизеля запропоновано реалізація способу двостадійного впорскування палива у циліндр.

2. При частоті обертання кулачкового валу  $650 \text{ хв}^{-1}$  та повній подачі палива система високого тиску забезпечує двостадійне впорскування з такими показниками: загальна циклова подача палива  $64 \text{ мм}^3/\text{цикл}$ , пілотна доза –  $9 \text{ мм}^3/\text{цикл}$  (що складає 16% від загальної циклової подачі); максимальний тиск впорскування 49 МПа при максимальному тиску 58 МПа у надплунжерній порожнині; максимальний тиск впорскування пілотної дози – 16,5 МПа при тиску, досягнутому у надплунжерній порожнині – 26,5 МПа; тривалість впорскування пілотної дози близько 2 град. п.кул.в., основної – 4,7 град. п.кул.в.

3. Застосування запропонованої модифікації паливної системи транспортних дизелів сприятливо позначається на зниженні рівня шуму та зменшенні емісії  $\text{NO}_x$  і  $\text{CH}$  з відпрацьованими газами.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Klaus Mollenhauer, Helmut Tschoeke. Handbook of Diesel Engines. Springer, 2010. 636 p. ISBN 978-3-540-89082-9, DOI 10.1007/978-3-540-89083-6
2. Современные дизели: повышение топливной экономичности и длительной прочности: Под ред. А.Ф. Шеховцова. К.: Техніка, 1992. 272 с.
3. Пат. 150726 Україна, МПК (2022.01) F02D 41/10, F02D 1/00 (2006.01), F02M 45/02 (2006.01). Система двостадійного впорскування палива за допомогою гідромеханічної паливної апаратури / Прохоренко А.О., Кравченко С.С., Солодкий Є.І., Кожушко А.П., Шуба І.В.; власник Прохоренко А.О.. – № у 2021 06729; заявл. 29.11.2021; опубл. 30.03.2022, Бюл. № 13. — 3 с. : іл.
4. Прохоренко А.О., Кравченко С.С., Карягін І.М., Вовк Є.Г., Думенко П.І. Розробка універсального електронного регулятора частоти обертання колінчастого валу дизеля. *Двигатели внутреннего сгорания*. Харьков: НТУ «ХПИ», 2017. №2. С. 35-39.

УДК 628.46

## ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ВІД ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ КОНТЕЙНЕРІВ ДЛЯ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

Рашкевич Н.В.<sup>1</sup>, PhD; Майборода Р.І.<sup>1</sup>; Отрош Ю.А.<sup>1</sup>, д.т.н., проф.

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

**Вступ.** В Україні практика збору та поводження з побутовими відходами не забезпечує нормальні умови життєдіяльності населення, належного рівня санітарного очищення населених пунктів, ресурсозбереження, охорони компонентів навколишнього природного середовища від шкідливих та небезпечних впливів. Питомі обсяги відходів з кожним роком зростають, змінюється їх якісний склад – це впливає на потреби та ефективність використання сучасних технологій захисту довкілля. А також створюється загроза пожежної небезпеки територій.

Побутові відходи, зазнаючи складних перетворень з виділенням небезпечних речовин в газоподібному та рідкому стані, проходять довгий життєвий цикл. Збір відходів до спеціальних контейнерів є одним із перших етапів життєвого циклу. Зараз не можливо уявити територію житлового будинку або місця громадського відпочинку без ємкостей для сміття. Їх наявність дозволяє зібрати основні обсяги побутових відходів в одному місці, спланувати роботу служб по подальшому транспортуванню і дотримуватися санітарного благополуччя на вулицях міст, забезпечити одну з вимог європейських стандартів –пожежну безпеку.

**Постановка проблеми.** В Україні низкою чинних законодавчо-нормативних актів заборонено спалювання листя і побутових відходів, а саме: ст. 50 Конституції України, ст. 9 та 12 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища», ст. 16 Закону України «Про охорону атмосферного повітря», ст. 35<sup>1</sup> «Про відходи», п. 3.6.14 «Правил утримання жилих будинків та прибудинкових територій» [1].

Збір та поводження з відходами – це складний сектор, оскільки, попри законодавчі, економічні та містобудівні аспекти, включає безпекові аспекти техногенно-екологічного характеру.

Порушення вимог державних норм і стандартів, можуть спровокувати небезпечні відхилення від гігієнічних норм, пожежі і навіть нещасні випадки серед населення, а також при ліквідації пожеж чи інших НС. Відомі чисельні випадки пожеж, що пов'язані з горінням сміття у контейнерах та на полігонах зберігання сміття.

Проведення аналізу використання сучасних технологій захисту довкілля від пожежної небезпеки контейнерів для побутових відходів враховуючи складну екологічну, температурну та санітарну ситуацію в населених пунктах є досить актуальною науково-практичною задачею проблемою.

**Огляд літературних джерел.** Наукові дослідження багатьох вчених присвячені питанням пожежної безпеки місць накопичення відходів, зокрема: розглянуті причини виникнення пожеж [2]; досліджені умови самонагрівання та самозаймання [3]; проведено чисельне моделювання розподілу температури в тілі полігону [4, 5]; визначення складу продуктів горіння з оцінкою їхнього впливу на біоту [6]; запропоновані методи виявлення джерел пожеж [7, 8]. Здебільшого, питання забезпечення пожежної безпеки розглядаються в місцях масового видален-

ня побутових відходів – полігонах та звалищах, нехтуючи небезпекою контейнерів для накопичення та тимчасового зберігання.

Огляд наукових досліджень, дозволив визначити подальші потреби пошуку та впровадження ефективних технологій захисту довкілля від пожежної небезпеки контейнерів для побутових відходів.

**Матеріали та методи.** Для вирішення поставленої задачі проводився аналіз пожеж та їх наслідків, узагальнення вимог державних норм та стандартів, теоретичних та експериментальних даних з обраної тематики досліджень.

**Результати та їх обговорення.** Однією з причин горіння побутових відходів в контейнерах є також недбале ставлення громадян до сортування відходів. Одні контейнери підпалюють навмисно, інші можуть кинути непогашені недопалки або висипати гарячу золу. Громадяни нехтують елементарними правилами пожежної безпеки – наражають своє здоров'я на небезпеку впливу продуктів горіння. За статистикою, значна частина виїздів підрозділів Державної служби України з надзвичайних ситуацій припадає на ліквідацію пожеж у контейнерах для відходів у житловому секторі (рис. 1). При цьому пожежі є «не складними», займають малу площу, людські та матеріально-технічні ресурси, витрачають «марно» часу. Однак горіння сміття може спричинити серйозніші наслідки, адже поблизу знаходяться будівлі, установи, припарковані автомобілі та інше майно.



**Рисунок 1 – Пожежна небезпека контейнерів для побутових відходів**

З метою забезпечення пожежної безпеки – обмеження потрапляння джерел запалювання, розповсюдження небезпечних факторів впливу (іскор, високих температур, концентрацій небезпечних речовин) – передбачені норми, правила і нормативи розміщення контейнерів для відходів. Існують окремі вимоги щодо віддаленості від різних об'єктів спеціального призначення і громадських місць.

Горючість відходів та рівень небезпеки продуктів горіння залежить від морфологічного складу. У сучасному побуті зростає кількість, як горючих, так й небезпечних відходів: вироби з пластику, відпрацьовані елементи живлення, фарби та лаки, залишки лікувальних та косметичних засобів тощо. У випадку загорянь даних матеріалів підвищується ризик забруднення атмосфери токсичними речовинами, сполуками важких металів. Ці речовини та сполуки негативно впливають на здоров'я населення: виникають подразнення очей, носової порожнини, труднощі з диханням, кашель та головний біль. Тому важливо сортувати відходи (розподіляти пожежне навантаження) та в подальшому використовувати як вторинні ресурси.

Також, слід віддати перевагу підземному зберіганню відходів. Такий підхід дозволить вирішити проблему потрапляння джерел запалювання, обмежити доступ кисню та поширення небезпечних факторів пожежі.

Перспективу становить облаштування контейнерів для побутових відходів системами моніторингу наповненості, дистанційного контролю вивезення контейнерів та влаштування автоматичної системи пожежогасіння. Датчики наповненості контейнера дозволяють дистанційно знати рівень наповненості, таким чином це дозволяє приймати об'єктивне рішення про виїзд до контейнера та його вивільнення. Онлайн-системи моніторингу відображає на карті рівень кожного баку, інформацію про тип та місткість баку. Надійна та ефективна автоматична система пожежогасіння в контейнері мінімізує економічні та екологічні наслідки пожежі.

**Висновки.** Облаштування контейнерів для побутових відходів сучасними технологіями захисту довкілля: системами моніторингу наповненості, дистанційного контролю вивезення відходів та пожежогасіння, підземне розміщення контейнерів – дозволить зменшити час горіння відходів. Як наслідок зменшення кількості небезпечних речовин, яке буде виділятися в навколишнє середовище; дозволить вивільнити додаткові підрозділи Державної служби України з надзвичайних ситуацій для ліквідації більш пріоритетних пожеж чи небезпечних подій або надзвичайних ситуацій; підвищити рівень пожежної безпеки.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Попович В.В., Кучерявий В.П. Горіння полігонів твердих побутових відходів як загроза здоров'ю людини та фактор техногенного навантаження на довкілля. *Вісник ДДАУ*. 2012. № 1. С. 162–166.
2. S. Moqbel, D. Reinhart, R.-H. Chen. Factors influencing spontaneous combustion of solid waste. *Waste Management*. Vol. 30. Iss. 8–9. P 1600–1607.
3. Осіпова Т.А., Ремез Н.С. Прогнозування виходу біогазу і температури полігону твердих побутових відходів на основі математичного моделювання. *Вісник КрНУ ім. Михайла Остроградського*. Вип. 3/2015 (92). С. 144–149.
4. Соболев А.Н., Оленіченко Ю. А., Марусенко Т. В. Расчет тепловых полей полигонов твердых бытовых отходов как одна из базовых составляющих в решении задачи повышения техногенной безопасности объектов данного класса. *Система озброєння і військова техніка*. Х.: ХУПС, 2013. Вип. 2(30). С. 231–235.
5. Попович В.В., Перепелиця А.М., Квічка А.Є. Поводження із небезпечними побутовими відходами та особливості їх депонування на сміттєзвалищах. *Наук. вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць*. 2013. Вип. 23.13. С. 155–160.
6. A. Musilli Landfill elevated internal temperature detection and Landfill Fire Index assessment for fire monitoring. Rowan University. ProQuest Dissertations Publishing, 2016. 168 p.
7. Пат. 128973 U, Україна, МПК (2018.01) A62C 3/02, G01V 3/16 (2006/01), G01V 8/00. Спосіб виявлення пожеж на полігонах твердих побутових відходів / Вамболь С. О., Вамболь В. В., Резніченко Г. М., Кондратенко О. М., Колосков В. Ю., Рашкевич Н. В.; власник: НУЦЗ України. – № 201805655; завл. 21.05.2018; опубл. 10.10.2018, бюл. № 19.
8. Лобачов А.М., Рашкевич Н.В. Законодавча довідка щодо запобігання пожеж, пов'язаних з горінням опалого листя і сухої трави. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Problems of Emergency Situations»*. Х: НУЦЗ України, 2022. С. 65–66.

УДК 355.58

## МЕТОДИ ВИКОРИСТАННЯ ПОЖЕЖНО-ТЕХНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ ПРИ ГОРІННІ ТОРФУ

Соколов Д.Л.<sup>1</sup>, к.т.н., доц.

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

Охорона навколишнього природного середовища, раціональне використання природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки життєдіяльності людини – невід'ємна умова сталого економічного та соціального розвитку держави. З цією метою Україна здійснює на своїй території екологічну політику, спрямовану на збереження безпечної для існування живої та неживої природи довкілля, захисту життя та здоров'я населення від негативного впливу, зумовленого забрудненням довкілля, досягнення гармонійної взаємодії суспільства та природи, охорону, раціональне використання та відтворення природних ресурсів.

Але натомість існують екологічні проблеми, які потрібно вирішувати.

Торф із давніх часів привертав увагу людини. У країнах Західної Європи видобуток та використання торфу широко розвивалися у XII-XVIII століттях. Серед природних ресурсів торф посідає особливе місце. Насамперед з огляду на необхідність комплексного підходу до освоєння його покладів. Їх слід розглядати не лише як енергетичну сировину, а й як засіб для одержання поживних сумішей, кормових добавок, біостимуляторів росту рослин та тварин, медичних препаратів тощо. Багато торфовищ виконують природоохоронні функції, оголошені заказниками та заповідниками.

В останні роки у зв'язку зі зміною кліматичних умов різко знизився рівень поверхневих та ґрунтових вод, що призвело до виникнення ряду екологічних та техногенних проблем:

- Вигоряє водно-болотна рослинність;
- відбуваються торф'яні пожежі;
- зникли природні нерестовища риби;
- знизився рівень води у колодязях, висохли ставки.

На болотах горіння відбувається повільно та без полум'я, по кілька метрів на добу. Такі пожежі небезпечні раптовими проривами вогню з-під землі і тим, що їхній край не завжди помітний. Торф'яники можуть горіти у будь-якому напрямку, незалежно від вітру. Якщо осередок горіння знаходиться під землею, то торф'яна пожежа може тривати навіть під час невеликого дощу чи снігопаду. Визначити спалах можна тільки за характерним запахом смогу. Подекуди з-під землі також просочується дим, а сама земля гаряча. Температура в товщі торфу, охопленого пожежею, перевищує тисячу градусів. Це створює проблеми з гасінням: вода, що потрапляє на територію горіння, випаровується, перш ніж досягає вогнища. Крім того, торф вигоряє зсередини, утворюючи порожнини, що також створює додаткові проблеми для рятувальних служб.

Спровокувати горіння торфу можуть лісові та болотні пожежі, необережне поводження з вогнем, блискавки або самозаймання торфовищ за посушливої погоди та падіння рівня ґрунтових вод. Торф починає горіти за вологості повітря нижче 40%.

Наслідки торф'яної пожежі можуть бути дуже небезпечними. Насамперед, йдеться про виділення продуктів горіння та забруднення повітря. Зберігається



дуже високий ризик інтоксикації людей оксидами сірки, що мешкають поблизу вогнищ загоряння або тих, що знаходяться в зоні задимлення.

Ґрунти, що покривають торфовища, мають не тільки радіаційне забруднення, а й високий вміст важких металів та інші хімічні речовини, що при згорянні виділяються у повітря. Вони становлять небезпеку для навколишнього середовища та людей, які знаходяться поблизу.

Крім того, там, де вигоряє торфовище, залишається порожнеча, яка може провалитися під людиною або автомобілем. Якщо ж займання в шарах торфу не припинилося, то в прірві може бути дуже висока температура, небезпечна для життя.

Більше того, при згорянні торфу на певній території страждає рослинність, оскільки вогонь знищує коріння дерев, зменшує площу земель для ефективного сільського, лісового та інших господарств.

Через осушення торфовищ у всьому світі виділяється понад 2 мільярди тон вуглекислого газу на рік. Це може стати вагомою причиною екологічної катастрофи, адже осушені за радянських часів торф'яні болота мають властивість викидати парникові гази в атмосферу.

#### **Приклади рішень за кордоном.**

За кордоном природно орієнтовані рішення (ПОР) з запобігання пожежам на торфовищах зводяться до одного-заводнення та відновлення торфових боліт до того природного стану, в якому вони були до осушення.

Хоча Канада та Індонезія містять найбільші у світі ділянки торфовищ, Шотландія стала лідером у спробах відновити середовище існування, яке охоплює понад 20% території країни. У Шотландії розташована так звана Країна потоку – це велика, ковзаюча територія торфовищ і водно-болотних угідь Кейтнес і Сазерленд на півночі країни.

На 2020 рік шотландці виконали план з відновлення 50 000 гектарів торфовищ, переважно на державних заповідниках та лісових угіддях. І мають на меті збільшити цю загальну суму до 250 000 га до 2030 року. Наприклад, «Nature» пише, що плантації неподалік від міста Терсо команда дослідників повертає у попередній болотяний стан: викопує дерева та вирівнює борозни. Загалом відомо про виділення урядом та НГО 65 мільйонів доларів США на такі роботи.

Індонезійське агентство з відновлення торфовищ (BRG) у 2019 році провело дослідження стосовно блокування каналів на тропічних торфовищах. Результати їхнього експерименту показують, що вплив перекриття каналу «може підняти рівень води в торфовищі в радіусі приблизно 170 метрів від каналу» залежно від гідротопографії та суходолу в цій зоні. Це дослідження підтверджують і роботи в Західному Калімантані (Індонезія), де вчені порівнювали заблоковані та розблоковані канали на торфовищах. Вони виявили, що торфовища на заблокованих територіях могли довше утримувати воду. «Вода може бути збережена в короткостроковій перспективі, і очікується відновлення гідрологічної функції торфовищ в довгостроковій перспективі», — говориться в дослідженні.

Якщо підсумувати, то за кордоном, в країнах, які мають багато осушених торфовищ, вже активно працюють з цією проблемою. Створюються цілі агенції та відомства для відновлення торфовищ, видаються гранти. Наприклад, Індонезійська влада кілька років тому оголошувала конкурс на кращий метод картографування торфовищ. І переможцям конкурсу виділяли приз — 1 мільйон доларів.

Інститут інновацій Землі (EII) у 2020 році зробив попереднє дослідження утручань BRG і виявив багатообіцяючі кореляції між зменшенням кількості пожеж та втручаннями. Дослідження зосереджувалося на двох районах в провінціях



Індонезії. Результати підрахунків показали, що густина пожеж зазнала значного зменшення в районах у радіусі 250 метрів від інфраструктури зволоження торфовищ.

У Малайзії винайшли новий спосіб затримки води – будують глиняну дамбу. Це вертикальний глиняний шар, встановлений у торфі для запобігання бічному дренажу. Він побудований на тому ж рівні, що і торфoviща, для підтримки оптимального рівня води, вологості та зменшення просочування води з торфoviщ в довгостроковій перспективі. Також малайзійці встановлюють п'езометр — невеликий трубчастий колодязь, який використовується для вимірювання рівня ґрунтових вод у торф'яному ґрунті. З метою реагування на його зниження та попередження пожеж.

#### **Що робиться в Україні, аби відновити торфoviща.**

У 2017 році на Чернігівщині Програма розвитку ООН в Україні відновила деградовані сільськогосподарські торфoviща площею 2800 га.

До втілення цього проекту торфoviща постійно горіли в пожежонебезпечний період року – з липня до жовтня. Зараз же, практично зникли. Заводнення торфoviщ коштувало 2,6 млн євро. 10 млн гривень державних коштів використали на розчистку меліоративних каналів. І ще 200 тисяч доларів на розчищення додає приватна компанія.

Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України представило план дій щодо запобігання лісовим пожежам. Він загалом передбачає моніторинг пожеж у природних екосистемах, проведення рейдів і патрулювань, створення та оновлення у лісових масивах мінералізованих смуг, протипожежних розривів, пожежних водоймищ, проведення роз'яснювальної роботи серед населення щодо дотримання заходів пожежної безпеки. Але про втілення довгострокових природоорієнтованих рішень (ПОР) саме у напрямку торфoviщ поки що, на жаль, не йдеться.

Проекти з відновлення осушених торфoviщ переважно реалізують в межах природно заповідних територій, в співпраці з благодійними фондами та громадськими організаціями. Проте навіть природоохоронний статус не завжди захищає від руйнування торфових боліт – дуже часто видобуток проводять без достатньої оцінки впливу на довкілля.

«Одним із механізмів, який дозволить зменшити руйнування та сприяти відновленню торфoviщ є законодавче затвердження „Смарагдової мережі“ в Україні. „Смарагдова мережа“ — це природоохоронні території, які створюють у всій Європі для збереження видів і оселищ, яким загрожує зникнення в масштабах усього континенту. Мережа створюється на виконання вимог Бернської конвенції. Планується, що після приєднання України до Європейського Союзу, буде забезпечено суттєве фінансування заходів охорони відновлення видів і оселищ на територіях мережі „Емеральд“. В Україні досі не прийнято Закон про „Смарагдову мережу“, не в останню чергу через спротив енергетичного та агропромислового сектору.

У липні 2021 року Україна представила другий національно-визначений внесок до Паризької угоди. В проекті аналітичного огляду до внеску зазначається про необхідність законодавчо врегулювати статус територій «Смарагдової мережі», заборонити видобуток торфу на землях, де він раніше не видобувався і відновити деградовані водно-болотні угіддя на місцях здійснення торфорозробок. Проте всі ці заходи не включені до національно-визначеного внеску.

«В жовтні 2020 року була представлена «Державна стратегія управління лісами України до 2035 року», яка одним із стратегічних завдань визначає віднов-

лення боліт в межах лісового фонду. У жовтні 2021 року була ухвалено Стратегію з екологічної безпеки та адаптації до зміни клімату на період до 2030 року».

Станом на листопад 2021 перший документ не прийнято, а другий („Проект стратегії з адаптації до змін клімату та екологічної безпеки“) прийняли нещодавно. Україна досі демонструє орієнтованість на посилену експлуатацію ресурсів, не орієнтуючись на принципи сталого розвитку. Є безліч механізмів, які б могли вирішити проблему, але все поки що тільки в планах.

#### **Небезпека для здоров'я, яку в Україні не вимірюють.**

Вплив забруднення повітря від пожеж на торфовищах недостатньо вивчений у нашій країні. Зовсім не вимірюється дрібнодисперсний пил з діаметром часток до одного мікрону. Дуже погано йде вимірювання дрібнодисперсного пилу рт 2,5 і 10, дуже важка методика вимірювання для акролеїну, тому щодо визначення загальної картини хімічного забруднення є певні перешкоди.

Під час горіння торфовищ в повітря виділяються такі токсичні речовини, як оксид і діоксид вуглецю, дрібнодисперсний пил з діаметром часток 2,5 мікрон (характерно для горіння), летючо-органічні сполуки, до складу яких входить акролеїн, формальдегід.

Дрібнодисперсний пил завдяки не тільки його розмірам, а й фізико-хімічним властивостям, аеродинамічним властивостям, можуть дуже швидко проникати до організму людини і потрапляти в нижні відділи дихальних шляхів і пошкоджувати їх.

Крім заводнення та відновлення торфових боліт до того природного стану, в якому вони були до осушення для гасіння пожеж на торфовищах застосовуються наступні методи.

Виявляється, для того, щоб згасити пожежу, яка почалася, потрібно повністю залити місце торфовища, що горить, іноді на глибину до 1,5 метра. Для цього потрібна дуже велика кількість води. Тому у багатьох місцях її доводиться подавати за допомогою рукавних ліній. Деякі на відстань до 1 км розгортається рукавна лінія і насосними станціями подається вода для гасіння, повністю просочується ґрунт на глибину від 1 м до 1,5 для того, щоб стан був суспензії болота, і тільки після того, як на поверхні стоїть вода, припиняється горіння покладів торфу. Іншим способом гасіння підземної торф'яної пожежі є окопування території канавами, що огорожують, шириною 0,7-1 м і глибиною до мінерального ґрунту або ґрунтових вод. Саму пожежу гасять шляхом перекопування торфу, що горить, і заливання його великою кількістю води. Оскільки температура в товщі цієї породи, охопленої пожежею, понад тисячу градусів, волога, що потрапляє в зону горіння зверху, випаровується, не встигаючи досягти вогнища.

#### **ЛІТЕРАТУРА**

1. Кирилів Я. Б., Ковалишин В. В., Сукач Р. Ю. Пожежна небезпека торф'яників, торфорозробок та методи і засоби підвищення ефективності їх гасіння. *Надзвичайні ситуації: безпека та захист: Матеріали ІХ Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю*. Черкаси.

УДК 536.2

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ  
ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ДЛЯ ЕЛЕКТРО-ЖИВЛЕННЯ  
ЕЛЕКТРОЛІЗНИХ ГЕНЕРАТОРІВ ВОДНЮ**

Соловей В.В.<sup>1</sup>, д.т.н., проф.; Зіпунніков М.М.<sup>1</sup>, к.т.н., с.н.с.; Воробйова І.О.<sup>1</sup>

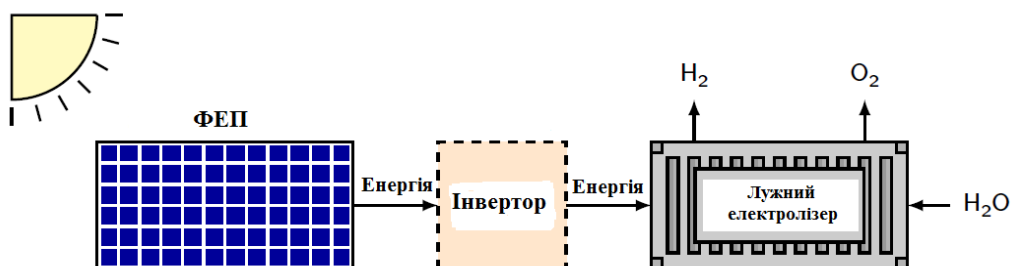
<sup>1</sup>Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного Національної академії наук України, Харків, Україна

**Вступ.** Для досягнення глобальної мети по скороченню шкідливих викидів в атмосферу основною альтернативою вуглецю є водень. Розкладання води на водень і кисень методом електролізу є ключовим рішенням щодо декарбонізації навколишнього середовища. Електроліз води з використанням відновлюваних джерел енергії (сонце, вітер) дає можливість мінімізувати енерговитрати і викиди на отримання зеленого водню. Це дозволяє розглядати електроліз води як перспективний метод виробництва водню для транспорту та енергоустановок з нульовим рівнем викидів [1-3]. Для виробництва зеленого водню з використанням відновлюваних джерел енергії достатньо широко застосовуються лужні електролізери [1-4]. Низькотемпературний електроліз води (до 90 °С) становить особливий інтерес для сфери відновлюваної енергетики, так як цей метод може дозволити зберігати електроенергію з відновлюваних джерел в хімічних зв'язках в формі водню високої чистоти. Важливим фактором забезпечення ефективності геліоводневих енергоустановок є визначення характеристик, узгодження та відпрацювання режимів роботи електролізера залежно від робочих параметрів сонячного фотоелектричного перетворювача (ФЕП).

**Ціль роботи.** Дослідження спільних режимів роботи первинного джерела енергії – фотоелектричного перетворювача з електролізером високого тиску для немережєвих енергоустановок.

**Матеріали і методи.** Комбінація електролізера з відновлюваним джерелом енергії необхідна для стійкого виробництва водню без значних викидів вуглекислого газу. У той час як сонячна енергія через її доступність широко використовується для базового навантаження, пряме використання ФЕП в енергосистемах ускладнено через невідповідність між споживанням енергії та її виробництвом. Отже, надлишкову електричну енергію треба акумулювати (зберігати в "хімічному" стані) у водні для подальшого її використання [1]. Через флюктуаційну і переривчасту поведінку надходження сонячної енергії, лужні водні електролізери повинні бути адаптовані до динамічної роботи.

На рис. 1 показана структурна схема підключення сонячної фотоелектричної панелі до лужного електролізера.



**Рисунок 1 – Структурна схема підключення ФЕП до електролізера**

Експериментальні дослідження щодо визначення електрохімічної активності та електрохімічних характеристик електродних матеріалів проведено на лабораторній установці [5-9], яка моделює процеси, що відбуваються в електрохімічній комірці.

Основна ідея, яку покладено в основу досліджень, – це спроможність споживання та перетворення відновлюваної сонячної енергії. Нерегулярний первинний потік сонячної енергії тобто волатильність електрогенерації ФЕП компенсується в електролізері, котрий не є чутливим до якості електроживлення. Очевидно, що такий підхід є доцільним для створення автономних установок енергозабезпечення невеликої та середньої потужності.

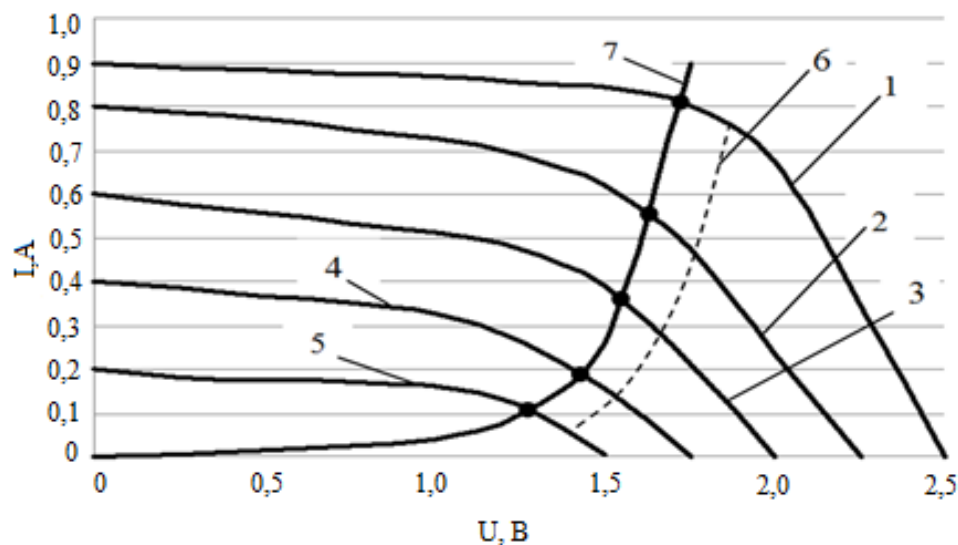
**Результати та обговорення.** Важливою складовою забезпечення надійної та ефективної роботи геліоводневих енергоустановок є синхронізація роботи ФЕП і системи генерації газів.

Експериментальні дані отримані при безпосередньому підключенні електролізної комірки до ФЕП – TOPRAY SOLAR з загальною площею поверхні  $S = 0,288 \text{ м}^2$ :

– струм короткого замикання  $I_{кз} = 1,07 \text{ А}$ ;

– напруга холостого ходу  $U_{хх} = 22,4 \text{ В}$ .

Вольт-амперні характеристики ФЕП та лужного електролізера при різних рівнях сонячного випромінювання наведено на рис. 2 (криві 1–5 – характеристики ФЕП (TOPRAY SOLAR)).



1 – червень (47,2 кВт·год); 2 – вересень (30,2 кВт·год); 3 – березень (26,35 кВт·год); 4 – листопад (10,28 кВт·год); 5 – грудень (7,77 кВт·год);  
6 – максимальна потужність сонячної панелі;

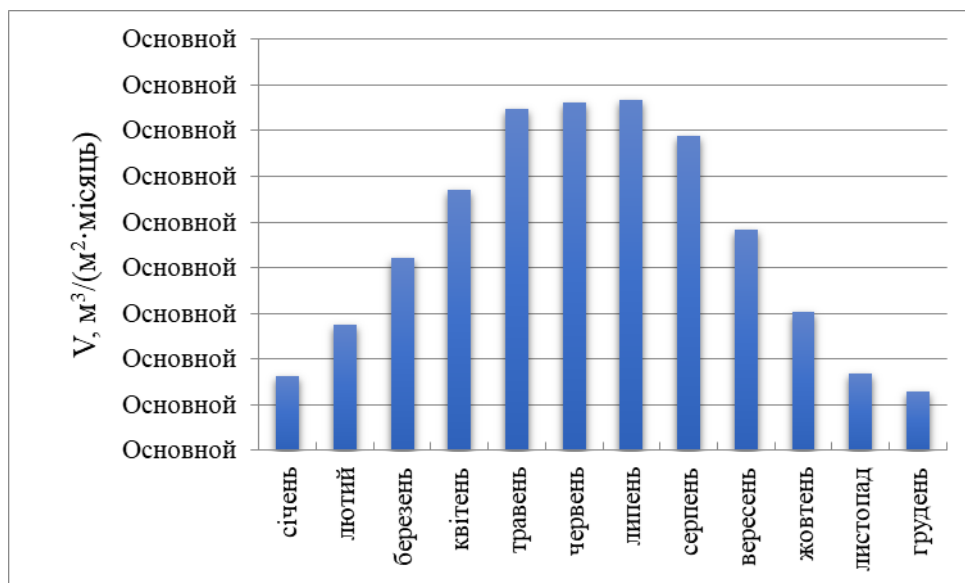
7 – вольт-амперна характеристика лужного електролізера

**Рисунок 2 – Вольт-амперні характеристики ФЕП та лужного електролізера при різних рівнях сонячного випромінювання [2]**

Експериментально встановлено, що робочий діапазон лужного водного електролізера (крива 7) менше максимальної потужності сонячної панелі (крива 6). Отже, використовуваний ФЕП повністю забезпечує межі робочої потужності електролізної комірки. Але ще має бути виконано налаштування сумісності роботи ФЕП та лужної електролізної системи для забезпечення максимальної вихідної продуктивності.

Перетини кривої 7 з кривими 1–5 (рис. 3) визначають можливі робочі точки електролізної комірки з фотоелектричним перетворювачем. Для ефективної роботи електролізної комірки відстань від кривої 7 до кривої 6 (максимальної потужності ФЕП) повинна бути мінімальною, тобто організована робота ЕК з найбільшим споживанням електроенергії, котра виробляється ФЕП. Разом з цим, гарантований надлишковий запас електроенергії від ФЕП забезпечує надійну роботу електролізної системи.

Розрахунки середньомісячної питомої продуктивності електролізної комірки за воднем у розрахунку на  $1 \text{ м}^2$  поверхні ФЕП з урахуванням сонячної інсоляції приведені на рис. 3. Енергетичні питомі витрати на отримання водню при цьому складають  $4,0 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^3$ .



**Рисунок 3 – Середньомісячна питома продуктивність ЕК за воднем з урахуванням сонячної інсоляції (на  $1 \text{ м}^2$  поверхні ФЕП)**

Найбільший приріст газовиділення з електролізної комірки за воднем спостерігається з травня по серпень, тобто в літній період року. Що приблизно в 7 разів більше ніж у зимовий час (січень-лютий).

Отримані експериментальні дані щодо адаптації роботи електролізної комірки з ФЕП дозволять розробити оригінальні алгоритми автоматичного керування основними елементами геліоводневих автономних установок енергозабезпечення і створити технічну базу для їх реалізації.

Отримані експериментальні дані щодо адаптації роботи електролізної комірки з ФЕП дозволять розробити оригінальні алгоритми автоматичного керування основними елементами геліоводневих автономних установок енергозабезпечення і створити технічну базу для їх реалізації.

**Висновки.** Поєднання електролізу лужної води і поновлюваних джерел енергії для виробництва екологічно чистого водню – важливий крок на шляху до декарбонізації промислових процесів і транспортного сектору. Тоді як процес електролізу лужної води може визначатися характеристиками струму, напруги, комбінація електролізера з відновлюваним джерелом енергії може забезпечити стійке виробництво водню без значних викидів вуглекислого газу. Фотоелектричні панелі повинні працювати в точці максимальної потужності.

Нерегулярний первинний потік сонячної енергії тобто волатильність електрогенерації ФЕП компенсується в електролізері, котрий не є чутливим до якості електроживлення. Очевидно, що такий підхід є доцільним для створення автономних установок енергозабезпечення невеликої та середньої потужності.

Проведені дослідження є підґрунтям щодо можливої роботи ЕВТ на віддалених територіях з відновлюваними джерелами енергії в автономних умовах. Можливе використання запропонованої розробки й в установках, що використовують енергію сонця для згладжування нерівномірності між надходженням і споживанням енергії в комунально-побутовій сфері.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Wang M., Wang Z., Gong X., Guo Z. The Intensification Technologies to Water Electrolysis for Hydrogen Production – A Review. *Renewable Sustainable Energy*. 2014. № 29. P. 573-588.
2. Zhenpeng Hong, Zixuan Wei, Xiaojuan Han. Optimization scheduling control strategy of wind-hydrogen system considering hydrogen production efficiency. *Journal of Energy Storage*. 2021. 103609. Режим доступу: <https://doi.org/10.1016/j.est.2021.103609>.
3. Miller H.A., Bouzek K., Hnat J., Loos S., Bernäcker C.I., Weißgärber T., Röntzsch L., Meier-Haack J. Green hydrogen from anion exchange membrane water electrolysis: a review of recent developments in critical materials and operating conditions. *Sustainable Energy & Fuels*. 2020. Vol 4. P. 2114-2133. DOI: 10.1039/C9SE01240K.
4. Rozzi E., Minuto F.D., Lanzini A., Leone P. Green Synthetic Fuels: Renewable Routes for the Conversion of Non-Fossil Feedstocks into Gaseous Fuels and Their End Uses. *Energies*. 2020. Vol. 13(2). Режим доступу: <https://doi.org/10.3390/en13020420>.
5. Rusanov A.V., Solovey V.V., Zipunnikov M.M. Improvement of the membrane-free electrolysis process of hydrogen and oxygen production. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. Dnipro: Dnipro University of Technology. 2021. № 1. P. 117-122. Режим доступу: <https://doi.org/10.33271/nvngu/2021-1/117>.
6. Solovey V.V., Shevchenko A.A., Zipunnikov M.M., Kotenko A.L., Nguyen Tien Khiem, Bui Dinh Tri, Tran Thanh Hai. Development of high pressure membrane-less alkaline electrolyzer. *International Journal of Hydrogen Energy*. 2021. Vol. 47(11). P. 6975-6985. Режим доступу: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.01.209>.
7. Соловей В.В., Зипунников Н.Н., Шевченко А.А. Исследование эффективности электродных материалов в электролизных системах с отдельным циклом генерации газов. *Проблемы машиностроения*. 2015. Т. 18., № 1. С. 72-76.
8. Solovey V., Kozak L., Shevchenko A., Zipunnikov M., Campbell R., Seamon F. Hydrogen technology of energy storage making use of wind power potential. *Journal of Mechanical Engineering*. 2017. Vol. 20(1). P. 62-68. Режим доступу: <https://doi.org/10.15407/pmach2017.01.062>.
9. Shevchenko A.A., Zipunnikov M.M., Kotenko A.L., Vorobiova I.O., Semykin V.M. Study of the influence of operating conditions on high pressure electrolyzer efficiency / *Journal of Mechanical Engineering*. 2019. Vol. 22., № 4. P. 53-60. Режим доступу: <https://doi.org/10.15407/pmach2019.04.053>.

УДК 539.12: 614.8

## БЕЗПЕЧНІСТЬ МЕТОДІВ ПОДОВЖЕННЯ ТЕРМІНІВ ЗБЕРІГАННЯ РОСЛИННИХ МАТЕРІАЛІВ

Трегубов Д.Г.<sup>1</sup>, к.т.н., доц.; Вілль М.Ю.<sup>1</sup>

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

Скупчення рослинних матеріалів такі, як сіно, солома, збіжжя, торф та ін., що зберігаються в умовах вологості, більшої за критичну стають середовищем для життєдіяльності мікроорганізмів та комах, що призводить до зміни властивостей цих речовин та виділення тепла, що може завершитись виникненням горіння, або, навіть, вибухом. Тому системи зберігання твердих матеріалів рослинного походження потребують вживання заходів з профілактики як біологічної контамінації, так й самовільного виникнення горіння. Необхідним наслідком вживання таких заходів є подовження термінів зберігання таких матеріалів.

Самовільне виникнення горіння скупчень твердих матеріалів рослинного походження відбувається внаслідок тепловиділення під час життєдіяльності мікроорганізмів у їх середовищі [1]. Самонагрівання таких речовин призводить до втрати споживчої цінності або їх знищення. Крім того, виникнення пожежі або вибуху може призвести до руйнування будівельних конструкцій, загибелі людей або тварин. Наявність розвитку таких самовільних процесів ідентифікують за наявністю явища самонагрівання скупчення матеріалу. Запобігання виникнення самонагрівання рослинних матеріалів здійснюють на підготовчих стадіях обробляння перед складуванням, але часто цих заходів виявляється недостатньо. Тому виникає потреба у заходах з припинення самонагрівання під час зберігання.

Типовим напрямком запобігання мікробіологічного самонагрівання є створення несприятливих умов для життєдіяльності мікроорганізмів за рахунок зменшення вологості матеріалу. Наприклад, розроблено автоматизоване сушіння збіжжя за умови дії надвисоких частот [2]. Але такий та інші типові методи обробляння не завжди здатні забезпечити необхідний рівень вологості. Крім того, під час зберігання рослинних матеріалів їх вологість може збільшуватись внаслідок природних процесів дихання.

Крім тепловиділення під час життєдіяльності мікроорганізмів до початку самонагрівання скупчень рослинних матеріалів може призвести розвиток колоній комах. Але, на відміну від мікроорганізмів, комахи можуть активно розвиватися й у сухому збіжжі. Деякі хвороби борошна та хліба, такі як картопляна паличка витримують нагрів до температури 120 °С протягом години. Певних успіхів у боротьбі з розвитком хвороб сільськогосподарських продуктів надає підтримання жорстких умов зберігання – низьких температури та вологості.

На сучасному етапі для подовження термінів зберігання харчових і сільськогосподарських продуктів зазвичай застосовують хімічну обробку. Однак багато з використовуваних реагентів створюють небезпеку певного рівня для людини. Наприклад, борошно оброблюють газоподібним діоксидом хлору (E926) для відбілювання і знезараження, однак при цьому борошно втрачає токофероли (вітамін E) і жирні кислоти, т.е. знижуються споживчі властивості продукції. Застосовують хімічні препарати інсектицидної та фунгіцидної дії, які можуть мати як окрему, так і синергетичну дію [3]. Проте, таке оброблювання забруднює продукти харчування, викликає необхідність впровадження строків очікування близько

місяця, після яких стає можливим харчове використання обробленої продукції.

Відомий спосіб припинення життєдіяльності аеробних мікроорганізмів шляхом витискання повітря негорючим газом ( $\text{CO}_2$ ) із скупчення матеріалу біологічного походження [4], наприклад, у силосі. Також запобігання самозаймання здійснюють шляхом вентиляції скупчення рослинного матеріалу, наприклад зерна, продуктами горіння, які не містять пірогенетичної вологи [5]. Розвитком цієї ідеї є спосіб зберігання рослинних матеріалів (збіжжя) на елеваторах, за яким пригнічують життєдіяльність мікроорганізмів шляхом послідовних стадій сушіння у сушарках та розташуванням у силосах з вентиляцією та продуванням негорючим газом згоряння палива, що не створює пірогенетичної вологи, та попереджає виникнення самонагрівання [6]. У такий спосіб запобігають розвитку осередків тління й виникнення наступних вибухів. При цьому створюється вплив на аеробні мікроорганізми і дезінфекція рослинного матеріалу, але даний спосіб потребує застосування додаткових технологічних систем (сушарки, камери спалювання, продувні системи) та використання негорючого газу  $\text{CO}_2$ . Проте, застосування  $\text{CO}_2$  обмежується, оскільки це сприяє парниковому ефекту.

Відповідно, актуальним завданням є створення способу запобігання самозаймання при зберіганні скупчень рослинних матеріалів, який характеризується підвищеною ефективністю, надійністю та екологічною безпекою. Оскільки у збіжжі, що дихає, неможливо забезпечити відсутність вологості навіть після найкращого сушіння, а хімічне пригнічення життєдіяльності мікроорганізмів небажано (у тому числі й використання  $\text{CO}_2$ ), необхідно впроваджувати інші заходи.

У якості іншого напрямку пригнічення життєдіяльності мікроорганізмів застосовують іонізуюче випромінювання. Радіаційна обробка харчових продуктів для збереження їх споживчих властивостей впроваджена у широке застосування більш ніж у 60 країнах світу, а близько 40 країн здійснюють опромінення харчової продукції на постійній основі. За висновком міжнародної комісії (FAO/WHO, 1980) використання радіаційного опромінення харчових продуктів у встановлених оптимальних режимах є самим безпечним у порівнянні з іншими способами обеззаражування. При цьому радіаційна технологія максимально знижує втрати продукції та є універсальною для різних матеріалів рослинного походження, при цьому знижуються експлуатаційні витрати, зберігаються споживчі властивості харчової продукції. Якщо для хімічної дезінфекції час обробки і технологічної витримки для безпеки подальшого використання досягає 45 днів з ефективністю обробки 50%, то радіаційна обробка дозволяє отримати 100% ефективність з можливістю використання вже через 1 добу. Обробка харчових продуктів проводиться відповідно до Міждержавного стандарту ISO 14470-2011 [7], який поширюється на процеси опромінення з використанням радіонуклідів  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ , генераторів електронних пучків і рентгенівських джерел.

Для радіаційної обробки рослинних матеріалів застосовують  $\beta$ - і  $\gamma$ - випромінювання, джерелами яких можуть бути прискорювачі електронів, рентгенівські джерела (з енергією до 10 MeV) або ізотопи хімічних елементів у герметичних сталевих ампулах (відповідно до міжнародного стандарту [7]). Продукція, що пройшла радіаційну обробку, позначається логотипом «Radura-logo». Для такого впливу використовують енергії опромінення достатні для розщеплення ДНК шкідливих мікроорганізмів, але які не створюють наведеної радіоактивності. Обробка прискореними електронами не робить матеріал радіоактивним, оскільки електрони не володіють достатньою енергією для взаємодії з ядром атома.

Таким чином, іонізуюче випромінювання можна запропонувати й для попередження самозаймання. Відповідно, попередження самонагрівання внаслідок



життєдіяльності мікроорганізмів можна реалізувати дезінфекцію рослинного матеріалу іонізуючим проникаючим випромінюванням у достатніх дозах – до 9 кГр, за яких ще не змінюються споживчі характеристики матеріалів, але знижуються вимоги до сушіння та вентиляції. Причому здійснюється однаковий вплив, як на аеробні, так і на анаеробні мікроорганізми.

Незважаючи на переваги технології радіаційної обробки харчових продуктів, при її впровадженні виникає ряд проблем, серед яких найбільш значущими є: вибір джерел іонізуючого випромінювання та підбір відповідних для даних мікроорганізмів і продуктів умов процесу обробки; необхідність контрольної ідентифікації та характеристики продуктів радіаційно-хімічних перетворень білків, ліпідів, вуглеводів; радіологічна, мікробіологічна безпечна, токсикологічна та харчова адекватність обробленої продукції. Так, відомо, що в результаті радіаційно-хімічних перетворень жиру молока вони можуть стати менш біодоступними для гідролізу ферментів і засвоювання людиною починаючи з доз опромінення більших за 9 кГр (знижується гідроліз жиру панкреатичної ліпазою)

Пропонують різні конструкції апаратів для оптимізації взаємодії між джерелом опромінення та харчовим продуктом з метою досягнення рівномірності та високої ефективності обробляння. Наприклад, використовують опромінення мішені, яка обертається, одним або декількома джерелами рентгенівського випромінювання [8]. Дози опромінювання до 30 кГр дозволяють провести повне знезараження харчових продуктів. Дози до 4,2 кГр забезпечують зниження концентрації патогенних мікроорганізмів у 10 разів. Але даний спосіб обробляння матеріалів рослинного та тваринного походження не дозволяє здійснювати знезаражування великих обсягів матеріалів, що зберігаються.

Розроблено конвеєрний спосіб дезінфекції упакованих матеріалів [9]. Джерело опромінення (радіоактивний ізотоп) може пересуватися між робочою камерою та поглинальним резервуаром. Для цього використовують рентгенівське або бета-випромінювання (для тонких шарів) [10]. Однак у роботі не розглянуто режими обробляння, що забезпечать неможливість самонагрівання скупчень матеріалів під час зберігання.

Для стаціонарної обробки по сторонах силосу або іншого сховища з рослинним матеріалом (збіжжя, борошно, сіно, торф та ін.) можна запропонувати наступне технічне рішення: розташовують 4 джерела  $\gamma$ -випромінювання (типові –  $^{60}\text{Co}$  та  $^{137}\text{Cs}$ ), які пересуваються повз щілин, закритих стінкою з матеріалу, який у меншому ступені поглинає проникаюче випромінювання. Дані джерела пересуваються уздовж найбільшого габаритного розміру екранованого сховища, зі швидкістю, яка забезпечує отримання доз опромінення у найближчих зонах – не більше ніж 9 кГр, а у середніх – не менше ніж 4,5 кГр, що забезпечує достатній ступінь дезінфекції, запобігання або припинення процесів самонагрівання під час зберігання. Така обробка проводиться в екранованому сховищі, дозволяє забезпечити швидке його завантаження, але має нерівномірність опромінення.

Для конвеєрного або бункерного обробляння рослинного матеріалу його транспортують або пересипають повз 4-х джерел іонізуючого випромінювання ( $\gamma$ -або рентгенівського) зі швидкістю, яка забезпечує отримання доз опромінення близько 9 кГр, що надає достатній ступінь дезінфекції для запобігання або припинення процесів самонагрівання під час зберігання за рахунок відсутності тепловиділення життєдіяльності мікроорганізмів. Таку обробку проводять в екранованому приміщенні, що надає високу рівномірність опромінення, але повільне завантаження сховища.

Для відкритого обробляння сіна, торфу та інших скупчень рослинних

матеріалів забезпечують сканування скупчення іонізуючим випромінюванням (γ- або рентгенівським), направленим вертикально у землю, з досягненням дози опромінення не більше, ніж критична (до 9 кГр – для сіна, до 49 кГр – для торфу), що забезпечує достатній рівень дезінфекції у внутрішніх шарах оброблюваного матеріалу, а також запобігання або припинення процесів самонагрівання під час зберігання. Таку обробку проводять пересувним джерелом іонізуючого випромінювання – висувна стріла, квадрокоптер та ін. за умови відсутності у зоні спостереження людей.

Означені варіанти обробляння пригнічують життєдіяльність мікроорганізмів у рослинних матеріалах, запобігають самонагріванню цих матеріалів та виникненню пожеж або вибухів. На відміну від інших способів дезінфекції й профілактики самозаймання, іонізуюче опромінення дозволяє проводити знезараження як при складуванні, так і під час зберігання рослинних матеріалів; опромінення у докритичних дозах не забруднює навколишнє середовище та матеріали, не змінює їх споживчі характеристики, строк очікування до споживання після оброблювання становить 1 добу.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Тарахно О. В., Трегубов Д. Г., Жернокльов К. В., Коврегін В. В. Основні положення процесу горіння. Виникнення процесу горіння. Х.: НУЦЗУ, 2020. 408 с. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/11382>.
2. Пат. 65630UA, МПК А01С 1/00, Н05В 6/64. Пристрій для сушіння зерна та інших сипучих матеріалів електромагнітним полем надвисоких частот / Ю.К. Сидорук. – заявн. та патентовл.: Сидорук Ю.К. – u201106355, 20.05.2011, опубл. 12.12.2011. 5 с.
3. Pat. 2266398A3 EP, IPC A01N 37/46, A01N 43/40. Synergistische Mischungen mit insektizider und fungizider Wirkung / P.-W. Krohn, R. C. Becker, H. Hungenberg. – Original Assignee: Bayer CropScience AG. – DE 102004062512, 24.12.2004, Publication Date: 27.04.2011.
4. Пат. 535494A1 SU, МПК G01N 25/48. Способ определения воздействия средств газового тушения на самовозгорание веществ / М.Н. Федотов и др. – заяв. та патентообл.: ВНИИПО. – 2057515A SU, 06.09.1974, опубл. 15.11.1976.
5. Пат. 14212 UA, МПК А62С 3/04. Спосіб профілактики самозаймання і вибухів на зернових елеваторах / А.І. Бочарніков та ін. – заявн. та патентовл.: ЦШДВГРСВПУ. – U4652363, 21.02.1989, опубл. 25.04.1997.
6. Пат. 56532 UA, МПК А62С 3/04. Спосіб зберігання зерна на елеваторах / І.В. Водоп'янова. – заявн. та патентовл.: Водоп'янова І.В. – U201014068, 25.11.2010, опубл. 10.01.2011.
7. ISO 14470-2011 (R2018). Food irradiation. Requirements for the development, validation and routine control of the process of irradiation using ionizing radiation for the treatment of food. International Organization for Standardization, 2011.
8. Pat. 6868136B2 US, IPC A23L3/263. Irradiation apparatus and method / T. B. Hansen, J. M. McNally. – Original Assignee: Cleaner Food Inc. – US10/877628, 26.06.2004, Publication Date: 15.03.2005.
9. Pat. 8511045B2 US, IPC 3653 55/08. Active sterilization zone for container filling / M. J. Mastio et al. – Original Assignee: Stokely-Van Camp, Inc. – US 2011/0023420 A1, 03.02.2011, Publication Date: 20.08.2013.
10. Pat. 2008/0273661 A1 US, IPC G2 LR 5/08. Irradiation method and apparatus / L. J. Aubel. – Original Assignee: Rago E. Kirk. – US 11/800,394, 05.05.2007, International Publication Date: 11.06.2008.

УДК 628.543: 541.11

**ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД ОБ'ЄМНИМ МІКРОДУГОВИМ РОЗРЯДОМ**Трегубов Д.Г.<sup>1</sup>, к.т.н., доц.; Чиркіна М.А.<sup>1</sup>, к.т.н., доц.<sup>1</sup>Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна

Промислове виробництво супроводжується утворенням забруднених стічних вод, що вимагає їх очищення. До значно забруднених належать води металургійного, коксохімічного (КХВ) та гальванічного виробництв (ГВ), які містять різноманітні домішки, у тому числі іони важких металів та бенз(а)пірен. За наявності, на виробництві оборотного водопостачання вимоги до очищення пом'якшуються. Але стандартні технології видаляють важкі метали з одночасним підвищенням солемісту води. Кінцевим водоочищенням на даний час є біохімічна обробка, але вона вимагає глибокого попереднього очищення від сполук, які пригнічують життєдіяльність мікроорганізмів: фенолів, роданідів, смол, масел, бенз(а)пірену та ін.

Широкий вплив на водні розчини та просту технологію мають електрохімічні методи: електроліз, -діаліз, -флотація, -коагуляція та електророзряд. Електроліз формує електричне поле, викликає реакції на межі електрод-електроліт та прямий вплив на домішки, створює сукупність активних продуктів електродних реакцій. Електрична енергія вводиться безпосередньо у оброблюваний об'єм з дисипацією у вигляді енергії хімічних реакцій або руху частинок. При цьому можливі повна або часткова відмова від додавання хімічних реагентів і безперервність обробки. За умови комплексного електричного впливу є можливість очищувати стічні води різного складу до ХПК  $100 \text{ мгО}_2 \cdot \text{дм}^{-3}$  [1] без збільшення солемісту.

Стічні води ГВ містять з'єднання важких металів (Cr(VI), Cr(III) та ін.) до  $100 \text{ мг} \cdot \text{дм}^{-3}$ . Їх видаляють електрохімічними або реагентними методами [2]. Ефективність електрохімічного впливу залежить від матеріалу та форми аноду. Активізацію анодних процесів досягають за розвитку його поверхні у вигляді насипного аноду у сітці або з заповненням зернистим електродом простору між фіксованими електродами (кожна частинка виступає і як анод, і як катод) [3, 5].

Ефективні коагулянти у вигляді гідроксидів отримують електрохімічним розчиненням аноду з заліза або алюмінію з наступною коагуляцією забруднень в іншій камері [4, 6]. Досягається більший вихід коагулянту за током ніж за електролізу, немає пасивації й зашламлення анодів, можливо розчиняти металеві відходи. Але отримання  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  електролізом сольового розчину триває до 12 год., а окрема стадія коагуляції не залучає на очищення інші електрохімічні ефекти.

Гальванокоагуляція з короткозамкненим гальванічним елементом залізо-металургійний кокс, де анодом є речовина з меншим електрохімічним потенціалом, відновлює Cr(VI) до Cr(III) з наступним співосадженням гідроксидів Cr(III) і Fe(II) й утворенням феритів. Така технологія спрощує електроживлення й знижує енерговитрати у 10 разів до  $0,5 \text{ кВт} \cdot \text{год} \cdot \text{м}^{-3}$ . Процес триває у широкому діапазоні рН та температур. Осад, що утворюється, легко відділяється. Однак потрібна глибина очищення досягається лише за значних розмірів апаратів через повільність електрохімічних реакцій та неоднорідності сили струму в об'ємному електроді.

У практиці частіше застосовують бездіафрагмовий електроліз на нерозчинних електродах у присутності хлор-іонів ( $\text{NaCl}$  з низькими концентраціями). При цьому розчин насичується гіпохлоритом та  $\text{Cl}_2$ ,  $E_h$  розчину зростає до 1000 мВ. Але графітові електроди мають збільшену поруватість та робочу поверхню, що гальмує вихід хлору за струмом та збільшує вихід кисню. При розчиненні залізних

анодів за таких умов  $E_h$  може знизитись до  $-800$  мВ за рахунок іонів Fe(II). Це дозволяє відновлювати Cr(VI) у стічних водах [4, 5], при цьому рН змінюється на 0,1–0,5. В електролізерах з розчинними анодами рН зростає до 10 за енерговитрат  $2000$  Кл/дм<sup>3</sup>. За хлорування стічних вод небезпечно утворенням хлорорганіки.

За більшої сили струму у насипному електроді утворюються мікророзряди (з температурою до  $5000$  °С та тиском до  $100$  МПа) у місцях контакту частинок за рахунок перегрівання. Виникає мікрогазовий пухирець, де і триває електророзряд. Гідравлічний удар біля зони розряду відштовхує частинки, тому ланцюг найменшого опору розривається і мікророзряд у даній точці зникає, але водночас виникає наступний ланцюг найменшого опору з послідовності електропровідних частинок та мікророзрядів. Енергія джерела живлення розподіляється між ланцюгом найменшого опору та струмом повз мікродуг [7]. Більш інтенсивне введення енергії в робочій простір дозволяє зменшувати розміри апаратів.

Канал електророзряду складається з зони самого каналу, катодної та анодної області, де мають місце різні фізико-хімічні процеси. До катоду рухаються катіони, до аноду – швидкі електрони. У стінках каналу має місце бомбардування розчину активними частинками. За температури каналу відбувається деструкція молекул до простих сполук, іонів та вільних радикалів (до 95% енергії переходить у теплову, до 20 % – на механічну роботу, до 10 % – випромінюється) [8]. Формується комплекс фізичного і хімічного впливів на забруднення стічної води внаслідок електрохімічної та мікродугової дії. Продукти плазмохімічних реакцій «заморожуються» у воді. Випромінювання у різних діапазонах ініціює рідкофазні реакції, утворюються окисники, радикали та зона стиснення. Електричний розряд знезаражує воду, сприяє процесам коагуляції та окисненню органічних сполук. Однак мікророзряд має крапкову дію, що робить рівномірний вплив неможливим. Тому ефективне очищення стічних вод може бути досягнуто за використання усього комплексу впливів: плазмохімічне і рідкофазне окиснення, адсорбція, коагуляція, фотоліз. Досягається руйнування органічних сполук, утворення активних окисників і молекулярних уламків, що вступають у вторинні реакції з утворенням нетоксичних сполук, аж до CO<sub>2</sub>, сульфатів, азоту і води. Джерелом активних елементів є вода, яка у розряді розкладається до атомарних кисню та гідрогену. За використання коксового об'ємного електроду для мікродугового впливу на органічні сполуки стічних вод до цих механізмів додається адсорбція на дисперсному карбоні, що утворюється за руйнування рухомих електродів. У випадку об'ємного електроду з металевих частинок коагуляція ініціюється за менших питомих витрат внаслідок більшої електропровідності металу й менших втрат на побічний струм у середовищі стічної води. Ерозія металевих електродів виникає за меншої потужності мікророзряду з насиченням води великою кількістю дрібнодисперсних частинок металу та наступним утворенням коагулянту. Наночастинки гідроксидів металів активно сорбують інші молекули з утворенням міцних сольватних комплексів. Але при цьому не досягається видалення органічних сполук.

Електророзрядна ерозія електродів викликає емісію у воду частинок матеріалу електроду (карбон або краплі заліза) розміром  $0,01$ – $50$  мкм зі швидкістю до  $1000$  м/с. У воді відбувається їх миттєве «заморожування» зі швидкістю до  $10^7$  К/с [2] з формуванням нанокластерів (високотемпературне та плазмене випаровування з наступним різким охолодженням є методами отримання кластерів). Так,  $\alpha$ -Fe має ОЦК-гратки з кластером октаедричної або тетраедричної будови [9], де можуть адсорбуватись деякі інші атоми. У мікророзрядах формуються гратки з підвищеною концентрацією дефектів до  $10^{14}$  на мм<sup>2</sup>, що наближає структуру поверхні частинки до аморфної. Частинки заліза до  $0,1$  мкм є повністю аморфними з

розвинутою поверхнею та незкомпенсованими зв'язками, що збільшує реакційну здатність. Тому дія плазми мікророзряду сприяє відновленню Cr(VI) до Cr(III), оскільки утворюються найпростіші та найактивніші відновники: сольватовані електрони (незв'язаний електрон є найменшим аніоном з найбільшим стандартним електродним потенціалом – 2,7 В), радикали  $H\cdot$  та  $OH\cdot$ .

Головним механізмом мікродугового очищення стічних вод стає утворення під дією мікродуг сорбенту. Наночастинки карбону виникають безпосередньо у плазмі розряду [7], а гідроксиди металів – внаслідок реакції мікрочастинок металу з водяною парою у оболонці мікродуги де температура перевищує 570 °С [2]. Але аморфна наночастинка з будовою кластеру здатна до такої реакції й за температур стічної води. Наявність у стічній воді кисню сприяє утворенню гідроокису заліза (III). Мікродуги меншої потужності формують більш дисперсний стан металу та більш активно формують коагулянт з іонообмінними властивостями.

Досліджено [2, 7] обробку стічних вод мікророзрядами з напругою до 1000 В, що дозволяє досягти великої густини потужності та керувати цим параметром. Ефективність обробки залежить від напрямку електричного струму та потоку води. Мікророзряди виникають й за мережевої напруги. Але при цьому діють різнополярні імпульси, що вилучає з обробки багато електрохімічних ефектів. Для ініціації мікророзрядів амплітуда електричної напруги повинна бути пропорційною до міжелектродного простору з об'ємним електродом. За випрямлення мережевої напруги виникають уніполярні імпульси з частотою 100 Гц. При цьому у різні моменти часу на систему діє напруга різної амплітуди, мікророзряди виникають лише на екстремумі, тому наявні електрохімічні процеси різного характеру та інтенсивності. Виникає потреба у зменшенні низьковольтних впливів, що можна досягти за випрямленої напруги без коливань, за розряду електричної ємності, за допомогою тиристорної схеми з «вирізанням» середньої частини мережевої напівхвилі.

Ефективність такого очищення води залежить від енергоємності формування розряду. Тоді необхідно провести добір технологічних і електричних характеристик системи, властивостей електродів і геометрії реактора для заданого режиму обробки. За короткого імпульсу напруги з великою амплітудою зростає кількість мікродуг, реакційна поверхня та плазмохімічний об'єм. Підведена енергія розподіляється пропорційно електричним опорам у системі «об'ємний електрод–мікродуга–стічна вода». Генерація мікродуг у стічній воді стає можливою за питомого електроопору сухого об'ємного електроду до 0,2 Ом·м [10]. Застосування більш електропровідних коксів фракції 5–7 мм, з питомим електроопором об'ємного електроду до 0,06 Ом·м, знижує втрати потужності на утворення мікродугового розряду до 7 % та підвищити ступінь видалення роданідів до 97 % за їх вмісту до 1 г/дм<sup>3</sup>. Питома електрична потужність початку генерації мікророзряду в імпульсному режимі – 1,6 Вт/см<sup>3</sup>, для змінного та постійного струмів – 13 і 16 Вт/см<sup>3</sup>, тобто знижується у 8–10 разів.

Ефективна мікродугова обробка з меншими енерговитратами досягається за параметрів імпульсу: напруга до 1000 В, частота до 500 Гц, тривалість 0,1–0,4 мс. Збільшення напруги на електродах на 25 % підвищує глибину очищення у 2 рази. Це інтенсифікує утворення дисперсного сорбенту, піроліз у мікророзрядах, наступні окисні процеси. Збільшення частоти імпульсів покращує рівномірність обробки. Збільшення ширини електродів за тієї ж потужності в імпульсі підвищує кількість паралельних ланцюгів мікророзрядів та зменшує потужність одного мікророзряду, а з певного моменту й рівномірність утворення сорбенту. За зміни швидкості потоку виявлено два механізми очищення: 1) інтенсивність деструкції домішок у мікророзрядах зменшується зі зростанням швидкості потоку, оскільки меншає

кількість мікродуг на одиницю кількості оброблюваної води; 2) поки сорбент утворюється у надлишку, прискорення потоку підвищує ефективність очищення; більша швидкість викликає його нестачу і ефективність обробки знижується.

Використання комплексу впливів підвищує глибину очищення води і зменшує енерговитрати [2, 7]: видалення зі стічної води важких металів у мікродуговому режимі з використанням коагуляції досягається за потужності 4,5–6,5 Вт/см<sup>3</sup>, витрат енергії 2–2,5 кВт/м<sup>3</sup> та інтенсивності очищення 1 м<sup>3</sup>/год. Феноли та роданіди електрокоагуляція не видаляє, тому їх вилучення здійснювали з об'ємним електродом з металургійного коксу фракції 7–10 мм. Рівномірний вплив на забруднення стічної води створює дрібнодисперсний карбон розміром до 5 мкм, що утворюється під дією мікророзрядів та адсорбує органічні домішки. Недоліком такої обробки є тривале відстоювання утвореної суспензії. З досліджених речовин повільніше видаляються роданіди (ступінь очищення до 97 %), оскільки коагуляції або адсорбції за даних умов вони не піддаються. Для видалення органічних сполук та роданидів зі стічної води необхідно до реактору з об'ємним електродом підводити потужність в режимі мікродугового впливу 2–3 Вт/см<sup>3</sup>, що визначає витрату енергії на ефективне очищення 20 кВт/м<sup>3</sup> (або 10 кВт/м<sup>3</sup> у разі доочищення води після заводської біохімічної установки) з інтенсивністю очищення 0,15 м<sup>3</sup>/год.

Раціонально проводити мікродугове знешкодження стічних вод з вмістом хрому до 40 мг/дм<sup>3</sup> з глибиною очищення до 0,4 мг/дм<sup>3</sup>, але у деяких випадках необхідне доочищення. Раціонально проводити мікродугове очищення стічних вод з вмістом фенолів до 500 мг/дм<sup>3</sup> та роданидів до 600 мг/дм<sup>3</sup> з глибиною очищення за ХПК до 20 мг/дм<sup>3</sup>. Суттєве зниження ефективності видалення фенолів спостерігається за їх вихідної концентрації менше 20 мг/дм<sup>3</sup>, а роданидів – менше 200 мг/дм<sup>3</sup>. Процес видалення органічних сполук протікає найбільш ефективно за питомої витраті потужності близько 2 Вт/см<sup>3</sup>, роданидів – 2,6–2,9 Вт/см<sup>3</sup>.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Beigeldrud G.M. Treatment of coking byproduct processing waste-water. *Koks i Khimiya*. 1996. №3. P. 32–33.
2. Глупак А.Н. Дослідження процесу електроімпульсного очищення хромвмісних стічних вод. *Науковий вісник будівництва*. 2000. №19. С. 213–217.
3. Слободської С. О., Шульга К. І. та ін. Визначення перспективних способів очищення стічних вод КХВ. *УглеХимический журнал*. 2009. № 3-4. С. 88–92.
4. Василенко О., Василенко Л. Гальванокоагуляція як універсальний метод очищення стічних вод від іонів важких металів. *Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки*. 2017. №28. С. 48–52.
5. Кирилюк, С. В. Очищення стічних вод гальванічного виробництва у комбінованій системі: дис. ...канд. техн. наук: 05.17.21. Рівне, 2017. 206 с.
6. Шестопалов О.В., Чиркіна М.А. та ін. Охорона навколишнього середовища від забруднення нафтопродуктами. Харків: НТУ «ХПІ», 2015. 116 с.
7. Tregubov D., Slobodskoj S. The study of microarc discharge electric characteristics in wastewater treatment. *Koks i Khimiya*. 1997. №9. P. 32–34.
8. Вінніков Д. В. Електрофізичний вплив підводного іскрового розряду на процеси обробки речовин: автореф. дис. ...канд. техн. наук: 05.09.13. Харків, 2017. 24 с.
9. Похмурський В. І., Корній С. А., Косаревич Б. П. Дослідження адсорбції та дифузії водню в кластерах заліза методом функціонала густини. *Фізико-хімічна механіка матеріалів*. 2013. № 4. С. 62–69.
10. Трегубов Д.Г. Интенсификация процесса микродуговой очистки сточных вод при импульсном вводе мощности. *Вісник НТУ «ХПІ»*. 2000. №82. С.2–3. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/3169>.

УДК 614.7

## МОДУЛЬНІ БЛОКИ ЗІ СТАБІЛІЗОВАНИМ МОХОМ, ЯК ІНОВАЦІЙНИЙ СПОСІБ ОЧИЩЕННЯ ПОВІТРЯ

Третякова Л.Д.<sup>1</sup>, д.т.н., проф.; Мітюк Л.О.<sup>1</sup>, к.т.н., доц.; Тупотіна Є.Д.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

Питання очищення повітря не втрачає актуальності для приміщень, що знаходяться в індустріальних містах, а також для робіт, які передбачають наявність пилу у виробничих процесах, тощо. Нестача свіжого, прохолодного повітря в місті найбільше відчувається в спекотний полудень. Високий рівень твердих частинок у годину пік у острівцях тепла, які виникають через поєднання відсутності тіні та сильного сонячного світла, мають серйозні наслідки для здоров'я. У даному дослідженні буде розглянута іноваційна ідея застосування моху як фільтра для повітря у відкритому просторі та вироблення кисню для приміщень з не надвисоким рівнем пилової забрудненості.

Мета: вивчити альтернативну модель очисника повітря у вигляді стабілізованого моху для її наступної популяризації.

Методи дослідження: аналіз існуючих проєктів з використанням моху, вивчення процесу очищення, висновок щодо можливості реалізації проєкта за різних умов.

Об'єктом дослідження є способи очищення повітрі для закритих та відкритих просторів. Предмет дослідження – очищення повітря модульними блоками зі стабілізованим мохом.

Стабілізований мох – це мох зібраний в екологічно чистих лісах скандинавських країн. Рослини пройшли процес стабілізації в результаті, якого їх наситили вологою і кольором. Виріб з такого матеріалу не потрібно поливати і обрізати. Мох зберігає насичений колір, форму і м'якість від 5 до 10 років, при спеціальному піклуванні та зберіганні. Рослина є екологічно чистою і підходить для прикраси інтер'єру ресторану, клініки, квартири або офісного приміщення. Перевагою також є компактність та мобільність, модуль з мохом займає всього лиш 1% від тієї площі, яка знадобилася б, щоб посадити 275 дерев, але виконує еквівалентну роботу. Мох фільтрує пил, вловлює оксид азоту та вуглекислий газ (до 240 метричних тонн на рік) та здатен очистити повітря в радіусі 50 м. Додатково стабілізований мох може регулювати рівень вологи у повітрі, наприклад, при вологості повітря вище 60% рослина поглинає вологу, а при значеннях нижче 40% віддає [1].

Розробка модулів з мохом належить компанії Green City Solutions GmbH і має назву «The CityTree» і вважається першим у світі інтелектуальним біологічним повітряним фільтром. Він працює, створюючи середовище для процвітання спеціально культивованих мохів у міських умовах. Здатність певних мохових культур фільтрувати та поглинати забруднювачі повітря, такі як тверді частки та діоксид азоту, робить їх ідеальними очищувачами повітря, але в містах, де забруднення повітря є найбільшою проблемою, мохи ледь здатні виживати через потребу в постійному зволоженні та тіні. Вертикальна жива стіна з мохів із захисними тінювими рослинами, повністю оснащена автоматизованою подачею води та поживних речовин, а також передовою технологією контролю, що вирішує вище за-

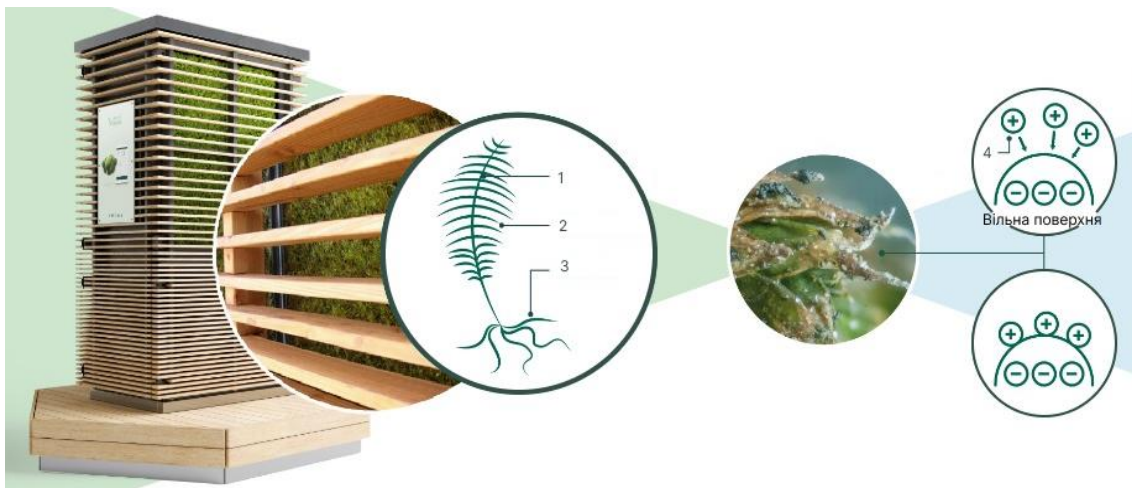


значену проблему. У той же час якість повітря, ефективність фільтрації та вимоги установок можна дистанційно контролювати та аналізувати.

Установка живиться через сонячні панелі, а дощова вода збирається та автоматично перерозподіляється за допомогою вбудованої системи поливу [2].

Кожне CityTree здатне зменшити кількість твердих частинок до 30% і особливо ефективно в гарячих точках забруднення та в зонах з великим часом перебування. Стіна зрошуваних мохів також справляє охолоджуючий ефект на навколишню територію, допомагаючи боротися з ефектом міського теплового острова.

«The CityTree» – це інсталяція для відкритих просторів, що містить у собі близько 4 квадратних метрів стабілізованого моху. За даними виробника інсталяція може фільтрувати до 82% дрібного пилу з повітря, що протікає через засаджену поверхню при швидкості роботи вентилятора 0,5 м/с цілодобово. Це призводить до зменшення дрібного пилу на 53% на відстані півтора метра. Одна установка за рік дає близько 300 мільйонів очищеного повітря. Процес фільтрації (рис 1) відбувається за допомогою самої поверхні моху. Кожна рослина складається зі стебла (1), листя (2) та ризоїду, що виконує функцію кріплення. Завдяки тонкому і щільному листю мох має величезну площу поверхні, через яку він і поглинає речовини. 1 м<sup>2</sup> мохового покриття має близько 30 м<sup>2</sup> поглинаючої поверхні. Мох здатен поглинати дрібні частинки, такі як сажа, пилок і солі амонію, які негативно впливають на якість повітря і небезпечні для здоров'я людини.

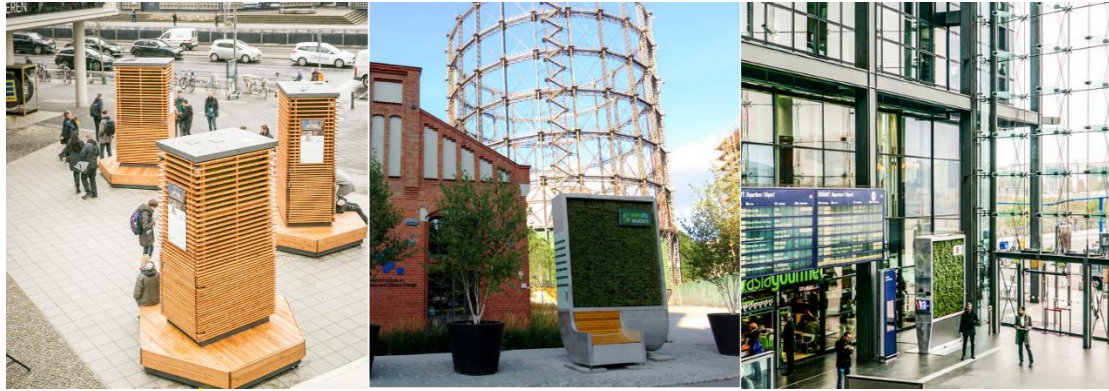


**Рисунок 1 – Процес фільтрації повітря за допомогою стабілізованого моху**

Пил поглинається через процес електростатики, тобто позитивно заряджені частинки пилу (4) притягуються і зв'язується негативною зарядженою поверхнею моху. На наступному етапі 50% дрібного пилу метаболізується і таким чином стає поживною речовиною для самого моху, 25% розкладаються бактеріями, інші 25% зберігаються в осаді моху.

Мохи можуть накопичувати об'єм води до 20 разів більше власної ваги та випаровувати її. У поєднанні з нашою активною вентиляцією температуру навколишнього середовища можна знизити до 4 градусів, що відповідає потужності охолодження до 6500 Вт. Ця здатність ідеально підходить для боротьби з міськими островами тепла, які стають все більшою небезпекою для людей і природи через поступливі зміни клімату. Подібні інсталяції застосовують для відкритих та закритих просторів, можуть бути вмонтовані у фасад будинку чи бути частиною місця для відпочинку, приклади зовнішнього вигляду та розташування інсталяцій можна побачити на рисунку 2.





**Рисунок 2 – Приклади застосування інсталяції «The CityTree»**

Додатковою перевагою конструкцій з мохом у кліматі нашої країни є те, що вони здатні переносити низкі температури. Поки поверхня волога та відкрита, мох фотосинтезує цілий рік, взимку рослини поглинають яскраве відфільтроване світло під голими гілками дерев і навіть фотосинтезують під снігом.

В Україні вже була спроба застосування подібної технології на Подільській набережній у місті Київ. За ініціативи мультидисциплінарної команди «Агенти змін» у 2020 році був встановлений блок розміром 2м \* 2м з мохом для покращення благоустрою території набережної. Початковою метою поліпшення умов території було озеленення в умовах відсутності ґрунту. Згодом модуль був модернізований:

- Металевий каркас покрили світло-сірим композитом — він стійкіший до погодних умов і виглядає більш естетично;
- Закупили спеціальний вирощений мох, а не звичайний лісовий;
- Додали автономну систему поливу, що складається зі спеціального “агроволокна”, на яке кріпиться мох. Вода на агроволокно потраплятиме через резервуар, який буде відкритим і накопичуватиме дощову воду, а при потребі — рівномірно віддаватиме моху;
- У конструкції також з’явилося місце для сидіння.

Модернізований блок був встановлений у 2021 році за підтримки компанії «ЕСКА Капітал» в Михайлівському сквері, між Софіївською церквою і Михайлівським собором, готелями Хаят та Інтерконтиненталь [3].

Висновок: Стабілізований мох дійсно є дуже екологічним і перспективним матеріалом для очищення повітря. Розроблені сучасні інсталяції для використання зазначеного способу очищення повітря, є досвід європейських країн і відповідні установки в Україні. Необхідне інвестування та більше досліджень, щодо використання та ефективності подібних інсталяцій в Україні.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Юсин М. Як посадити 275 дерев на 2 кв.м: модуль з мохом для очищення повітря, зменшення пилу і шуму у Києві. *Хмарочос*. 2021.
2. Інформаційна довідка «THE CITYTREE». Green City Solutions GmbH – Бестензе, Німеччина, 2022.
3. Chris Giles. This 'tree' has the environmental benefits of a forest. CNN. 2017. [Електронний ресурс]. URL: <https://edition.cnn.com/style/article/citytree-urban-pollution/index.html>.

УДК 530.17+536.7+541.8(11)

## ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ АЛЬТЕРНАТИВНИХ МОТОРНИХ ПАЛИВ, ЯК АСПЕКТ ЕКОЛОГІЗАЦІЇ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

Умеренкова К.Р.<sup>1</sup>, к.т.н., доц.; Левтеров А.М.<sup>2</sup>, к.т.н., с.н.с.;  
Кондратенко О.М.<sup>1</sup>, д.т.н., доц.

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

<sup>2</sup>Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного Національної академії наук України, Харків, Україна

Захист атмосферного повітря, водних ресурсів та ґрунтів від забруднення різними поллютантами є одним із основних завдань збереження якості довкілля для сучасних та майбутніх поколінь людей. При цьому розробка і запровадження екологічно чистих технологій, як вважають провідні прогнозисти світу, є життєво важливою необхідністю людства, тобто носить глобальний характер. Головними причинами антропогенного забруднення навколишнього природного середовища (НПС) у промислово розвинених країнах світу є паливно-енергетичний комплекс, промисловість, транспорт. Причому поршневі двигуни внутрішнього згоряння (ДВЗ), що застосовуються на автотранспорті, є основними забруднювачами атмосфери міст канцерогенно-мутагенними інгредієнтами. Ці речовини можуть викликати в організмі людини зміни спадкових властивостей, порушуючи генетичні програми клітин. З продуктами спалювання палива, у тому числі з відпрацьованими газами (ВГ) автомобільних ДВЗ, викидаються шкідливі речовини в газоподібному вигляді (СО, СН, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> тощо) або у вигляді аерозолів (твердих або рідких): канцерогенних вуглеводнів, твердих частинок. Основними споживачами нафтових палив, запаси яких обмежені та близькі до вичерпання, є транспортні засоби з ДВЗ. Тому їхня екологізація має проводитися з урахуванням вказаної двоаспектної (споживання невідновного енергоресурсу та вплив продуктів спалювання на компоненти НПС) паливної проблеми.

**Метою дослідження** є вдосконалення математичного інструментарію для визначення теплофізичних властивостей альтернативних моторних палив як засіб підвищення рівня екологічної безпеки використання енергоустановок з ДВЗ. **Об'єктом дослідження** є альтернативні моторні палива як засіб підвищення рівня екологічної безпеки використання енергоустановок з ДВЗ. **Предметом дослідження** є теплофізичні властивості альтернативних моторних палив.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Основні напрями у вирішенні паливно-екологічних проблем автомобільного транспорту є наступні.

1. Застосування нетрадиційних, у тому числі альтернативних, моторних палив. До альтернативних моторних палив відносяться: природний газ (ПГ), як найефективніший енергоносіє; синтетичні моторні палива (СМП); біопалива, у тому числі й біогаз (БГ); водень, який може використовуватися як високоефективна добавка до горючих сумішей та як необхідний компонент при виробництві СМП, а також в якості основного енергоносія.

2. Удосконалення робочих процесів ДВЗ. При цьому відомим є те, що не слід очікувати відчутного покращення економічності двигуна без внесення конструктивних змін. Для цього необхідні розробка та впровадження технології переобладнання існуючих бензинових та дизельних двигунів автомобілів, а також

створення сучасних «екологічних двигунів».

Використання ПГ та БГ як моторне паливо для транспорту сприяє зниженню рівня викидів шкідливих речовин з потоком ВГ. Так, у порівнянні з бензиновими двигунами, у продуктах згоряння газових двигунів знижується вміст токсичних речовин [1]: Pb з 0,42 до 0 г/дм<sup>3</sup>; SO<sub>2</sub> з 5,5 до 0 ppm; NO<sub>x</sub> з 257,3 до 18,0 ppm; СН з 83,2 до 19,2 ppm; CO з 1,46 до 0,16 %. Як видно, використання ПГ і БГ замість бензину дозволяє суттєво знизити рівень токсичності ВГ, що є одним з важливих аспектів вирішення зазначеної проблеми. Сутність його полягає у створенні енергоустановок з ДВЗ, адаптованими до АМП, та частковому заміщенні ними традиційних нафтових палив.

Важливе значення у процесі пристосування двигунів до АМП має вивчення їх теплофізичних властивостей. Інформація про теплофізичні властивості палив дозволяє більш точно моделювати процеси робочих циклів ДВЗ, вдосконалювати конструкцію та характеристики дозуючих пристроїв систем живлення двигунів, характеристики систем керування.

Аналіз науково-технічної літератури показує, що основні напрями у сучасних розробках провідних закордонних фірм зосереджені на покращенні екологічних показників ДВЗ, у першу чергу зниження токсичності їх ВГ, вдосконалення організації робочих процесів, дослідження та вдосконалення фізичних властивостей АМП. За кордоном виробництво газових ДВЗ досить добре розвинене і низка фірм виробляє двигуни, що працюють на традиційному паливі та на БГ або ПГ. В Україні поки що немає масового застосування АМП для енергоустановок з ДВЗ, тому розвиток цього напрямку є актуальним.

Для теоретичних і експериментальних досліджень, пов'язаних з особливостями використання АМП для транспортних ДВЗ, необхідно вирішувати завдання, що дозволяють прогнозувати необхідні теплофізичні властивості різноманітних палив. Створення сучасних методів дасть змогу визначати ці властивості у широких діапазонах станів – від зрідженого газу до параметрів згоряння чи термічного розкладання. На основі аналізу існуючих методів розрахунку зроблено висновок про те, що різні модельні схеми та емпіричні залежності можуть давати прийнятні кількісні результати в обмежених діапазонах станів. При цьому для розрахунків потрібна значний обсяг вихідних даних про властивості компонентів та їх сумішей. Однак, для використання у практично важливі області – рідкої фази АМП, зазначені методи не можуть бути застосовані.

Такий стан питання зумовлює необхідність розвитку сучасних статистико-механічних методів опису властивостей АМП, у яких використовується мінімум вихідних даних та параметрів. Проведені дослідження присвячені застосуванню оригінальної модифікованої схеми термодинамічної теорії збурень (МТЗ) [2,3] для опису властивостей АМП, які є багатокомпонентними сумішами (ПГ і БГ).

Питома (що припадає на одну частинку) вільна енергія  $f_m$   $n$ -компонентної суміші у межах МТЗ, що враховує другий порядок, має вигляд формули (1). Початковим етапом розрахунків властивостей у двофазній  $n$ -компонентній системі є визначення густини  $\rho_m^*$  суміші при заданих температурі  $T$  та тиску  $p$ . Розрахунки фазових рівноваг, тобто визначення складів рідкої ( $L$ ) та парової ( $V$ ) фаз та значень їх густин, виконуються на основі формальної системи рівнянь виду (2), у якій  $p_m$  – тиск суміші;  $\mu_i$  – хімічний потенціал  $i$ -го компонента.

Чисельна реалізація розробленої математичної моделі здійснюється за допомогою комп'ютерної програми визначення фазових рівноваг і теплофізичних властивостей рідкої та парової фаз багатокомпонентних АП, що включає також підпрограму розрахунку властивостей в однофазній області (гомогенному стані).

Визначаються властивості наступних компонентів і складених із них сумішей: граничні вуглеводні ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{C}_3\text{H}_8$ ,  $n\text{-C}_4\text{H}_{10}$ ,  $i\text{-C}_4\text{H}_{10}$ ,  $n\text{-C}_5\text{H}_{12}$ ,  $i\text{-C}_5\text{H}_{12}$ ,  $\text{C}_6\text{H}_{14}$ ,  $\text{C}_7\text{H}_{16}$ ,  $\text{C}_8\text{H}_{18}$ ,  $\text{C}_9\text{H}_{20}$ ,  $\text{C}_{10}\text{H}_{22}$ ); інертні гази ( $\text{He}$ ,  $\text{Ne}$ ,  $\text{Ar}$ ,  $\text{Kr}$ ,  $\text{Xe}$ ); азот  $\text{N}_2$ ; діоксид вуглецю  $\text{CO}_2$ ; оксид вуглецю  $\text{CO}$ ; водень  $\text{H}_2$ ; кисень  $\text{O}_2$ ; вода  $\text{H}_2\text{O}$ ; сірководень  $\text{H}_2\text{S}$ ; бензол  $\text{C}_6\text{H}_6$  тощо.

$$\beta f_m = \beta f_m^{(0)} + \sum_{i,k=1}^n x_i x_k \rho_{ik}^* (I_{ik}^{(1)} + I_{ik}^{(2)} / T_{ik}^*) / T_{ik}^*, \quad (1)$$

$$\begin{cases} p_m(v_m^L, T, \{x_i^L\}) - p = 0; \\ p_m(v_m^V, T, \{x_i^V\}) - p = 0; \\ \mu_1(v_m^L, T, \{x_i^L\}) - \mu_1(v_m^V, T, \{x_i^V\}) = 0; \\ \dots\dots\dots \\ \mu_n(v_m^L, T, \{x_i^L\}) - \mu_n(v_m^V, T, \{x_i^V\}) = 0. \end{cases} \quad (2)$$

де  $f_m^{(0)}$  – вільна енергія  $n$ -компонентної суміші твердих сфер;  $x_i$  – концентрація (мольна частка)  $i$ -го компонента;  $\beta = 1/(kT)$ ;  $k$  – стала Больцмана;  $\rho_{ik}^* = \rho \sigma_{ik}^3$  – наведена густина числа частинок;  $T_{ik}^* = (\beta \epsilon_{ik})^{-1}$ ;  $\sigma_{ik}$  та  $\epsilon_{ik}$  – параметри вихідних потенціалів міжмолекулярної взаємодії  $u_{ik} = \epsilon_{ik} \phi(r/\sigma_{ik})$  (використовується потенціал Леннард-Джонса  $\phi(x) = 4(x^{-12} - x^{-6})$ );  $I_{ik}^{(1)}$ ,  $I_{ik}^{(2)}$  – узагальнення групових інтегралів першого та другого порядків для сумішей [3].

Зазначені набори забезпечують, зокрема, опис ПГ, газового конденсату, шахтного газу, енергоносіїв на основі водню, азоту, робочих тіл паливних елементів електрохімічних генераторів та інших сумішей. Властивості, що визначаються: рівняння стану ( $p$ ,  $V$ ,  $T$  – співвідношення, густина); коефіцієнти теплового розширення та ізотермічного стиску; фазові рівноваги «рідина-пара»; енергія (Гіббса, внутрішня, вільна); ентальпія; ентропія; теплоємності ( $C_p$ ,  $C_v$ ).

На рис. 1 показана діаграми ФР рідина-пара сумішей метан-етан при вказаних температурах. На рис. 1 зображено фазову діаграму базової бінарної суміші метан-етан для набору ізотерм. Порівняння з експериментальними даними (значки) дозволяє оцінити похибки опису складів рідкої та парової фаз близько 4–5 мол. %. Як правило, експериментальні дані при наближенні до критичних точок відсутні, тому отримані розрахункові величини прогнозують фазову поведінку сумішей у цих областях.

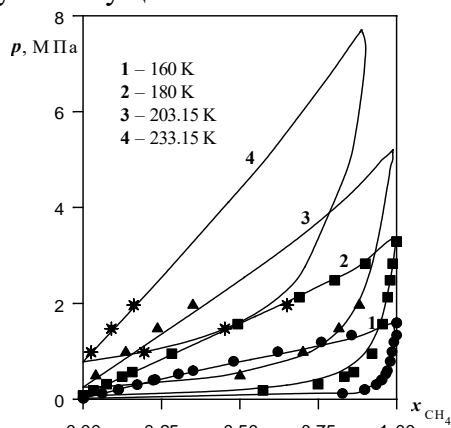


Рисунок 1 – Діаграми ФР рідина-пара сумішей метан-етан при вказаних температурах

У табл.1 отримані розрахунковим шляхом значення молярного об'єму вуглеводневої суміші, що відповідає можливому складу ПГ або БГ, порівнюються з експериментальними даними, наведеними у літературі. Похибка розрахунку показує гарне узгодження експериментальних та розрахункових значень.

**Аналіз результатів дослідження.** У дослідженні проаналізовано стан глобальної проблеми паливно-енергетичної кризи та забруднення НПС продуктами згоряння вуглеводневих палив промислових та транспортних енергоустановок, оснащених поршневыми ДВЗ.

**Таблиця 1 – Порівняння експериментального та розрахункового значення молярного об'єму вуглеводневої суміші**

Склад суміші Мольні частки компонентів, %	T, К P, МПа V <sub>експ</sub> , М <sup>3</sup> /КМОЛЬ	Розрахунок по МТЗ	
		V <sub>розн.</sub> , М <sup>3</sup> /КМОЛЬ	Похибка, %
CH <sub>4</sub> =72,27; C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> =4,551; C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> =2,474; n-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> =5,205; C <sub>7</sub> H <sub>16</sub> =3,65; C <sub>10</sub> H <sub>22</sub> =2,814; N <sub>2</sub> =3,02; CO <sub>2</sub> =3,015; H <sub>2</sub> S=3,001	338,71 22,62 0,09469	0,096	1,38
CH <sub>4</sub> =77,43; C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> =5,74; C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> =2,99; n-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> =4,66; C <sub>7</sub> H <sub>16</sub> =3,59; C <sub>10</sub> H <sub>22</sub> =2,63; H <sub>2</sub> S=2,96	338,71 21,75 0,1003	0,1004	0,09
CH <sub>4</sub> =80,97; C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> =5,66; C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> =3,06 n-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> =4,57; C <sub>7</sub> H <sub>16</sub> =3,3; C <sub>10</sub> H <sub>22</sub> =2,44	366,45 21,63 0,1134	0,1134	0,00
Середня похибка, $\bar{\delta} = \sum  \delta / N , \%$			0,49

Для підвищення ефективності використання альтернативних моторних палив (АМП), як одного з аспектів вирішення проблеми, запропоновано оригінальний метод та результати розрахунку теплофізичних властивостей широкого класу АМП (водень, природний газ, біогаз, шахтний газ, коксовий, доменний та синтез-газ та ін.). У роботі наведено опис розробленої математичної моделі визначення параметрів фазових рівноваг та теплофізичних властивостей щільних молекулярних систем (щільних газів та рідин). Обчислювальні процедури ґрунтуються на основі термодинамічної теорії збурень без залучення емпіричних параметрів. Особливостями методу є: обмеженість вихідної інформації, висока точність, можливість застосування у будь-яких практично важливих діапазонах станів. Похибки розрахунків перебувають на рівні традиційних експериментальних похибок.

**Висновки.** Забруднення НПС канцерогенними речовинами, особливо атмосфери великих міст, є глобальною екологічною проблемою II половини ХХ – 20-х рр. ХХІ століття. Вважають, що 90 % канцерогенних вуглеводнів, що містяться у НПС, пов'язані з енергетикою, промисловістю, транспортом тощо. При цьому найбільшим забруднюючим джерелом атмосфери міст канцерогенно-мутагенними інгредієнтами є автотранспорт із ДВЗ. При цьому комплекс науково-технічних заходів, спрямованих на зниження техногенного навантаження на довкілля, входить створення екологічних транспортних ДВЗ, тобто, покращення екологічних показників ДВЗ, зниження токсичності їх ВГ, удосконалення організації робочих процесів, дослідження та вдосконалення фізичних властивостей АМП. У цій роботі запропоновано методики розрахунку параметрів АМП, які використовуються при математичному моделюванні робочих процесів ДВЗ з низьким рівнем вмісту шкідливих речовин у ВГ.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Парсаданов И.В., Канило П.М., Строков А.П. Оценка показателей дизелей городских автобусов при использовании альтернативных топлив. *Двигатели внутреннего сгорания: сб. научн. тр.* 2010. № 2. С. 104–109.
2. Умеренкова К.Р., Борисенко В.Г. Перспективи використання альтернативних палив і методика визначення їх теплофізичних характеристик: монографія. Харків: НУЦЗ України, 2021. 101 с.
3. Маринин В.С. Теплофизика альтернативных энергоносителей. Харьков: Форт, 1999. 212 с.

УДК 504.064.36

## СИСТЕМА ОПЕРАЦІЙНИХ ЦЕНТРІВ, ЯК НОВІТНИЙ МЕТОД ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ВІЙСЬКОВОГО ХАРАКТЕРУ

Усачов Д.В.<sup>1</sup>

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

За останнє десятиліття зросло усвідомлення важливості екологічних проблем. Це усвідомлення виникало серед влади країн Європейського союзу у міру їхнього звернення до розв'язання екологічних питань при виникненні надзвичайних ситуацій різного характеру від об'єктового до загальнодержавного рівня. Створення міністерств з питань охорони та покращення якості довкілля є лише однією ознакою такого зростання загальної стурбованості. Значною мірою ця стурбованість отримала відображення у рішеннях Ради керуючих Програми Організації Об'єднаних Націй з навколишнього середовища. Не зважаючи на ці явища, що заслуговують на увагу, і поява у світової спільноти багатьох спільних поглядів на екологічні проблеми та заходи, триває нічим не стримувана деградація навколишнього середовища, яка загрожує добробуту людей, а в деяких випадках і самому існуванню життя на нашій планеті.

Нині всі європейські країни приділяють екологічним проблемам пильну увагу. Проводяться щорічні планування профілактичних заходів та інших заходів щодо охорони навколишнього середовища. В рамках боротьби за екологію, проводиться пропаганда електричного та велосипедного транспорту, розширюються території національних парків. У виробництво активно впроваджуються енергозощаджувальні технології та встановлюються фільтрувальні системи.

Незважаючи на заходи, екологічні показники поки що залишаються незадовільними в таких країнах, як Польща, Бельгія, Чехія та інші. Промислова обстановка в Польщі призвела до того, що у 1980-х роках місто Краків отримало статус зони екологічного лиха через викиди металургійного комбінату. За статистичними даними, понад 30% європейців постійно проживає в несприятливих екологічних умовах.

Україна на сьогодні є однією з найбільш забруднених країн світу через військову агресію РФ. Постійні обстріли українських земель спричиняють серйозні пошкодження навколишнього середовища: вибухи, пожежі, бомбардування, руйнування промислових об'єктів призводять до забруднення повітря, води та землі. Під час детонації військових ракет, артилерійських снарядів, мін утворюється низка хімічних сполук: чадний газ, вуглекислий газ, водяна пара, бурий газ, азот тощо. Додатково утворюється велика кількість токсичної органіки, окислюються навколишні ґрунти, деревина, конструкції. Далі є також низка токсичних елементів, як оксид сірки й азоту, що під час окислення можуть призвести до кислотних дощів. Вони можуть змінювати склад ґрунту, викликати опіки рослин, слизових тканин дихальних органів людини, птахів, ссавців.

Впливає на навколишнє середовище нашої країни пересування військової техніки, детонація складів з боєприпасами та горіння нафтопереробних заводів. Наразі кількість зруйнованих цистерн із парниковими газами невідома. Від горіння нафтопродуктів на зруйнованих нафтобазах та нафтопереробних підприємствах також додається викид парникових газів. Крім того, скорочення постачання

російського природного газу до ЄС призведе до його заміни на вугілля, що також збільшить викиди вуглецю.

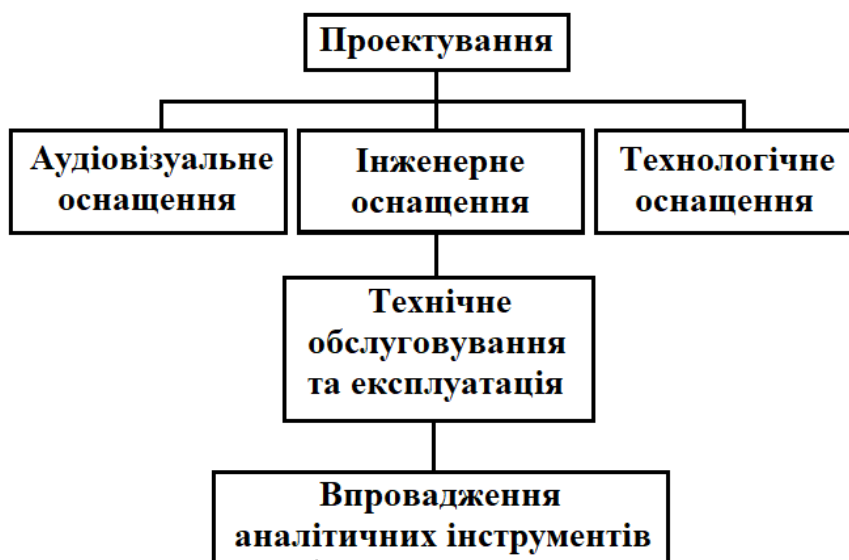
Пряних збитків екології було завдано у Маріуполі. Адже у місті зруйновано заводи, на яких використовувалися різні речовини, типові забруднювачі довокілья. Зруйновано шламонакопичувачі, сховища та склади різних отруйних речовин. Усі хімікати та речовини потрапили у навколишнє середовище. У Сєвєродонецьку люди відчували викиди нібито азотної кислоти. Але чи була ця саме ця речовина, поки в зоні бойових дій оцінити неможливо, бо цивільні фахівці не можуть туди потрапити.

Невідома точна площа знищених лісів. Деякі ліси на сході та півдні України знаходяться на межі свого ареалу в умовах високих температур, що ускладнить їхнє відновлення. Спеціалісти зазначили, що через атаки на сховища сільськогосподарських хімікатів пестициди та мінеральні добрива потрапляють у ґрунт, на якому вирощують сільгоспкультури, та у ґрунтові води, які використовуються як джерела питного, промислового та сільськогосподарського водопостачання. Поля забруднюються і внаслідок падіння артилерійських снарядів. Останні через бойові дії, що продовжуються, не скрізь можливо утилізувати.

Збереження екологічної безпеки, незважаючи на вжиті заходи щодо рівня впливу на навколишнє середовище, фізичних, та біологічних факторів, за оцінкою передбачуваних ситуацій та техногенного характеру, викликає стурбованість у спеціалістів в області екологічної безпеки. Для розв'язання цих питань в країні пропонується створити систему оперативних центрів з моніторингу навколишнього середовища відповідних рівнів при Державній екологічній інспекції, метою яких є фіксування порушень рівня екологічних норм внаслідок військових дій, щоб у майбутньому відправити до країни агресора юридичну справу за попередні збитки навколишньому середовищу. В таких центрах повинні працювати фахівці з екологічної безпеки й займатися збиранням та обробкою даних: фіксувати факти забруднення земельних, повітряних, водних, лісових та біологічних ресурсів. Найголовнішими задачами оперативних центрів стануть:

- цілодобовий моніторинг оперативної ситуації в регіоні;
- аналіз стану готовності та ефективності службової діяльності щодо боротьби з наслідками надзвичайних ситуацій, підтримання публічної безпеки;
- підготовка інформаційно-аналітичних документів (аналітичний огляд, інформаційне зведення, аналітичний звіт тощо) за результатами аналізу оперативного становища;
- забезпечення належного і своєчасного реагування на загрозу виникнення надзвичайної ситуації;
- організація заходів щодо інформування та підготовки населення до дій у разі виникнення надзвичайних інцидентів.

Створення системи моніторингу служить засобом досягнення наступної мети – атестації кількісного та якісного складу довкілля живих систем та їх стану. Забезпечення екологічної безпеки на глобальному та національному рівнях належить до пріоритетних напрямів міжнародного співробітництва. Екологічна безпека під час реалізації інфраструктурних проєктів, забезпечується у вигляді впровадження державної системи екологічного контролю загальнодержавного і регіонального рівнів, і навіть попередженням і виявленням порушень вимог законодавства у сфері охорони навколишнього середовища під час воєнного стану, реконструкції, капітальному ремонті об'єктів капітального будівництва, які зазнали пошкоджень під час артилерійських обстрілів.



**Рисунок 1 – Етапи створення операційного центру з моніторингу навколишнього середовища**

Державний постійний і обов'язковий екологічний моніторинг, по-перше, дасть змогу контролювати забруднення середовища підприємствами, а по-друге, стане базою для розробки ДСНС та іншими компетентними службами комплексів запобіжних заходів на випадок різноманітних надзвичайних ситуацій. Крім того, обов'язковий екологічний моніторинг, дозволить проконтролювати, аби на підприємствах були передбачені запобіжні заходи, які дозволять локалізувати викиди небезпечних речовин та наслідки НП для довкілля.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Наслідки війни для здоров'я відчуватимуть два покоління українців. URL: <https://ecopolitic.com.ua/ua/news/v-ukraini-naslidki-vijni-dlya-zdorov-ya-vidchuvatimut-dva-pokolinnya-eksperti/>
2. Операційний центр запобігання та моніторингу надзвичайних ситуацій. URL: <https://magneticonemt.com/operatsijnyj-sytuatsiinyi-tsentr/>
3. Як обстріли та бої впливають на наше довкілля. Запитуємо в українських та міжнародних фахівців URL: <https://www.the-village.com.ua/village/city/eco/326103-yak-strazhdae-ekologiya-cherez-obstrili>



УДК 628.31

## КОМПЛЕКСНА СТРАТЕГІЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ ВИСОКОТОКСИЧНИМИ СТОКАМИ

Худоярова О.С.<sup>1</sup>, к.т.н., доц.

<sup>1</sup>Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського,  
Вінниця, Україна

Великі об'єми виробничих стічних вод утворюються на промислових підприємствах хімічної та нафтохімічної галузей і містять серед забруднюючих речовин іони металів, зокрема купруму(II), сполуки сульфуру – сульфіді та гідросульфіді та інші забруднюючі речовини, які перевищують гранично-допустимі концентрації. Надходження таких стічних вод у природні водойми призводить до негативних явищ, таких як підвищення концентрацій у воді водойми і потрапляння в системи водопостачання, внаслідок чого погіршуються якісні показники води, акумуляція іонів купруму(II) в організмі водних рослин і риб, отруєння безхребетних та риб, що створює загрозу здоров'ю людини.

Для очищення промислових стічних вод досить широко використовують метод адсорбції забруднюючих речовин на різноманітних природних та синтетичних сорбентах. З метою підвищення ефективності процесу адсорбції можуть бути використані суміші сорбентів різної хімічної природи, хімічні та фізико-хімічні методи активування їх поверхні, а також хімічне модифікування сорбційної матриці.

При вирішенні проблеми утилізації відходів, які утворюються у виробництві безалкогольних напоїв, при очищенні водних розчинів цукрового сиропу, у вигляді суміші сорбентів: активованого вугілля, кізельгуру різних марок, виникає необхідність вивчення умов проведення процесу регенерації та топохімічних перетворень на сорбційній поверхні, яку можна модифікувати сульфід-іонами з метою використання сорбентів для очищення промислових стічних вод, наприклад, гальванічного виробництва від іонів купруму(II).

Отже, актуальним є розроблення сучасних комплексних технологій адсорбційного очищення стічних вод з використанням регенованого сорбенту в гальванічному виробництві, зокрема, в процесі міднення від купрум(II)-іонів, у хімічних і нафтохімічних виробництвах від сульфід- і гідросульфід-іонів, з повторним використанням очищеної води в замкнених виробничих циклах, а також технології регенерації відпрацьованих індустриальних олив машинобудівної галузі з використанням регенованого сорбенту для одержання пластичних мастил.

Досліджено можливість повторного використання відпрацьованого (після стадії очищення цукрового сиропу) промислового сорбенту, що складається з активованого вугілля та кізельгуру. Умовою повторного використання відпрацьованого промислового сорбенту була його регенерація [1]. В результаті досліджень регенерації відпрацьованого сорбенту харчової промисловості були оптимізовані параметри процесу на окремих стадіях: в гідродинамічному режимі при масовому співвідношенні сорбент : вода = 1:4, температурі процесу 50-60 °С, тривалості 45-60 хв.; при обробці реагентами – кип'ятінні в 1%-ому розчині NaOH протягом 45-60 хв і 4%-ому розчині HCl протягом 45-60 хв; фільтрування; промивання; висушування. Показано, що регенерація відпрацьованого сорбенту тільки розчином NaOH дозволяє збільшити сорбційну ємність у порівнянні з нерегенованим со-

рбентом на 29-42%; тільки розчином HCl – збільшує на 23,8-29,0%, 1%-им розчином NaOH і 4%-им розчином HCl – збільшує на 42%. Відновлення після регенерації сорбційної ємності сорбенту пояснювали проходженням, в першу чергу, кислотно-основних хімічних реакцій та відмиванням водою продуктів їх взаємодії.

Визначено мету подальшого використання регенованого промислового сорбенту для локального сорбційного очищення стічних вод окремих виробництв. На нашу думку, такий склад регенованих сорбентів різної хімічної природи, що характеризується різною питомою поверхнею адсорбції, має забезпечити необхідну глибину та якість очищення стічних вод окремих промислових виробництв.

Встановлено можливість ефективного використання регенованого промислового сорбенту для очищення технічних розчинів виробництва безалкогольних напоїв від органічних домішок. Дослідження було проведено на лабораторній установці з використанням багатоступеневого адсорбційного очищення і послідовного введення регенованого сорбенту. Розроблено принципову технологічну схему ділянки регенерації відпрацьованого промислового сорбенту та очищення технічної води в замкнутих циклах виробництва безалкогольних напоїв від органічних домішок [2]. Рефрактометричним методом визначено залишкову кількість цукру у водних розчинах після регенерації відпрацьованого промислового сорбенту та встановлено, що кількість органічних домішок за один цикл при трьох ступенях очищення зменшується в 2,9 рази, що свідчить про ефективність запропонованого способу очищення.

В дослідженнях сорбційного очищення сульфідно-лужних стічних вод підприсмів хімічної (нафтохімічної) промисловості від сульфід та гідросульфід-іонів було використано модельні розчини, які за концентрацією загального сульфур у водних розчинах після регенерації відпрацьованого промислового сорбенту та встановлено, що кількість органічних домішок за один цикл при трьох ступенях очищення зменшується в 2,9 рази, що свідчить про ефективність запропонованого способу очищення.

В дослідженнях сорбційного очищення сульфідно-лужних стічних вод підприсмів хімічної (нафтохімічної) промисловості від сульфід та гідросульфід-іонів було використано модельні розчини, які за концентрацією загального сульфур у водних розчинах після регенерації відпрацьованого промислового сорбенту та встановлено, що кількість органічних домішок за один цикл при трьох ступенях очищення зменшується в 2,9 рази, що свідчить про ефективність запропонованого способу очищення.

Встановлено залежність ступеня вилучення сульфурвмісних сполук із модельних розчинів різної концентрації – 9 та 12% мас., від часу адсорбції за фіксованої маси сумішевого сорбенту. Показано, що при співвідношенні розчин : сорбент = 100:40 за температури 20–25 °C і часу експозиції 24 год ступінь вилучення загального сульфур у розчинів складає 96,6 %, що підтверджує ефективне використання регенованого сорбенту та можливість його практичного використання. Встановлено, що величина адсорбції сульфід- і гідросульфід-іонів на дослідженому регенованому сорбенті суттєво залежить від вихідної концентрації натрію сульфід у розчині. У випадку більш концентрованого розчину окрім адсорбції на поверхні сорбенту має місце адсорбція, що пов'язана із внутрішньодифузійними процесами. Рентгенофазовим аналізом поверхні сорбенту підтверджено аморфний склад активованого вугілля та наявність основного кристобаліту SiO<sub>2</sub>, 4,02, а також цілої низки піків різних модифікацій (кубічної, орторомбічної) Na<sub>2</sub>S. Визначено характер ізотерм адсорбції цих іонів на дослідженому сорбенті. Досліджено поверхню сорбенту за допомогою рентгенофазового аналізу. Характер рентгенівської дифрактограми показав аморфний склад активованого вугілля та наявність у лівій частині дифрактограми основного піка кристобаліту SiO<sub>2</sub>, а також низки піків різних модифікацій Na<sub>2</sub>S.

Дослідження очищення промивних вод електрохімічного міднення від купрум(II)-іонів з використанням регенованого сорбенту показали їх низьку ефективність щодо видалення іонів купруму(II) [5]. Тому, було зроблено висновок про необхідність модифікації матричної поверхні сорбенту. В дослідженнях комплексного очищення промислових стічних вод від іонів купруму, сульфід та гідросульфід-іонів було проведено модифікування сорбційної поверхні регенованого сорбенту сульфідно-лужними розчинами. Це дозволило підвищити ступінь вилу-

чення іонів купруму(II) з 23,3% до 83,2%. Методами ІЧ-спектроскопії дифузного відбиття, рентгенофазового аналізу досліджено послідовність взаємодії іонів купруму, сульфід та гідросульфід-іонів на матричній поверхні сорбенту, що дозволило запропонувати механізми утворення кінцевого купрум(II) сульфід.

Адсорбційне очищення відпрацьованих індустріальних олив з використанням регенованого сорбенту було пов'язано з отриманням складових нових карбонсульфурвмісних пластичних мастил [6]. Введення очищених індустріальних олив в кількості 7-14% мас. забезпечує їх необхідну гомогенізацію, фізико-хімічні та трибологічні властивості. Відпрацьовані індустріальні оливи (ВІО) очищали від води, механічних домішок та продуктів окиснення. При цьому були встановлені такі раціональні технологічні параметри регенерації ВІО: швидкість перемішування 1000-1200 об/хв; співвідношення сорбент: ВІО = 1:10 – 1:20; температура процесу адсорбції 20-25°C; час процесу адсорбції 30-60 хв.

Запропоновано механізм сумісного очищення промислових стічних вод від сульфід-, гідросульфід-іонів та іонів купруму(II). Отриману модифіковану поверхню регенованого промислового сорбенту [сорбент + CuS + S] використовували як кінцевий промисловий продукт, а саме як активний компонент пластичних мастил спеціального призначення [3].

Результати проведених наукових досліджень дають можливість використовувати комплексну адсорбційну технологію очищення промислових стічних вод різних галузей промисловості – харчової (виробництва безалкогольних напоїв), гальванічних виробництв (процесу міднення), хімічної та нафтохімічної (сульфідно-лужних розчинів).

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Ranskiy A. P., Khudoyarova O. S., Gordienko O. A., Titov T. S., Kryklyvyi R. D. Regeneration of Sorbents Mixture after the Purification of Recycled Water in Production of Soft Drinks. *Journal of Water Chemistry and Technology*. 2019. Vol. 41, No 5. P.318-321.
2. Khudoyarova O., Gordienko O., Ranskiy A. Technology of complex sorption treatment of industrial wastewater from sulphide and Copper (II)-iones. *Water and Water Purification Technologies. Scientific and Technical News*. 2021. Vol. 30, No 2. P.18–26.
3. Khudoyarova O., Gordienko O., Blazhko A., Sydoruk T., Ranskiy A. Desulfurization of industrial water-alkaline solutions and receiving new plastic oils. *Journal of Ecological Engineering*. 2020. Vol. 21, No 6. P.61–66.
4. Khudoyarova O., Gordienko O., Sydoruk T., Titov T., Prokopchuk S. Adsorptive desulfurization of sewage of industrial. *Environmental problems*. 2020. Vol. 5, No 2. P.102–106.
5. Khudoyarova O., Gordienko O., Sydoruk T., Titov T., Ranskiy A. Surface modification of mixed sorbents with sulfide ions for purification of galvanic wash water of copper plating process. *Proceedings of the NTUU "Igor Sikorsky KPI". Series: Chemical engineering, ecology and resource saving*. 2020. No 2. P.36-46.
6. Спосіб регенерації відпрацьованих мінеральних олив: пат. 146975 Україна. № 202007009; заявл. 02.11.2020; опубл. 31.03.2021, Бюл. №13. 4 с.

## ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ НА ЗАХИСТІ КОМПОНЕНТІВ ДОВКІЛЛЯ

УДК 504.064.4

### ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

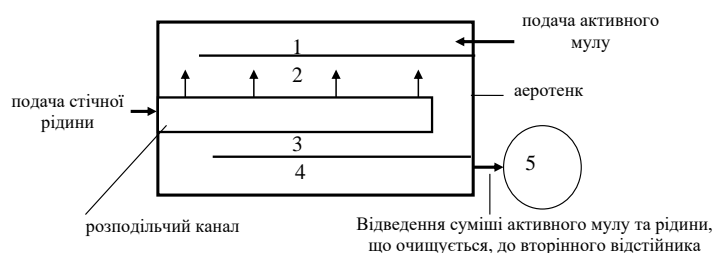
Горносталь С.А.<sup>1</sup>, к.т.н. доц.; Горбань Д.Г.<sup>1</sup>; Молчан А.П.<sup>1</sup>

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

Одним із пріоритетних напрямів екологічної політики України є скорочення скидів забруднених стічних вод. На сьогоднішній момент цей показник становить 15,7% від загального обсягу скидів, планують скоротити його до 5% к 2030 року [1]. Екологічна безпека водних об'єктів безпосередньо визначається ефективністю роботи очисних споруд, які приймають стічні води після використання на виробничі та господарсько-побутові потреби.

Серед несприятливих чинників, які впливають на якість роботи очисних споруд, слід виділити нерівномірність надходження стічних вод, постійні зміни кількісного та якісного складу стоків. Це ускладнює роботу та обслуговування споруд, погіршує якість очищення. Результатом є потрапляння недостатньо очищених вод у водні об'єкти, що використовуються для відпочинку, рибальства, забору води на господарсько-питні потреби, та спричиняє спалахи інфекційних захворювань. Такі явища характерні для міст, насичених промисловістю, транспортом, будинками різного призначення.

Ступінь екологічної безпеки споруд очищення стічних вод, в першу чергу, залежить від організації масообмінних та гідравлічних процесів в аераційних спорудах [2-4]. Аеротенки є частиною технологічної схеми аеробної біологічної очистки, принципова схема якої наведена на рис. 1.



**Рисунок 1 – Схема секції аеротенка-змішувача: 1 – перший, 2 – другий, 3 – третій та 4 – четвертий коридори, 5 – вторинний відстійник**

Для захисту водних об'єктів від забруднення стічними водами необхідно використовувати всі можливі шляхи, зокрема інформаційні технології [5-6]. Метою роботи є підвищення екологічної безпеки водних об'єктів шляхом запобігання потраплянню в них недостатньо очищених стічних вод. У роботі пропонується вирішити це завдання за рахунок розробки програмного продукту, який забезпечить швидкий та коректний аналіз результатів лабораторних досліджень, спростить управління режимом роботи споруд очищення стічних вод.

Для вирішення поставленого завдання проаналізовано особливості процесу очищення в системі «аеротенк – вторинний відстійник». Виявлено фактори, які впливають на перебіг очищення. Такими факторами є концентрація активного мулу, інтенсивність подачі повітря, властивості стічної рідини, що надходить на очищення. Проведений аналіз показав, що шляхом корегування витрати насосів, що перекачують активний мул; компресорів, що перекачують повітря, та скиданням надлишкового мулу з системи, можна вплинути на якість очищення. Позитивний результат досягається за рахунок регулювання співвідношення «стічна рідина – активний мул – повітря».

Після обробки результатів лабораторних аналізів отримано рівняння регресії, які описують зміну концентрації активного мулу в регенераторі та концентрації забруднень в очищеній воді на виході зі споруд. Аналітичні рішення рівнянь дозволяють аналізувати перебіг процесів на різних етапах біологічного очищення, визначати вплив факторів на нього, вносити зміни в технологічний процес.

Щоб зробити цей процес більш зручним для користувача, створено програмний продукт «Дослідження якості очищення стічних вод в аеротенку». Послідовність роботи з ним представлена в вигляді алгоритму з чотирьох блоків (рис. 2). В першому блоці необхідно проаналізувати вихідні дані по стічним водам, що поступають після механічного очищення, активного мулу та інтенсивності аерації. Після цього треба провести розрахунок за допомогою запропонованого програмного продукту. Другий блок – зафіксувати результати розрахунку. Це можна зробити за допомогою графіків або отримати конкретний результат для заданих параметрів. Третій блок – порівняти результати, четвертий – спираючись на результати розрахунку, зробити висновок стосовно необхідності зміни режиму роботи споруд.

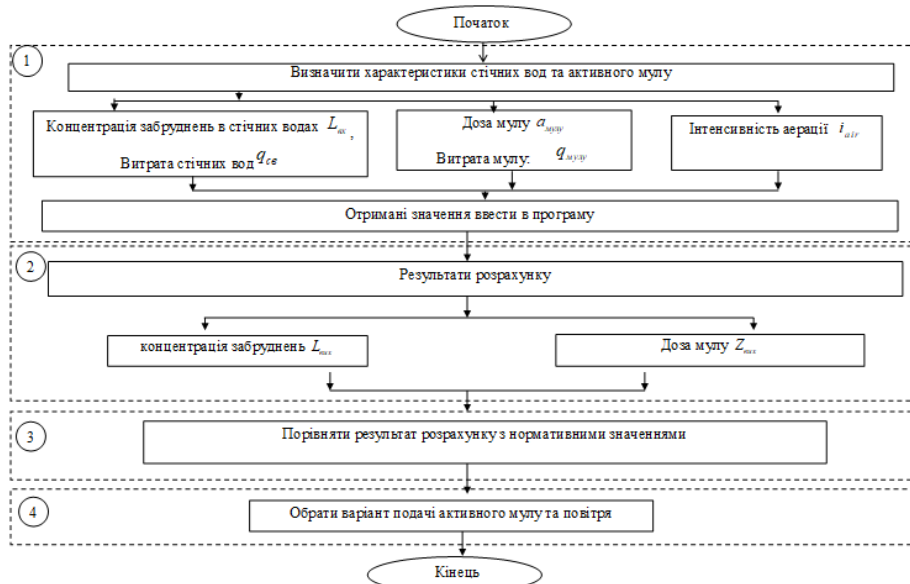
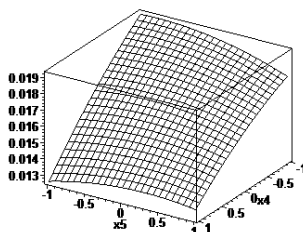


Рисунок 2 – Алгоритм вибору режиму роботи аеротенка

Програмний продукт «Дослідження якості очищення стічних вод в аеротенку» містить короткий опис складових, які враховано в розрахунку, рівняння та перелік команд для отримання результату в чисельному та графічному вигляді (рис. 3). Користувачу необхідно ввести вихідні дані, натиснути кнопку для проведення розрахунку та отримати результат. В якості вихідних даних використовуються результати лабораторного аналізу стічних вод на спорудах, що вже працю-

ють. Також можна вносити дані для споруд, що тільки проєктуються. Це дозволить оцінити їх можливості, «поведінку» при різкій зміні вхідних параметрів в різній комбінації.

```
restart;
x3:=0;
x3 = 0
y1:=-0.01657+0.00237*x3-0.00279*x4-0.00025*x5-0.00031*x3^2-0.00044*x4^2-0.00048*x5^2-0.00028*x3*x4+0.00037*x3*x5+0.00052*x4*x5;
y1 = 0.1657 - 0.00279 x4 - 0.00025 x5 - 0.00044 x4^2 - 0.00048 x5^2 + 0.00052 x4 x5
plot3d(y1,x4=-1..1,x5=-1..1,color=black);
```



**Рисунок 3 – Приклад розрахунку концентрації забруднень в очищеній воді на виході зі вторинного відстійника**

Запропонований програмний продукт дозволяє обирати режим очищення стічних вод, при якому на виході зі споруд концентрація забруднень не буде перевищувати гранично допустимі значення. Остаточне рішення щодо вибору технологічного режиму роботи споруд біологічного очищення залишається за технологом підприємства. При цьому у фахівця буде вичерпна інформація про особливості протікання процесів на різних етапах очищення, у декількох точках споруди. Застосування запропонованого програмного продукту дозволяє з мінімальними фінансовими та трудовими витратами позитивно вплинути на екологічний стан водойм, у які скидають стічні води після очищення.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Національна доповідь про стан навколишнього середовища в Україні у 2020 році. URL: <https://mepr.gov.ua/news/38840.html> (дата звернення: 02.05.2022).
2. Environmental engineering and activated sludge processes: models, methodologies, and applications / O. Sanchez (Ed.). Oakville, ON; Waretown, NJ: Apple Academic Press, 2016.
3. Mustafa El-Rawya, Mahmoud Khaled Abd-Ellah, Heba Fathid Ahmed Khaled Abdella Ahmed. Forecasting effluent and performance of wastewater treatment plant using different machine learning techniques. *Journal of Water Process Engineering*. Volume 44, December 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.102380>
4. Мовчан А.П., Горбань Д.Г., Горносталя С.А. Дотримання екологічних вимог при очищенні міських стічних вод. *Пріоритетні напрямки та вектори розвитку світової науки: матеріали II Міжн. студ. наук. конф.* (Т. 2), Дрогобич. Вінниця: ГО «Європейська наукова платформа», 2021. С. 30-33.
5. Лемеш М.В., Біляєв М.М., Татарко Л.Г., Якубовська З.М. Моделювання процесу біологічного очищення стічних вод на базі камерних моделей. *Наука та прогрес транспорту*. 2020. № 3 (87). С. 16–24.
6. Андронов В.А., Горносталя С.А. Програмний комплекс управління роботою споруд біологічного очищення стічних вод. *Матеріали IX міжн. наукової конференції «Ресурс і безпека експлуатації конструкцій, будівель та споруд»*. 2019. ХНУБА. С. 10-11.

УДК 351.861+504.75

## ОСОБЛИВОСТІ ОПЕРАТИВНОГО МОНІТОРИНГУ ЕКОЛОГІЧНОЇ ОБСТАНОВКИ В РАЙОНІ НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Захарченко Ю.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем», Харків, Україна

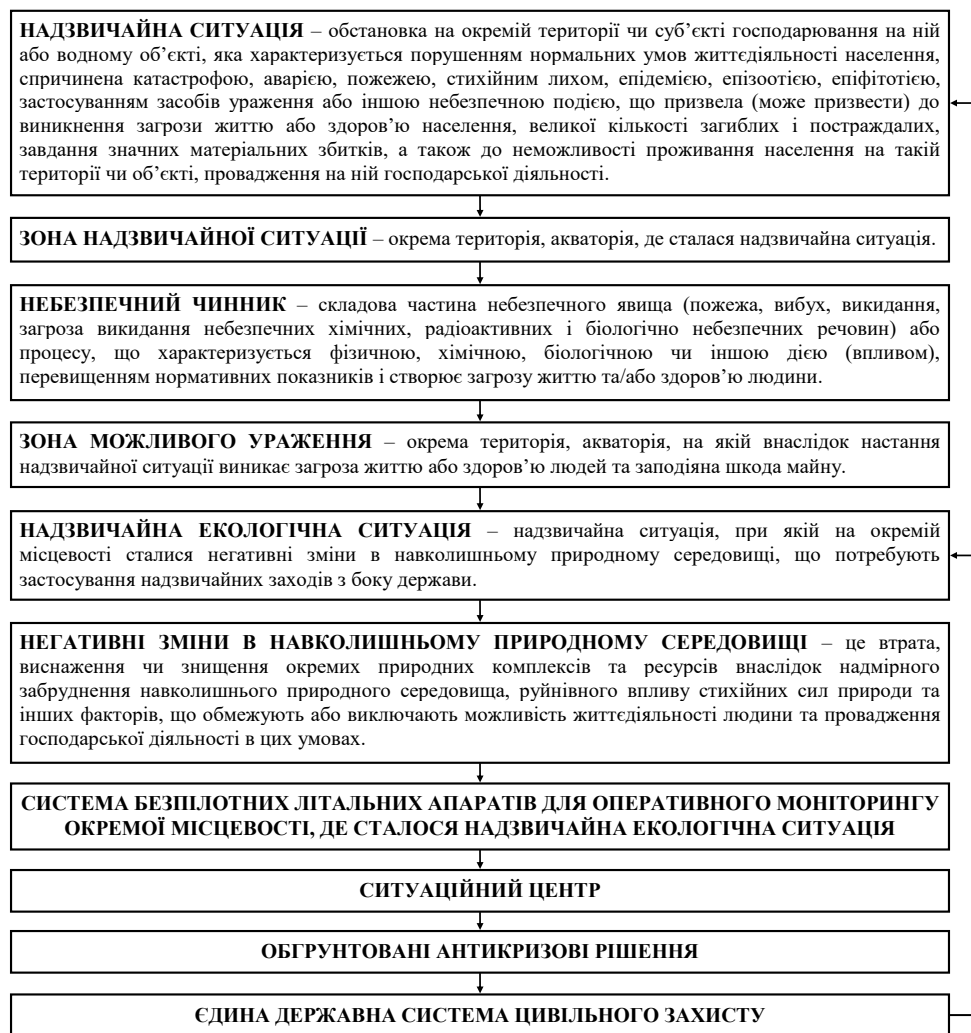
З метою підвищення ефективності функціонування єдиної державної системи цивільного захисту (ЄДСЦЗ) щодо мінімізації втрат, а також недопущення виснаження чи знищення окремих природних комплексів та ресурсів внаслідок надмірного забруднення навколишнього природного середовища, руйнівного впливу стихійних сил природи та інших факторів, що обмежують або виключають можливість життєдіяльності людини та провадження господарської діяльності в цих умовах [1], в роботі (на прикладі, розгляду питань проведення розвідки та уточнення параметрів зони забруднення місцевості небезпечними хімічними речовинами) наведено результати подальшого розвитку науково-технічних основ реалізації системи оперативного моніторингу окремої місцевості, де сталося надзвичайна екологічна ситуація, за допомогою безпілотних літальних апаратів (БПЛА) – рис. 1.

В роботі [2] запропонована методика формування траси польоту при проведенні розвідки та уточнення параметрів зони зараження місцевості небезпечними хімічними речовинами одним БПЛА та при використанні групового польоту БПЛА.

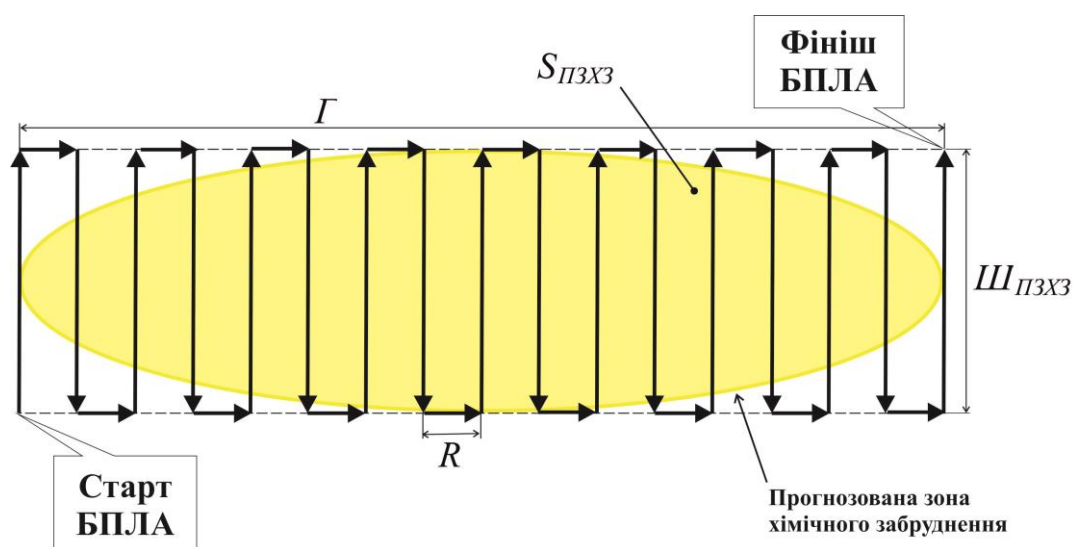
При цьому, оцінка хімічної обстановки при аваріях на ХНО здійснюється у відповідності з "Методикою прогнозування наслідків виліву (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій на хімічно небезпечних об'єктах і транспорті", де прогнозована зона хімічного забруднення (ПЗХЗ) зображується приблизно у вигляді еліпса [3].

Основний недолік при використанні даної методики полягає в неточності визначення параметрів зони зараження та неврахування швидкоплинності змін метеорологічних умов.

Перспективним напрямком подолання цих недоліків є використання БПЛА для проведення розвідки та уточнення параметрів зон зараження місцевості НХР. Очевидно, що головним критерієм ефективності використання БПЛА є час проведення розвідки. Час проведення розвідки визначається як характеристиками БПЛА, так і формуванням траси польоту БПЛА. При формуванні траси польоту БПЛА щодо розвідки зон забруднення місцевості необхідно дотримуватися наступних вимог: оператор БПЛА повинен повністю виконати польотне завдання щодо розвідки зон забруднення місцевості; БПЛА повинен знаходитися на дальності радіозв'язку із системою його керування та передачі інформації з борту літального апарату; при виконанні польоту на над малих висотах необхідно враховувати природний рельєф місцевості, висоти будівель, наявність ліній електропередач. Можливий вигляд траси польоту забрудненої території одним БПЛА показано на рис. 2, де  $R$  – радіус розвороту БПЛА.



**Рисунок 1 – Схема комплексного функціонування системи безпілотних літальних апаратів, ситуаційного центру та єдиної державної системи цивільного захисту в умовах виникнення надзвичайних екологічних ситуацій**



**Рисунок 2 – Варіант формуванні траси польоту БПЛА при розвідці зони забруднення місцевості НХР**



При цьому слід враховувати як прогнозні дані щодо зон забруднення території НХР (одержані за допомогою Методики), так і можливості БПЛА, зокрема тривалість польоту та його швидкість. При формуванні траси польоту БПЛА зона забруднення апроксимується прямокутником зі сторонами  $G$  і  $Ш_{ПЗХ}$ . Радіус розвороту літального апарату  $R$  повинен дорівнювати радіусу дії приладів контролю. З врахуванням цього час одного циклу розвідки буде складати:

$$t_{роз.} = \frac{GR + GШ_{ПЗХ} + Ш_{ПЗХ}R}{RV}, \quad (1)$$

де  $V$  – середня швидкість польоту БПЛА.

Необхідна умова використання такої траси польоту БПЛА:

$$t_{роз.} \prec t_{польоту}, \quad (2)$$

де  $t_{польоту}$  – технічна тривалість польоту БПЛА у відповідності з ТТХ.

Таким чином, з метою розробки підходу щодо оперативного моніторингу окремої місцевості, де сталося надзвичайна екологічна ситуація, проаналізовано можливості теоретичного прогнозування зон зараження території НХР. В результаті встановлено, що основний недолік при використанні відповідних методик полягає в неточності визначення параметрів зони забруднення та неврахування швидкоплинності змін метеорологічних умов. Перспективним напрямком подолання цих недоліків є використання БПЛА для проведення розвідки та уточнення параметрів зон забруднення місцевості НХР. Головним критерієм ефективності використання БПЛА є час проведення розвідки, який визначається як характеристиками БПЛА, так і формуванням траси польоту БПЛА.

В роботі розроблено методику формування траси польоту поодиноких БПЛА та групи БПЛА при проведенні хімічної розвідки та уточнення параметрів зони зараження НХР. При формуванні траси польоту БПЛА враховується як прогнозні дані щодо зон забрудненої території НХР, так і можливості БПЛА, зокрема тривалість польоту та його швидкість. Головним критерієм ефективності вибору варіанту формування траси польоту БПЛА є час проведення розвідки місцевості. При цьому час розвідки забрудненої зони не повинен перевищувати заданий час розвідки та час тривалості польоту літального апарату у відповідного з його тактико-технічними характеристиками.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України «Про зону надзвичайної екологічної ситуації» від 13 липня 2000 року № 1908-III.
2. Захарченко Ю.В., Іванець Г.В., Іванець М.Г., Калугін В.Д., Тютюнник В.В. Формування трас польоту безпілотних літальних апаратів під час оперативного моніторингу окремої місцевості, де сталася надзвичайна екологічна ситуація. *Техногенно-екологічна безпека*. Харків: Національний університет цивільного захисту України, 2022. № 1(11). С. 23–33.
3. Наказ Міністерства внутрішніх справ України від 29 листопада 2019 року за № 1000. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 14 травня 2020 р. за № 440/34723 “Про затвердження Методика прогнозування наслідків вилливу (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій на хімічно небезпечних об’єктах і транспорті”.

УДК 681.518:658.519

## РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНО-ПРОГРАМНОГО ДОДАТКА ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКІСНОГО ЛАБОРАТОРНОГО КОНТРОЛЮ СТАНУ ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ

Козуля М.М.<sup>1</sup> к.т.н., доц.; Борзова Є.С.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,  
Харків, Україна

**Вступ.** Розв'язок проблемних задач розвитку медичних послуг відповідно до моніторингу екологічного стану територій урбанізації населення відповідає європейським вимогам сталого розвитку суспільства. Для цього доцільним в сучасному еволюціонуванні досліджень в області екологічних наук є звернення до інноваційних інформаційних технологій за такими напрямками:

- автоматизація існуючих процесів надання інформації щодо стану навколишнього середовища проживання людини і необхідності контролю його здоров'я через лабораторне обстеження;
- оцифрування паперових даних і вирішення проблем зі зберіганням різноманітної інформації на папері у вигляді журналів, карточок, зошитів;
- підвищення зручності для клієнтів, партнерів і працівників медичних закладів у пошуку необхідної інформації щодо контролювання здоров'я населення небезпечних територій чи ситуацій;
- зменшення часу очікування послуг;
- підвищення рівня інформаційної безпеки бізнесу в медичних закладах.

Обрана предметна область – підвищення якості надання медичних послуг небезпечних територій завдяки розробки і впровадження інформаційної системи контролю здоров'я населення.

Проблемними питаннями в області пошуку інформації стосовно якості надання медичних послуг через Internet ресурс залишаються трудомісткість, неадекватність даних відгукам, напружений графік роботи медичних закладів; ризикованим через різних інтернет-шахраїв та віруси. Тому **метою** роботи є створення веб-додатку для зменшення часу пошуку медичних послуг на основі аналізу інформаційно-програмних застосунків з надання інформації про певний перелік медичних послуг відповідними закладами. Розробка такого програмного забезпечення є актуальною, оскільки надасть інформаційну підтримку для доступності інформації щодо стану навколишнього середовища урбанізованих територій, факторів безпеки, переліку необхідних контрольних заходів щодо визначення рівня здоров'я населення підконтрольних територій, пошуку медичних послуг для потенційних клієнтів і розширення діяльності медичних закладів високого рівня обслуговування. Таке програмне забезпечення може бути перероблено для використання по всій Україні.

Кінцевою метою роботи є розробка програмної системи, яка забезпечить підвищення ефективності управління процесами в медичних мережах і знизить витрати часу з пошуку необхідних послуг у медичних закладах.

**Постановка проблеми.** На основі аналізу положення області надання медичних послуг населенню для забезпечення певного рівня безпеки їх здоров'ю та існуючих варіантів реалізації системи інформування щодо реалізації цієї системи

контролювання екологічного стану громад і суспільства міст і регіонів поставлені та вирішені такі питання:

- 1) визначення вимог до інформаційних систем забезпечення екологічного моніторингу здоров'я населення та надання відповідних медичних послуг;
- 2) вибір технологій для розробки програмного забезпечення реалізації веб-додатку;
- 3) визначення дизайну програмного забезпечення та імплементація спроектованого веб-додатку;
- 4) тестування веб-додатку з вирішення проблемних завдань в області надання медичних послуг лабораторного контролю здоров'я населення.

**Огляд літературних даних щодо існуючих інформаційних систем надання медичних послуг.** На вітчизняному ринку відзначена система Asker.net. Система Asker.net реалізує національну програму цифрової трансформації системи охорони здоров'я в якості медичної інформаційної системи, яка спеціалізується на медичному програмному забезпеченні та надає комплексні рішення для автоматизації медичних центрів, як державного так і комерційного сегменту. Ця система позиціонується як багатофункціональне програмне забезпечення. Цей програмний продукт має п'ять модулів: Запис до лікаря онлайн; Електронна медична картка пацієнта; Лабораторія; Стаціонар; Статистика. З цих п'яти модулів виділені три для розгляду: лабораторія, запис до лікаря онлайн та електронна медична картка пацієнта тому, що вони відповідним чином забезпечують функціонування системи контролю здоров'я населення небезпечних щодо стану навколишнього середовища територій поселень. У межах технічного завдання на проектування програмного застосунку відзначені для вирішення такі нагальні питання медичного обслуговування: забезпечити запис до бажаного лікаря дистанційно, обрати медичне обстеження та записатися онлайн.

Модуль електронна медична картка пацієнта зберігає персональні данні пацієнтів в електронному вигляді у базі даних. У розроблюваній системі додатково передбачена можливість зберігати данні в електронному вигляді. Передбачена реконструкція функцій модулю Лабораторія. Він так саме, як і розроблювана система, надає можливість лаборантам завантажувати результати медичного обстеження своїх пацієнтів. Завдяки такій послугі людина має можливість завантажити результат онлайн у PDF форматі [3].

LabWare – це компанія, яка розробляє та впроваджує інформаційні системи управління лабораторіями (ІСУЛ) та електронні лабораторні нотатки (ЕЛН). Компанія базується у Вілмінгтоні, США. LabWare використовують у різних галузях: фармацевтика, криміналістика, тестування харчових продуктів і напоїв, а також лабораторії хімічного виробництва. LabWare автоматизує лабораторні процеси та реєструє зразки, тести та результати. LabWare розробляє електронні лабораторні нотатки, цифрову версію паперових лабораторних нотаток. Електронні нотатки підтримують виконання керованих методів для покращення цілісності даних і відповідності нормативним вимогам [4].

LabVantage – це інформаційна система для управління лабораторіями, є третім за величиною постачальником ІСУЛ у світі, який розробляє та розповсюджує програмні рішення для медичних чи наукових лабораторій. До основних функцій LabVantage віднесені такі: управління інформацією з відстеження специфікацій, експериментів, завдань, проектів, досліджень, зразків, реагентів, сполук, предметів, протоколів; інтеграція з численними сторонніми інструментами та системами; графічне проектування робочого процесу та автоматизація процесів; відповідність державним нормам та стандартам [3].

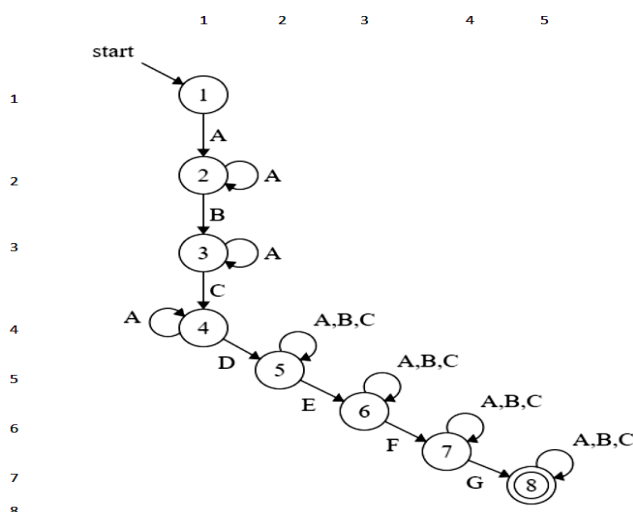
Отже, аналіз функціональних можливостей популярних великих закордонних ІСУЛ визначив наявні питання щодо надання ефективного результату з пошуку медичних послуг. По перше, ринку наших лабораторій не потрібен такий великий функціонал, за який ще потрібно платити. По друге, у цих ІСУЛ відсутня функція для надання послуг лабораторій звичайним користувачам в умовах контролю екологічної безпеки населення. Такі інформаційні системи орієнтовані на внутрішні процеси медичних та хімічних лабораторій, проведення різних експериментів чи наукову діяльність. По-третє, вони не дозволяють зробити агрегатор лабораторій для клієнтів, який передбачено надати у розроблюваному ПЗ.

Українська розробка пошукової системи медичних закладів і послуг є дешевшою та більш орієнтована на ринок України та під потреби користувача, але має зайвий функціонал та використовується лише обмеженою кількістю українських лабораторій. Таким чином, ринок українських систем для пошуку медичних послуг є відкритим до пропозицій і потребує розробки ефективної і багатофункціональної ІС медичних послуг, яка відповідала б всім бізнес вимогам.

**Методи дослідження.** Для математичного опису бізнес процесів використовуються кінцеві автомати. Оскільки в системі взаємодіють 2 актори – лаборант та клієнт, їх взаємодію можна буде виразити через добуток їх автоматів – двомірний граф, що покаже усі комбінації станів.

Оскільки майбутній продукт є веб-додатком, він буде розроблений за шаблоном MVC. Це архітектурний шаблон, який розділяє програму на три основні логічні компоненти: модель, представлення та контролер. Кожен з цих компонентів створений для обробки конкретних аспектів розробки програми.

**Результати та їх обговорення.** Після визначення станів та дій акторів програмного застосунку впроваджують метод кінцевих автоматів для клієнта та лаборанта. Обидва автомати мають по одному кінцевому стану. Усі події у системі ініціює клієнт своїм бажанням пройти медичне обстеження, та всі взаємодії закінчуються, коли клієнт отримав результат свого обстеження. Автомати мають певну схожість. Це пов'язано з тим, що обидва актори залежать один від одного: дії лаборанта починаються після ініціативи клієнта (рис. 1).



**Рисунок 1 – Детермінований кінцевий автомат добуток двох автоматів**

Ці автомати допоможуть більш якісно розробити майбутнє ПЗ та відображають розвиток подій у системі. Після спрощення добутку автоматів отримано регулярний вираз:  $Aa \cdot ba \cdot ca \cdot d(a+b+c) \cdot e(a+b+c) \cdot f(a+b+c) \cdot g(a+b+c)$ .

За допомогою цього виразу сформовані слова, які будуть належати до мови цього автомату. За допомогою зазначеного автомату формують можливі варіанти використання системи, генерується ланцюжок дій у системі.

Відповідно до зазначеної інформації щодо програмного застосунку пошуку медичних послуг розроблено базу даних. Запропоноване ПЗ є своєрідним агрегатором для всіх медичних лабораторій, за допомогою якого можна надати інформацію, які послуги різні медичні лабораторії надають та ціни на ці послуги. Після входу користувач бачить усі доступні для нього лабораторії і має змогу зробити (рис. 2).

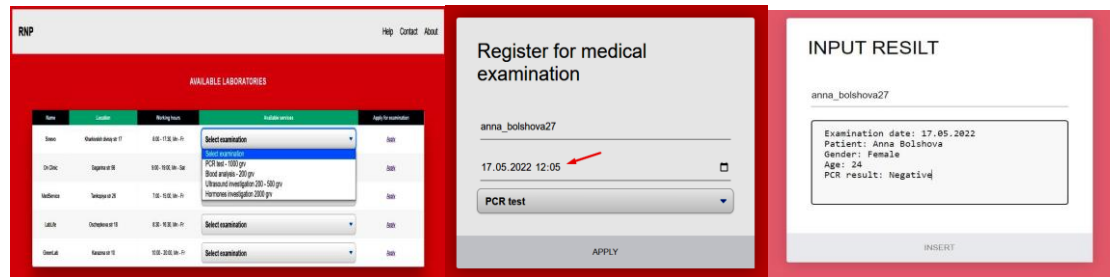


Рисунок 2 – Сторінка з лабораторіями, запис і результати обстеження

Розроблене програмне забезпечення на даному етапі має невеликий функціонал та сконцентровано на наданні користувачам загальної інформації про лабораторії м. Харків та дає можливість подати заявку на медичне обстеження, та завантажити його результати після.

#### Висновки щодо отриманих практичних результатів роботи:

1. Відповідно до запропонованих математичних моделей розроблена інформаційно-програмна система, що відповідає всім визначеним вимогам функціональним і не функціональним, та впроваджена за допомогою фреймворка Flask. (див. рис. 1–2).

2. Для розробленого програмного забезпечення були створені тест-кейси. Вони охоплюють основні функції системи і без їх проходження правильна робота програми неможлива. Система проходить усі тест-кейси.

У майбутньому цю систему можна розширити та зробити агрегатором для лабораторій з усієї України з введенням функціоналу статистичних даних.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. LabWare веб-сайт [Електронний ресурс]. URL: <https://www.labware.com/>, 20.02.2022.
2. LabVantage веб-сайт [Електронний ресурс]. URL: <https://www.labvantage.com/>, 20.02.2022.
3. Українська медична система [Електронний ресурс]. URL: <https://askep.net/>, 15.02.2022.
4. Лаврищева Е.М. Парадигми програмування сборочного типу в програмній інженерії. *Проблеми програмування*. 2014. № 2-3. С. 121-132.

УДК 681.518:658.519

## СИСТЕМОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ РОЗРОБКИ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМПЛЕКСНОЇ ОЦІНКИ ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ АЗС

Козуля Т.В.<sup>1</sup> д.т.н., проф.; Коршунов С.Є.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,  
Харків, Україна

**Вступ.** Область екологічних досліджень загалом є слабоструктурованою за відсутністю об'єктивних моделей для надання узагальненої оцінки якості альтернатив за низкою екологічних, економічних, технологічних критеріїв та ін. При виборі оптимального рішення в таких умовах пріоритетним є досвід особи, що приймає рішення (ЛПР). При цьому важливим стає вибір саме тих критеріїв, які будуть відбивати змістовність розв'язуваної проблеми, комплексне сполучення досвіду та інтуїцію ЛПР і забезпечувати отримання максимально об'єктивної інформації щодо предметної області дослідження. При таких наукових дослідженнях системних об'єктів пропонується застосування системологічного підходу й системологічного класифікаційного аналізу для створення інформаційно-програмних систем, що показало перспективність і ефективність їх впровадження на практиці з позицій інтелектуалізації систем підтримки прийняття рішень [1], [2], [3], [4].

У системі класифікації промислових об'єктів за рівнем екологічної небезпеки автозаправні станції (АЗС) відноситься до потенційно небезпечних об'єктів (ПНО) [5]. Небезпечність АЗС зростає у зв'язку зі світовою тенденцією збільшення рівня автомобілізації соціума: з 2010 року за десятиліття кількість автопарку змінилася з одного мільярда машин до 1,42 мільярда машин [6].

Основне техногенне навантаження від планованої діяльності автозаправок відповідно до технологічної структури функціонування підприємства автопослуг припадає на атмосферне повітря через випаровування нафтопродуктів, на водні об'єкти та підземні води, джерела забезпечення питною водою населення через чисельні органічні та неорганічні речовини, що входять до складу стічних вод, на ґрунт унаслідок накопичення органічних шкідливих речовин через їх викиди та скиди. Аналіз звітної документації з АЗС показав, що близько 85 % хімічного забруднення припадає на атмосферне середовище [7].

У зв'язку з цим *об'єктом дослідження* при розв'язку задач інформаційного забезпечення екологічних досліджень у ситуації невизначеності функціонування техногенної системи (АЗС) обрано системологічну структуру виду «(НС – АЗС) – системи забруднення – (екологічний стан АЗС – НС)».

**Постановка проблеми.** На основі аналізу особливостей впливу АЗС на навколишнє середовище, на створення ситуації екологічної небезпеки у результаті порушення реалізації її планованої діяльності визначено за доцільне провести системологічне інформаційне дослідження наслідків впливу на довкілля підприємства автопослуг і вирішити такі проблемні завдання:

1. Здійснити інформаційно-системологічний аналіз планованої діяльності АЗС з позиції забезпечення комплексної оцінки якості довкілля в умовах безпеки та небезпеки її функціонування.

2. Встановити логічну послідовність комплексного урахування дії негативних факторів при роботі АЗС на природні території і здоров'я населення.

3. Розробити системологічну модель «(навколишнє середовище (НС) – АЗС) – системи впливу – (екобезпека <АЗС – НС>)» для надання алгоритмічного забезпечення комплексної оцінки впливу планової діяльності АЗС на довкілля.

4. Спроекувати інформаційно-програмний додаток для реалізації запропонованого виду комплексної оцінки впливу на довкілля (ОВД).

5. Визначити ефективність наведених методологічних пропозицій щодо визначення оцінки екологічного стану АЗС на основі практичного застосування програмного додатку для реалізації комплексного моніторингу роботи АЗС.

Досягнення мети щодо розробки системи оперативного контролю екологічної якості планованої діяльності АЗС на основі інформаційного та програмного забезпечення пов'язано з використанням сучасних технологій моделювання впливу окремих техногенних факторів на певне середовище довкілля, зведенням отриманої інформації у комплексну оцінку впливу на НС.

**Огляд літературних джерел.** Базою для розрахункових схем щодо дії на атмосферне повітря викидів АЗС є методика, що надана у «Збірнику показників емісії (питомих викидів) забруднюючих речовин в атмосферне повітря різними виробництвами», Донецьк, 2004 р., том 1, стр. 148 «Галузевий стандарт України. Гази вуглеводневі скраплені. Методика розрахунку втрат».

У західних країнах існує подібна інформаційно-програмна підтримка визначення оцінки впливу на довкілля (ОВД) як AERMOD View. Це програма для розрахунку розсіювання речовин у повітрі на основі нормативної моделі, рекомендованої Агентством з охорони навколишнього середовища США. Система AERMOD View застосовується в різних країнах світу для оцінки концентрації і розсіювання забруднюючих речовин з різних джерел [8].

У країнах ЄС при написанні звітів з ОВД застосовуються такі програми для математичних розрахунків розсіювання забруднюючих речовин у атмосферному повітрі: *CALPUFF*, що розроблена вченими компанії Exponent, Inc та прийнята Агентством з охорони навколишнього середовища США; *ADMS-3*, яка запропонована британською компанією CERC за результатами співпраці з Метеорологічними управлінням Великобританії [9]–[11].

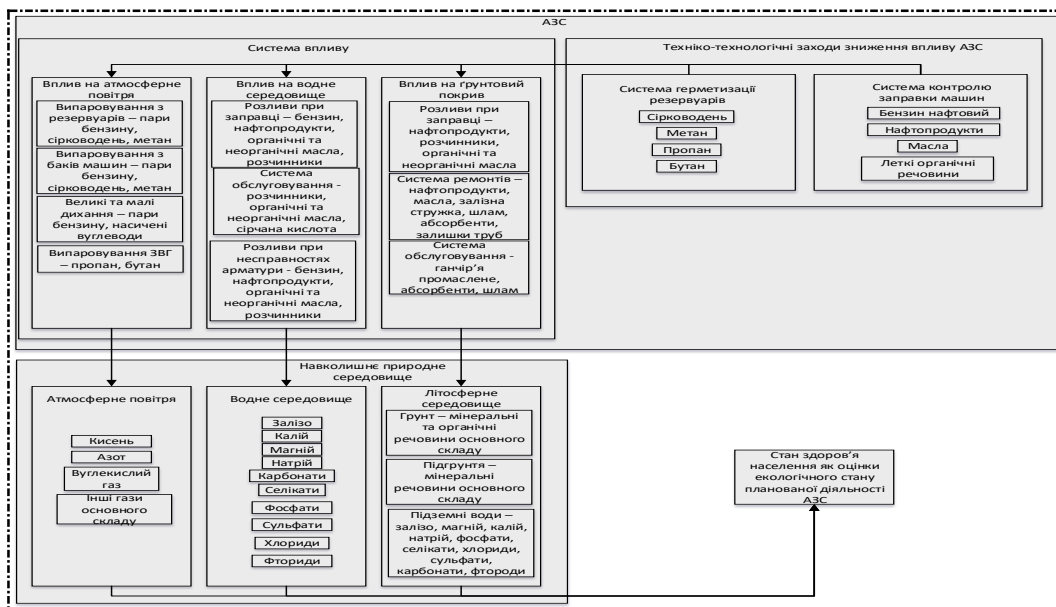
Розглянуті інформаційно-програмні додатки, що дозволяють отримати загальну оцінку переважаючого техногенного впливу функціонуючої АЗС на довкілля, здебільше вплив на атмосферне повітря, потребують удосконалення щодо здатності комплексного визначення наслідків планованої діяльності АЗС на довкілля та співставлення результату з оцінкою ризику захворюваності населення.

**Методи дослідження** засновані на використанні та розвитку математичних моделей впливу техногенних джерел АЗС на довкілля, впровадження положень системології для розробки інформаційно-системологічної моделі «(НС) – АЗС) – системи впливу – (екологічна безпека АЗС)».

За основу розрахунку надходження складових речовин нафтопродуктів у атмосферне повітря, потрапляння у водойми та ґрунти взято методичне забезпечення, що становить систему оцінки максимальної концентрації парів нафтопродуктів у викидах при несприятливих метеорологічних умовах на максимальній відстані від джерела згідно з методикою ОНД-86, яка має відповідність нормативній базі українського екологічного законодавства [12]; методику розрахунку гранично допустимих скидів (ГДС) речовин у водні об'єкти разом із стічними водами [13]; методику визначення розмірів шкоди, зумовленої забрудненням земельних ресурсів [14].

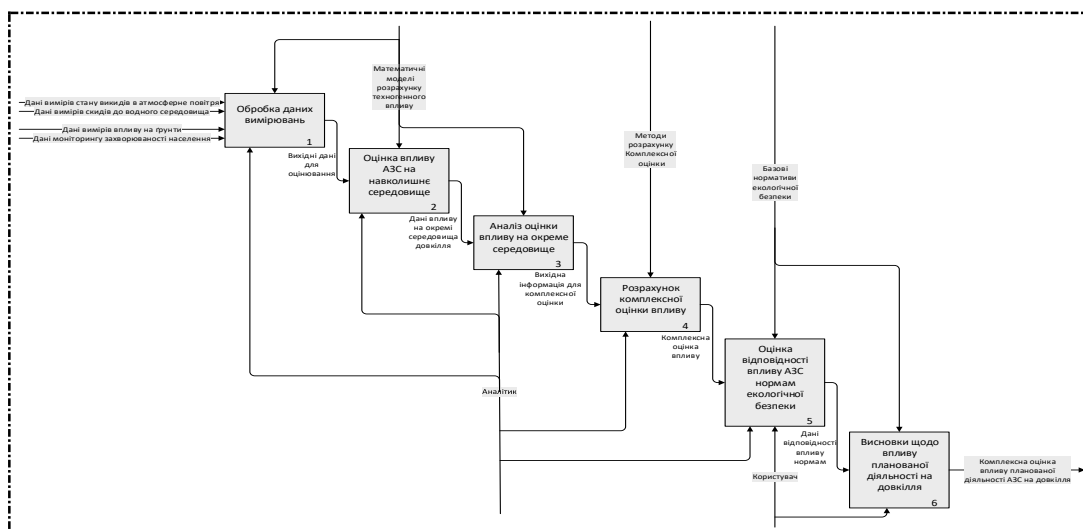
**Результати та їх обговорення.** Загальна інформаційна модельна база для розробки комплексного контролю екологічного стану прилеглих територій АЗС

при її плановій діяльності у системологічному поданні надано на рисунку 1. Системна модель є основою проектування інформаційно-програмної підтримки розробки алгоритму комплексного екоконтролю роботи техногенного об'єкта.



**Рисунок 1 – Схема імітаційної системологічної моделі впливу планованої діяльності АЗС на довкілля**

Для інформаційного забезпечення розрахунку комплексної оцінки впливу на довкілля техногенної системи «АЗС – НС» використана методологія функціонального моделювання (Function modeling) IDEF0 діаграм, декомпозиція їх, що дозволяє надати опис системного об'єкта та його зовнішнього оточення, графічну нотацію для формалізації і визначення бізнес процесів (рис. 2).



**Рисунок 2 – Діаграма IDEF0 та її декомпозиція щодо визначення оцінки відповідності нормам екологічної безпеки діяльності АЗС**

Логічна послідовність отримання результату з оцінки поточного екологічного стану на АЗС складається з таких процесів: на вході інформація обробляється



ся системним аналітиком, подається на остаточний аналіз і оцінювання до програмного аналітика, який завдяки програмній обробці інформації отримує результати впливу на довкілля, аналітик їх зводить до комплексної оцінки і користувачем надається оцінка відповідності нормам екологічної безпеки з висновком щодо дозволу на планову діяльність техногенного об'єкта, тобто АЗС.

Для автоматизації процесів контролю стану екологічної безпеки у реальному часі розроблено програмне забезпечення Desktop Software для розрахунку комплексної оцінки впливу АЗС на навколишнє середовище на Python. Розробка проводилася у середовищі розробки PyCharm, інтегрованому кросплатформеному середовищі розробки для Python. Для розробки графічного інтерфейсу користувача застосовано оболонку PyQt5, що дозволяє швидко та зручно створювати графічні додатки за допомогою крос-платформного середовища розробки графічних інтерфейсів Qt Designer, застосовуючи систему проектування макетів та форм із запропонованих середовищем віджетів. Розроблений у Qt Designer інтерфейс зберігається у файл з розширенням .ui, що має xml-формат і при необхідності редагується у текстовому редакторі, або може бути конвертованим у .py файл за допомогою інструменту ruic5.

Практична реалізація роботи запропонованої інформаційно-програмної системи комплексного оцінювання планової діяльності АЗС надана на прикладі проведення екологічного контролю функціонуючої автозаправки за адресою: м. Запоріжжя, вул. Українська, 62 (рис. 3).

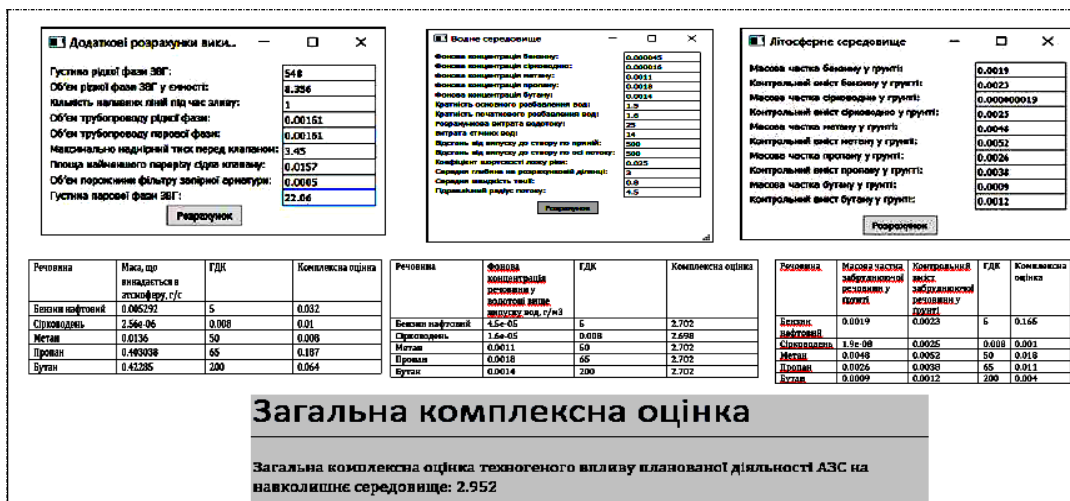


Рисунок 3 – Реалізація Desktop Software для розрахунку комплексної оцінки впливу АЗС на навколишнє середовище

### Висновки щодо отриманих практичних результатів роботи:

1. Відповідно до запропонованих математичних моделей оцінки впливу техногенних дій планової діяльності АЗС на окремі середовища довкілля з урахуванням пропозицій включення додаткових джерел неорганізованих надходжень забруднень в НС розроблені системологічна модель об'єкта дослідження «АЗС – НС», функціональна модель програмного забезпечення за методологією IDEF0 для розрахунку комплексної екологічної оцінки впливу АЗС на атмосферне повітря, водне середовище та ґрунтовий покрив (див. рис. 1–2).

2. Розроблене програмне забезпечення мовою Python для визначення комплексної оцінки екологічного стану функціонуючої АЗС і надано результати його практичного тестування на прикладі розрахунку ступеню техногенного навантаження навколишнього середовища при плановій діяльності АЗС, яка розташована за адресою м. Запоріжжя, вул. Українська, 62.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Бондаренко М.Ф., Моторин С. И., Нестеренко О.А., Соловьева Е.А. Системологические методы концептуального моделирования слабоструктурированных проблемных областей на основе естественной классификации. *Проблемы бионики*. Вып. 51. 1999.С. 9–18.
2. Козуля Т.В. Теоретико-практические основы методологии комплексной оценки экологичности территориальных и объектовых систем. Монография. Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing, 2014. 298 с.
3. Козуля Т.В. Особливості оцінки якості навколишнього середовища і управління екологічною безпекою з позицій сталого розвитку: дис. на здобуття наук. ступеня д. тех. наук: спец. 21.06.01 «Екологічна безпека». Київ, 2012. – 383 с.
4. Kozulia T., Kozulia M., Didmanidze I. Comprehensive study of the systemic formation «object–environment» safety state. *Technogenic and Ecological Safety*. 7(1/2020). P. 3–12.
5. Ідентифікація ОПН та ПНО. *Ідентифікація небезпечного виробництва*. URL: <https://www.dracaris.org/uk/poslugi/identifikatsiya-opn-ta-pno> (дата звернення: 14.11.2021).
6. How many cars are there in the world? *Naijauto*. URL: <https://naijauto.com/market-news/how-many-cars-are-there-in-the-world-7100> (дата звернення: 14.11.2021).
7. Івасенко В.М. Вдосконалення методів та засобів вимірювання концентрацій шкідливих речовин у викидах автозаправних станцій: дис. на здобуття наук. ступеня кандидата технічних наук. Київ, 2015. 136 с.
8. AERMOD View. *Lakes Environmental Software*. URL: <https://www.weblakes.com/software/air-dispersion/aermod-view> (дата звернення: 22.12.2021).
9. Математичне моделювання розсіювання забруднюючих речовин у приземному шарі атмосферного повітря. *Екологія підприємства*. URL: <https://ecolog-ua.com/news/matematychno-modelyvannya-rozsiyuvannya-zabrudnyuyuchykh-rechovyn-u-pryzemnomu-shari-0> (дата звернення: 16.12.2021).
10. CALPUFF Modeling System. *Official CALPUFF Modeling System Software*. URL: <http://www.src.com/> (дата звернення: 22.12.2021).
11. Long description of model 'ADMS 4'. *EIONET*. URL: [https://web.archive.org/web/20110718080745/http://pandora.meng.auth.gr/mds/showlong.php?id=99&MTG\\_Session=6a11721c04dd2fb5462c9c882dfbfc4a](https://web.archive.org/web/20110718080745/http://pandora.meng.auth.gr/mds/showlong.php?id=99&MTG_Session=6a11721c04dd2fb5462c9c882dfbfc4a) (дата звернення: 22.12.2021).
12. ОНД-86 «Методика розрахунку концентрацій в атмосферному повітрі шкідливих речовин, що містяться у викидах підприємств». *Електронний фонд правових та нормативно-технічних документів*. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200000112> (дата звернення: 17.12.2021).
13. Ковальчук В.А. Очистка стічних вод. Рівне: ВАТ «Рівненська друкарня», 2002. 622 с.
14. Про затвердження Методики визначення розмірів шкоди, зумовленої забрудненням і засміченням земельних ресурсів через порушення природоохоронного законодавства. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0285-98#Text> (дата звернення: 18.12.2021).

УДК 614.8:504.06

## ЗАСТОСУВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНИХ МЕТОДІВ АВАРІЙНОГО ПОРЯТUNKУ НАСЕЛЕННЯ ІЗ ЗОНИ НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЇ У ПРОЦЕСАХ ПОПЕРЕДЖЕННЯ ТА ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Комяк В.М.<sup>1</sup>, д.т.н., проф.

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

**Вступ.** Від надзвичайних ситуацій (НС) щорічно в Україні гине більше 70 тис. населення і держава зазнає значних матеріальних збитків. Тому питання порятунку населення із зони НС є актуальною задачею.

Розповсюдженість та актуальність задач аварійного порятунку населення із зони надзвичайної ситуації визначають широкий спектр їх практичних застосувань: це порятунок при раптовому руйнування споруд та будівель, при аварії на інженерних мережах, при руйнації ґрунтів чи надр, при природних пожежах, тощо.

**Постановка проблеми.** Розглянемо роль і місце задач порятунку населення в системах попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій.

В умовах сучасних ризиків техногенного і природного характеру, що призводять до надзвичайних ситуацій, актуальною проблемою є розробка інформаційно-аналітичних систем попередження і усунення таких ситуацій.

**Огляд літератури.** До ефективності систем зазначеного класу має пред'являтися низка вимог, а саме: забезпечення мінімізації як людських, так і економічних втрат при усуненні надзвичайних ситуацій (НС); по можливості своєчасне попередження можливих надзвичайних ситуацій в режимі моніторингу [1, 2].

Для кожної з можливих причин виникнення надзвичайної ситуації інформаційно-аналітична система повинна давати можливість вирішувати такі завдання:

- попередження виникнення надзвичайної ситуації;
- своєчасне реагування на надзвичайну ситуацію при її виникненні;
- формування ефективного плану усунення надзвичайної ситуації з мінімізацією людських втрат за рахунок координації всіх служб сил і засобів;
- координація плану усунення наслідків НС.

В роботах [3-5] запропоновано концепцію РІАП НС – Регіональної інформаційно-аналітичної підсистеми з надзвичайних ситуацій – інформаційно-аналітичної системи щодо запобігання і усунення наслідків НС в рамках регіону і країни в цілому (рис. 1).

**Методи розв'язання.** Концепція передбачає оперативне забезпечення керівних органів виконавчої влади експертно-аналітичною, прогностною, довідково-статистичною, фактографічною, контрольо-звітною та управлінською інформацією з використанням сучасних інформаційних технологій для розв'язування задач, пов'язаних з техногенною та екологічною безпекою та НС.

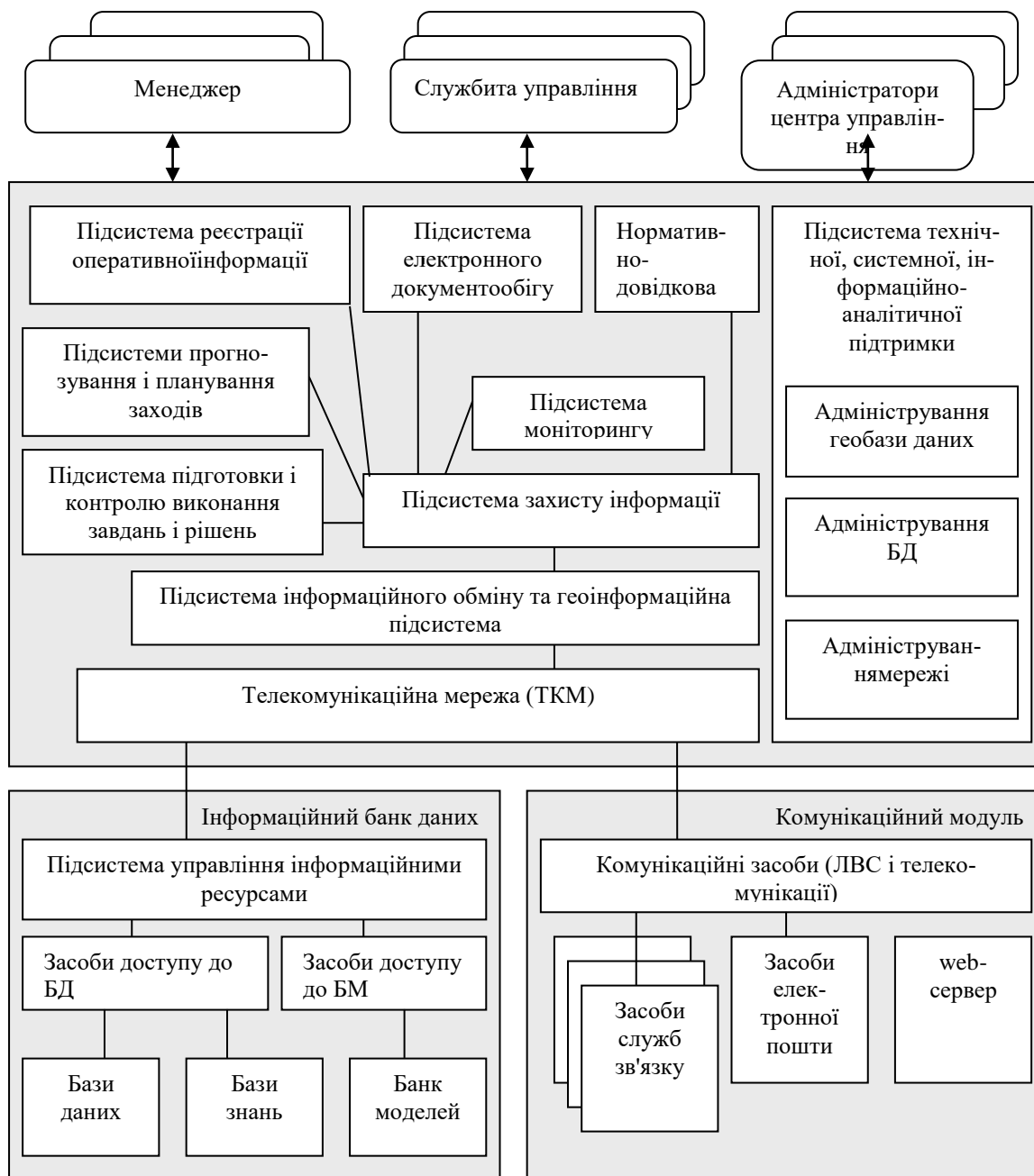


Рисунок 1 – Структурно-функціональна схема РІАП НС

Одним з розділів інформаційно-аналітичної системи є підсистеми "Прогнозування, планування заходів", "Підготовки і контролю виконання завдань і рішень", що орієнтовані на розв'язання таких задач:

- підготовка проектів рішень з планування заходів по ліквідації наслідків НС, зокрема планів порятунку людей з місць виникнення НС;
- формування експертної інформації на основі аналізу інформації з бази даних прецедентів по конкретним НС;
- визначення оцінки необхідних ресурсів для планів порятунку людей та ліквідації НС.

При виникненні та ліквідації надзвичайних ситуацій постає задача пошуку найкоротших шляхів евакуації з ресурсами за умов, коли частина шляхів може

бути пошкодженою, що призведе до використання різних видів засобів порятунку.

Зазначене є підставою для інтеграції та використання запропонованих в роботі [6] організаційно-технічних методів та алгоритмів аварійного порятунку населення із зони надзвичайної ситуації в підсистемах "Прогнозування, планування заходів", "Підготовки і контролю виконання завдань і рішень" Регіональної інформаційно-аналітичної підсистеми з надзвичайних ситуацій РІАП НС.

**Висновки.** Розв'язання задач аварійної евакуації людей із зони НС по евакуаційним шляхам з різними характеристиками дозволяють підвищити якість прийнятих рішень при евакуації за рахунок оптимізації, скоротити терміни їх обчислення і знизити витрати на розробку відповідного програмного забезпечення за рахунок можливості інтеграції наявних моделей, методів оптимізації, програмного забезпечення в єдину систему підтримки прийняття рішень.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Van De Walle B., Turoff M., Hiltz S. R. Information Systems for Emergency Management. 2014. *Business & Economics*. 424 p.
2. C. Vecchiola et al., Engineering resilient information systems for emergency management, *IBM Journal of Research and Development*, vol. 57, no. 5, pp. 2:1-2:12, Sept.-Oct. 2013, doi: 10.1147/JRD.2013.2259432. URL: <http://ieeexplore.ieee.org/document/6601662>
3. Grebennik I., Khriapkin O., Ovezgeldyev A., Pisklakova V., Urniaieva I. The Concept of a Regional Information-Analytical System for Emergency Situations. In: Murayama Y., Velev D., Zlateva P. (eds) *Information Technology in Disaster Risk Reduction. ITDRR 2017. IFIP Advances in Information and Communication Technology*, vol 516. Springer, Cham Scopus
4. Grebennik I., Reshetnik V., Ovezgeldyev A., Ivanov V., Urniaieva I. (2019) Strategy of Effective Decision-Making in Planning and Elimination of Consequences of Emergency Situations In: Murayama Y., Velev D., Zlateva P. (eds) *Information Technology in Disaster Risk Reduction. ITDRR 2018. IFIP Advances in Information and Communication Technology*. Springer, Cham Scopus
5. Grebennik I., Ovezgeldyev A., Hubarenko Y., Hubarenko M. Information Technology Reengineering of the Electricity Generation System in Post-disaster Recovery. In: Murayama Y., Velev D., Zlateva P. (eds) *Information Technology in Disaster Risk Reduction. ITDRR 2019. IFIP Advances in Information and Communication Technology*, vol 575. Springer, Cham
6. Комяк В.В., Комяк В.М., Кязімов К.Т. Організаційно-технічні методи аварійної евакуації населення із зони надзвичайної ситуації. *Проблеми надзвичайних ситуацій*, 2022. 35.

## СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНІ ТА ПРАВОВІ АСПЕКТИ ЗАХИСТУ КОМПОНЕНТІВ ДОВКІЛЛЯ

УДК 351:504

### СУЧАСНИЙ СТАН ПУБЛІЧНОГО УПРАВЛІННЯ В СФЕРІ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ

Белошапка Т.В.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Навчально-науковий інститут публічної служби та управління  
Національного університету «Одеська політехніка», Одеса, Україна;

<sup>2</sup>Державне агентство меліорації та рибного господарства України

**Вступ.** Роки незалежності в Україні стали роками пошуку для українських урядів такого варіанту оптимізації системи органів державної влади, що був би здатний вирішити проблему підвищення ефективності публічного управління, і який дозволив би забезпечити: скоординоване, цілеспрямоване та дієве керівництво суспільними процесами держави; належний організаційно-управлінський вплив на екологічний розвиток держави; досягнення цілей, принципів та реалізації завдань публічного управління у сфері екологічної безпеки.

**Постановка проблеми.** Незадовільний стан навколишнього природного середовища в світі та в Україні, а також усі ризики, загрози та небезпеки, які несуть погіршення стану довкілля, сьогодні є найактуальнішими питаннями публічного управління в розвинутих державах світу. Збереження довкілля та пошук ефективної природоохоронної політики є найгострішою проблемою людства. Посилюється загроза не тільки здоров'ю та добробуту людини, а й взагалі, життю на Землі.

Мета публічного управління природокористуванням полягає в реалізації положень природоохоронного законодавства, в налагодженні контролю за дотриманням вимог екологічної безпеки, забезпечення проведення ефективних і комплексних заходів з охорони природи, раціонального використання природних ресурсів.

**Огляд літературних джерел.** Проблеми публічного управління та роль громадських організацій в екологічній сфері України досліджувалася у працях українських вчених, а саме: Г. Анісімова, О. Беляков, О. Дацій, Т. Іванова, Н. Кобецька, О. Колбасова, М. Краснова, В. Крисаченко, Н. Малишева, М. Малишко, О. Мостяєв, М. Орлов, О. Савченко, Т. Слинько, Ю. Шемшученка, В. Юрченко та ін.

Окремі аспекти формування структури природокористування, розміщення продуктивних сил та проблем охорони навколишнього природного середовища досліджували Т. Безверхнюк, С. Дорогунцов, А Качинський, А Маршал, Н. Терещенко. Проте застосування їхніх розробок потребує методологічних уточнень, узгоджень та адаптації до особливостей кожного з регіонів України окремо [2].

Із цих авторських синтезів ми робимо висновок, що екологічна політика, як система, включає в себе такі елементи: принципи, пріоритети, цілі, суб'єкти, об'єкти, механізми реалізації, інструменти тощо. Це дає підстави зазначити, що публічна екологічна політика – це складова політики держави, що відображає сукупність її цілей і завдань у сфері екології, які формуються політичною системою публічного управління відповідно до її соціального призначення і реалізуються нею за допомогою певних механізмів.

Проте багато питань щодо досягнення екологічної рівноваги залишилися і досі невирішеними. Серед них слід виділити ті, що стосуються впливу органів місцевого самоврядування на формування управління в сфері екологічної безпеки, національної екологічної політики, визначення екологічних пріоритетів та їх системного характеру як основи екологічної стратегії країни.

**Матеріали та методи.** Метою дослідження є аналіз наукових напрацювань вітчизняних і дослідників щодо формування та реалізації публічного управління в екологічній сфері з метою актуалізації об'єкта публічного управління в Україні. З цієї мети впливає ряд дослідницьких завдань, заснованих на побудові чіткої дефінітивної основи щодо такого об'єкту та на теоретизації його функціональних особливостей в сучасних умовах.

**Результати та їх обговорення.** Виникнення відходів виробництва й споживання супроводжувало людство протягом усього його існування. Однак серйозною екологічною проблемою воно стало в XIX–XX сторіччях.

Упродовж останніх років Верховна Рада України та Кабінет Міністрів України неодноразово приймали закони та постанови щодо охорони навколишнього природного середовища, але ці закони практично не виконувалися внаслідок соціально-економічної та фінансової кризи в державі.

При огляді Конституції та законів України, можна визначити цілий перелік обов'язків, які покладаються на громадян, у тому числі екологічних. Ст. 66 Конституції України зобов'язує громадянина “не заподіювати шкоду природі, культурній спадщині, відшкодовувати завдані ним збитки” [3]. Обов'язки громадян у галузі охорони навколишнього природного середовища визначено у ст. 12 Закону України “Про охорону навколишнього природного середовища”. Отже, громадяни України зобов'язані берегти природу, охороняти, раціонально використовувати її багатства, додержуватись вимог екобезпеки, не порушувати екологічні права і законні інтереси інших суб'єктів, вносити плату за спеціальне використання природних ресурсів та штрафи за екологічні правопорушення, компенсувати шкоду, заподіяну забрудненням та іншим негативним впливом на довкілля.

Публічне управління в сфері екології ґрунтується на поєднанні форм і методів прямого і непрямого управління. Пряме управління з боку держави здійснюється шляхом встановлення екологічно обґрунтованих заборон, взаємних зобов'язань з утилізації відходів, вимог щодо рециркуляції матеріалів. Непряме управління здійснюється за допомогою економічних важелів: зборів мита, податків, пільг, субсидій, засобів фінансової дії тощо.

За визначенням Лазора О.Я., управління в галузі екології та природних ресурсів означає вплив суспільства на довкілля, зокрема на його охорону, раціональне використання та відтворення, а управління як процес у сфері екології та природних ресурсів означає правомірність відповідних інституцій: державних, самоврядних та громадських – здійснювати ті чи інші функції [4].

Головне завдання Концепції сталого розвитку України — це забезпечення можливостей інтеграції екологічної політики у стратегію соціально-економічних реформ. Концепцію сталого екологічно безпечного розвитку, було прийнято світовим співтовариством на конференції ООН із питань розвитку та охорони природного середовища (Ріо-де-Жанейро, 1992). Її основною метою є забезпечення збалансованого вирішення соціально-екологічних питань, збереження природного середовища і природно-ресурсного потенціалу в майбутньому. У першому принципі Декларації Ріо про навколишнє середовище та розвиток зазначено: “Люди є центром сталого розвитку. Вони мають право на здорове життя у гармонії з при-

родою". Сутність сталого розвитку полягає в задоволенні потреб сьогодення без обмеження інтересів майбутніх поколінь.

Сьогодні управління в галузі екології зводиться до врегулювання за допомогою правових важелів суспільних відносин. Суб'єктами такого врегулювання виступають державні органи, органи місцевого самоврядування, частково – громадські об'єднання. Їх діяльність спрямована на забезпечення ефективного використання природних ресурсів, охорони довкілля, екологічної безпеки уповноваженими особами (фізичними і юридичними) на засадах дотримання екологічного законодавства, попередження можливого погіршення екологічної ситуації та захист прав громадян на екологічно безпечні умови життя.

Відповідно до статті 16 Конституції України вбачається необхідність зміцнення екобезпеки шляхом екологізації публічного адміністрування, що безпосередньо стосується існування українського народу, здоров'я кожної людини, яка проживає на території України, майбутніх поколінь [3]. Отож, проблеми такого антропогенного впливу на природне навколишнє середовище України об'єктивно вимагають радикальної екологізації суспільно-політичної думки, посилення уваги до вирішення природоохоронних проблем на всіх рівнях організації суспільства, пошуку новітніх підходів до їхнього розв'язання на основі пріоритету екологічних законів і наукових знань, та екологізації публічного управління [1, с. 87].

Публічне управління в сфері екології слід спрямувати на гармонізацію взаємодії суспільства та природи, а також визначити спільну відповідальність держави й суспільства. Охорона природного навколишнього середовища має бути пріоритетом громадськості та місцевих громад [5].

Таким чином, розвиток екологічної системи на території України забезпечується відтворенням природних ресурсів, збільшенням екологічного потенціалу території, наявністю раціональних методів регулювання екологічної системи нашої держави.

Специфіка сьогоденної ситуації полягає в тому, що накопичувані десятиліттями екологічні проблеми тепер треба вирішувати в зовсім інших політичних та економічних умовах. У зв'язку з цим надзвичайно актуальними еколого-економічні дослідження трансформаційних процесів, наукове обґрунтування стратегії екологічної політики, розробка теоретико-методичних основ формування регіональних систем екологічної безпеки і т. д.

Значна екологічна диверсифікація території України, особливості соціально-економічних процесів в регіонах, які в історичному, природному, соціальному, економічному відношеннях є далеко неоднорідними, актуалізують проблему регіонально диференційованих підходів до управління екологічною безпекою. Сьогодні, коли стала очевидною низька результативність уніфікованих механізмів регулювання стану довкілля, виникла об'єктивна необхідність у здійсненні ефективної регіональної екологічної політики, що вимагає відповідного теоретичного аналізу, осмислення її суті та змісту, оцінки сучасного стану, наукового обґрунтування шляхів її вдосконалення та механізмів реалізації.

Порівняння екологічної функції України, її форм і методів з екологічними функціями інших держав представляється необхідним елементом розвитку і удосконалення науки теорії права і держави.

Комплексна оцінка національного екологічного потенціалу свідчить про можливість переходу до реалізації збалансованої політики еколого-економічного поступу. Державі вкрай потрібні стабільні та професійні управлінські структури на всіх рівнях, особливо тих, що є основою збалансованого розвитку; постійна перепідготовка державних службовців, оцінка і переатестація їх знань з екології, з основ гармонізації економічної, соціальної і екологічної рівноваги. На нашу дум-



ку, було б добре активізувати розв'язання власних екологічних проблем і пропонувати світу здобутки у подоланні глобальних, регіональних і місцевих негараздів.

Невирішені екологічні проблеми становлять серйозну загрозу повноцінному існуванню будь-якої країни. Для України питання екологічної безпеки набувають пріоритетного значення, оскільки саме екологія визначає і визначатиме у найближчому майбутньому норми і стиль життя суспільства.

Проте багато проблемних питань можуть і повинні вирішуватись на місцевому рівні. Це дає змогу врахувати екологічні інтереси населення відповідних територій при прийнятті рішень щодо розвитку продуктивних сил тощо. Через місцеві органи влади найбільш предметно реалізується принцип гармонійного збалансованого розвитку. На місцевому рівні найповніше поєднуються духовні й екологічні інтереси населення, культурні й екологічні традиції.

Аналіз проблем в екологічній сфері та визначення ролі держави щодо реалізації екологічної політики, серед головних завдань якої є стабілізація й поліпшення екологічного стану країни шляхом реалізації публічної екологічної політики за інтегрованим підходом соціально-економічного розвитку України для забезпечення переходу до сталого розвитку економіки та впровадження екологічно збалансованої системи природокористування, є актуальними питаннями сучасності.

**Висновки.** Отже, вирішення екологічних проблем та безпеки людини вимагає негайних рішень з боку органів публічного управління, ці управлінські рішення мають бути направлені на успішне вирішення комплексної проблематики екологічного розвитку нашої держави. Екологізація системи публічного управління є ознакою його реалій, і, зважаючи на думку провідних вчених, вона має стійкий тренд до поглиблення з метою зміни основних суб'єкт-об'єктних зв'язків та впливів у механізмах публічного управління сучасної доби.

Актуалізація питань посилення впливу публічного управління визначена в сучасних умовах загостренням проблем екологічної безпеки та захисту навколишнього природного середовища, які наряду з іншими ресурсними втратами, зазнали значних воєнних руйнувань та потребують термінового відновлення.

Таке відновлення, водночас, актуалізує і посилення впливу принципів сталості та збалансованості соціально-економічного розвитку в повоєнний період. Наведена теза визначає перспективи подальших наукових досліджень за запропонованою у цій статті тематикою.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Бикова Ю.Д. Екологізація публічного адміністрування в Україні як умова формування екологічної свідомості. *Державне управління та місцеве самоврядування*. 2018. № 4 (39). С. 82-88.
2. Голинська О.В., Белошапка Т.В. Актуалізація публічно-управлінської проблематики в екологічній сфері: світовий та вітчизняний виміри. *Публічне управління: традиції, інновації, глобальні тренди*. 2020. Вип. 2 (58). С. 181-187.
3. Конституція України: від 28.06.1996 р.: зі змінами згідно із законом України від 03.09.2019 р. № 27-IX. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254%D0%BA/96-%D0%B2%D1%80#Text>. (дата звернення: 10.08.2022).
4. Лазор О.Я. Державне управління у сфері реалізації екологічної політики: організаційно-правові засади: монографія. Львів: Ліга-Прес, 2003. 542 с.
5. Тішкова Н.Л. Поняття та сутність державного управління охороною навколишнього середовища. *Evropsky politicky a pravni diskurz*. 2016. № 2. С. 140-141.

УДК 504.056

## АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ЩОДО ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВІЙНИ

Демків А.М.<sup>1</sup>; Прусський А.В.<sup>1</sup>, д.т.н., доц.;  
Скоробагатько Т.М.<sup>1</sup>, к.т.н.; Тищенко В.О.<sup>1</sup>, к.держ.упр., доц.

<sup>1</sup>Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту,  
Київ, Україна

Повномасштабне вторгнення росії до України з 24 лютого вже завдало та продовжує завдавати величезної шкоди людям та інфраструктурі населених пунктів, де тривають бойові дії. Але війна впливає і на екологію України. Обстріли на території АЕС, окопи в Рудому лісі біля Чорнобильської АЕС, мінування певної акваторії Чорного моря, влучання ракет у хімізаводи та нафтобази, затоплення шахт на окупованому Донбасі та загибель тварин і рослин – усе це має наслідки для довкілля.

Фахівцями Державної екологічної інспекції України, «Екодії» та міжнародної організації The Conflict and Environment Observatory (CEOBS) постійно досліджується питання щодо впливу проявів війни на навколишнє середовище [1].

Під час детонації військових ракет, артилерійських снарядів, мін утворюється низка хімічних сполук: чадний газ, вуглекислий газ, водяна пара, бурий газ, азот тощо. Додатково утворюється велика кількість токсичної органіки, окислюються навколишні ґрунти, деревина, конструкції. Далі є також низка токсичних елементів, як оксид сірки й азоту, що під час окислення можуть призвести до кислотних дощів. Вони можуть змінювати рН ґрунту, викликати опіки рослин, слизових тканин дихальних органів людини, птахів, ссавців і так далі.

У результаті обстрілів забруднюється не тільки повітря та ґрунти, але й ґрунтові води. Оскільки на ґрунті можуть вирощувати сільськогосподарську продукцію, а ґрунтові води використовувати як джерело питної води, то всі ці елементи можуть потрапити в харчові ланцюги, що в майбутньому може призвести до суттєвих проблем зі здоров'ям.

Фахівцями Держекоінспекції Південно-Західного округу (Миколаївська та Одеська області) проведено розрахунок розміру шкоди, зумовленої забрудненням атмосферного повітря внаслідок пожеж, що виникли у результаті збройної агресії російських військ, на Кінбурнському півострові. Так, встановлено, що через окупантів вигоріло 3708 гектарів території Кінбурнського півострова на Миколаївщині, загальна шкода атмосферному повітрю, спричинена пожежами, становить понад 15,63 млрд гривень [2]. В березні 2022 року війська росії завдали ракетно-бомбового удару по 2 трансформаторам АТ «Сумиобленерго», розташованим поблизу м. Лебедин на Сумщині. У результаті відбувся витік нафтопродуктів та зайнялася пожежа. За даними підприємства, один із трансформаторів вдалося загасити менш ніж за 12 годин, але інший палав понад добу. Загалом під час надзвичайної події згоріло понад 35 т трансформаторного мастила, що призвело до серйозного забруднення атмосферного повітря.

Небезпечним є і паливо, яке може залишатися в ракеті після «прильоту». Крім того, вибухи боєприпасів можуть сприяти подальшій зміні клімату. Під час вибуху викидаються парникові гази – це вуглець, водяна пара. Вони не є токсичними, але напряму впливають на зміну клімату. Коли ми говоримо про воєнні

конфлікти, то вони також мають великий вплив саме на зміну клімату не тільки про територію України.

Утім, фахівці наголошують, що більші ризики для навколишнього середовища створює не сама детонація снарядів, а влучання в промислові чи хімічні об'єкти. В такому випадку пожежа триває декілька днів, при цьому у повітря потрапляє велика кількість шкідливих речовин, які потім десь осідають на ґрунті [3].

Одними з найбільш небезпечними для довкілля снарядами, які росія використовувала є фосфорні бомби (заборонені міжнародними конвенціями для застосування проти військових цілей в житлових районах), що мають дуже негативний вплив і на навколишнє середовище, і на людей. Вони спричиняють пожежі та хімічні опіки. Навіть коли маленька кількість білого фосфору потрапляє на тіло людини, це може призвести до смертельних опіків. Горіння фосфору також може призвести до загибелі тварин, рослин і всього навколо, оскільки фосфор у реакції з киснем дуже швидко загоряється. Він горить за температури 800 °С. І його не можна загасити, поки відбувається реакція. Зупинитися вона може тільки тоді, якщо не буде кисню або вигорить весь фосфор.

Також на довкілля впливають і заміновані території. За даними ООН, зараз Україна одна з найбільш замінованих країн у світі. Майже 15% загальної площі заміновані. Розмінування цієї території або детонації мін теж буде призводити до забруднення важкими металами ґрунтів і ґрунтових вод, окислення під час вибуху, уламки снарядів, які потрапляють у довкілля, є небезпечними. У них є домішки чавуну, заліза, вуглецю, сірки та міді, які можуть призводити, як зазначалося вище, до забруднення ґрунтових і підземних вод. Окрему небезпеку становить замінування полів – забруднення землі може призвести до того, що деякий час на цих територіях не можна буде нічого вирощувати. А оскільки в нас переважно аграрна країна, і ми досить залежні від вирощування на наших землях, то це також буде впливати на продовольчу безпеку України та світу.

Наступне, як і уламки снарядів, знищена військова техніка так само негативно впливає на екологію. В ній є багато пального, що може горіти забруднюючи повітря, а також потрапляти в ґрунти та водні ресурси. Небезпечно і потрапляння такої техніки в річки й озера, бо окислення металу може призвести до забруднення води.

Постає питання: що робити зі снарядами та військовою технікою, що залишилися після боїв, як її утилізувати?

Зараз знищену військовою техніку й уламки боєприпасів забирають правоохоронні органи, бо вони є речовими доказами у кримінальних справах проти росії. Зберігати їх необхідно на асфальті або бетоні, щоб вони не наносили шкоди довкіллю.

Фахівці упевнені, що водночас зібрати й усунути з навколишнього середовища всі залишки, які є наслідками бойових дій, неможливо.

У дописі The Village Україна директор із досліджень і політики організації The Conflict and Environment Observatory, яка займається вивченням впливу військових конфліктів на довкілля, Даг Вейр зазначає, що «Імовірно не вийде видалити з ґрунту та води всі наслідки від боїв. У районах, де є ймовірність, що це може вплинути на людей, наприклад, поблизу джерел води, які люди використовують, або там, де відбувалися інтенсивні бої, місцевим органам влади варто провести аналізи, щоб визначити, чи є якісь ризики зараження».

Водночас Україна має зберігати техніку та снаряди як речові докази, поки не завершаться судові процеси. У тому числі йдеться про міжнародні трибунали, на яких Україна хоче притягнути росію до відповідальності.

Щодо утилізації, спочатку треба зрозуміти, які речовини, що містяться в техніці та боєприпасах, є небезпечними і який метод утилізації буде підходити. Звичайно, це потрібно буде робити, але необхідно проаналізувати, чи є в Україні потужності для цього.

За думкою Даг Вейра: «Відновлення довкілля є дорогим і технічно складним процесом. Ключовим є те, що Україна матиме багато пріоритетних напрямів під час відновлення, і тому може бути так, що навколишнє середовище не стане одним із них. Якщо так буде, то, імовірно, велику частину шкоди [довкіллю], яку ми бачимо, Україна не зможе подолати протягом багатьох років або ці наслідки можуть стати невідворотними».

Після завершення активних бойових дій в Україні буде багато інших напрямів роботи – відновлення знищеного житла й іншої інфраструктури. Але й сама утилізація буде додатковим чинником, що впливає на зміну клімату.

Таким чином, для дослідження та оцінки впливу військових дій на екологію потрібно здійснювати постійний моніторинг та фіксацію інформації щодо використаної техніки, боєприпасів, палива, розроблення методик щодо їх утилізації та механізмів відновлення довкілля.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Tracking military greenhouse gas emissions in war and peace. The Conflict and Environment Observatory (CEOBS). June 22, 2022. URL: <https://ceobs.org/tracking-military-greenhouse-gas-emissions-in-war-and-peace/>.
2. Офіційний веб-портал Державної екологічної інспекції України. URL: <https://www.dei.gov.ua/>.
3. Азаров С.І., Сидоренко В.Л., Єременко С.А., Пруський А.В., Демків А.М. Захист критичної інфраструктури в умовах надзвичайних ситуацій: монографія / за заг. ред. П.Б. Волянського. Київ, 2021. 375 с. іл.

УДК 614.8

## СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНІ ТА ПРОМИСЛОВІ АСПЕКТИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

Єлізаров О.В.<sup>1</sup>, к.т.н., доц.

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

Питання екологічної безпеки неможливо розглядати окремо від економіки – вони нерозривно пов'язані. Сучасне екологічне становище України можна охарактеризувати як кризове і причиною такого становища є переважно економічні чинники, а саме: – структурна деформація господарства з переважанням видобувного та ресурсоемного виробництва; – екстенсивний розвиток сільськогосподарського виробництва, яке неспроможне забезпечити населення держави в достатній кількості екологічно безпечними харчовими продуктами; – екологічне обґрунтування планів та проектів економічного розвитку розробляється відповідними підрозділами міністерств і відомств на підставі відомчих методик та інструкцій, різної нормативно-технічної документації щодо розміщення, будівництва та експлуатації господарських об'єктів і комплексів, створення нової техніки, технологій і матеріалів; – відсутні ефективно діючі адміністративно-економічні механізми захисту навколишнього середовища за умов низьких морального рівня та екологічного виховання суспільства і невміння керівної ланки екологічно мислити. Нині в Україні основним джерелом фінансування природоохоронних заходів є державний бюджет, кошти з якого виділяються у вигляді лімітів капітальних вкладень. Реальні обсяги інвестицій встановлюються відповідно до планів природоохоронної діяльності міністерств і відомств та з розрахунку економічних можливостей державного бюджету. Аналіз структури витрат на природоохоронні цілі показав, що найбільше коштів у всі роки виділялося на охорону й раціональне використання водних ресурсів). Пріоритетність виділення коштів на водоохоронні заходи пояснюється дефіцитом водних ресурсів в Україні загалом і, забрудненнями на Сході України в результаті бойових дій, а також тим, яке значення має ефективний захист води від забруднення для забезпечення сприятливих умов життя населення та розвитку господарського комплексу. Наступне місце за обсягом виділених коштів на охорону природи і раціональне використання природних ресурсів посідають заходи з охорони атмосфери. Механізми відшкодування збитків, що мають місце при техногенних і природних катастрофах, повинні забезпечити оцінку збитків та потреб у компенсаційних ресурсах, а також відшкодування витрат.

Важливим засобом компенсацій є система страхування, ефективно функціонування якої передбачає реалізацію ряду принципів: – перший – тісний зв'язок страхування з картами ризику та розподіл страхових внесків між об'єктами, залежно від очікуваних збитків; – другий – обов'язкове страхування об'єктів з підвищеним ризиком та їхніх працівників; при цьому як доповнення до обов'язкового слід створити систему добровільного страхування (для населення, підприємств); – третій – перетворення системи страхування в один з найважливіших елементів контролю за рівнем безпеки у регіоні. Органи страхування мають оперативно реагувати на зміни ситуації шляхом зменшення або збільшення страхових внесків залежно від ймовірності та обсягів аварії або катастрофи. Система компенсацій зобов'язана також відшкодувати збитки незастрахованій частині населення та підприємств, компенсувати втрату здоров'я, житла, роботи, продукції тощо. Необ-

хідно створювати додаткові потужності для відшкодування втрат виробничого та невиробничого характеру, заощаджувати і накопичувати кошти, розширювати можливості системи охорони здоров'я, мати резерв житлового фонду для біженців. До системи компенсацій входить також інвестиційна діяльність тривалого характеру, яка дозволить за рахунок спеціальних резервних фондів відновити житло, об'єкти економіки та втрачену екологічну рівновагу. Механізми запобігання збиткам мають забезпечувати: правовий та економічний захист діяльності щодо запобігання збиткам, правову й економічну відповідальність за збільшення величини ризику, зацікавленість суб'єктів господарювання й управління у запобіганні ризику. Загалом же, розв'язання економічної проблеми екологічної безпеки України залежить передусім від покращання економічної ситуації в державі. І першочерговими завданнями тут є наступні: – розробка ефективних економічних механізмів відповідальності та стимулювання підвищення рівня промислової безпеки; – створення цілісної системи методик і нормативних документів, що мають регламентувати економічні наслідки аварій; – розробка методів визначення економічних наслідків аварій. В Україні поки що не створено умови для вкладання значних інвестицій у реалізацію природоохоронних заходів, спрямованих на зменшення загроз техногенного або стихійного характеру. Перехід до ринкової економіки і пов'язані з цим зміни, очевидно, займуть десятиліття, оскільки буде потрібно здійснити докорінну структурну перебудову всього господарства. Це будуть важкі часи і для вирішення економічних проблем. Виробництво в цілому знижуватиметься в результаті демонтажу гіперструктур групи «А» промисловості та воєнно-промислового комплексу. Витіснитимуться нерентабельні підприємства. Як наслідок — зросте безробіття. Багато залежатиме від можливостей приборкати інфляцію. Оскільки ВВП в Україні стає дедалі меншим, рівень і якість життя будуть знижуватись. У таких складних умовах структурної перебудови господарства потрібен вибір урядом розумної екологічної політики на перехідний період, бо саме в цей час закладатимуться підвалини тих екологічних умов життя населення України, з якими воно ввійде у ХХІ століття. Це повинна бути політика превентивних екологічних заходів, що полягають у впровадженні найдосконаліших технологій в ході структурної перебудови господарства, гарантують – енерго- і ресурсозбереження, відкривають можливості удосконалення (ефективної модифікації) технологій, впровадження реєциклінгу і мінімізацію відходів. Здійснення такої політики і впровадження цілого комплексу нових економічних орієнтирів передбачають вирішення наступних завдань:

1. Максимально скоротити енергоємність і ресурсомісткість валового національного продукту і споживання енергії та ресурсів у розрахунку на одного жителя.
2. Поступово зменшувати як фізичний обсяг, так і частку ресурсів у загальному експорті. Особливої уваги потребує передача видобутку ресурсів зарубіжним інвесторам. Тенденції світового розвитку свідчать: якщо таке відбувається, це сприяє ще більшому зсуванню країни в бік екологічних проблем «третього світу».
3. Локалізація і модернізація екологічно небезпечних галузей (металургійної, хімічної, енергетичної), особливо в скупченнях підприємств цих галузей; докорінна переробка проектів, реалізація яких може мати серйозні негативні наслідки для природи.
4. Не допускати захоронення експортованих із-за кордону небезпечних відходів.
5. Максимально скоротити вирубки лісу, а також запровадити інтенсивне лісовідновлення. У межах цього завдання слід всемірно розширювати території, які особливо охороняються, насамперед, заповідників і національних парків.

6. Сприяти стабілізації чисельності населення. Відомо, що в Україні відбувається скорочення народжуваності. Боятися цього не слід. Такі процеси спостерігаються в усіх високорозвинених країнах. Більш того, потрібно припинити практику заохочення багатодітності, оскільки така політика не забезпечує демографічну компенсацію в країні. Приріст населення, крім негативних екологічних наслідків, буде мати і негативні економічні наслідки – ще більше зниження рівня і якості життя і передусім багатодітних сімей. Слід враховувати і можливість напливу емігрантів – російськомовного населення з колишніх республік СРСР у зв'язку з обмеженням їх прав як національних меншин чи нестабільністю ситуації в новоутворених державах. І це може дестабілізувати ситуацію в Україні. Стабілізації ж населення можна досягти за рахунок підвищення середнього рівня тривалості життя і заохочення осідлості (утримання від еміграції) автохтонного населення.

7. Вирішення проблем боротьби із забрудненням довкілля належить здебільшого передавати на регіональний і місцевий рівні – тобто місцевим владам, забезпечивши, звичайно, відповідний контроль.

8. Нарощувати науковий потенціал у сфері екології, особливо перспективних, фундаментальних досліджень, що допомагають сформулювати стратегію, яка могла б забезпечити екологічну стабільність України в XXI столітті.

9. Створення контрольної-спостережної інфраструктури, яка б спиралася на регіональні й локальні системи моніторингу, оскільки екологічні проблеми специфічні і звичайно мають певну географічну локалізацію. Частина компонентів потребує створення всеохоплюючого, глобального моніторингу.

10. Створення інфраструктури для вирішення екологічних проблем. Потрібна система спеціальних екологічних законодавчих актів і «екологізація» всього законодавства України.

Завдання формування правової основи екологічної діяльності поки що не вирішене, хоча воно має першорядне значення при аналізі екологічних проблем і реалізації екологічних програм. Через законодавчі акти вирішити питання забезпечення раціонального природокористування і охорони навколишнього середовища. Потрібно визначити ті структури, які мають вести спостереження за станом навколишнього середовища, забезпечивши доступ до екологічної інформації громадським організаціям. «Екологізація» законодавства України – дуже важливе завдання, вирішення якого відкриє шлях у майбутнє, хоча і законодавча, і виконавча влади зараз змушені думати лише про сьогоднішній день і найближче майбутнє, проте в закони, що впливатимуть на екологічну ситуацію, потрібно вкладати такий зміст, який забезпечить усталеність навколишнього середовища в майбутньому. Тому всі закони, що стосуються форм власності, ресурсів, науки, освіти і т. п., мають формуватися з урахуванням екологічного підходу. В Україні в стислі строки потрібно створити нормативно-правову базу, а також системи стандартизації, сертифікації й ліцензування способів проведення природоохоронної роботи і оцінки результатів різних видів господарської діяльності, зорієнтованих на досягнення цілей екологічно безпечного розвитку.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Зеркалов Д.В. Екологічна безпека: управління, моніторинг, контроль: Посібник. К.: КНТ, Дакор, Основа, 2007. 412 с.
2. Баб'як О.С., Біленчук П.Д., Чирва Ю.О. Екологічне право України: навч. посіб. К.: Атака, 2000. 216 с.

УДК 502/504:004.9 (043.2)

## МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В СФЕРІ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ В УКРАЇНІ

Замрозович-Шадріна С.Р.<sup>1</sup>, д.пед.н., доц.

<sup>1</sup>Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника,  
Івано-Франківськ, Україна

**Вступ.** На сьогоднішній день в Україні спостерігаються різні техногенно-екологічні та економічні проблеми, які є найважливішими та найскладнішими і потребують нагального вирішення. Останніми роками погіршилась демографічна ситуація, здоров'я українського населення, зокрема, новонароджених та дітей раннього віку, адже систематично забруднюється довкілля, зокрема, атмосферне повітря, вода, ґрунти шкідливими викидами хімічної, фізичної, біогенної природи.

**Постановка проблеми.** Сучасний стан екології є небезпечним не тільки для сучасного покоління, але й для майбутніх поколінь. Тому виникає нагальна потреба суспільства всіх держав у певній діяльності, спрямованій на збереження та захист цілої екосистеми на Землі.

Наскільки успішно та ефективно будуть здійснюватись заходи, спрямовані на захист екології залежить від створення, застосування нових технологій і технічних засобів, які очищували б забруднене навколишнє середовище, екологічно чистої утилізації відходів, нових розробок і використання ефективних заходів для створення багаторівневих інтегрованих автоматизованих систем для екологічного та економічного моніторингу, вибір вірних еколого-економічних рішень щодо виробничих систем в нестабільних умовах, а також інноваційних методів і концепцій менеджменту.

В Україні стан екологічної ситуації, починає прирівнюватись до рівня глобальної екологічної катастрофи. На фоні соціально-економічних проблем шкідливі фактори природного середовища негативно впливають на людський організм, що в результаті призводить до погіршення здоров'я всього суспільства. Тому для розв'язання даних питань і для загального вивчення особливостей взаємовпливу організму людей і факторів навколишнього довкілля, покращення їх впливу, застосування гігієнічних рекомендацій для оздоровлення природного довкілля доцільним є розроблення єдиної програми для проведення досліджень законів діяльності та структури системи екозалежності.

На жаль, вирішення складних і багатогранних питань, що стосуються гігієни природного середовища, залежить не тільки від проведення систематичних наукових досліджень, які допомагають виявити певні взаємозв'язки людського організму з факторами природного середовища, на даний час звичайними, традиційними методами не можна. Тому для вирішення даної проблеми науковцям необхідно концентрувати свою увагу та використовувати свої можливості в систематичних ефективних наукових дослідженнях, застосовуючи при цьому сучасні інформаційні технології [3, с. 52]. Інформаційні технології, щоб підвищити ефективність діяльності людей, допомагають зекономити ресурси, знаходячи та застосовуючи необхідну інформацію [2, с. 28].



**Огляд літературних джерел.** Дослідження з охорони навколишнього проводяться у всіх науково-технічних галузях різними установами і на різних рівнях, у тому числі і на державному. Дані питання досліджувало багато вчених і науковців, зокрема, В.І. Вернадський, Ю.А. Злобін, Д.В. Зеркалов, Т.Ю. Туниця та ін. На сучасному етапі дослідження з охорони навколишнього середовища проводяться багатоманітними організаціями, але у таких дослідженнях інформація є неточною. Багато екологічної інформації, нових розробок і даних систематичних спостережень, які проводились кожного року, містяться в різних інформаційних базах, розміщені в архівах на паперових носіях, а це сповільнює пошук їхнього місцезнаходження, дає можливість ставити під підозру правдивість певних даних і раціональному застосуванні засобів, які держава виділяє з бюджету на підтримку екології, іноземних фондів чи комерційних закладів на екологію.

**Матеріали та методи.** У роботі було використано такі загальнонаукові методи дослідження: описово-аналітичний, систематизація й узагальнення для виявлення стану досліджуваної проблеми.

**Результати та їх обговорення.** Запровадження інформатизації та створення технічної бази потрібне для систематичного моніторингу стану навколишнього середовища, контролювання оплати за його забруднення, за забруднення повітря, проведення різноманітних екологічних заходів тощо. Такі заходи дають можливість спостерігати чи відбувається дотримання закону, а при потребі, відповідно до умов, здійснювати до нього поправки.

Найважливішим і найефективнішим засобом отримання інформації для вирішення екологічних проблем є всесвітня мережа Internet, де можна отримати достовірну інформацію щодо сучасного стану навколишнього середовища в Україні, її регіонах, а також міжнародне співробітництво в рамках охорони та використання природних ресурсів (<http://www.menr.gov.ua/>).

Використання нових інформаційних технологій для моніторингу екологічних систем і моделювання їхнього розвитку допомогло реалізувати важливі міжнародні проекти. Зокрема, в планах Організації об'єднаних націй здійснити масштабне вивчення екологічного стану Землі. Для цього необхідно залучити півтори тисячі науковців, які оцінять сучасний стан навколишнього середовища Землі.

Масштабна мережа Internet покращила екологію для людей, адже люди стали відкритими світу, планеті. Завдяки інформаційній мережі вони мають можливість особистості отримувати нові знання, самонавчатись, самореалізовуватись, розвиватись творчо та духовно, вчитись поважати себе та своє оточення, природу, планету. Мережа Internet допомагає вирішувати проблеми, пов'язані з надмірним антропогенним втручанням, адже є досить важливим бачення майбутнього своєї планети та вирішення екологічних проблем.

На сьогоднішній день ми ще не можемо назвати інформаційні технології повністю екологічними, хоча вони є екологічнішими від інших видів активної діяльності людей. Наприклад, кількість користувачів, які користуються інтернетом впливає на ефективність інформаційних мереж. Щоб виготовити один простий персональний комп'ютер необхідно 15-19 т різних матеріалів, а для виготовлення автомобіля необхідно 25 т. На діючий комп'ютер, який використовують приблизно 4 роки, припадає 1,5 виготовленого комп'ютера. Біля третини комп'ютерів

ніколи не продаються – через швидкість, з якою вони стають технологічно неактуальними. Тому необхідно сприяти розвитку інформаційних технологій, їхніх застосувань, при цьому скорочуючи розхід енергії, отруйних речовин, а також апаратних засобів, які просто полагодити та які мають довший життєвий цикл виробів [1, с. 29]. Тому необхідна нова концепція розвитку інформаційних технологій, в основі якої є екоефективність, можливість спільного застосування машин, їх повторне використання і ремонт. Підвищувати екологічну ефективність інформаційно-телекомунікаційних технологій можна й іншими засобами. Так, працівники компанії «Nokia» поставили собі за мету впродовж кількох років виробляти мобільні телефони, компоненти, яких біорозкладаються. Наразі вони випробовують саме такі корпуси для мобільних телефонів, але на жаль, немає серед полімерних матеріалів таких, які мали б також стійкість до дії гострих предметів і на них не залишались би подряпини. Кількість виробництва продуктів інформаційно-телекомунікаційних технологій і часта їх заміна виробництва на нові моделі сприяють пошуку ефективних шляхів вирішення проблеми біодеградації. Позитивне вирішення даної проблеми сприятиме зменшенню податків компаніям-виробникам, які вони мають сплачувати за утилізацію старих моделей. Це має велике значення, бо екологізація стає економічно вигідною, тому що залучає з кожним роком у дану сферу значно більше зусиль науковців і довгострокових капіталовкладень.

Отже, широке використання інформаційних технологій не буде збільшувати, тільки зменшувати техногенне навантаження на навколишнє середовище. Що стосується реалізації екологічних завдань через інформаційно-телекомунікаційні технології, то можемо зазначити, що перетворенню даних технологій на дієвий засіб екології передують їх широке розповсюдження. Вони змінюють спосіб життя багатьом людям і підприємствам так, щоб зміни відбувались і у суспільстві загалом. Інформаційні мережі мають важливе значення в різних сферах людської діяльності, адже вони є простими, доступними, швидкими та зручними у користуванні, тому задовольняють кожного користувача [4, с. 18-19].

Якщо б не було певних умов, то створення інформаційних мереж не вплинуло б на людський спосіб життя, бо не отримало б позитивного ефекту. Можемо зазначити, що лише масове поширення інформаційно-телекомунікаційних технологій допоможе досягнути позитивного екологічного ефекту, який буде значно помітний. Значний вплив інформаційна мережа на екологію матиме тоді, коли охопить у кожній державі, на кожному континенті велику кількість людей. Коли Україна матиме ринково регульовану економіку, тільки тоді ми зможемо запровадити таку добровільність і в себе. Свідомий вибір має стати основним пріоритетом сучасного людства, бо завдяки екологічності виробництва можна досягнути економічної ефективності виробництва. Тому широке розповсюдження інформаційних технологій буде зменшувати навантаження на навколишнє середовище.

Для того, щоб реалізовувались завдання екології через інформаційно-телекомунікаційні технології, необхідно, щоб вони широко розповсюджувались. Вони повинні докорінно змінити спосіб життя багатьох людей і підприємств, таким чином змінити суспільство загалом.

На фоні соціально-економічних проблем у суспільстві внаслідок негативного впливу факторів, які шкідливо впливають на навколишнє середовище та лю-

дей, є погіршення здоров'я населення. В Україні рівні факторів навколишнього середовища перебільшують гранично допустимі межі. З появою значної кількості інформації про навколишнє середовище розробляються нові технології та технічні засоби, які дають можливість досліджувати, аналізувати агроєкосистеми, здійснювати біотехнологічні роботи.

Сучасні комп'ютерні технології допомагають швидко отримати інформацію не втручаючись в об'єкт дослідження, ефективно використовувати моделі, приймати управлінські рішення з допомогою тематичних карт.

**Висновки.** Отже, в Україні необхідно розробити систему заходів, які б покращували екологічну ситуацію, попереджували б вплив шкідливих чинників навколишнього середовища на здоров'я людей, вдосконалити законодавчі та нормативно-правові документи у даному напрямку та інформатизувати гігієнічні дослідження.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Комендантов, Володимир. Інноваційні напрями інформаційних технологій. *Рідна школа*. 2006. № 8. С. 29-30.
2. Краснова М. Екологічна інформація: поняття, види та ознаки. *Вісник Київського університету імені Т. Шевченка*. 1998. Вип. 31: Юридичні науки. С. 27-30.
3. Нові інформаційні технології в вирішенні проблем виробництва, екології, освіти, управління та права: Зб. наук. пр.: За результатами симпозіуму 16-19 квітня 2003р., м. Хмельницький. Технологічний ун-т Поділля / М.Є. Скиба (голов.ред.). Хмельницький, 2003. 168 с.
4. Экологическая информация в европейском правовом пространстве. *Персонал*. 2002. № 2. С. 18-21.

УДК 349.6

## ВІДНОВЛЕННЯ СТАЛОГО ЕКОЛОГІЧНОГО РОЗВИТКУ ДЕРЖАВИ ПОРУШЕНОГО ВНАСЛІДОК ТЕХНОГЕННОГО ВПЛИВУ ВІЙСЬКОВОЇ АГРЕСІЇ

Кирєєва І.В.<sup>1</sup>, к.ю.н., доц.

<sup>1</sup>Харківський національний університет внутрішніх справ, Харків, Україна

Сталий екологічний розвиток держави є одним із важливих факторів забезпечення її безпеки. Для його забезпечення провадиться низка заходів, що мають відповідати сучасним реаліям екологічного стану держави. Так до таких заходів відносять: створення систем централізованого водопостачання у населених пунктах, що користуються привізною або неякісною питною водою; вдосконалення системи поводження з побутовими та промисловими відходами та створення потужностей із знешкодження та переробки згаданих відходів; систематичне корегування існуючих зборів за викиди забруднюючих речовин, залежно від їх обсягу й забруднення повітря та проведення їх щорічної індексації; зменшення обсягу суцільних рубок лісів; збільшення площі лісів шляхом виконання робіт з лісорозведення; поліпшення якості лісів та їх вікової структури; розширення мережі природо-заповідного фонду; збереження генофонду рослинного та тваринного світу в межах територій і об'єктів природо-заповідного фонду; забезпечення екологічно збалансованого природокористування в межах територій та об'єктів природо-заповідного фонду [1, с. 18]. Такі заходи є відповіддю на виклики-загрози екологічній безпеці. Так до основних загроз навколишнього середовища М. І. Адаменко та Н. Г. Кучук відносять:

- значне антропогенне порушення і техногенна перевантаженість територій України, зростання ризиків виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру;
- нераціональне, виснажливе використання мінерально-сировинних природних ресурсів як невідновлюваних, так і відновлюваних;
- негативні соціально-екологічні наслідки Чорнобильської катастрофи;
- погіршення екологічного стану водних басейнів, загострення проблеми транскордонних забруднень та якості води;
- загострення техногенного стану гідротехнічних споруд каскаду водосховищ на р. Дніпро;
- неефективність заходів щодо подолання негативних наслідків та іншої екологічно небезпечної діяльності;
- посилення впливу шкідливих генетичних ефектів у популяціях живих організмів, зокрема генетично змінених організмів, та біотехнологій;
- застарілість та недостатня ефективність комплексів з утилізації токсичних і екологічно небезпечних відходів [2, с. 160].

Разом із цим на сучасному етапі розвитку України надзвичайно важливими постають питання забезпечення екологічної безпеки країни тих техногенних факторів, які за сучасної історії України є новими викликами. Мова йде про наслідки терористичних дій країни-агресора.

Як справедливо підкреслює Р. Стрілець будь-який військовий конфлікт не має локального характеру, коли йдеться про довкілля. Екосистеми не можна розділити умовними кордонами, просто намалювавши їх на карті. Якщо руйнується природна рівновага в одній геолокації, це обов'язково відчує інша [3].

У перші дні повномасштабного вторгнення російські війська рухалися в межах наявної інфраструктури. Військові дії затягнулися — і тому росіяни змінюють тактику та готуються до тривалих протистоянь. Для цього вони формують бази та фортифікаційні споруди. Це означає, що вони просуваються вглиб природних територій: займають ліси та території природно-заповідного фонду. Рух важкої техніки, будівництво фортифікаційних споруд і бойові дії пошкоджують ґрунтовий покрив. Це призводить до деградації рослинного покриву та посилює вітрову та водну ерозію [4].

До негативних факторів ведення бойових дій для екосистеми як України так і світу в цілому відносять: ракетні обстріли. Під час детонації ракет та снарядів утворюється низка хімічних сполук – чадний газ, бурий газ, діоксид азоту, формальдегід тощо. Під час вибуху всі речовини проходять повне окиснення, а продукти хімічної реакції вивільнюються в атмосферу. Варто враховувати, що окупант обстрілює наші нафтобази, промислові підприємства, які використовують у своїй діяльності різні хімічні речовини. А це також десятки тисяч тон вивільнених в атмосферу шкідливих речовин. При цьому забруднене повітря не має кордонів. Викиди в атмосферне повітря, що були спричинені військовою агресією РФ на території України, переносяться, осідають та мають вплив на території інших держав, іноді на відстані в тисячі кілометрів [3].

Мінування територій. Розриви мін призводять до забруднення ґрунтів важкими металами – свинцем, стронцієм, титаном, кадмієм, нікелем. Це робить ґрунт небезпечним, а в деяких випадках – непридатним для подальшого сільськогосподарського використання. Також вибухи призводять до виникнення лісових пожеж. Тож знову повертаємося до проблем викидів в атмосферу і продовольчої безпеки. Циклічність наслідків та взаємопов'язаність процесів очевидна [3].

Наслідки обстрілів: забруднення та засмічення довкілля. Обстріли об'єктів промисловості та інфраструктури призводять до пожеж, які спричиняють додаткове забруднення повітря, ґрунту та води. Продукти горіння, які потрапляють, у повітря складаються з токсичних газів і твердих частинок. На цих об'єктах також буде значне забруднення ґрунту та води. Там, де були проведені заходи з гасіння пожежі, забруднення можуть включати залишки протипожежної піни. Російські війська атакують портову інфраструктуру вздовж узбережжя Чорного та Азовського морів і кораблі на якірних стоянках, що призводить до забруднення вод і поширення отруйних речовин у море. Нафтопродукти негативно впливають на морські біоценози, формуючи плівки на поверхні води, що порушує обмін енергією, теплом, вологою та газами між морем і атмосферою. Крім того, вони напряму впливають на фізико-хімічні та гідрологічні умови, викликають загибель риби, морських птахів і мікроорганізмів. Усі компоненти нафти токсичні для морських організмів. У нафти є ще одна побічна властивість. Її вуглеводні здатні розчинити низку інших забруднюючих речовин, таких як пестициди, важкі метали, які разом із нафтою концентруються в приповерхньому шарі та ще більше отруюють його. Металеві уламки снарядів, що потрапляють у довкілля, також не є безпечними та

цілковито інертними. Чавун із домішками сталі є найбільш поширеним матеріалом для виробництва оболонки боєприпасів та містить у своєму складі не тільки стандартні залізо та вуглець, а й сірку та мідь. Ці речовини потрапляють до ґрунту і можуть мігрувати до ґрунтових вод і в результаті потрапляти до харчових ланцюгів, впливаючи і на тварин, і на людей [5].

Охоплення бойовими діями значної кількості території України, зокрема й тієї, що належить до об'єктів та територій природно-заповідного фонду. За даними Міністерства захисту навколишнього середовища та природних ресурсів України, на 20 березня 2022 р. бойові дії проходили на території природно-заповідного фонду площею 12,4 тис. кв. км. А це становить третину всього природно-заповідного фонду України, зокрема на більшості територій водно-болотних угідь, що віднесені до сфери охорони у рамках Рамсарської конвенції про водно-болотні угіддя, що мають міжнародне значення. Руйнування екосистем, забруднення ґрунтів та водного простору, зменшення біорізноманіття, зростання кількості шкідників у лісах далеко не повний перелік екологічних проблем, з якими Україна зіштовхнеться вже після закінчення війни. Можна припустити, що майбутня екологічна катастрофа в Україні матиме не лише локальний, а й регіональний характер, оскільки забруднення водних та морських екосистем, підземних вод можливими радіаційними, хімічними чи токсичними відходами матиме транскордонний вплив на деякі країни Європи [5].

Також значною проблемою є знищення об'єктів тваринного та рослинного світу через викликані обстрілами пожежі, мінування морської акваторії тощо.

Перелічені акти агресії безпосередньо порушують норми природоохоронного законодавства України, а також низки міжнародних нормативно-правових актів. Відповідно до ч. 3 ст. 35 I Протоколу до Женевських конвенцій від 12 серпня 1949 року, який стосується захисту жертв міжнародних збройних конфліктів, прийнятого у 1977 році заборонено застосовувати методи або засоби ведення воєнних дій, які мають на меті завдати або, як можна очікувати, завдадуть широкої, довготривалої і серйозної шкоди природному середовищу [6]. Також, РФ, окрім екологічного законодавства України, грубо порушує Міжнародну конвенцію ЄЕК ООН «Про охорону та використання міжнародних водотоків та міжнародних озер», Конвенцію про водно-болотні угіддя, що мають міжнародне значення (Рамсарської конвенції). Згідно з оцінками Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України, на 20 березня 2022 р. загальна сума завданих російськими військами збитків становить 438,3 млн доларів США або 12,7 млрд гривень. І з кожним днем воєнних дій сума збитків суттєво зростає [5].

Таким чином, наразі значним фактором негативного впливу на стан техногенно-екологічної безпеки країни є здійснення терористичних дій країни-агресора, що спричиняють шкоду у вигляді руйнування природних екосистем, пошкодження ґрунтів, засмічення довкілля уламками снарядів, військової техніки, знищення фауністичного та флористичного біорізноманіття, забруднення та засмічення водних об'єктів, погіршення якості атмосферного повітря та інше. Перелічені фактори є безумовним порушенням норм як вітчизняного так і міжнародного законодавства, що має знайти відповідну фіксацію при правовій оцінці дій країни-терориста.

Представляється що до заходів відновлення сталого екологічного розвитку країни можна віднести: по-перше, посилення моніторингових заходів, наприклад, здійснення моніторингу стану довкілля в місцях фіксації злочинів країни-терориста, та фіксації наслідків завдання шкоди природним ресурсам; моніторинг наслідків ведення бойових дій на деокупованих територіях країни тощо. По-друге, посилення міжнародного співробітництва з питань відновлення екологічної безпеки України як фактору міжнародної екологічної безпеки. По-третє, залучення коштів країни-терориста до заходів з відновлення екологічної безпеки країни.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Гребешков В., Габ А. Сталій розвиток довкілля в контексті техногенно-екологічної безпеки України. *Техногенно-екологічна безпека України: стан та перспективи розвитку / ТЕБ-2019: матеріали ІХ Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції*, Ірпінь, 04-15 листопада 2019 р. Університет ДФС України. Ірпінь, 2019. 360 с. С. 18-20.
2. Адаменко М.І., Кучук Н.Г. Техногенна та екологічна безпека. *Вісник ЛДУ БЖД*. №10. 2014. С. 158-162.
3. Стрілець Р. Бомба сповільненої дії: чому світ не може ігнорувати екологічні наслідки війни в Україні. *Українська правда. Життя*. 2022. URL: <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:M1tYVVP3JFkJ:https://life.pravda.com.ua/columns/2022/06/22/249216/&cd=1&hl=ru&ct=clnk&gl=ua> (дата звернення: 07.09.2022 р.)
4. Омельчук О., Садогурська С. Природа та війна: як військове вторгнення Росії впливає на довкілля України. URL: <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:Fody9ftY8sYJ:https://ecoaction.org.ua/pryroda-ta-vijna.html&cd=4&hl=ru&ct=clnk&gl=ua> (дата звернення: 07.09.2022 р.)
5. Перга Т.Ю. Екологічні наслідки війни Росії проти України. URL: <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:l0-2fN0eweUJ:https://ivinas.gov.ua/viina-ry-proty-ukrainy/ekolohichni-naslidky-viiny-rosii-proty-ukrainy.html&cd=9&hl=ru&ct=clnk&gl=ua> (дата звернення: 07.09.2022 р.)
6. Додатковий протокол до Женевських конвенцій від 12 серпня 1949 року, що стосується захисту жертв міжнародних збройних конфліктів (Протокол I), від 8 червня 1977 року. URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995\\_199?find=1&text=%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D1%96%D0%BB%D0%BB%D1%8F#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_199?find=1&text=%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D1%96%D0%BB%D0%BB%D1%8F#Text) (дата звернення: 07.09.2022 р.)

УДК 504.05

## НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ – «МОВЧАЗНА ЖЕРТВА» ВІЙНИ

Кордуба І.Б.<sup>1</sup>, к.т.н., доц.; Жукова О.Г.<sup>1</sup>, к.т.н., доц.

<sup>1</sup>Київський національний університет будівництва і архітектури,  
Київ, Україна

Історія війни – це історія знищення природи, на жаль, перед якою природа беззахисна. На сьогодні неможливо в повній мірі оцінити вплив війни на довкілля. Проте точно зрозуміло, чим довше триватиме війна, тим більше шкоди вона завдасть. Злочини проти навколишнього середовища можуть бути менш помітними одразу, але більше наслідків ми отримаєм в майбутньому. Злочини проти природи впливають на здоров'я людей, а в результаті призведуть до збільшення смертності, оскільки людські втрати пов'язані не лише з використанням різних типів зброї, але й із забрудненням довкілля.

Повномасштабне російське вторгнення наносить непоправного удару по довкіллю та по природній спадщині України. З 24 лютого цього року рф завдала по Україні тисячі ракетних ударів. Авіаудари росії знищують нафтобази, пошкоджують газо-, нафто- та аміакопроводи. У результаті війни в атмосферне повітря потрапляє значна кількість забруднюючих речовин та парникових газів, вибухи забруднюють ґрунти, поверхневі і підземні води, знищуються заповідні території, гине рослинний і тваринний світ. Кожен такий вибух призводить до потужного викиду в повітря аміаку, оксиду азоту, оксиду вуглецю, сірчистого ангідриду та інших сполук, які вкрай негативно впливають на якість атмосферного повітря та відповідно на здоров'я людей.

Серед найбільш резонансних:

- Ядерний тероризм. 24 лютого 2022 року під час вторгнення російські війська захопили Чорнобильську атомну електростанцію та інші атомні об'єкти в Чорнобильській зоні відчуження. У сховищах відпрацьованого ядерного палива ВЯП-1 та ВЯП-2 у Чорнобильській зоні відчуження знаходиться понад 22 000 відпрацьованих паливних збірок. Ця кількість плутонію-239 могла перетворити тисячі гектарів на мертву без життя зону. Відповідно у зоні відчуження фіксувався підвищений радіаційний фон, до 7,6 разів оскільки важка бронетехніка та інший транспорт переміщувався по забрудненим ґрунтам і піднімав радіоактивний пил у повітря.

За даними Міндовкілля у Чорнобильській зоні відчуження трапилося понад 30 пожеж на площі понад 8700 га. Що могло потягнути за собою поширення радіонуклідів за межі Чорнобильської зони відчуження.

Радіоактивне забруднення, у разі руйнування Чорнобильської, Запорізької чи іншої АЕС зробить непридатними для життя значні території. На сьогодні небезпека зберігається. Трагедія може статися, якщо росія застосує тактичну ядерну зброю, діапазон ураження якої 25-30 км. На цих площах усе живе буде знищене з відповідними наслідками: проникаючою радіацією та радіоактивним зараженням місцевості.

Попередні збитки, завдані російськими загарбниками зоні відчуження ЧАЕС, перевищують 2,5 млрд грн

- Обстріли нафтобаз. Бензопірен, який утворюється при низькотемпературних процесах горіння нафтопродуктів є сильним канцерогеном. Всі забруднювачі,



які утворюються при горінні безсумнівно стануть важливою складовою подальших біогеохімічних циклів із непербачуваними наслідками. Кожна пожежа на нафтобазі стає техногенною катастрофою. За підрахунками екологів, під час горіння нафти (пожежі на нафтобазі з кількома резервуарами) виділяється приблизно стільки ж атмосферного забруднення, скільки виробляє весь транспорт Києва за місяць.

Атаки узбережжя Чорного та Азовського морів призводить до забруднення вод і поширення отруйних речовин у море.

Нафтопродукти негативно впливають на морські біоценози, формуючи плівки на поверхні води, що порушує обмін енергією, теплом, вологою та газами між морем і атмосферою. Крім того, вони напряму впливають на фізико-хімічні та гідрологічні умови, викликають загибель риби, морських птахів і мікроорганізмів. Усі компоненти нафти токсичні для морських організмів. У нафти є ще одна побічна властивість. Її вуглеводні здатні розчиняти низку інших забруднюючих речовин, таких як пестициди, важкі метали, які разом із нафтою концентруються в приповерхньому шарі та ще більше отруюють його.

- Руйнування інфраструктур. Обстріли каналізаційних систем, зокрема очисних споруд, несуть велику небезпеку забруднення водойм, ґрунту, ґрунтових вод, порушення екосистем великих територій, нанесення шкоди флорі і фауні, а також здоров'ю людей.

З неочищеними стоками до водойм потрапляють шкідливі домішки неорганічного та органічного походження. Органічні забруднювачі призводять до зменшення вмісту розчинного кисню у воді, наслідок – загибель водних організмів, фітопланктону. Надлишок азоту і фосфору призводить до цвітіння вод і порушення біологічної рівноваги водойм. Потрапляння у водойми неочищених побутових стоків приводить до біологічного забруднення води.

Витік ряду інших шкідливих речовин приводить до багатократного збільшення у воді цинку, міді, хрому, свинцю, кадмію та ряду інших отруйних речовин. Концентрації діоксинів, маючи здатність накопичуватися, викликають мутагенний, ембріотоксичний ефект, негативно впливають на генофонд населення, рослинний і тваринний світ, забруднення ґрунту, ґрунтових вод, лісів, сільськогосподарських угідь.

– Забруднення ґрунтів паливно-мастильними матеріалами та іншими нафтопродуктами відбувається унаслідок руху та пошкоджень сухопутної військової техніки. У ґрунтах, просочених паливно-мастильними матеріалами, знижується водопроникність, витісняється кисень, порушуються біохімічні та мікробіологічні процеси. Внаслідок цього погіршується водний, повітряний режими та колообіг поживних речовин, порушується кореневе живлення рослин, гальмується їх ріст і розвиток, що спричиняє загибель

– Забруднення азотною кислотою та її парами загрожує людям і тваринам опіками слизових оболонок.

– Забруднення пінополіуретаном, загрожує не лише прямим отруєнням, але й випаданню кислотних дощів.

Згідно інформації від Міністерства охорони довкілля, 20% всіх природоохоронних територій України уражено війною, майже мільйон гектарів заповідних площ потерпають від війни, 812 заповідних територій у небезпеці. станом на 24 травня підтверджено 254 випадки екоциду та нараховано 1,5 тис. фактів знищення українського довкілля внаслідок військової агресії російської федерації.

Зникають або скорочуються деякі види трав, квітів, кущів в тому числі червонокнижних. Вигорають цілі лісові масиви. Порушений ґрунт та спалені ліси

дуже швидко заростають чужорідними інвазійними видами. Рідкісним видам тварин загрожує зміна їхніх ареалів поширення та міграційних коридорів.

За даними Української природоохоронної групи, під тимчасовим контролем російських загарбників є 44% найцінніших природно-заповідних територій України. Наприклад, Асканія-Нова на Херсонщині.



**Рисунок 1 – Кількість випадків потенційної шкоди довкіллю, спричиненої російською агресією**

Очевидно, що повну картину ми побачимо лише після завершення війни, однак, вже зараз можемо сказати, війна спричинила екологічну катастрофу величезного обсягу, а саме: руйнування екосистем, забруднення ґрунтів, вод, зменшення біорізноманіття, тощо, над подоланням наслідків завданої шкоди доведеться працювати впродовж багатьох десятків років тому вже зараз маємо думати про дієві сучасні методи налагодження екологічної ситуації в кожній громаді і Україні в цілому.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Барановський В.А., Бобильова О.А., Омельянець М.І., Табачний Л.Я. Україна. Радіаційна небезпека. Київ: Всеукраїнська екологічна ліга, 2004. 35 с.
2. Барановський В.А., Шищенко П.Г., Дмитрук Ю.О. Україна. Техногенна небезпека. Київ: Всеукраїнська екологічна ліга, 2004. 35 с.
3. Зеркалов Д.В. Екологічна безпека: управління, моніторинг, контроль: Посібник. Київ: КНТ, Дакор, Основа, 2007. 412 с.
4. Іванюта С.П. Екологічні і техногенні загрози у зоні військового конфлікту на сході України. *Стратегічна панорама*. Київ, 2014. № 1. С. 53-60.
5. Хвесик М.А., Голян В.А. Інституціональна модель природокористування в умовах глобальних викликів. Київ: Кондор, 2007. 480 с.
6. Яцик А.В. Екологічна безпека в Україні. Київ: Генеза, 2001. 216 с.

УДК 543.32/.34

## ІМПЛЕМЕНТАЦІЯ ЄВРОПЕЙСЬКИХ СТАНДАРТІВ У ЗАКОНОДАВЧЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОСТАЧАННЯ ПИТНОЇ ВОДИ

Малько О.Д.<sup>1</sup>, к.військ.н., доц.; Закоморна К.О.<sup>2</sup>, к.ю.н., доц.

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

<sup>2</sup>Національний юридичний університет імені Ярослава Мудрого, Харків, Україна

З набуттям Україною статусу кандидата в члени Європейського Союзу (ЄС), співробітництво нашої держави з країнами ЄС у сфері охорони навколишнього природного середовища стає важливим чинником для забезпечення високої якості води, яка призначена для споживання. Для вирішення зазначеного завдання створені певні передумови, які базуються на низці нормативно-правових актів, що регулюють відносини у сфері постачання питною водою населення нашої країни.

Конституція України (статті 16, 50) проголошує зобов'язання держави гарантувати екологічну безпеку та право кожного на безпечне для життя і здоров'я довкілля. З метою реалізації цих конституційних положень законодавство України (Водний кодекс України, Кодекс України про надра, Закони України «Про охорону навколишнього природного середовища», «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення», «Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення», «Про стратегічну екологічну оцінку») покликано створити механізми забезпечення належної якості води, яка призначена для споживання.

Підписання Угоди про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони, сприяли приведенню національних нормативно-правових актів у відповідність до міжнародних і європейських стандартів у сфері постачання безпечної для людини питної води. Євроінтеграційні зобов'язання України, які випливають із вищенаведеного документа, ставлять перед нашою країною багато складних завдань і одне з першочергових – гармонізація національного законодавства та стандартів у сфері водопостачання і споживання, з відповідними нормативно-правовими актами Європейського Союзу [1].

Системні проблеми, як дефіцит фінансових ресурсів, необхідних для належної експлуатації та обслуговування систем водопостачання та водовідведення, незадовільний технічний стан споруд і обладнання, недосконалість структури управління галуззю гальмують процес імплементації європейських стандартів у законодавче забезпечення постачання питної води. Це, в першу чергу, стосується Директиви Ради 98/83 / ЄС «Про якість води, призначеної для споживання людиною», Директиви Ради 91/271/ЄЕС «Про очистку міських стічних вод», Директиви № 91/676/ЄС «Про захист вод від забруднення, спричиненого нітратами з сільськогосподарських джерел» та ін. [1].

Слід зазначити, що питання забезпечення належної якості питної води, у відповідності до європейських стандартів, знаходяться у колі наукових інтересів багатьох фахівців екологічного профілю. Так, у [2] на основі аналізу основних директив Євросоюзу у сфері водо забезпечення та водопостачання автори визначили першочергові кроки, які потрібно зробити Україні для гармонізації законодавства в галузі водних ресурсів та водоспоживання. Окрім того, проведено розгляд відповідності чинного законодавства України вимогам Директиви Ради 98/83/ЄС від

3 листопада 1998 року . «Про якість води, яка призначена для споживання людиною». У статті [3] наведені основні вимоги водних Директив Ради ЄС: 98/83/ЄС від 3 листопада 1998 року; 91/271/ЄЕС від 21 травня 1991 року; 91/676/ЄЕС від 12 грудня 1991 року; та Водної Рамкової Директиви 2000/60/ЄС Європейського Парламенту і Ради від 23 жовтня 2000 року. Ґрунтовний аналіз стану водного середовища Харківщини, у тому числі стану питної води, наведено в науковій праці [4]. Разом з тим, у наведених працях не достатньо повно розкритий позитивний досвід імплементації директив Євросоюзу у сфері водозабезпечення і водопостачання у європейських країнах, який може використовувати Україна для удосконалення нормативно-правового забезпечення постачання безпечної для людини питної води.

В ЄС розроблена низка нормативно-правових актів, які є загальновизнаними європейськими стандартами і нормами забезпечення населення питною водою. Так, забезпечення доступу до безпечної питної води є основним завданням Директиви Ради 98/83/ЄС від 3 листопада 1998 року про якість води, призначеної для споживання людиною. Директива встановлює стандарти якості води (48 мікробіологічних та хімічних показників) для усіх систем водопостачання, що обслуговують понад 50 осіб або постачають більше 10 м<sup>3</sup>/добу. Директива встановлює правила моніторингу та обов'язкової звітності для всіх операторів, які постачають більше ніж 1000 м<sup>3</sup>/добу і обслуговують більше 5 000 споживачів [5].

З впровадженням Директиви Ради 91/271/ЄЕС від 21 травня 1991 року про очистку міських стічних вод пов'язане вирішення проблем забезпечення санітарного благополуччя шляхом обов'язкового каналізування та очистки стічних вод всіх населених пунктів та промислових об'єктів з еквівалентом населення (далі — е.н.) більше 2000 е.н. Директива встановлює високі стандарти очищення стічних вод (первинної, вторинної та третинної очистки) перед їх скиданням у водні об'єкти з урахуванням розмірів населених пунктів та уразливих зон для скидів очищених стоків [3].

Впровадження Директиви Ради 91/676/ЄЕС від 12 грудня 1991 р. про захист вод від забруднення, спричиненого нітратами з сільськогосподарських джерел забезпечить охорону від нітратного забруднення чутливих зон, до яких належать джерела питного водопостачання в сільській місцевості, налагодження моніторингу нітратного забруднення вод та впровадження кращих практик очищення води[3].

Водна Рамкова Директива 2000/60/ЄС Європейського Парламенту і Ради від 23 жовтня 2000 р. про встановлення рамок діяльності Співтовариства у сфері водної політики вимагає впровадження інтегрованого управління водними ресурсами за басейновим принципом і встановлює ціль водної політики — досягнення доброго стану всіх водних ресурсів шляхом зменшення та припинення скидів неочищених стоків у водні об'єкти. [3].

В державах-членах ЄС існує розгалужена система нормативно-правових актів, які встановлюють єдині правила сервісних послуг щодо надання питної води відповідно до загальновизнаних європейських стандартів і норм. У сучасному міжнародному праві пріоритетною метою регулювання відносин водокористувачів стає досягнення стійкості водопостачання, оптимальності управління водними ресурсами в їх цілісності, з урахуванням різноманіття водокористування. Приміром, у Резолюції Генеральної Асамблеї ООН щодо права людини на водопостачання та водовідведення (A/64/L.63 / Rev.1 2010 р.) і Резолюції Ради з прав людини ООН щодо прав людини та доступу до безпечної питної води та санітарії (A/HRC/15/ L.1 2010 р.) міститься заклик до держав розробити законодавчі ін-

струменти та механізми, які визначають комплексні плани та стратегії для повної реалізації зобов'язань щодо прав людини, пов'язаних із доступом до безпечної питної води та санітарії [6]. ВООЗ розробила низку універсальних настанов щодо якості води та здоров'я людини, підходів щодо запобігання ризиків для споживачів води [7].

Яскравим прикладом імплементації в національну систему права міжнародних і європейських стандартів у сфері постачання питної води є досвід країн Скандинавії. Законодавство Данії, Норвегії, Фінляндії і Швеції запроваджує одноманітні правила щодо гарантування безпечності для здоров'я людини матеріалів, які використовуються у процесі розподілу і постачання споживачам води, а також під час виробництва продукції харчової промисловості.

Наприклад, в Норвегії Закон від 19.12. 2003 р. № 124 «Про виробництво харчових продуктів та безпеку харчових продуктів», Закон від 23.06. 2000 р. № 56 «Про охорону здоров'я та соціальну готовність», Закон від 24.06. 2011 р. № 29 «Про охорону здоров'я», Закон (№ 30 від 2011 р.), Закон від 24.06. 2011 р. № 30 «Про муніципальні послуги з охорони здоров'я», «Правила питної води», затвержені Постановою Уряду від 4.12. 2001 р. № 1372 «Про постачання води, призначеної для споживання людиною» фіксують вимоги щодо безпечного постачання достатньої кількості корисної, прозорої, без помітного запаху, смаку і кольору води, призначеної для споживання людиною. Зокрема, у «Правилах питної води» встановлено наступне: матеріали в транспортній системі, побутовій системі розподілення та очисних спорудах тощо, які знаходяться у прямому або опосередкованому контакті з водою, не повинні викидати у воду речовини, що можуть завдати шкоди здоров'ю людини або призвести до зміни визначеного складу води, включаючи погіршення сенсорних характеристик води [8].

У Швеції Закон «Про загальні послуги з водопостачання» (2006: 412), Закон «Про планування та будівництво» (2010: 900), Закон «Про акредитацію та технічний контроль» (2011: 791), Екологічний кодекс (1998: 808), Положення «Про питну воду», затверджено Національною продовольчою радою (SLVFS 2001:30), встановлюють межі концентрації шкідливих для здоров'я людини речовин, які можуть потрапляти до питної води із матеріалів, що використовуються для транспортування води до споживачів [8]. Контроль за виконанням цих правил покладено на Шведське національне продовольче агентство, Шведське агентство з хімічних речовин, Державне управління з видачі ліцензій для проведення технічного контролю. Подібні положення щодо моніторингу якості води містяться в нормативно-правових актах Фінляндії (Законі «Про водні послуги» (119/2001), Законі «Про воду» (587/2011), Законі «Про землекористування та забудову» (132/1999), Законі «Про затвердження окремих будівельних виробів» (954/2012), Національному будівельному кодексі тощо) і Данії (Законі № 2485 від 24.10.2010 року «Про будівництво», Виконавчому наказі № 1007 від 29.06.2016 р. «Про будівельні норми») [9].

Отже, імплементація європейських стандартів у законодавче забезпечення постачання питної води потребує вдосконалення вітчизняних нормативно-правових актів та посилення контролю якості води, призначеної для споживання людиною, запровадження щорічної звітності щодо спалахів та випадків захворювань, пов'язаних з водою. Розвиток систем моніторингу та нагляду за станом водних ресурсів дозволить налагодити формування звітності та інформування населення щодо стану якості питної води, а також ефективності очищення скидів стічних вод, відповідно до вимог Директив ЄС та Протоколу про воду та здоров'я.

Імплементація у національне законодавства відповідних нормативно-правових актів Європейського Союзу, також, вимагає посилення державного контролю й нагляду у сфері питного водопостачання та санітарного благополуччя за додержанням санітарно-гігієнічних стандартів в умовах воєнного часу. Україна стала співавтором резолюції Ради з прав людини ООН «Права людини на безпечну воду та санітарію», в якій наголошується на важливості доступу до чистої питної води для реалізації прав кожної людини. «Ця резолюція, як і інші міжнародно-правові інструменти у сфері міжнародного гуманітарного права і права в галузі прав людини, стане ще одним важливим засобом притягнення до відповідальності Росії через порушення соціально-економічних прав людей на окупованих територіях України, зокрема права на доступ до безпечної води та базову санітарію» – наголошується в коментарі Міністерства закордонних справ України [10].

### ЛІТЕРАТУРА

1. Україна та Угода про асоціацію: моніторинг виконання URL: <http://ucerp.org.ua/doslidzhennya/ukrayina-ta-ugoda-pro-asotsiatsiyu-monitoryng-vykonannya-z-1-grudnya-2016-roku-do-1-lystopada-2017-roku.html>
2. Маляренко В. Водная евроинтеграция Украины. <https://cleanwater.org.ua/vodnaya-evroyntehratsyya-ukrayni>
3. Цветкова Г., Закорчевна Н. Водна безпека України в розрізі 6 водних Директив ЄС. <https://ecolog-ua.com/news/vodna-bezpeka-ukrayiny-v-rozrizi-6-vodnyh-dyrektyv-yes>
4. Loboichenko V., Zakomorna K., Ilinskyi O., Leonova N., Malko A., Shevchenko R. Investigation of the Content of Heavy Metals in Water Sources of Kharkiv City, Ukraine. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/cast/article/view/251781>
5. Директива Ради 98/83 / ЄС «Про якість води, призначеної для споживання людиною» Верховна Рада України. офіційн. сайт. URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994\\_963](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_963)
6. U.N. Human Rights Council Resolution on Human Rights and Access to Safe Drinking Water and Sanitation, A/HRC/15/L.1 (24 September 2010); U.N. General Assembly Resolution on the Human Right to Water and Sanitation, A/64/L.63/Rev.1 (26 July 2010) URL: <https://www.internationalwaterlaw.org/documents/intldocs/>
7. European Water Charter URL: <https://iea.uoregon.edu/treaty-text/1968-europeanwatercharterentxt>
8. Regulation of 4 December 2001 No. 1372 concerning water supply and water intended for human consumption (Drinking Water Regulations) URL: <https://app.uio.no/ub/ujur/oversatte-lover/data/for-20011204-1372-eng.pdf>
9. SLVFS 2001:30 Dricksvatten URL: <https://www.prevent.se/regelbanken/regelbanken/start/forfattningar/produktkontroll-och-kemikalier/statens-livsmedelsverks-forfattningssamling-slvfs/slvfs-200130-dricksvatten>
10. Резолюція ООН про право на доступ до безпечної води та санітарії стане ще одним кроком до прийняття Росією відповідальності за злочини в Криму та ОРДЛО. URL: <https://ua.interfax.com.ua/news/political/690634.html>

УДК 614.8

## ЛІСОВІ ПОЖЕЖІ ПІД ЧАС ВІЙНИ ТА ЇХ НАСЛІДКИ

Сенчихін Ю.М.<sup>1</sup>, к.т.н., проф.

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

Через повномасштабну російську агресію в Україні відбулася велика кількість лісових пожеж на півночі, сході та півдні країни (рис. 1).

Практично усі пожежі супроводжувалися небезпечними факторами, які визначають обстановку [1-3], а саме:

- швидким поширенням вогню на великих площах;
- сильним задимленням та інтенсивним тепловим випромінюванням;
- перебуванням людей у небезпечних зонах;
- поширенням вогню на населені пункти, котеджні містечка, дачні і садові товариства, інші об'єкти, у тому числі з масовим перебуванням людей, охоронні зони повітряних ліній електропередач, газо-, нафто-, продуктопроводів, розміщених у лісових масивах і поблизу них.



**Рисунок 1 – Локації лісових пожеж в Україні, що виникли в результаті російської агресії**

Починаючи з 24 лютого в Україні було охоплено пожежами більше 40 тисяч гектарів територій лісового фонду. Половина цієї площі припадає на Чернобильський біосферний заповідник. За даними Міндовкілля, унаслідок військової агресії рф в українських лісах навесні вже сталося втричі більше пожеж, ніж минулого року.

Данні Регіонального Східноєвропейського центру моніторингу пожеж (зведені на основі НАСА) по ландшафтним пожежам в Україні на різних категоріях земель за період воєнного стану з початку війни по травень 2022 року представлені в табл. 1 [4].

**Таблиця 1 – Площі та кількість ландшафтних пожеж в Україні**

Місяць, 2022 р.	Всього пожеж		Розподіл площі пожеж за типами ландшафтів, га				
	кількість	площа, га	ліси	у т. ч. хвойні	Землі с.-г. призначення	Інші природні ландшафти	Населені пункти
Лютий	29	13 796	3098	865	6370	2256	2072
Березень	2381	748 116	260 808	39 634	250 193	176 708	60 407
Квітень	314	91 022	17 438	2656	45 846	14 542	13 197
Травень	279	104 224	57 731	30 418	21 839	15 038	9618
<b>Всього</b>	<b>3003</b>	<b>957 158</b>	<b>339 075</b>	<b>73 573</b>	<b>324 248</b>	<b>208 544</b>	<b>85 249</b>
в т.ч. облас- тах з бойо- вими діями	1239	494 566	166 426	49 055	155 037	113 429	59 675

Величезну кількість пожеж фіксували зокрема у Чорнобильській зоні відчуження. Ця проблема там стоїть особливо гостро, і не через те, що в повітря потрапляють радіонукліди. Також у лісгосподарствах майже не залишилось пожежної техніки: з п'ятдесяти машин залишилось п'ять-сім. Окрім того, ліси в Чорнобильській зоні заміновані, кожен вибух міни – це потенційно нова пожежа, яка деякий час становиться неконтрольована.

Загалом на Півночі країни заміновано багато лісів. Уже відомі випадки, коли співробітники лісової галузі підривалися на мінах; через це певні території просто вилучають з господарського обігу. А позаяк розмінування лісів для ДСНС – далеко не пріоритет (оскільки Служба фокусується в першу чергу на населених пунктах) [5]. З іншого боку, є в цьому і короткостроковий позитивний вплив – ліси матимуть час на відновлення без участі людини.

На Херсонщині спостерігали жахливу ситуацію, де пожежі охопили близько 260 гектарів лісів, через те, що окупанти підпалювали ліси та перешкоджали гасінню.

На Харківщині, в Ізюмському районі лісові угіддя практично знищені вогнем внаслідок бойових дій.

Через близькість населених територій до лісових масивів пожежі сприяють утворенню кризової медико-екологічної ситуації і становлять високий ризик для здоров'я людей, що мешкають в зонах тривалого активного задимлення [6].

Крім прямого впливу війни на довкілля, є ще й опосередкований, не менш гірший, що визначається багатьма новими проблемами, такими як:

- збільшення вирубки лісів (через те, щоби частково замінити рф та Білорусь на європейських ринках деревини та здійснити поповнення бюджету країни від продажу ресурсів);
- нестача коштів для фінансування лісгосподарств (через те що, лісгоспи працюють на самофінансуванні коштом вирубок, які унеможливлені через замінування лісів);
- тимчасове унеможливлення перевірок лісів (так, як відвідування лісів через війну – заборонено);
- скасування на період воєнного стану "сезону тиші" (тобто заборони на вирубку лісів із квітня до червня, на період розмноження тварин).

Масове знищення рослинного та тваринного світу, отруєння атмосфери та водних ресурсів можуть спричинити велику екологічну катастрофу.



Для вирішення даних проблем потрібно:

- зрозуміти, що рубки лісу та гроші, які ми отримуємо від продажу деревини дуже мізерні, у порівнянні з тією користю, яку дають ліси, якщо управляти ними правильно та не розглядати суто як джерело ресурсу;
- не вирощувати нові ліси, а вжити заходів щодо збереження залишків природного лісу, тому що штучна екосистема, створена людиною, менш стійка;
- здійснити додаткове фінансування за рахунок акумулювання грошей, що виділяє ЄС для підтримки України.

Багато лісів що постраждали від пожеж внаслідок війни, є рукотворними, їх насаджували у степах і вони існували, як штучна екосистема, створена на місці природної. Є два варіанти: або природним шляхом відновляться ліси, які згоріли, або відновляться степи. Отже, якщо їх заново не відновлять, на їх місці відновлюються степи, а це екосистеми, які знаходяться під набагато більшою загрозою, ніж ліси. І говорячи про степ, важливо розуміти, що це збалансована природна екосистема, яка захищає ґрунти від ерозії, а річки від замулення.

Штучні ліси створюють відповідну структуру, яка дає можливість користуватися певними територіями, а також виконують дуже багато функцій, зокрема, відновлення і балансування водостоку, створення екосистемних послуг в регіоні. Штучні ліси є зоною місцевої рекреації, регуляції мікроклімату, регуляції водного режиму.

Передбачити, якими саме будуть наслідки від горіння лісів, складно. Будь-яка екосистема здатна до відтворення, і навіть завдана війною шкода може бути відновлена роками. Потрібно, не погіршувати стан лісів, дбайливо ставитись до навколишнього середовища та дотримуватися зелених принципів співіснування з природою. У той же час, в умовах обмежень, що накладає воєнний стан, забруднення частини території лісгоспів вибухонебезпечними предметами, недопущенню великих пожеж повинна приділятися особлива увага всією вертикаллю державного управління лісами, а організація охорони лісів від пожеж повинна стати пріоритетним напрямком діяльності поряд із рубками лісу та лісокультурними роботами.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. НАПБ Б.04.003-2018 Статут дій органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту під час гасіння пожеж.
2. Ключ П.П., Палюх В.Г., Пустовой А.С., Сенчихін Ю.М., Сировий В.В. Пожежна тактика: Підручник. Х.: Основа, 1998. 592 с. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/1192>
3. Довідник керівника гасіння пожежі. Київ: ТОВ "Література-Друк", 2016, 320 с. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/9477>
4. Відкрите звернення Регіонального Східноєвропейського центру моніторингу пожеж до Президента України. НУБІП / NULES: веб-сайт. URL: [https://gfmc.online/globalnetworks/SEEurope/SEEurope\\_1\\_radio.html](https://gfmc.online/globalnetworks/SEEurope/SEEurope_1_radio.html)
5. Аветісян В.Г., Сенчихін Ю.М. Обґрунтування вихідних даних для розрахунку сил та засобів пожежогасіння на об'єктах з наявністю боєприпасів та вибухових речовин. *Проблеми надзвичайних ситуацій*. Х.: НУЦЗУ, 2018. Вип. 27. С. 3-9. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/7855>
6. Буц Ю.В., Крайнюк О.В., Островерх О.О., Сенчихін Ю.М. Екологічна небезпека забруднення атмосферного повітря в зонах лісових. *Пожежна безпека: Збірник наукових праць ЛДУ БЖД, УкрНДІПБ МНС України, №. 21*. Львів: ЛДУ БЖД, 2012. С. 39-42. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/4140>

## **ЗАХИСТ КОМПОНЕНТІВ ДОВКІЛЛЯ ПРИ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

УДК 504.062.4::623.48

### **МОДЕЛЬ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ БЕЗПЕКОЮ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ЗЕМЕЛЬ МІСЦЬ ЗНЕШКОДЖЕННЯ ТА ЗНИЩЕННЯ БОЄПРИПАСІВ**

Андронов В.А.<sup>1</sup>, д.т.н., проф.; Дідовець Ю.Ю.<sup>1</sup>

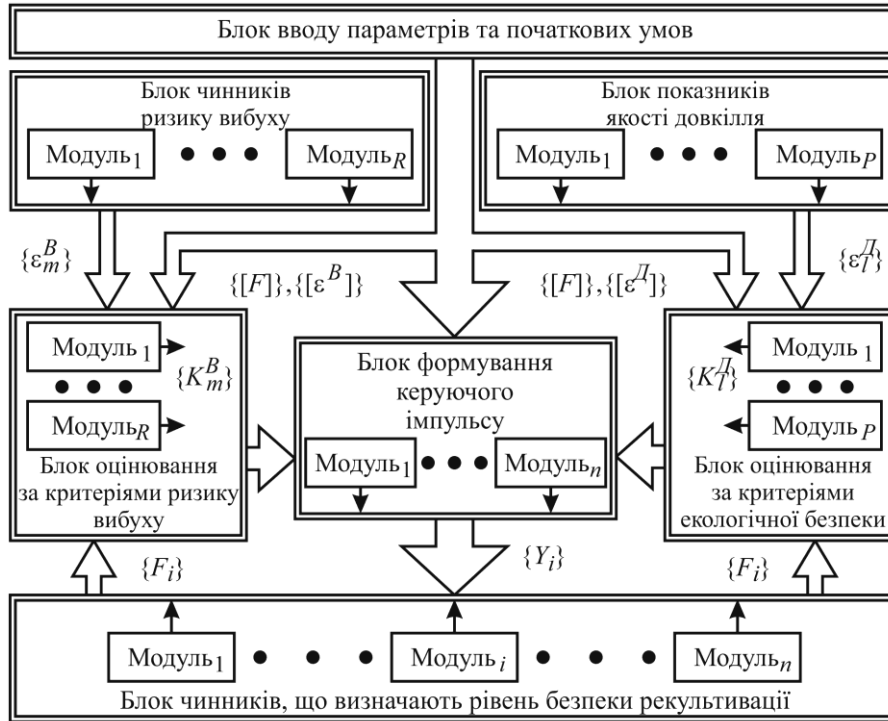
<sup>1</sup>Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна

В умовах російської військової агресії особливої актуальності набуває завдання забезпечення екологічної безпеки місць, де відбувалися підриви боєприпасів та пов'язане з ними масштабне забруднення території нашої держави вибухо-небезпечними предметами. Подібні впливи на землі різного призначення виключають їх подальше використання без реалізації заходів з їх рекультивації, оскільки залишки вибухових речовин відносяться до найвищих класів небезпеки. Якщо створені відповідні умови, продукти деградації вибухових речовин можуть надалі проникати до підземних вод та забруднювати їх завдяки явищу міграції. Однак, найбільшого рівня негативний вплив наноситься ґрунтам. Вказаний вплив визначається чинниками вибуху. У ньому можна виділити наступні фізичні та хімічні компоненти [1-6]: 1) елементи боєприпасів, які утворюються під час вибухів та можуть розлітатися на достатньо велику відстань з подальшим заглибленням у ґрунт; 2) зміна рельєфу у місцях вибухів з утворенням кратерів або воронок; 3) компресійний вплив ударної вибухової хвилі, який призводить до зміни густини та структури ґрунту; 4) забруднення вибуховими речовинами або паливом – органічними речовинами; 5) забруднення важкими металами – компонентами боєприпасів; 6) забруднення хімічними речовинами, що є складовою частиною заряду боєприпасів. Можливим також за певних умов є й наявність радіаційного забруднення, втім, його поява може бути пов'язана лише з наявністю радіоактивних речовин у складі боєприпасів або у складі об'єкту, ураженого вибухом. Також наслідком вибуху є непрямий негативний вплив на довкілля внаслідок виникнення загоряння трав'яного покриву або дерев.

Важливим є той факт, що ефекти впливу вибухів на довкілля є пролонгованими та демонструють кумулятивний синергічний ефект. Зокрема, у попередніх дослідженнях інших науковців було встановлено факти суттєвого розповсюдження забруднювачів від місць безпосереднього їх впливу (локалізованих на поверхні) до глибоких рівнів ґрунту та ґрунтових вод [7-9]. Останнє має бути враховано при виборі технологій рекультивації земель у місцях, де відбуваються вибухи, зокрема, у місцях знешкодження та знищення боєприпасів.

Експериментування у місцях знешкодження та знищення боєприпасів з повторним відтворенням умов вибухів, що вже відбулися, є неприпустимим за вимогами безпеки. Тому для аналізу відповідних станів системи управління безпекою під час рекультивації земель вищевказаних об'єктів слід використовувати метод імітаційного моделювання. Це дозволяє не лише визначити можливі альтернативи роботи системи управління безпекою, а й спрогнозувати рівень безпеки об'єкту в цілому. В основу моделювання покладено підхід, викладений у роботі [10], який, втім, потребує суттєвого удосконалення з урахуванням підвищеного ризику вибуху у місці знешкодження та знищення боєприпасів.

Імітаційна модель системи управління безпекою рекультивації земель місця знешкодження та знищення боєприпасів складена за блочно-модульним принципом (рис. 1), що дозволяє вільно корегувати її структуру в залежності від наявних вихідних умов.



**Рисунок 1 – Структура імітаційної математичної моделі системи управління безпекою рекультивації земель місця знешкодження та знищення боєприпасів**

Функціонування системи управління безпекою рекультивації земель місця знешкодження та знищення боєприпасів розглядається на інтервалі часу  $(T_0, T_1)$  відновлення ґрунту, що характеризується дією комплексу чинників  $F_i(t) \in \Phi$ ,  $i = 1..n$ . До розгляду додаються параметри  $\varepsilon_m^B \in E^B$ ,  $m = 1..R$ , що визначають чинники ризику вибуху, а також показники якості довкілля  $\varepsilon_l^D \in E^D$ ,  $l = 1..P$ :

$$E = E^B \cup E^D. \quad (1)$$

Результатом моделювання є залежності від часу

$$W(t) = K(t), Y(t) \quad (2)$$

критеріїв оцінювання рівня безпеки  $K(t)$

$$K = K^B \cup K^D \quad (3)$$

та керуючого імпульсу  $Y(t)$  у вигляді комплексу впливів на кожен із чинників, що визначають рівень безпеки,

$$Y = \{Y_i\}; \quad (4)$$

$$Y_i = g_i(K), \quad i = 1..n, \quad (5)$$

Задача їх знаходження формалізується наступним чином

$$W(t) = M(A(t), B), \quad (6)$$

де  $A$  – сукупність вхідних параметрів системи у формі

$$A = \Phi \cup E, \quad (7)$$

$B$  – множина регламентуючих обмежень

$$B = \{[F]\}, \{[\varepsilon^B]\}, \{[\varepsilon^D]\}, \quad (8)$$

які визначають у кількісному вираженні граничні значення для кожного з використовуваних критеріїв оцінювання рівня безпеки.

Сформований набір критеріїв

$$K = K^B \cup K^D = \{K_m^B\} \cup \{K_l^D\} \quad (9)$$

має формалізувати вимоги нормативних документів, що регламентують умови експлуатації місць знешкодження та знищення боєприпасів, за припустимим рівнем ризику вибуху

$$K_m^B : \chi_m^B(\Phi, E^B), \quad m = 1..R, \quad (10)$$

та рівнем екологічної безпеки

$$K_l^D : \chi_l^D(\Phi, E^D), \quad l = 1..P, \quad (11)$$

де  $R$  та  $P$  – кількість критеріїв, що використовується для оцінювання рівня безпеки за кожним з цих напрямів.

Нарешті, процес функціонування системи управління безпекою рекультивациі земель місця знешкодження та знищення боєприпасів в загальному вигляді можна записати наступним чином:

$$\{A, B\} \rightarrow W : \{K \rightarrow Y\}. \quad (12)$$

В основу визначення критеріїв безпеки покладено нормативний підхід, який для критеріального параметра  $x$  можна визначити у формалізованому вигляді

$$\chi_x = \frac{x}{[x]} = \bar{x} \leq 1, \quad (13)$$

де  $[x]$  – граничне припустиме значення параметра  $x$ . Вказаний підхід дозволяє уніфікувати критеріальні параметри походження за трьома напрямками: 1) діючі чинники функціонування місця знешкодження та знищення боєприпасів; 2) показники ризик вибуху; 3) показники якості довкілля. Використання такого підходу дозволяє забезпечити гнучкість моделювання, оскільки дає можливість включити до розгляду будь-яку кількість критеріальних параметрів за всіма напрямками.

Оцінювання рівня безпеки території місця знешкодження та знищення боєприпасів при моделюванні має проводитися за наступним принципом [11]: порівняння повного набору можливих екологічних станів зі встановленими нормами з урахуванням потенціальних впливів чинників ризику небезпеки вибуху. При цьому важливим завданням є своєчасне й надійне виявлення екологічної небезпеки на основі реальних даних моніторингу [12]. У цьому контексті необхідно враховувати синергічний ефект від впливу різнопланових чинників на екологічний стан території.

В якості значущого показника пропонується використовувати показник рівня деградації, тобто відношення площі деградаційних процесів  $S_\partial$  до загальної площі території, що підлягає рекультивациі  $S$ , які можна із достатньою точністю розрахувати на основі аналізу матеріалів дистанційного зондування Землі, зокрема, з використанням безпілотних літальних апаратів [13]. Показник рівня деградації обчислюється за формулою

$$s_\partial = \frac{S_\partial}{S}. \quad (5)$$

Критерій оцінювання безпеки у цьому випадку має наступний формалізований вигляд

$$\chi_s = \frac{s_\partial}{[s_\partial]} = \bar{s}_\partial \leq 1, \quad (6)$$

де  $[s_\partial]$  – граничне припустиме значення розгляданого параметра  $s_\partial$ .

Таким чином, за результатами проведеного дослідження вперше створено імітаційну модель системи управління безпекою рекультивації земель місць знешкодження та знищення боєприпасів. Критерії безпеки запропоновано визначати з використанням нормативного підходу за трьома напрямками: діючі чинники, параметри ризику вибуху та показники якості довкілля. Запропоновано вдосконалений критерій оцінювання безпеки місця знешкодження та знищення боєприпасів за рівнем деградації земель.

### ЛІТЕРАТУРА

1. 2021 BATA Explosions – Equatorial Guinea. Multi-Cluster/Sector Initial Rapid Assessment (MIRA). OCHA, 2021. 14 p.
2. Broomandi P. et al Soil Contamination in Areas Impacted by Military Activities: A Critical Review /. *Sustainability*. Vol. 12, No. 9002.
3. Environmental Impact of Munition and Propellant Disposal. Final Report of Task Group AVT-115. Research and Technology Organisation / North Atlantic Treaty Organisation, 2010. 86 p.
4. Guilbaud M. The Environmental Impact of an Explosion. White Paper. *Geode*, 2020. 43 p.
5. Hathaway J. E. et al. Explosive particle soil surface dispersion model for detonated military munitions. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2015. Vol. 187, No. 415.
6. Zwijnenburg W., te Pas K. Amidst the debris... A desktop study on the environmental and public health impact of Syria's conflict. *Colophon*, 2015. 84 p.
7. Spain J. C. Biodegradation of nitroaromatic compounds. *Annual Review of Microbiology*. 1995. Vol. 49. Pp. 523-555.
8. Hawari J., Beaudet S., Halasz A., Thiboutot S., Ampleman G. Microbial degradation of explosives: biotransformation versus mineralization. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2000. Vol. 54, Issue 5. Pp. 605-618.
9. Rieger P., Knackmuss H.J. Basic Knowledge and Perspectives on Biodegradation of 2,4,6-Trinitrotoluene and Related Nitroaromatic Compounds in Contaminated Soil. in: *Biodegradation of nitroaromatic compounds*; Spain, J. C., Ed. New York: Plenum Publishing Co., 1995. Pp. 1-18.
10. Колосков В. Ю. Моделі та методи прогнозування рівня безпеки полігону зі зберігання твердих побутових відходів. *Вісник НТУ «ХПІ»*. Серія: *Механіко-технологічні системи та комплекси*. 2016. № 4(1176). С. 142–146.
11. Andronov V. Koloskov V. Factors of environmental condition of territories adjoined to municipal solid wastes landfills. *XVII Міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми екологічної безпеки»*. Матеріали конференції. Кременчук: КрНУ. 2019. С. 204-207.
12. Поспелов Б. Б. Андронов В. А. Модели качества обнаружения экологической опасности по реальным данным мониторинга. *Техногенно-екологічна безпека*. 2018. № 3 (1/2018). С. 3-7.
13. Пат. 149180 Україна, F42D 5/02 (2006.01), G01V 3/16 (2006.01), G01V 8/00. Спосіб виявлення осередків небезпеки під час рекультивації земель місця знешкодження та знищення боєприпасів / Дідовець Ю. Ю., Колосков В. Ю., Колоскова Г. М.; (Україна), заявник та патентовласник Національний університет цивільного захисту України. – № u202103377, заяв. 15.06.2021; опубл. 20.10.2021, бюл. № 42.

УДК 504.001.01

**АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЗАСТОСУВАННЯ РІЗНИХ ВИДІВ ЗБРОЇ  
НА РУЙНУВАННЯ ПОТЕНЦІЙНО-НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТІВ,  
СТАН НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА  
ТА ВЕДЕННЯ БОЙОВИХ ДІЙ**

Артем'єв С.Р.<sup>1</sup>, к.т.н., доц.; Страхов Н.Ф.<sup>1</sup>; Овчаренко В.В.<sup>1</sup>

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

Вступ. Відповідно до [1] метою зруйнування потенційно-небезпечних об'єктів (далі – ПНО) є формування (ініціювання) вторинних вражаючих факторів, де можливості зброї будуть визначатися уразливістю тих життєво важливих елементів, які безпосередньо визначають утворення цих факторів. У цьому розумінні енергетичні, промислові, транспортні та інші ПНО повинні розглядатися як цілі, для яких задано певний ступінь зруйнувань, що гарантує формування різних факторів ураження.

Постановка проблеми. Основними об'єктами з ядерними компонентами є АЕС різних типів. Встановлено [1] і це підтвердив досвід ліквідації наслідків аварії на Чорнобильській АЕС, що викид радіоактивних продуктів і формування вторинних факторів ураження відбувається за рахунок енерговиділення в активній зоні працюючого реактора за умов порушення тепловідводу від опроміненого ядерного палива і виходу з ладу одночасно двох і більше систем безпеки. Таким чином, головною причиною викиду радіоактивних речовин з реактору є ураження його життєво важливих систем теплопроводу, керування і захисту.

Саме тому АЕС доцільно розглядати як модельні під час оцінки можливостей системи зброї, обґрунтовано допускаючи, що всі інші типи станцій можуть бути зруйновані із заданим ступенем за умов меншого впливу. Для забезпечення викиду радіоактивних продуктів із реактора необхідно виконати одну з умов – послідовно вразити захисну оболонку (8 – 10 кг/см. кв.). І тоді фактори ураження будуть спрацьовувати вже по повній, як по навколишньому середовищу, так і по населенню уражених територій.

Огляд літературних джерел [1-5] показав, що за конструктивними особливостями реактори ділять на корпусні, які мають міцний циліндричний сталевий корпус із зовнішньою захисною оболонкою або без оболонки, і безкорпусні – типу РБМК. У світі більше 95 % АЕС обладнано корпусними реакторами, більшість з яких закриті зовнішніми захисними оболонками. На сучасних АЕС під такою оболонкою розташовані і основні життєво важливі елементи, окрім пульта керування і аварійних дизель-генераторів. За оцінкою експертів [3] – це найбільш захищений від зовнішніх впливів і відмов тип АЕС.

Залежно від числа енергоблоків типова АЕС займає територію площею від 30 до 600 га. Комплекс АЕС, як правило, розміщується відокремлено, на березі водоймища і володіє доброю радіолокаційною контрастністю, що забезпечує його виявлення на віддалі до 200 – 300 км.

Основні об'єкти з хімічно небезпечними компонентами – виробництва, заводи або інші об'єкти (сховища або транспортні ємності), які містять великі запаси ХНР або інших речовин, які є хімічними енергоносіями. За результатами наслідків багаточисельних аварій на подібних об'єктах встановлено [3], що викид токсичних продуктів і формування вторинних факторів ураження відбувається за

рахунок перерозподілу енергії між продуктом, який зберігається, і навколишнім природним середовищем, або, як наслідок, хімічних реакцій, у тому числі пожег, вибухів, які протікають з виділенням теплової енергії.

Для забезпечення формування хімічних вторинних вражаючих факторів шляхом викиду ХНР необхідно ударом далекобійних засобів або спеціальними діями диверсійно-розвідувальних груп зруйнувати на таких об'єктах один або більшість крупних ємнісних елементів.

Аналіз можливостей і розвитку перспективних систем зброї з зруйнування [4] базується на аналогії цільових завдань ураження військових об'єктів з вимогами щодо враження життєво важливих елементів потенційно небезпечних об'єктів і на порівнянні захищеності тих чи інших об'єктів.

Дослідження доводять [5], що використання бойових частин існуючих комплексів по АЕС неефективне, а ураження життєво важливих елементів хімічно небезпечних об'єктів досягається використанням 1–3 ракет на один елемент (групу резервуарів). Артилерійські системи можуть використовуватися, головним чином, для ураження хімічно небезпечних об'єктів. Особливо масштабні зруйнування в результаті артилерійського вогню, у тому числі і супутні, можливі під час ведення бойових дій у містах (потужних промислових центрах типу Харків).

Перспективні наземні і морські комплекси балістичних і крилатих ракет, кругове вірогідне відхилення яких може скласти менше 20 м, можуть використовуватися для ураження ПНО з метою ініціювання вторинних вражаючих факторів. При цьому для ураження АЕС та інших високоточних об'єктів їх головні частини повинні мати бетонобійну, проникаючу і потужну фугасну дію, а під час дій по сховищах ХНР та інших об'єктах, насичених хімічними енергоносіями, оснащуватися касетними бойовими частинами переважно з кумулятивними вражаючими елементами.

Так, зруйнування крупних резервуарів із ХНР може здійснюватися за рахунок ударної хвилі достатньо потужних фугасних боєприпасів (поодинокі боєприпаси потужністю менше ніж 500 кг не дають бажаного результату) або їх прямого контакту з рівномірно розподіленими по площі цілі вражаючими елементами. У цілому для ініціювання вторинних вражаючих факторів достатньо 1–2 влучань в об'єкт, насичений хімічними енергоносіями.

Найбільш перспективними засобами ураження ПНО є керовані авіаційні бомби (касети) і ракети, у тому числі боєприпаси об'ємного вибуху. Досвід використання таких боєприпасів навіть у війні з «орками» по потужних залізобетонних спорудах продемонстрував їх ефективність.

Оцінка можливостей систем зброї із зруйнування ПНО у цілому показала [5], що найбільш вразливими, з точки зору ініціювання вторинних вражаючих факторів, є хімічні виробництва. На другому місці знаходяться АЕС без зовнішніх захисних оболонок, з реакторами типу РБМК із захистом до 0,4 кг/см<sup>2</sup>. Промислові АЕС із зовнішніми захисними оболонками (потужність в середньому 8 – 10 кг/см. кв.) і гідротехнічні споруди за своїми геометричними і витривалими характеристиками є найбільш важко вразливими об'єктами.

Із розглянутих систем зброї найбільш ефективно в масованих ударах можуть діяти літаки з керованими авіаційними бомбами і ракетами «повітря – земля», а також крилаті ракети всіх варіантів базування. Суттєву загрозу можуть складати задіяні для таких цілей сили спеціального призначення.

Неминучими супутниками бойових дій нині стали навмисні попутні зруйнування ПНО у результаті широкого використання артилерії, ракетних систем і

авіації, можливості яких найбільш високі відносно об'єктів з хімічними компонентами.

У цілому наслідки аварій ПНО носять комплексний характер і включають в себе [5]:

- виробничі втрати електроенергії, промислової та сільськогосподарської продукції;
- незворотні екологічні навантаження на навколишнє середовище;
- зміни у демографічній структурі населення регіону, збиток його здоров'ю, порушення мобілізаційних планів;
- використання матеріальних ресурсів, відволікання військ і сил для ліквідації наслідків аварії, а також збитки здоров'ю задіяному особовому складу;
- прямий вплив радіаційної обстановки на функціонування об'єктів військ, який не пов'язаний із ліквідацією наслідків аварії в зоні зараження;
- прийняття заходів з вдосконалення програм безпеки аналогічних об'єктів;
- організаційні заходи відомчого характеру і різні компенсації.

Величина кожного виду наслідків аварії залежить від показників об'єктів, що підлягають впливу, зокрема, від щільності населення, інфраструктури району, його економіки і кількості військ, які опинилися в зоні зараження. Оперативно-тактична оцінка можливих наслідків масових зруйнувань базується на обґрунтованому допущенні факту їх реалізації під час ведення бойових дій на максимальних параметрах вторинних вражаючих факторів, що не протирічать фізичному смислу.

Для обґрунтування можливих наслідків і територіально-часових границь дії вторинних вражаючих факторів можна прийняти такі реальні події і теоретичні передумови:

– для об'єктів з ядерними компонентами – аварія на Чорнобильській АЕС, інші аварії з пошкодженням активної зони (оболонки твелів) і викидом радіоактивних речовин, а також результати математичного моделювання енерговиділення із опроміненого ядерного палива, величин виходу радіоактивності із реактора і процесів радіоактивного зараження навколишнього середовища;

– для об'єктів з хімічними компонентами – аварія в м. Бхопал та інші аварії з надходженням у навколишнє природне середовище високотоксичних продуктів і утворення зон пожегів, задимлених і ударних навантажень; досвід використання хімічної зброї в першій світовій війні, в якій як бойові компоненти широко використані різні ХНР; результати математичного моделювання процесів згорання, вибухів, виділення ХНР із пошкоджених сховищ і їх поширення в атмосфері з можливим переходом в інші складові частини навколишнього середовища.

Слід припустити, що нині вже недоцільно здійснювати масові зруйнування економічних об'єктів, в тому числі АЕС, ГЕС, хімічних виробництв та інших, особливо тих, які призводять до довгочасного впливу вторинних вражаючих факторів на території, яка підлягає захвату і використанню у своїх цілях.

Під час ведення бойових дій за появи ознак несприятливого розвитку наступальної операції противник, напевно, не допустить ударів по АЕС, усвідомлюючи, що можливі наслідки можуть прискорити ядерну ескалацію або вивести її з-під контролю. Разом з тим, намагаючись примусити наші війська знизити активність бойових дій, здійснити політичний вплив демонстрацією готовності до використання ядерної зброї, командування противника може перейти до вибіркового умисного зруйнування ПНО і, в першу чергу, з хімічно небезпечними компонентами або об'єкти критичної інфраструктури.



Найбільш суттєві зміни властивостей місцевості виникнуть в результаті руйнувань гідротехнічних споруд в зонах дії хвилі і затоплень, де можуть бути зруйновані переправи, мости, військові об'єкти на берегах та ін. Крім того, при цьому можуть бути зруйновані хімічні виробництва, які знаходяться в зоні дії хвиль прориву, що призведе до забруднення води, пригальмує її використання навіть для технічних потреб і робіт, пов'язаних з інженерними заходами.

Характерною особливістю обстановки в районах масових зруйнувань стануть пожежі, вибухи обладнання, які супроводжуються потужним задимленням повітряного простору. Все це у поєднанні з зараженням і затопленням може суттєво ускладнити обстановку в смузі дій військ.

Тому і оцінка їх можливого впливу на ведення бойових дій повинна проводитись стосовно конкретних угруповань військ і їх завдань. Причому загальна оцінка за цим показником повинна здійснюватися з урахуванням насиченості театру військових дій і операційних напрямків ПНО.

Висновки. Вищевказані наслідки, навіть без урахування зруйнувань гідроспоруд, можуть бути виражені у таких узагальнених показниках:

1. Довготривале радіоактивне забруднення під час зруйнування більшості АЕС певного регіону (країни) може охопити площу, на якій проживає більш декількох мільйонів чоловік. Неприйняття відповідних заходів може призвести до того, що вже протягом першого місяця ці люди отримають дозу опромінення більше 30 бер. Проживання на такій території стане неможливим через загрозу віддалених, у тому числі генетичних наслідків.

2. Хімічне зараження під час зруйнування біля 100 промислових комплексів, в яких зосереджено до 2000 потенційних джерел ХНР, характеризується дією вражаючих концентрацій на площі більше 55000 км<sup>2</sup>. У цих зонах можливі втрати особового складу і населення, які приймуть масовий характер вже протягом перших 10 діб після початку дії ХНР. Перевищення допустимих концентрацій буде мати місце на площі до 100000 км<sup>2</sup>, де виникнуть складні для дії військ і несприятливі для життя населення умови.

3. Складна територіальна структура ПНО показує, що у більш ніж 40 – 50 % випадків зони радіоактивного і хімічного зараження поєднуються. Велика кількість річок та інших джерел води буде практично повсюдно забруднюватися, як радіоактивними, так і хімічними речовинами.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Артем'єв С.Р., Блекот О.М., Гаврилко Є.В., Джежулей О.В. Забезпечення екологічної безпеки військ (сил) у повсякденній діяльності: навч. посіб. Київ: НУОУ, 2009. 160 с.
2. Артем'єв С.Р., Блекот О.М., Марущенко В.В., Чумаченко С.М. Основи екологічної безпеки військ: навч. посіб. Харків: Технологічний центр, 2010. 320 с.
3. Артем'єв С.Р., Андронов В.А., Андронов А.І., Бригада О.В. Екологія надзвичайних ситуацій. Курс лекцій. Частина 1. Харків: НУЦЗУ, ТОВ «В СПРАВИ», 2021. 148 с.
4. Блекот О.М., Джежулей О.В., Нікітін А.А., Артем'єв С.Р. Війська РХБ захисту ЗСУ (скорочений нарис). Київ: НУОУ ім. І. Черняхівського, 2018. 240 с.
5. Сарапіна М.В., Андронов В.А., Артем'єв С.Р., Бригада О.В., Рибалова О.В. Забезпечення екологічної безпеки: підручник. Х: НУЦЗУ, 2019. 246 с.

УДК 14.841.12:539.377

## ОЦІНКА ЙМОВІРНОСТІ ІНДИВІДУАЛЬНОГО РИЗИКУ ПРИ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ У РЕЗЕРВУАРНИХ ПАРКАХ

Говаленков С.В.<sup>1</sup>, к.т.н., доц.; Карпенко В.С.<sup>1</sup>

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

Запобігання виникненню надзвичайних ситуацій – комплекс правових, соціально-економічних, політичних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та інших заходів, спрямованих на регулювання техногенної та природної безпеки, проведення оцінки рівнів ризику, завчасне реагування на загрозу виникнення надзвичайної ситуації на основі даних моніторингу, експертизи, досліджень та прогнозів щодо можливого перебігу подій з метою недопущення їх переростання у надзвичайну ситуацію або пом'якшення її можливих наслідків [1].

Запобігання виникненню надзвичайних ситуацій (НС) у всіх країнах світу, в тому числі й Україні, проводяться інтенсивні дослідження по розробці та здійсненню широкого комплексу мір з метою попередження НС у резервуарних парках (РП) [2].

У світі накопичено досвід проектування і будівництва резервуарів з подвійною стінкою з урахуванням забезпечення пожежної безпеки за рахунок спорудження покрівель резервуарів у вибухобезпечному виконанні [3]. При цьому покрівля не приварюється до каркасу і, у випадку аварійного перевищення тиску всередині резервуара, відбувається її відрив по швах приєднання до стінки, а не відрив стінки від днища з розтіканням продукту, що зберігається [4]. Для запобігання вибухам ємностей в США було розроблено спеціальну сітку зі сплаву магнію і алюмінію [5], яка робить неможливим вибух. Виконуючи роль аноду, сітка запобігає виникненню іржі, а також статичної електрики, і може бути улаштована в ємності будь-якого типу, розміру і форми. Але ця новітня технологія потребує значних витрат на її впровадження і тому поки що не застосовується в Україні.

Метою даної роботи є оцінка можливості виникнення НС у РП шляхом розрахунку ймовірності її виникнення для забезпечення безпеки особового складу та захисту довкілля.

Однією з найбільш важливих задач в області прогнозування НС є оцінка ймовірності того або іншого сценарію його розвитку [6-7].

Для того, щоб усередині резервуара утворилася вибухонебезпечна концентрація газу, необхідно, щоб усередину резервуару потрапила деяка кількість повітря, у результаті чого концентрація газу буде належати інтервалові між нижнім і верхнім концентраційними межами поширення полум'я для даної речовини.

Розглянемо випадок аварійної розгерметизації ємності. Нехай у результаті відмов устаткування можливо  $N$  випадків аварійної розгерметизації ємності протягом періоду  $t$ . У результаті розгерметизації можливі:

- а). утворення вибухонебезпечної пароповітряної суміші усередині ємності;
- б). утворення хмари вибухонебезпечної пароповітряної суміші безпосередньо біля ємності (у даному випадку варто враховувати, що утворення хмари можливо тільки у випадку штілью, надалі будемо використовувати поняття середнього значення часу штілью, віднесеного до періоду  $t$ );
- в). розлив рідини;
- г). як результат розгерметизації – можливість горіння рідини усередині ємності.

В усіх випадках а) ÷ г) потрапляння джерела запалювання навіть невеликої інтенсивності усередину ємності (ситуації а, г) або в зону, безпосередньо до неї що прилягає, (ситуації б, в) може спричинити пожежу або вибух. Відзначимо, що відмова різних конструктивних елементів можуть привести до тих або інших надзвичайних ситуацій.

Звідси оцінка для ймовірності виникнення НС (пожежі або вибуху) протягом часу  $t$  може бути визначена виразом (1):

$$P \cong \left\{ 1 - \exp(-nt^*) \right\} \cdot \left\{ \lambda_1 + \lambda_2 \right\} \frac{t^*}{t} + N_M P_{\text{відм.}} \frac{t^*}{t}, \quad (1)$$

де  $n$  – середня кількість джерел, що з'являються в зоні ємності, запалювання (фрикційних іскор, паління, багатъ тощо);  $N_M$  – середня кількість ударів блискавок у поверхню землі за період  $t$  за даними метеорологічних спостережень;  $P_{\text{відм.}}$  – імовірність відмови захисту від електричних розрядів (блискавок),  $\lambda_1$  – частка часу, протягом якого можливе утворення усередині ємності пожежо- або вибухонебезпечного середовища;  $\lambda_2$  – частка часу, протягом якого можливе загоряння.

Нехай задано функції  $T(x,y)$ ,  $q(x,y)$ , що задають значення температури і щільності потоку енергії випромінювання в залежності від напрямку вітру (обумовленого кутом  $\varphi$ ), і координат на площині  $(X,Y)$ . Відзначимо, що щільність потоку енергії випромінювання мало залежить від напрямку і сили вітру.

Розу вітрів задамо у виді щільності ймовірності того, що напрямок вітру знаходиться в інтервалі  $(\varphi, \varphi+d\varphi)$ :

$$dP_W = f(\varphi)d\varphi. \quad (2)$$

Будемо вважати, що точка  $(X,Y)$  знаходиться досить далеко від джерела випромінювання. Таке твердження справедливе, якщо:

$$\sqrt{X^2 + Y^2} \gg D, \quad (3)$$

де  $D$  – характерний поперечний розмір області підвищеної температури.

Тоді ймовірність того, що в точці  $(X,Y)$ , що належить куту  $(\varphi; \varphi+\Delta\varphi)$  протягом часу  $t$  будуть мати місце надкритичні значення небезпечних факторів апроксимується формулою:

$$P_0 = \left[ \left\{ 1 - \exp(-nt^*) \right\} \left\{ \lambda_1 + \lambda_2 \right\} \frac{t^*}{t} + N_M P_{\text{відм.}} \frac{t^*}{t} \right] f(\varphi)\Delta\varphi, \quad (4)$$

якщо

$$T(\varphi,x,y) > T_{\text{кр}} \quad \text{або} \quad q(\varphi,x,y) > q_{\text{кр}}. \quad (5)$$

Індексом "кр" позначені критичні значення НФП, тобто мінімальні значення, що можуть бути небезпечними для здоров'я людей. Очевидно, якщо співвідношення (3) не виконується, то  $P_0 = 0$ .

Однак формули (3)÷(5) не можна безпосередньо використовувати для визначення індивідуального ризику в точці (X,Y), тому необхідно ввести додаткові припущення про особливості розвитку НС. Це дозволить визначити значення індивідуального ризику осіб, що приймають участь у ліквідації НС.

Будемо вважати, що область підвищеної температури розташовується симетрично щодо вертикальної площини, який належить пряма, що проходить через центр джерела НС і рівнобіжна напрямкові вітру; також задана ширина області підвищеної температури, як функція відстані від джерела НС  $r$ :

$$\Delta = \Delta(r). \quad (6)$$

$$\text{де } r = \sqrt{X^2 + Y^2}$$

Інтервал кутів, при яких людина, що знаходиться в точці (X,Y), підпадає під вплив підвищеної температури, складає:

$$\Delta\varphi = \frac{2\Delta(r)}{r}. \quad (7)$$

Звідси значення індивідуального ризику  $R_i$  визначається формулою:

$$R_i = \frac{2\Delta r}{r} \left[ \left\{ 1 - \exp(-nt') \right\} \{ \lambda_1 + \lambda_2 \} \frac{t'}{t} + N_M P_{\text{відм.}} \frac{t'}{t} \right] f(\varphi), \quad (8)$$

якщо  $T(\varphi, X, Y) > T_{\text{кр}}$ ; 0 – у протилежному випадку.

Щільність потоку енергії випромінювання мало залежить від напрямку і сили вітру і визначається, в основному, випромінюванням, що виходить безпосередньо з області джерела НС. Тому значення індивідуального ризику обчислюється за формулою:

$$R_i = \left[ \left\{ 1 - \exp(-nt') \right\} \{ \lambda_1 + \lambda_2 \} \frac{t'}{t} + N_M P_{\text{відм.}} \frac{t'}{t} \right], \quad (9)$$

якщо  $q(\varphi, X, Y) > q_{\text{кр}}$ ; 0 – у протилежному випадку.

Формули (8–9) дозволяють зробити оцінку індивідуального ризику для двох НФП – підвищеної температури і випромінювання. Застосовуючи формулу (9), в роботі обчислено величину ризику при різних НС для оцінки найхарактерніших параметрів запропонованої моделі. Рівень ризику розглядається таким, що не перевищує 0,5%, і визначені значення параметрів, які є сприятливішими, тобто такими, що мають найменший вплив на величину ризику  $R_i$  (це відповідає оптимістичному сценарію розвитку ситуації), а також значення параметрів, які мають найбільший вплив на величину  $R_i$  (це відповідає песимістичному сценарію розвитку ситуації).

З отриманих результатів впливає наступне. Оптимістичному сценарію розвитку ситуації відповідають такі значення параметрів моделі:  $n \leq 0,01$  (середня

кількість джерел запалювання, що можуть з'явитися в зоні резервуара),  $t = 240$  годин (інтервал часу, протягом якого розглядається можливість виникнення НС),  $\lambda_1 + \lambda_2 \leq 0,1$  (частка часу, протягом якого можливе утворення пожежовибухонебезпечного середовища усередині резервуара і можливе загоряння або вибух). Песимістичному сценарію відповідають наступні параметри:  $n \geq 0,1$ ,  $t \leq 60$  годин,  $\lambda_1 + \lambda_2 \geq 0,8$ .

Отже, при  $n \geq 0,1$  вплив інших параметрів на величину ризику є незначним, значення  $R_i = 0,1\%$  досягається при  $t' = 7$  годин, а значення  $R_i = 0,5\%$  – при  $t' = 33$  години. При  $n \leq 0,05$  збільшення величини  $\lambda_1 + \lambda_2$  збільшує величину ризику при будь яких значеннях  $t$ , а збільшення  $t$  зменшує значення  $R_i$  при будь яких значеннях  $\lambda_1 + \lambda_2$ .

Таким чином, дістаємо фізично й інтуїтивно зрозумілий висновок: зменшення кількості джерел запалювання  $n$  і частки часу  $\lambda_1 + \lambda_2$ , а також величини  $N_m$  при даному  $P_{відм}$  зменшує величину індивідуального ризику  $R_i$ , а формула (9) дозволяє мати числові значення величини індивідуального ризику  $R_i$ .

### ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України. Київ: 2012, № 5403-VI.
2. Чернецький В.В. Вплив теплових факторів пожежі на цілісність вертикальних сталевих резервуарів з нафтопродуктами. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. Львівський державний університет безпеки життєдіяльності. 2015. 121 с.
3. Горбенко М.О., Говаленков С.В., Басманов О.С. Влияние случайных факторов на воспламенение соседних резервуаров при пожаре в резервуарном парке. *Проблемы пожарной безопасности Сб. научн. тр. X.*: Фолио, 2004. Вып.15.С. 59-62.
4. ВБН В.2.2-58.2-94 Резервуари вертикальні сталеві для зберігання нафти і нафтопродуктів з тиском насичених парів не вище 93,3 кПа.
5. Barrett J. Tank farm blast was biggest single incident for Anstralian brigade. *Fire*, 1993. V. 86, № 1062. P. 18-24.
6. Говаленков С. В., Семків О. М., Карпець К. М., Безугла Ю. С. Ідентифікація параметрів моделі ізолюючої поверхні полум'я при горінні нафтопродуктів в резервуарі. *Проблеми надзвичайних ситуацій. Сб. наук. пр. X.* 2019. Вип 30. С. 27-41.
7. Бабенко Ю.В., Дудченко В.Г., Басаєв А.М., Савельєв І.В., Деревинський Д.М., Боровиков В.О., Антонов А.В. Протипожежний захист складів нафти і нафтопродуктів. Оглядова інформація. К.: УкрНДПБ, 2002.142 с.

УДК 614.8; 667.6

## ОДНОШАРОВЕ ЛЮМІНЕСЦЕНТНЕ ПОКРИТТЯ І СПОСІБ ЙОГО НАНЕСЕННЯ ДЛЯ ЗАХИСТУ ЗОВНІШНЬОЇ ПОВЕРХНІ ПОЖЕЖНИХ НАПІРНИХ РУКАВІВ

Кудін О.М.<sup>1</sup>, д.т.н., с.н.с.; Борисенко В.Г.<sup>1</sup>, к.ф.-м.н., доц.;  
Андрющенко Л.А.<sup>1</sup>, к.т.н., с.н.с.; Горонескуль М.М.<sup>1</sup>; Тімаков Е.В.<sup>1</sup>

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

**Вступ.** Люмінесцентні покриття широко використовуються в різних галузях техніки, зокрема для створення евакуаційних знакових систем або сигнальних елементів екіпірування рятувальників, у тому числі їх обладнання – пожежних напірних рукавів. Фосфоресцентна або флуоресцентна плівка на тканинній підкладці, крім сигнальної функції, покликана виконувати додаткові призначення, такі як: захист від негативного впливу УФ світла та атмосферного кисню (озону), функція термо- та вогнезахисту, ізоляції від атмосферної вологи, декоративного шару, тощо). Багатофункціональність покриття зазвичай досягається за рахунок збільшення кількості його шарів. Забезпечення термічної та вогнестійкості знакових систем у жорстких умовах експлуатації є актуальною проблемою сучасного матеріалознавства. Зрозуміло, що вогнестійкість захисного покриття повинна бути не меншою за стійкість полімерної підкладки, бажано без збільшення товщини і маси покриття. Реалізація такого завдання передбачає використання наповнювачів, здатних виконувати кілька функцій [1].

**Мета роботи** полягала у розробці люмінесцентної композиції для нанесення тонкого покриття на зовнішню поверхню пожежного рукава, яке спроможне виконувати ще декілька додаткових функціональних призначень, таких як функція захисту, декору, гідрофобного шару, тощо.

**Аналіз можливості зменшення товщини** покриття. Типова структура покриття згідно [2] схематично представлена на рис.1. Зазвичай покриття має багатошарову структуру і кількість шарів може досягати п'яти і більш [3]. Передбачається, що кожен шар виконує своє функціональне призначення.

Розглянемо докладно фізичний сенс кожного шару з урахуванням його функціонального призначення, а також для обґрунтування можливості зменшення його товщини і ваги за рахунок скорочення числа шарів.

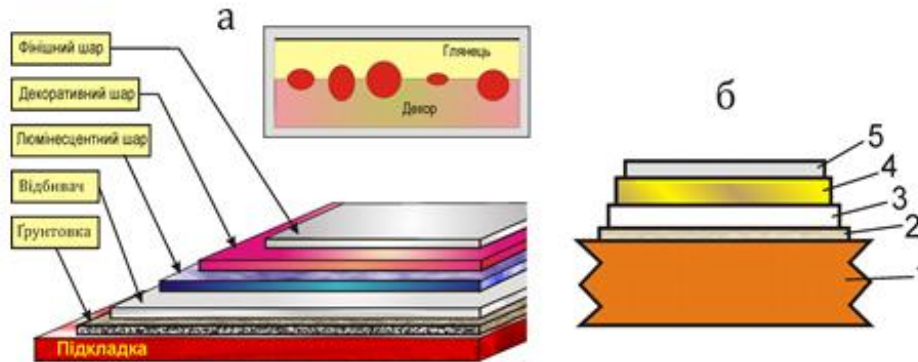
– Перший шар являє собою ґрунтовку, його наявність або відсутність визначається адгезією полімерної основи покриття до матеріалу підкладки. Нанесення першого шару особливо актуально в разі використання металевих або пластмасових підкладок. Якщо адгезія полімерної основи до тканинного каркасу досить велика, немає необхідності у використанні ґрунтовки.

– Другий шар призначений для посилення яскравості люмінесценції і містить білий наповнювач з великим коефіцієнтом відбиття в області, де знаходиться максимум спектра свічення і максимум спектра збудження.

– Люмінесцентний шар є головним елементом даної структури, він містить молекули або частинки люмінофора. Саме тут енергія збудження перетворюється в видиме світло.

– Декоративний шар інколи використовується для надання покриттю естетичних особливостей, наприклад, необхідного забарвлення. Це особливо актуально в будівництві, промисловому і художньому дизайні, рекламі.

– Верхній лаковий шар призначений для вирівнювання шорсткості поверхні і надання їй блиску, його часто називають «глянцем». Для ілюстрації ефекту глянцю на вкладці рис. 1 показана межа з частинками наповнювачу між декоративним та фінішним шарами. Фінішний шар використовують також для надання покриттю гідрофобних або зносостійких властивостей



**Рисунок 1 – Структура (а) багат шарового покриття [2]. Окремо показана межа між декоративним та фінішним шарами. Люмінесцентне 4-х шарове (б) покриття [3], що складається з підкладки (1), грунту (2), відбиваючого (3) та люмінесцентного (4) шарів, і глянцю (5)**

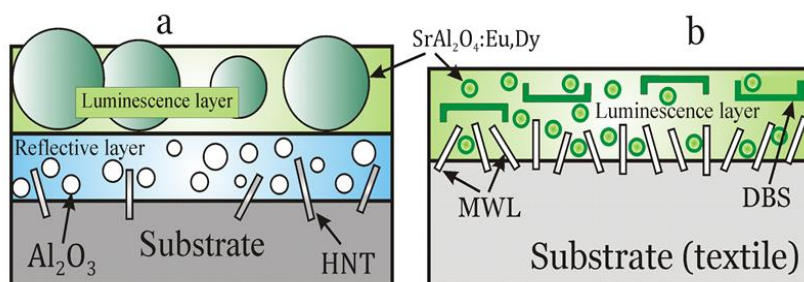
З аналізу даних рис.1 видно, що зменшення кількості шарів можливе за рахунок суміщення кількох функцій одним шаром. Так, раніше було запропоновано двошарове люмінесцентне покриття для знакових евакуаційних систем [2]. В цьому технічному рішенні верхній фосфоресцентний шар виконував також захисну і водовідштовхувальну функцію, а нижній шар суміщав призначення відбивача та грунту за рахунок введення в його склад оксиду алюмінію та галуазиту. Останній мінерал слугував в якості промоутера адгезії. Галуазит (HNT) має хімічну формулу  $Al_2Si_2O_5(OH)_4$  – це природний наноматеріал, аббревіатура (HNT – halloysite nanotube) спеціально підкреслює незвичайну форму частинок наповнювача. HNT витримує вельми високі температури, опромінення, колосальний тиск. Він володіє дуже великою механічною міцністю, йому притаманні армуючі властивості [4], завдяки чому він використовується у різноманітних наукових і промислових застосуваннях. Схематично сенс цього рішення (двошарового покриття) зображений на рис.2,а.

Що стосується пожежних рукавів, то сучасні моделі зазвичай мають білий колір. В цьому разі необхідність застосовувати відбиваючий шар зникає, а підсилувач адгезії можна вводити безпосередньо у люмінесцентний шар. Введення HNT також стає недоречним з огляду на його колір (зазвичай сірий), а також доступність, відомо, що галуазит у формі HNT є досить коштовним матеріалом. Тому ми пропонуємо замість HNT використовувати мікроволластонит (MWL).

**Волластонитом** називається природний мінерал – силікат кальцію з хімічною формулою  $CaSiO_3$ . MWL має голчасту структуру, при розколюванні мікро кристалів утворюються зерна голчастої форми. Він не розчиняється у воді та органічних розчинниках, але взаємодіє з соляною кислотою. Голчаста форма зерна MWL визначає основний напрямок його використання як армуючого наповнювача. Але в деяких галузях промисловості має значення і хімічний склад волластониту. Відомо, що у виробництві лакофарбових матеріалів цей наповнювач сприяє

збільшенню зносо- та атмосферо- стійкості покриттів, має виражену структуруючу дію на розподіл інгредієнтів в композиції. Важливо також відзначити, що мікроволластоніт суттєво збільшує адгезію покриття до підкладки, надає покриттю підвищену яскравість за рахунок високого коефіцієнта білизни.

**Рецептура композиції** для люмінесцентного покриття. На основі розглянутих міркувань запропоновано склад композиції для покриття на зовнішню поверхню пожежних рукавів. Полімерною основою композиції за результатами попередніх досліджень [2, 5] обрано силіконовий еластомер Sylgard-184, а люмінесцентною добавкою – люмінофор  $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu},\text{Dy}$ . Зазвичай цей люмінофор з порошинками розміром приблизно 40-60 мкм використовують для створення фосфоресцентних покриттів, див. рис.2а. Але в роботі [6] нанопорошок  $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu},\text{Dy}$  застосовано для розробки флуоресцентного покриття зі свіченням у зеленій області спектру. Відомо, що при зменшенні розміру частинок люмінофор втрачає тривале післясвічення, але володіє флуоресценцією при оптичному збудженні центрів  $\text{Eu}^{2+}$ . Справа у тому, що для фотолюмінесценції достатньо центрів  $\text{Eu}^{2+}$ , а для післясвічення потрібна наявність ще пасток, природа яких пов'язана з  $\text{Dy}^{3+}$ . Відстань між пастками і центрами свічення може бути порівняною з розміром наночастинок.



**Рисунок 2 – Структура двошарового [2] фосфоресцентного (а) і одношарового флуоресцентного покриття (б). Наповнювачі: оксид алюмінію  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; алюмінат стронцію  $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu},\text{Dy}$ ; галуазит (HNT – halloysite nanotubes); мікроволластоніт (MWL – microwollastonite); біокремнезем (DBS – diatomaceous biosilica)**

В якості термостабілізатору композиція вміщує біокремнезем (DBS – bio-silica diatomaceous). DBS має біологічне походження, це скелети водоростей, що були культивовані у лабораторних умовах. Панцир очищених водоростей схожий на чашку Петрі діаметром  $\sim 4$  мкм. DBS має високу прозорість у видимій області спектру і показник заломлення близький до полімеру, тому він не поглинає і майже не розсіює світло. Наповнювач має малу щільність і не збільшує питому вагу покриття. Окрім того наповнювачеві притаманна інтенсивна зелена флуоресценція з максимумом емісії  $\lambda_{em} = 530$  нм при збудженні фотонами з  $\lambda_{ex} = 260$  нм.

В якості підсилювача адгезії композиція вміщує мікроволластоніт голчатої форми, властивості якого розглянуто вище. Схематично структура одношарового покриття зображена на рис.2б.

**Спосіб нанесення люмінесцентного покриття.** Композицію для люмінесцентного шару готують наступним чином. У скляний стакан зважують 100,0 г полімерної основи Sylgard-184 (компонент А), додають 15 г нанопорошку  $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu},\text{Dy}$  і перемішують склад на магнітній мішалці протягом 5 хвилин. Додають 3,0 г DBS і перемішують суміш ще 10 хв на магнітній мішалці та 40 хв за допомогою ультразвуку. Додають 10,0 г MWL і далі перемішують склад протягом ще 40 хвилин. В отриману суміш додають 10,0 г компонента В еластомеру Sylgard-184. Після ретельного перемішування складу протягом 5 хвилин отриму-



ють композицію з життєздатністю 2,2 години. Люмінесцентний шар наносять на тканий каркас пензликом і вирівнюють шпателем. Отвердження шару проводять за температури 120°C протягом 20 хв.

**Характеристики покриття.** Запропоноване покриття має інтенсивну фотолюмінесценцію  $\lambda_{em} = 520$  нм при збудженні в УФ або на краю видимої області. Покриття є тонким, завдяки введенню наночастинок люмінофору товщина захисної плівки складає  $\sim 130$  г/м<sup>2</sup>. Проведені кліматичні випробування показали, що покриття надійно захищає тканий каркас від негативного впливу атмосферних чинників, аналогічно результатам [4]. Завдяки введенню DBS підвищується вогнестійкість тканини, так при іспитах на прогорання, зразок арамідної тканини зберігає суцільність і еластичність під дією відкритого полум'я протягом 360 с. Ми припускаємо, що завдяки MWL покриття підвищує зносостійкість виробів.

**Висновки.** Проаналізовано можливість зменшення товщини і ваги захисного покриття, запропоновано склад люмінесцентного покриття, показано, що:

1. за певних умов число шарів захисного покриття можна скоротити до одного за рахунок суміщення декількох функцій;
2. ефективною флуоресцентною добавкою зеленого кольору для еластомеру Sylgard-184 є наночастинок люмінофору  $SrAl_2O_4:Eu,Dy$ ;
3. введення MWL голчатої форми до складу люмінесцентного шару істотно збільшує його адгезію і запобігає відшаруванню покриття від підкладки;
4. введення DBS пластинчастої форми підвищує термо- та вогнестійкість покриття;
5. захисні властивості полімерної основи Sylgard-184 дозволяють підвищити стійкість тканинної підкладки до негативного впливу атмосферної вологи, кисню та УФ-світла, тим самим покриття запобігає деградацію характеристик тканого каркасу в процесі експлуатації;
6. запропонований спосіб нанесення люмінесцентного покриття в один прийом є більш простим у порівнянні з аналогами, його товщина завдяки введенню наночастинок люмінофору помітно менша, тому покриття зберігає еластичність.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Khalid, Askar; Kenan, Song. Epoxy-Based Multifunctional Nanocomposites. *Polymer Based Multifunctional Nanocomposites*, Elsevier, 2019. P. 111-135.
2. Андрющенко Л.А., Борисенко В.Г., Горонескуль М.М., Кудін О.М. Евакуаційні знаки з люмінесцентними покриттями на основі еластомеру Sylgard-184. *Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація*. 2021. т. 5, № 2. С. 5-18.
3. Patent EP 0 489 561 A1, Articles exhibiting durable fluorescence / Lee, A.; Pavelka, D.R.; Burns, R.P.; Johnston, E.S. Priority date 06.12.1990; Publ. date 06.03.1996.
4. Lvov, Yu., Wang, W., Zhang, L. Halloysite Clay Nanotubes for Loading and Sustained Release of Functional Compound. *Advanced Materials*, 2016. Vol. 28. P. 1227-1250.
5. Kudin, A.M., Andryushchenko, L.A., Gres', V.Yu., Didenko, A.V., Charkina, T.A. How the surface-processing conditions affect the intrinsic luminescence of crystal. *J. Opt. Technology*. 2010. Vol. 77(5). P. 300-302. doi:10.1364/JOT.77.000300.
6. Salhah D. Al-Qahtani, Kholood Alkhamis, Alia Abdulaziz Alfi, Mona Alhasani, Mohamed H.E. El-Morsy, Anas Abdulhamid Sedayo, Nashwa M. El-Metwaly. Simple Preparation of Multifunctional Luminescent Textile for Smart Packaging. *ACS Omega*. 2022. 7 (23). P. 19454-19464.

УДК (504.05+351.861):543.31

## ПРИСКОРЕНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ, ЯК СКЛАДОВА ПОПЕРЕДЖЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Лобойченко В.М.<sup>1</sup>, д.т.н., проф.; Бондаренко А.Ю.<sup>1</sup>

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

**Вступ.** В процесі антропогенної діяльності стан навколишнього середовища змінюється значим чином: в природні екосистеми привносяться інвазійні види, змінюється їх структура та вид, погіршується біорізноманіття та ставиться під загрозу саме існування певних екосистем. Складовим елементом цих зрушень виступає забруднення довкілля, яке може мати фізичне, хімічне чи біологічне походження. Сільськогосподарська діяльність, промисловість, житлово-комунальний сектор, автотранспорт виступають тими чинниками, що десятиріччями спричиняли потрапляння забруднюючих речовин в навколишнє середовище. Нові загрози, що виникають останнім часом, також підвищують рівень забруднення довкілля. Зокрема, пандемія COVID-19 збільшила небезпеки, пов'язані із потраплянням забруднюючих речовин у водні об'єкти [1], як у частині механічного забруднення пластиком [2], так і у частині їх хімічного забруднення [3].

**Постановка проблеми.** Водні ресурси як один з необхідних елементів життєдіяльності живих істот підлягають особливій увазі. Зростання кількості населення планети і погіршення якості вод роблять це питання ще актуальнішим.

Серед додаткових чинників, що, порушують стан довкілля, можна віднести надзвичайні ситуації різного характеру [4], в тому числі, пов'язані з забрудненням вод [5]. Так, в Україні до техногенних чинників, що спричиняють надзвичайні ситуації із забрудненням вод, можна віднести зношеність обладнання, перевищення термінів його експлуатації, технічну та моральну застарілість. Останнім часом в Україні гостро стоїть питання впливу на довкілля надзвичайних ситуацій воєнного походження, зокрема, бойових дій та їх наслідків, які спричиняють потрапляння різноманітних забруднюючих речовин в навколишнє середовище [6, 7] та подальший каскадний розвиток різнопланових надзвичайних ситуацій більшого масштабу [8].

Враховуючи вищезазначене, важливим питанням на сьогодні є своєчасне виявлення та ідентифікація забруднюючих речовин в об'єктах довкілля, зокрема, поверхневих водах, з подальшим попередженням розвитку надзвичайної ситуації.

**Огляд літературних джерел.** Визначення забруднюючих речовин та їх вмісту у водних об'єктах є важливим елементом як забезпечення техногенно-екологічної безпеки регіонів, так і необхідною складовою попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних із забрудненням вод. Для цього використовуються різні підходи, пов'язані з визначенням індексу якості води у різноманітних його варіаціях [9, 10], досліджується стан поверхневих вод, зокрема, річок та озер, в містах [11], в тому числі, й вплив окремих антропогенних чинників на порушених територіях [12].

Слід також зазначити, що економіко-технічні потужності населених пунктів значно впливають на рівень забрудненості прилеглих водних об'єктів. Так, для мегаполісів ідентифікація джерел небезпеки, що можуть спричинити забруднення вод, є досить вивченим питанням [13], що дозволяє надалі визначати пропозиції

щодо водного менеджменту [14] або недопущення надзвичайної ситуації [15], тоді як для малих міст це питання залишається відкритим.

Мають місце недостатні потужності для забезпечення детального екологічного моніторингу в межах малих міст, визначальним стає вплив їх індивідуальних складових, в тому числі, в межах просторово-тимчасового розподілу, більшу роль можуть відігравати природні складові [16].

Таким чином, своєчасне визначення екологічного стану поверхневих вод, на які впливають різноманітні чинники природного та техногенного походження, є важливим елементом забезпечення техногенно-екологічної безпеки території та складовою попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних із забрудненням цих вод. Враховуючи вищезазначене, метою роботи є визначення екологічного стану водних об'єктів на прикладі водойм та річок Лозівського району (Україна) за умов розвитку потенційних надзвичайних ситуацій.

**Матеріали та методи.** В роботі використано зразки вод Лозівського району Харківської області, відібраних протягом 2 сезонів «зима-весна». Зразки вод відбирались згідно чинної нормативної документації щодо відбору проб із природних джерел та водогінної системи. Дослідження здійснювали кондуктометричним методом, з використанням кондуктометра в режимі «TDS». Для кожного об'єкта, за необхідності, визначали потенційні джерела небезпек та проводили дослідження з урахуванням їх впливів. Кількість вимірювань для кожного дослідження дорівнювала 5, середньоарифметичне відносно середнє відхилення визначень не перевищувало похибки приладу (2 %). Час визначення не перевищував 5 хвилин для кожного зразка з урахуванням розрахунків, для визначення не потрібно жодних хімічних реагентів, що дає припущення говорити про експресність та екологічність методу. Собівартість дослідження дозволяє віднести метод до недорогих, а простота виконання – до інтуїтивно зрозумілих.

**Результати та їх обговорення.** В роботі використано зразки вод із ставка, ставка 1, ставка 2, джерела підземних вод, що розташовані в межах міста Лозова. Річка розташована поза межами міста. Водогінна вода використана для порівняння. Результати вимірювань наведено на рис. 1.

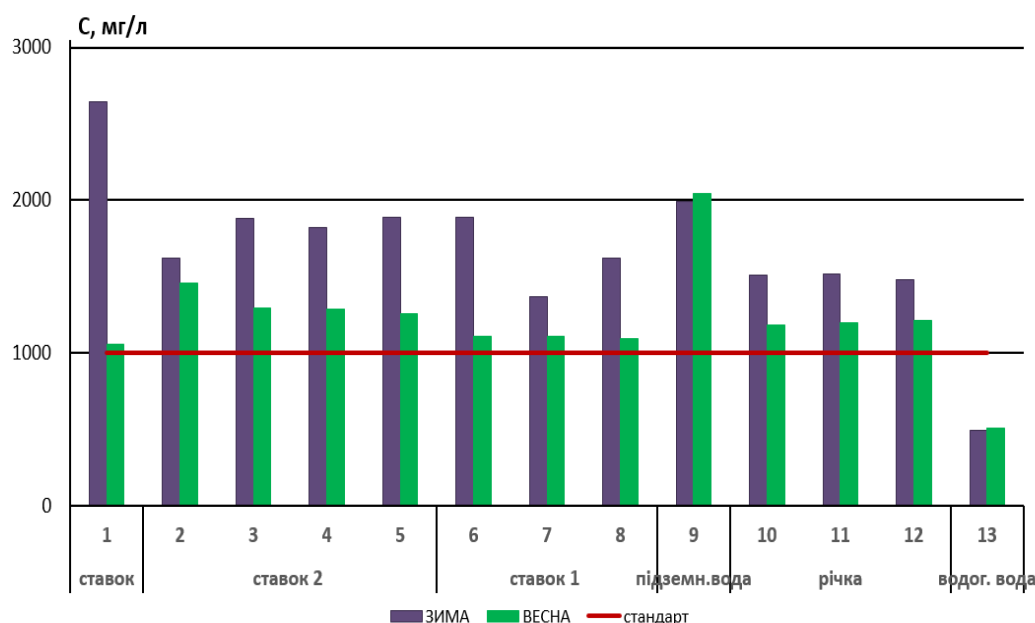


Рисунок 1 – Динаміка сезонних значень мінералізації водних об'єктів Лозівського району (Україна)

Точки 1-13 характеризують потенційні джерела небезпек природного чи техногенного походження для досліджуваних водних об'єктів.

Як видно з отриманих даних, найбільші коливання протягом сезонів характерні для ставка, який розташовано в рекреаційній зоні міста. Розбіжність в значеннях мінералізації майже в 1,5 рази пов'язана, вірогідно, із значним промерзанням ставка взимку, і, відповідно, значним розведенням його вод чистими талими водами навесні. Подібність цієї ж картини для інших об'єктів вказує на чистоту вод поверхневого стоку цього невеликого міста.

Для ставка 2 спостерігається подібність значень в усіх досліджуваних точках (2-5), що вказує на відсутність значущих впливів від потенційних джерел небезпеки для цього водного джерела.

Для ставка 1 мають місце коливання в точках (6-8), де (6) визначає дифузійний вплив ґрунтової дороги, (7) – автотраси, (8) – приватних господарств. Розведення талими водами навесні нівелює ці впливи. Для річкової системи дифузійні та точкові впливи не характерні в досліджуваній період. Підземна вода очікувано має високі значення мінералізації та підвищення її рівня навесні, що, ймовірно, пов'язано, із особливостями хімічного складу ґрунту та швидкістю проникнення домішок у ґрунт з талими водами.

Для всіх поверхневих та підземних вод Лозвського району в проведеному дослідженні характерні високі значення мінералізації, що перевищують нормативні значення (рис.). Ймовірно, це пов'язано із хімічним складом ґрунту та не має техногенного походження.

Подальші детальні дослідження потенційного впливу джерел небезпек пов'язані із визначенням коефіцієнта ідентифікації [5, 15], що дозволяє своєчасно ідентифікувати фактори небезпеки та вживати заходів з попередження розвитку надзвичайних ситуацій. Його визначення пропонується здійснювати в лабораторних [17] або польових [18] умовах, а саме визначення є експресним, недорогим, екологічно безпечним та простим у виконанні.

**Висновки.** Таким чином, проведені дослідження показали необхідність оцінки екологічного стану водних джерел малих населених пунктів з можливістю подальшого попередження потенційних надзвичайних ситуацій.

В роботі із використанням швидкого, інформативного, екологічно безпечного та недорогого методу визначено сезонні коливання мінералізації водних джерел Лозівського району (Україна).

Показано превалюючий вплив природної складової на коливання мінералізації досліджуваних водних об'єктів.

Для проведення подальших досліджень запропоновано визначення коефіцієнта ідентифікації небезпечних факторів за станом водних об'єктів та своєчасного попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних із потраплянням забруднюючих речовин у водні об'єкти.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Haddad M.B., De-la-Torre G.E., Abelouah M.R., Hajji S., Alla A.A. Personal protective equipment (PPE) pollution associated with the COVID-19 pandemic along the coastline of Agadir, Morocco. *Sci Total Environ.*, 2021, 798:149282.
2. Benson N.U., Basse D.E., Palanisami T. COVID pollution: impact of COVID-19 pandemic on global plastic waste footprint. *Heliyon*. 7(2), 2021, e06343.
3. Leonova, N., Loboichenko, V., Divizinyuk, M., & Shevchenko, R. Study of Short-Term Effects on the Soil of Disposable Protective Face Masks Used in the COVID-19 Pandemic. In *Key Engineering Materials*, 2022, 925, 197–210. Trans Tech Publications, Ltd.

4. Abramov Y.A., Basmanov O.E., Salamov J., Mikhayluk A.A. Model of thermal effect of fire within a dike on the oil tank. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 2018, 2, 95-100.
5. Loboichenko V., Strelec V. The natural waters and aqueous solutions express-identification as element of determination of possible emergency situation. *Water and Energy International*, 2018, 61r (90), 43-50.
6. Приседська В., Шрамович В. Спустошені землі. Якою буде природа України після війни. BBC News Україна. Заголовок з екрану. URL: [https://www.bbc.com/ukrainian/extra/mwu5sxghvc/ukraine\\_war\\_damaged\\_nature](https://www.bbc.com/ukrainian/extra/mwu5sxghvc/ukraine_war_damaged_nature)
7. Інформація про наслідки для довкілля від російської агресії в Україні 24 лютого – 9 березня 2022 року. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. 10 Березня 2022. Заголовок з екрану. <https://mepr.gov.ua/news/39028.html>
8. ВІЙНА НА ДОНБАСІ: РЕАЛІЇ І ПЕРСПЕКТИВИ ВРЕГУЛЮВАННЯ. Центр Разумкова. Київ. 2019. URL: [https://razumkov.org.ua/uploads/article/2019\\_Donbas.pdf](https://razumkov.org.ua/uploads/article/2019_Donbas.pdf).
9. Tunc Dede O., Telci I.T. & Aral M.M. The Use of Water Quality Index Models for the Evaluation of Surface Water Quality: A Case Study for Kirmir Basin, Ankara, Turkey. *Water Qual Expo Health*, 2013, 5, 41–56.
10. Abed B., Farhan AR., Ismail A. et al. Water quality index toward a reliable assessment for water supply uses: a novel approach. *Int. J. Environ. Sci. Technol.*, 2022, 19, 2885–2898.
11. EEA Report No 26/2016. Rivers and lakes in European cities. Past and future challenges. European Environment Agency, 2016. URL: <https://www.eea.europa.eu/publications/rivers-and-lakes-in-cities>.
12. McGrane S.J. Impacts of urbanisation on hydrological and water quality dynamics, and urban water management: a review, *Hydrological Sciences Journal*, 2016, 61(13), 2295-2311
13. Zhao W., Zhu X., Sun X., Shu Y., Li Y. Water quality changes in response to urban expansion: spatially varying relations and determinants. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.*, 2015, 22(21), 16997-17011.
14. Luo P, Kang S, Apip, Zhou M, Lyu J, Aisyah S, et al. Water quality trend assessment in Jakarta: A rapidly growing Asian megacity. *PLoS ONE*, 2019, 14(7): e0219009.
15. Лобойченко В.М. Формування методики ідентифікації передумов поширення надзвичайних ситуацій унаслідок накопичення шкідливих речовин на хімічних об'єктах. *Комунальне господарство міст*, 2020, 1(154), 298-305.
16. Loboichenko, V., Leonova, N., Shevchenko, R., Kapustnik, A., Yeremenko, S., Pruskyi, A. Assessment of the Impact of Natural and Anthropogenic Factors on the State of Water Objects in Urbanized and Non-Urbanized Areas in Lozova District (Ukraine). *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 2021, 22(2), 59-66.
17. Спосіб експрес-ідентифікації водних розчинів середньої та високої мінералізації : пат. 111077 Україна. МПК (2016.01) G 01 N 27/00, G 01 N 33/18 (2006.01), № u 201605614; заявл. 24.05.2016; опубл. 25.10.2016, Бюл. № 20. 6 с.
18. Автоматизований пристрій для визначення коефіцієнта ідентифікації водних розчинів: пат. 125908 Україна. МПК (2022.01) G 01 N 27/06, G 01 N 27/07, G 01 N 27/10 G 01 N 33/18, G 01 N 15/00, № a201910755; заявл. 30.09.2019; опубл. 06.07.2022, Бюл. № 27. 3 с.

УДК 614.8

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СКЛАДУ ВОГНЕЗАХИСНОЇ КОМПОЗИЦІЇ НА ВОДОСТІЙКІСТЬ ЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ ПО ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛАХ

Скородумова О.Б.<sup>1</sup>, д.т.н., проф.; Тарахно О.В.<sup>1</sup>, д.т.н., проф.;  
Чеботарьова О.М.<sup>1</sup>; Бабаєв А.<sup>1</sup>; Радченко Г.М.<sup>1</sup>

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

**Вступ.** Проблема збереження життя та здоров'я людини є однією з найважливіших в області цивільного захисту та пожежної безпеки. Вирішення цієї проблеми складається з розв'язання великої кількості гуманітарних, соціальних і технічних завдань, в тому числі з питань зменшення рівня пожежної небезпеки для людей в місцях великого скупчення, запобігання виникненню пожежі, а також розробки шляхів її локалізації.

Одним з важливих завдань в цьому сенсі є розроблення технологічних принципів підвищення вогнезахисних властивостей текстильних матеріалів, які використовуються як оббивні та оздоблювальні матеріали в жилих будівлях, офісах та місцях великого скупчення людей. З цієї точки зору актуальними є дослідження, пов'язані з розробкою вогнезахисних покриттів по текстильних матеріалах, які здатні значно зменшувати загальний тепловий ефект від загоряння або взагалі запобігати загорянню тканини під дією джерела вогню [1]. Окрім цього важливим є зменшення димовиділення під час пожежі за рахунок придушення загоряння текстильних оздоблювальних матеріалів [2].

Виходячи з цього в роботі було поставлено задачу розробки вогнезахисних композицій для текстильних матеріалів, які б могли запобігати або придушувати загоряння тканин під дією відкритого полум'я.

Вогнезахисне покриття по текстильних матеріалах надійно діє тільки у випадку достатньої адгезії до волокна тканини. Як тому свідчить велика кількість зарубіжних джерел технічної літератури [3-6], оцінити адгезію покриття до волокна ниток тканини можна під час дослідження водостійкості просочених зразків. Це пояснюється тим, що вода оказує розклинювальну дію по місцях з'єднання покриття з нитками тканини.

Тому в роботі було поставлено мету дослідити процеси, що відбуваються в захисному покритті під час проведення випробувань на водостійкість.

**Експериментальні результати та їх обговорення.** Експериментальні склади кремнеземистих покриттів наносили на бавовняні зразки розмірами 9x13см «ванним» методом, видаляли зайвий золь на віджимних валках та сушили за температур 80 – 100 °С. Наносили покриття в три шари. На висушені зразки розчини антипіренів (діамоній гідрофосфату та карбаміду) наносили методом розпилювання та знову сушили.

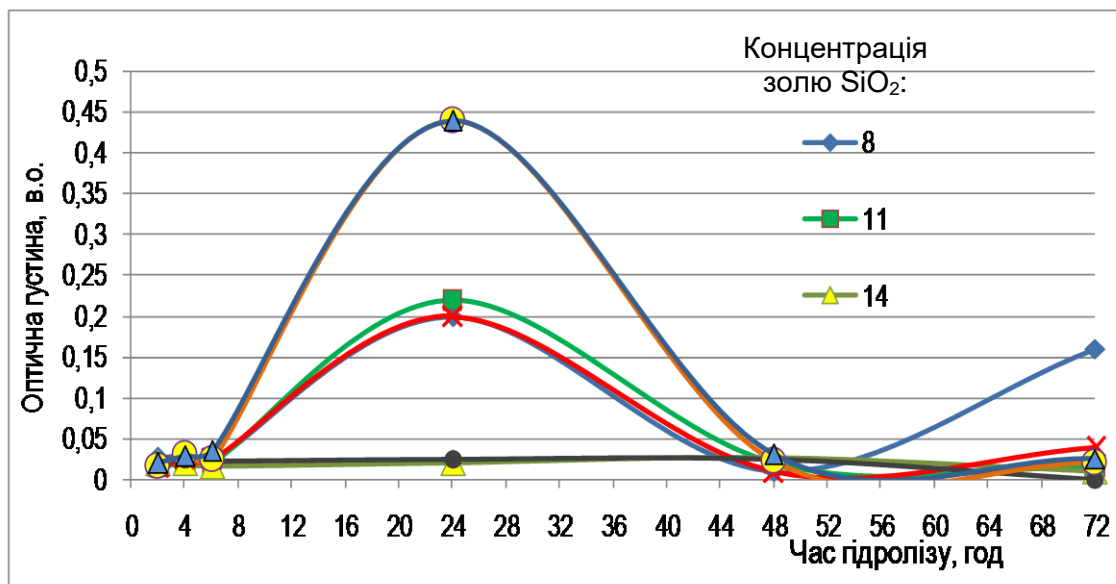
Просочені золем (концентрацією SiO<sub>2</sub> 8, 11 та 14%) зразки тканини з антипіренами та без них, заглиблювали в ємності з дистильованою водою, дотримуючись співвідношення: 6 зразків на 3л води. Для порівняння в окрему ємність помістили 6 зразків не просоченої тканини. Після витримування деякий час в воді (2, 4, 6, 24, 48 та 72 години) виймали по одному зразку з кожної ємності та сушили в сушильній шафі. Одночасно з кожної ємності відбирали порцію води, попередньо скаламученої, для визначення оптичної густини рідини над зразками, що

піддаються гідролізу. Оптичну густина визначали за допомогою фотоколориметра КФК-2, використовуючи як еталон дистильовану воду. Згідно стандарту один раз за добу в ємності заливали свіжу воду.

Після висушування зразків їх піддавали вогневим випробуванням, використовуючи лабораторну установку, яка складається з захисного металевого горизонтального екрану з отвором посередині діаметром 30 мм. Пальник підводили знизу отвору таким чином, щоби отвір знаходився на середині факелу полум'я від горіння газу що подається під тиском 0,2МПа.

Зверху на екрані закріплювали зразок тканини. Процес вогневого випробування фіксували на відеокамеру, за допомогою якої визначали час початку обуглення тканини під дією вогню, час початку її руйнування, час остаточного горіння та тління після видалення джерела вогню. Окремо визначали площу пошкодження зразків тканини від дії вогню протягом 8с.

В перші 6 годин гідролізу оптична густина води над зразками з антипіренами (№ 8а, 11а, 14а) та без них (№ 8, 11, 14) практично не змінюється і дорівнює близько 0,02 (рис.1).



**Рисунок 1 – Змінення оптичної густини в часі: позначка а показує наявність антипіренів**

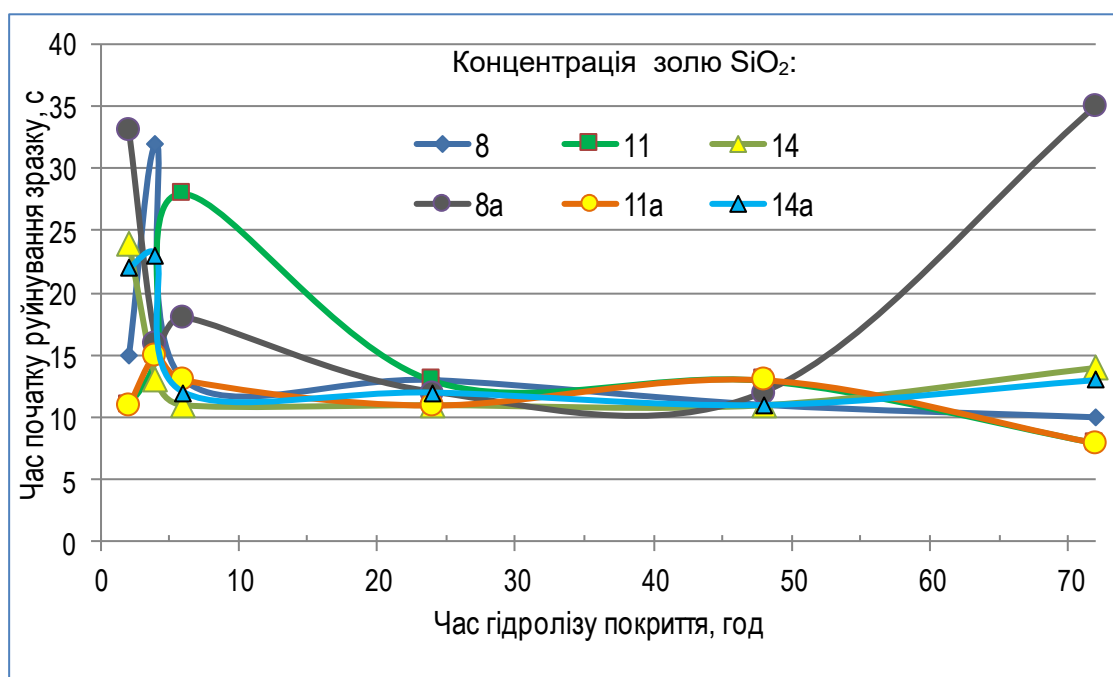
Через 24 години гідролізу оптична густина не просоченого зразка та зразків, просочених золями 8 та 11%-ї концентрації без антипіренів різко збільшується. Криві практично накладаються одна на одну, тому можна зробити висновок, що офарблення не просоченої тканини частково зменшується, а покриття на основі золь 8-11%, ймовірно, мають деяку пористість, через яку офарблення тканини декілька зменшується. Якщо тканина просочена зольом більшої концентрації (14%), тришарове покриття має більшу товщину та щільність, таким чином, тканина в більшій мірі захищена від дії води.

Дослідження оптичної густини води в ємностях, що містили зразки, просочені окрім золю SiO<sub>2</sub> розчинами антипіренів, показало значне збільшення значень через 24 години витримування в воді. Беручи до уваги, що діамоній гідрофосфат та карбамід є водорозчинними речовинами, можна припустити початок гідролізу цих речовин та від'єднання їх від шару покриття. Слід зауважити, що подальше

витримування зразків в воді не приводило до подальшого збільшення оптичної густини.

На рис.2 наведені результати визначення часу початку руйнування зразків під дією вогню після випробувань на водостійкість. У перші 4 години гідролізу спостерігається деяке збільшення часу, який потрібен для початку руйнування тканини, що пояснюється, ймовірно, частковою гідратацією гідрофільного кремнеземистого покриття. На поверхні покриття утворюється шар ОН-груп, з'єднаних з функціональними групами гелю полікремнієвої кислоти яка є основою кремнеземистого покриття. Також на деяких ділянках покриття має місце молекулярна адсорбція молекул води. Не зважаючи на те, що після випробувань на водостійкість зразки сушили в сушильній шафі за температур 80-100 °С, деяка доля адсорбованих молекул води а також гідроксильні групи залишаються на поверхні покриття, тобто під дією вогню спочатку відбувається процеси десорбції молекул води, потім – дегідратації ОН-груп, які супроводжуються ендотермічним ефектом, і тільки після цього розпочинається розігрівання зразку тканини, його обвуглення та руйнування.

У разі витримування зразків протягом 24 годин в воді час початку руйнування зразків зменшується але залишається на рівні значень що одержані підчас випробувань зразків після 2 годин гідролізу.



**Рисунок 2 – Результати вогнезахисних властивостей просочених зразків тканини після випробувань на водостійкість**

Збільшення часу гідролізу покриття до 48 годин практично не впливає на вогнезахисні властивості покриттів. Лише дія води протягом 72 години призводить до різкого підвищення часу початку руйнування зразку 8a (покриття на основі 8%-го золю SiO<sub>2</sub> та шаром антипіренів). Порівнюючи з результатами визначення оптичної густини (рис.1) для цього зразку, можна припустити, що тонке порувате покриття в більшому ступені гід ратується, тому потрібний більший час для руйнування тканини під дією вогню.



Таким чином, в результаті проведених досліджень можна зробити наступні висновки: нетривала дія води на захисні покриття не знижує їх вогнезахисні властивості, а навіть у певній мірі підвищують їх за рахунок синергетичного ефекту захисної дії кремнеземистого покриття, ендотермічного ефекту від дії антипіренів та ендотермічного ефекту процесу від'єднання шару ОН-груп з поверхні покриття що утворився під час тривалого гідролізу.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Skorodumova O., Tarakhno O., Chebotaryova O., Bezuglov O., Emen F.M. (2021). The use of sol-gel method for obtaining fire-resistant elastic coatings on cotton fabrics. *Materials Science Forum*, 1038, 468-479.
2. Skorodumova O., Tarakhno O., Chebotaryova O., Saveliev D., Emen F.M. (2021). Investigation of gas formation processes in cotton fabrics impregnated with binary compositions of ethyl silicate-flame retardant system. *Materials Science Forum*, 1038, 460-467.
3. Fanglong Z., Qun X., Qianqian F., Rantong L., Kejing L. (2016). Influence of nano-silica on flame resistance behavior of intumescent flame retardant cellulosic textiles: Remarkable synergistic effect? *Surface & Coatings Technology*, 294, 90–94.
4. Alessandrade J.R., Fonseca S., Bufalino L., Ribeiro C., Martins M.A., Marconcini J.M., Tonoli G.H.D. (2014). Evaluation of reaction factors for deposition of silica (SiO<sub>2</sub>) nanoparticles on cellulose fibers. *Carbohydrate Polymers*, 114, 424–431.
5. Nour F. Attia, Mona Moussa, Aida M.F. Sheta, RehabTaha, H. Gamal. (2017). Synthesis of effective multifunctional textile based on silica nanoparticles. *Progress in Organic Coatings*, 106, 41–49.
6. Alongi J., Ciobanu M., Carosio F., Tata J., Malucelli G. (2011). Thermal stability and flame retardancy of polyester, cotton and relative blend textile fabrics treated by sol-gel process. *Journal of Applied Polymer Science*, 119 (4), 1961-1969.

УДК 623.463/457.6:662.151.

## УТИЛІЗАЦІЯ ГРАНАТОМЕТНИХ ПОСТРІЛІВ ПГ-15В, ЯК ЗАХИСТ ДОВКІЛЛЯ ПРИ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Смирнов О.М.<sup>1</sup>

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

**Вступ.** В Україні зараз зберігаються 73-мм гранатометні постріли індексу ПГ-15В до гармати 2А28 «Грім» із закінченим терміном зберігання (рис. 1, 2), що потребують негайної утилізації. Такі постріли, представляють постійну загрозу виникненню надзвичайних ситуацій у місцях зберігання.

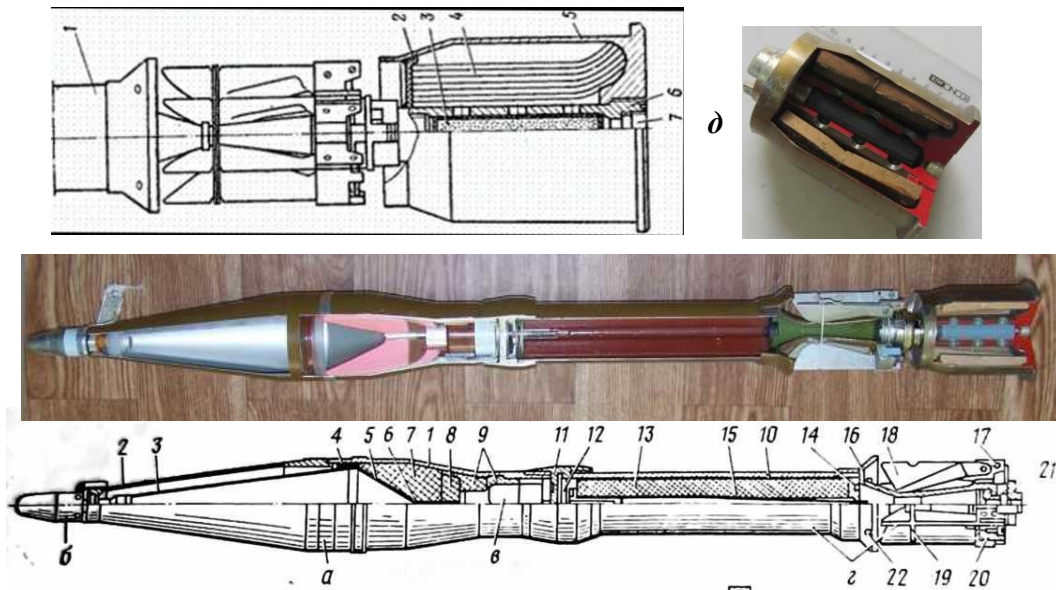
**Постановка проблеми.** В Україні загострилася ситуація на об'єктах зберігання боєприпасів і вибухових речовин. Свідченням цього є вибухи на складах з 2003–2019 рр.: 10.10.03 року в Донецької області м. Бахмут (Артемівськ) в/ч А-4176 (52 мбр) (3000 т б/п, збитки – 40 млн. грн., 2 чол. поранено); 15.05.04 року, 23.07.05 р., 19.08.06 р. і 18.05.17 року в/ч А-2985 біля с. Новобогданівка Запорізької області (знищено 90000 т. б/п, загальні збитки – 2,5 млрд. грн., 7 чол. загинуло, 80 чол. поранено); 6.05.05 року в/ч А-1358, сховища 47 арсеналу МО України в с. Цвітоха Хмельницької області (збитки – близько 10 млн. грн.); 27.08.08 року в/ч А-0829 на 61-му арсеналі Південного оперативного командування сухопутних військ у м. Лозова Харківської обл. (знищено 96000 т. б/п, збитки – близько 2,8 млрд. грн., 2 чол. поранено); 29.10.15 року артилерійський склад, м. Сватово Луганської обл. (збитки – немає даних, 4 чол. загинуло, 4 чол. поранено); 23.03.17 року в/ч А-1352 на 65-му арсеналі м. Балаклея, Харківської обл. (збитки – немає даних, 1 жінка загинула, 2 чол. поранено); 22.09.17 р. артилерійський склад, с. Новоянісоль Донецької області (збитки – немає даних); 26.09.17 року на 48-му арсеналі в/ч А-1119 м. Калинівка, Вінницької обл. (збитки – немає даних); 09.10.18 року на 6-му арсеналі в/ч А-1479 м. Ічня, Чернігівської обл. (збитки – немає даних). 22.02.19 року в/ч А-1358, сховища 47 арсеналу МО України в с. Цвітоха Хмельницької області (збитки – немає даних).

Утилізація боєприпасів здійснюється з урахуванням положень [1] і передбачає знищення гранатометних пострілів ПГ-15В (7ПЗ) способом підриву (рис. 2).

Пропонує конкретну технологію розрядження 73-мм пострілів ПГ-15В (інд. 7ПЗ) до 2А28, із закінченим терміном зберігання, шляхом їх розбирання на елементи. ПГ-15В особливо недоцільно утилізувати методом підриву.



Рисунок 1 – 73 мм гранатометні постріли ПГ-15В (7ПЗ)



**Рисунок 2 – 73 мм гранатометні постріли ПГ-15В (7ПЗ): а – головна частина гранати ПГ-9 (7Г7); б – п'єзогенератор (головна частина підривника ВП-9 = 0,052 кг); в – ЗДМ (донна частина підривника ВП-9 = 0,148 кг); г – реактивний двигун ПГ-9Д із стабілізатором; д – стартовий порохований заряд ПГ-15П; 1 – корпус; 2 – обтічник; 3 – струмопровідний конус; 4 – ізолятор; 5 – мідна воронка (М1 = 0,055 кг); 6 – провідник; 7 – РЗ (А-ІХ-1 = 0,322 кг); 8 – екран (лінза); 9 – втулки; 10 – камера; 11 – перехідне дно; 12 – піросповідільнювач-запальник (ВПЗ-9М = 0,035 кг); 13 – маршовий порохований заряд Б28 (НДСИ-2К + ДРП №1 = 0,46 кг); 14 – діафрагма; 15 – капронова нитка; 16 – сопло; 17 – хрестовина; 18 – пір'я (6 шт.); 19 – капронова нитка; 20 – два трасера Тр №3А; 21 – хвостовик; 22 – похилий тангенціальний отвір сопла; д – СД ПГ-15П: 2 – герметизуюча кришка; 3 – запальник з ДРП-2 = 0,015 кг; 4 – бойовий заряд з пороху марки НБЛ-60 = 0,145 кг; 5 – гільза сталева; 6 – перфорована трубка; 7 – електрична капсульна втулка ЭКВ-23А**

### **Розбирання ПГ-15В (7ПЗ) на елементи**

Дійсний комплект документів визначає порядок організації і проведення робіт з розбирання ПГ-15В (7ПЗ) на ділянці, обладнаній у виробничому приміщенні цеху. Перед початком роботи місце по розбиранню ПГ-15В має бути оснащено справним інструментом, засобами пожежогасіння й індивідуального захисту [4].

73-мм гладкоствольна гармата 2А28 «Грім» – радянська гладкоствольна гармата-пуськова установка. Встановлювалося на такі відомі бойові машини, як БМП-1 і БМД-1, БРМ-1К, складається з трьох основних частин: бойової частини кумулятивної дії ПГ-9Г (7Г7), реактивного двигуна ПГ-9Д і стартового порохового заряду ПГ-15П (рис. 1).

Дійсний комплект документів передбачає розбирання ПГ-15В із закінченим гарантійним терміном зберігання.

Усі операції повинні проводитися у спеціалізованому цеху.

Роботи з утилізації ПГ-15В, шляхом їх розбирання на елементи за допомогою спецобладнання, доцільно виконувати в послідовності таких операцій [4]:

**№ 1.** Подача ящиків з пострілами ПГ-15В (7ПЗ) зі сховища в приміщення обігріву цеху до технологічного столу (транспортру).

№ 2. Видалення стопорних вилок, відкривання замків та кришки ящика. Видалення верхніх вкладишів та парафінованого паперу, контроль пострілів по партіям (номенклатурам), огляд пострілів на безпечність та допустимість до розбирання. Видалення пострілів ПГ-15В та пеналів зі стартовими зарядами з ящика та подача їх на наступну операцію.

№ 3. Вилучення гранати ПГ-9В з поліетилену, зняти запобіжний ковпачок з п'єзогенератора ВП-9. Закріпити постріл ПГ-9В у пристосуванні, відкрутити п'єзогенератор ВП-9. Поліетилен, п'єзогенератор та ковпачок покласти у зборку.

№ 4. Закріпити постріл ПГ-9В у пристосуванні, розгвинчування ГЧ (ПГ-9Г) і РЧ (ПГ-9Д). Подача ПГ-9Г та ПГ-9Д на наступну операцію.

№ 5. Закріпити гранату ПГ-9Г у пристосуванні та відкрутити підтискне кільце. Вилучення донної частини ВП-9. Укладання елементів у зборки.

№ 6. Закріпити гранату ПГ-9Г у пристосуванні. Розгвинчування обтічника та корпусу. Вилучення контактного конуса, ізолятора та обтічника. Укладання отриманих елементів у зборки.

№ 7. Установка корпусів гранат у пароводяну ванну, нагрів гранат до 65–75 °С (15–20 хв.). Подача корпусів гранат на розбирання кумулятивного вузла.

№ 8. Розбирання гранати ПГ-9Г на елементи: збір вибухової речовини (А-ІХ-1), мідних воронок, вкладишів, трубок, лінз, втулок та прокладок. Укладання отриманих елементів у зборки.

№ 9. Контроль гранати ПГ-9Г на повноту видалення вибухової речовини. При необхідності очистка гранати ПГ-9Г від залишків вибухової речовини.

№ 10. Закріпити ракетний двигун ПГ-9Д у пристосуванні. Вигвинчування дна. Вилучення з РЧ піросповільнювача-запальника ВПЗ-9(М). Укладання їх у зборки, по мірі заповнення подача до місця пакування.

№ 11. Розрядження ракетного двигуна ПГ-9Д: зняття фіксатора та розгвинчування соплового блоку; вилучення порохового заряду марки НДСИ-2К, труби, шайби, фіксатора, діафрагми, соплового блока, упора, компенсатора, прокладок.

№ 12. Закріпити стабілізатор у пристосуванні, вилучити: трасерні гайки, прокладки та два трасера Тр № 3А.

№ 13. Розрядження стартового двигуна ПГ-15П: вилучення СД із пеналу; закріпити сталеву гільзу у пристосуванні та відкрутити ЕКВ-23А; відкручування вузла швидкодіючого з'єднання заряду з гранатою та вилучення: перехідника, стопора, пружини; кільця-прокладки; герметизуючої кришки; порохового заряду марки НБЛ-60; перфорованої трубки з ДРП-2.

№ 14. Пакування: вибухової речовини; порохових зарядів; донної частини підричників ВП-9; піросповільнювача-запальника ВПЗ-9(М), ЕКВ-23А та Тр № 3А у пристосовані ящики. Закривання, пломбування та маркування ящиків.

№ 15. Пакування елементів гранатометного пострілу ПГ-15В у штатні ящики. Закривання, пломбування та маркування ящиків

№ 16. Знищення спеціального маркування на елементах виробу та маркування закупорювання.

№ 17. Видача закупорювання з елементами із цеху до місця зберігання.

№ 18. Допоміжні операції: Різання паперу і просочення її парафіном. Сортування парафінованого паперу (б/в). Нарізання пломбувального дроту на шматки необхідної довжини. Виготовлення трафаретів і ярликів.

Дозволяється одночасне знаходження в цеху гранатометних пострілів ПГ-15В: на пункті обігріву – 300 од., у приміщенні з розрядження – 12 од.

**Під час розбирання 1000 одиниць гранатометних пострілів ПГ-15В (7ПЗ) вагою 3495 кг, отримують: 1) Чорний метал вид 501–508 (ст. 10, 20, 40, 45, 40Х,**

65Г, У8А)) = 1534,3 кг – 3 контейнера; 2) Алюмінієвий сплав (АМг2М, Д16АМ, Д16Ткр, Д18, АД1М-0,3) = 523,0 кг – 24 ящика; 3) Мідь (М1, М2) = 55 кг – 2 ящика; 4) ГЧ ВП-9 (п'єзогенератор) = 52 кг – 1000 шт. – 2 ящика; 5) ДЧ ВП-9 = 148 кг – 1000 шт. – 6 ящиків; 6) А-ІХ-1 = 322 кг – 18 ящиків; 7) НДСИ-5К = 460 кг – 6 коробів; 8) НБЛ-60 = 145 кг – 2 короба; 9) ДРП-1 = (0,0005 + 0,015) = 15,5 кг (2 пенали ЯК43); 10) Тр №3А = 90 кг (2000 шт.) – 4 ящика; 11) ВПЗ-9(М) = 35 кг – 1000 шт. – 1 ящик; 12) ЭКВ-23А = 32 кг – 1000 шт. – 4 ящика; 13) Пресматеріал, картон, поліетилен = 83,2 кг – 5 мішків.

Всього застосовують лаборантів цеху – 12 чел. [4].

Таким, чином, утилізація гранатометних пострілів ПГ-15В, способом розбирання на елементи, представляє собою процес послідовного виконання операцій №1–18 [4]. До числа відповідальних операцій відносяться: контроль гранатометних пострілів ПГ-15В на допустимість до розряджання; розряджання гранати ПГ-9 (7Г7); вилучення підричника ВП-9 (п'єзогенератора і ЗДМ); розряджання СД (ПГ-15П): порохового заряду БН34 з пороха марки НБЛ-60; запальника ДРП № 2 та електрозапальника ЭКВ-23А; розряджання МД (ПГ-9Д): вилучення піросповільнювача ВПЗ-9М; порохового заряду БН28 з пороха марки НДСИ-2К; запальника ДРП №1; вилучення двох трасерів Тр №3А; пакування розривних зарядів (А-ІХ-1); порохових зарядів Б28 (НДСИ-2К), БН34 (НБЛ-60) та ДРП №2.

Операції, де лаборанти працюють з вибуховою речовиною у відкритому виді – є особливо шкідливими. Усі інші операції згідно процесу небезпечні.

**Висновки:** 1. Утилізувати ПГ-15В шляхом підриву тільки ті, які небезпечні в службовому поводженні.

2. Розроблено Робочий технологічний процес з розбирання ПГ-15В, які зберігаються на арсеналах, базах і складах із закінченим терміном зберігання [4]. Економічна ефективність запропонованої технології може бути доведена після моніторингу вартості металобрухту на ринках вторинної сировини.

3. Треба негайно, у масштабах держави, відновити роботу з утилізації ПГ-15В. Повинна бути профінансована Державна програма утилізації боєприпасів [2].

4. Важливим принципом і вимогою в процесі розробки технологічних процесів і устаткування для утилізації є створення екологічно чистих, маловідходних виробництв і ділянок.

Виконання усіх пунктів, дасть можливість забезпечити безпеку громадян України та попередити виникнення надзвичайних ситуацій у місцях зберігання боєприпасів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Постанова КМ України від 7.06.06 р. № 812 в редакції постанови КМ України від 16.06.10 р. № 469 «Порядок утилізації ракет, боєприпасів і вибухових речовин». К., 2010. 13 с.
2. Постанова КМ України від 22 жовтня 2008 р. № 940 зі змінами від 29.06.2011 р. № 698 «Про затвердження Державної цільової оборонної програми утилізації звичайних видів боєприпасів, не придатних для подальшого використання і зберігання, на 2008–2017 роки». К., 2011. 10 с.;
3. Смирнов О.М., Барбашин В.В., Толкунов І.О. Утилізація та знищення вибухонебезпечних предметів: навч. посіб. Том 3. Організація утилізації та знищення ракет і боєприпасів на арсеналах, базах та складах. Х.: НУЦЗУ, ФОП Панов А.М., 2018. 416 с.
4. Робочий ТП з розбирання гранатометних пострілів ПГ-15В індексу 7ПЗ із 73 мм протитанковою гранатою ПГ-9 індексу 7Г7 у остаточно спорядженому стані підриником ВП-9 до 73 мм гармати 2А28 «Грім» БМП-1. 70 с.

УДК 623.674

## АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ ПІДРИВУ, ЩО ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ ДЛЯ ЗНИЩЕННЯ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ПРЕДМЕТІВ В ХОДІ ГУМАНІТАРНОГО РОЗМІНУВАННЯ

Толкунов І.О.<sup>1</sup>, к.т.н., доц.; Губар С.В.<sup>1</sup>; Гайовий О.О.<sup>1</sup>

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

Всі воєнні конфлікти, які виникали за часи існування людства, супроводжувалися і на теперішній час супроводжуються широким застосуванням протиборчими сторонами різноманітних боєприпасів, частина з яких за різних причин могла не спрацювати за штатним призначенням та призвести до масштабного забруднення територій небезпечними залишками війн – вибухонебезпечними предметами (ВНП), які тривалий час будуть завдавати істотного впливу на людей та на оточуюче середовище. Найбільшу небезпеку серед них представляють протипіхотні міни, касетні боєприпаси, запалювальні боєприпаси, що містять білий фосфор, хімічні боєприпаси та багато інших. Однією з проблем, з якою країни у всіх регіонах, де велись бойові дії або існують воєнні конфлікти, які були породжені міжнародними та міжнаціональними визвольними рухами (наприклад: Ірак, Сирія, Афганістан, колишня Югославія, а на сьогоднішній день найболючішою територією є Україна), стикаються з проблемами гуманітарного розмінування [1].

Наприклад, за роки воєнного конфлікту на території українського Донбасу, який почався у 2014 р., він перетворився на одну з найбільш насичених мінами й ВНП територій в світі. За оцінкою Організації Об'єднаних Націй (ООН), за роки війни тут заміновано 1,6 млн. га землі, з них 700 тис. на території, підконтрольній урядові України. Площа забруднених регіонів, що містять міни та ВНП, становить майже 7 тис. км<sup>2</sup> на підконтрольній території та орієнтовно 14 тис. км<sup>2</sup> на окупованих територіях Донецької, Луганської областей та Автономної Республіки Крим. На цих територіях може знаходитися близько 3,3 млн. протипіхотних мін та ВНП. На розмінування цих територій знадобиться не менше 25-30 років. Оцінити ж наслідки повномасштабної агресії на територію нашої держави з боку російської федерації на даний момент не представляється можливим як з огляду на площі тимчасово окупованих територій, так і масовістю застосування різних видів озброєння – починаючи від стрілецької зброї і закінчуючи найпотужнішими авіаційними бомбами і крилатими ракетами різних типів. Скільки б не тривала ця ганебна «спеціальна операція», це тільки додає страждань людям та призводить до більш масштабного забруднення ВНП території нашої багатостраждальної країни. Рано чи пізно війна закінчиться та розпочнеться кропітка робота щодо гуманітарного розмінування забруднених територій.

Одним із найвідповідальніших та небезпечних етапів гуманітарного розмінування є знищення ВНП, в ході якого використовуються різноманітні технічні засоби, які створюють окрему групу засобів, що використовуються фахівцями піротехнічних підрозділів ДСНС, інженерно-саперними підрозділами ЗС України та іншими спеціалізованими формуваннями. Найбільш часто для виконання цих завдань використовуються підривні машинки та вибухові прилади. Розрізняють динамоелектричні (генераторні) ПМ-1 та ПМ-2, конденсаторні КПМ-1, КПМ-3а та імпульсні ПМ-4 підривні машинки. Також можуть використовуватися деякі типи вітчизняних та зарубіжних засобів підриву: батарейні конденсаторні прилади

КВП-1/100м, ПІВ-100м; іскробезпечний високочастотний вибуховий прилад ІВП-1/12; граничні вибухові прилади КВП-200 і КВП-750; електричні прилади та радіокеровані прилади і системи.

Всі ці прилади використовуються при електричному способі підризу ЕСП, який згідно із чинними керівними та нормативно-правовими документами прийнятий як основний спосіб для знищення ВВП. Спосіб при застосуванні володіє рядом суттєвих переваг в порівнянні з іншими способами (вогневим (ВСП) та вогневоелектричним способом підризу (ВЕСП)), однак має і недоліки, які слід враховувати в практичній роботі. Так за допомогою ЕСП можна (що власне і є її перевагами) [2]: здійснювати вибух зарядів вибухових речовин (ВР) з безпечної відстані або з укриття; контролювати справність всієї електричної мережі, окремих її елементів і гарантувати безвідмовність вибуху; проводити вибух в точно визначений момент часу; підризувати будь-яке число зарядів одночасно або в різний час в будь-якій бажаній послідовності одноразовим включенням струму, тобто проводити вибух із заданим уповільненням.

До недоліків електричного способу підризування слід віднести: більший час підготовки об'єкта до вибуху, ніж при ВСП; використання складніших засобів і приладдя (джерел струму, проводів, приладів), яке вимагає, відповідно, більш кваліфікованих підризувачів; складність запобігання передчасним вибухам, що можуть бути спричинені блукаючими струмами і грозовими розрядами; уразливість магістральних ліній від вогню противника.

Отже, питання щодо впровадження у практичну діяльність піротехнічних підрозділів ДСНС сучасних способів та технічних засобів знищення ВВП при проведенні гуманітарного розмінування є актуальним завданням.

На сьогоднішній день в світовій практиці проведення підризуних робіт широко використовується неелектричний спосіб підризу (НЕСП) зарядів вибухових речовин, при якому застосовуються неелектричні системи ініціювання зарядів ВР (НЕСІ) [3]. Перспективи НЕСІ полягають в розширенні можливостей і збільшенні ефективності управління енергією вибуху, наприклад, за рахунок тривалості загального часу дії вибуху на об'єкт, що підризується, спрямованості та заданої за часом послідовності проходження вибуху по окремих частинах конструкції, що руйнується, зниження сейсмічної дії вибуху та ін.

**Система ініціювання «Нонель»** (рис. 1) виробництва шведської компанії «DYNO NOBEL» призначена для відкритих і підземних підризуних робіт, у тому числі й в умовах шахт, небезпечних за вибухом газу або пилу, дозволяє створювати схеми підризування зарядів з практично необмеженими можливостями управління процесами руйнування масивів гірських порід.

Основним елементом системи «Нонель» є порожнистий пластиковий шнур-хвилевід, внутрішня поверхня якого вкрита тонким шаром вибухової суміші. При ініціюванні повітряна ударна хвиля поширюється по каналу шнура зі швидкістю близько 2000 м/с. Ударна хвиля передає енергію, достатню для ініціювання капсуля-детонатора (КД), закріпленого на одному з кінців шнура-хвилеводу. Шнур «Нонель», виконаний у вигляді пластикової трубки (зовнішній діаметр 3 мм, внутрішній – 1,5 мм), шнур не має вибухових властивостей і ні за яких умов не збуджує детонацію ні в одному з зарядів ВР, які використовуються. Шнур-хвилевід не вибухає ні від удару, ні від впливу вогню. При передачі ударної хвилі він не руйнується, виконуючи роль тільки лише провідника сигналу, має підвищену міцність на розрив, зносостійкість і зберігає свою працездатність до температури +50°C.



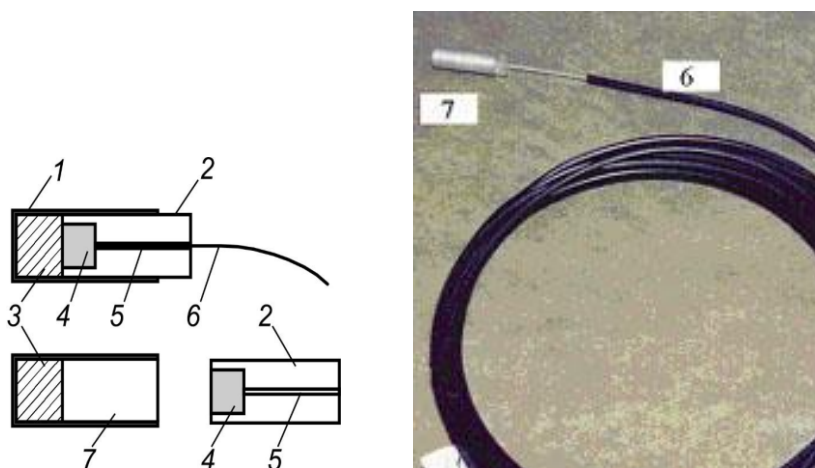


**Рисунок 1 – Елементи неелектричної системи ініціювання «Нонель»**

Переваги НЕСІ «Нонель»: несприйнятливість до дії блукаючих струмів, електростатичних зарядів і електромагнітних полів у діапазоні різних частот; підвищення продуктивності внаслідок прискорення підготовки вибуху; зниження вартості підривних робіт та висока надійність елементів системи.

Недоліки «Нонель»: неможливість перевірки цілісності підривної мережі та її багатоелементність.

*Система оптичного ініціювання «ОПСІН»* (рис. 2) створена в Державному ВНЗ «Національний гірничий університет», м. Дніпро. Це був перший у світовій практиці зразок системи, у якому у якості первинної ВР використовувалась ініціююча ВР нового класу, що характеризується аномально високою чутливістю до дії лазерного імпульсу випромінювання.



**Рисунок 2 – Схема пристрою оптичного детонатора (ОД) та зовнішній вигляд**  
**ОД і світловода: 1 – алюмінієва трубка; 2 – втулка; 3 – вторинна ініціююча ВР; 4 – стакан з первинною ініціюючою ВР (світлочутлива ВР); 5 – канал для встановлення світловода; 6 – світловод; 7 – піропатрон**

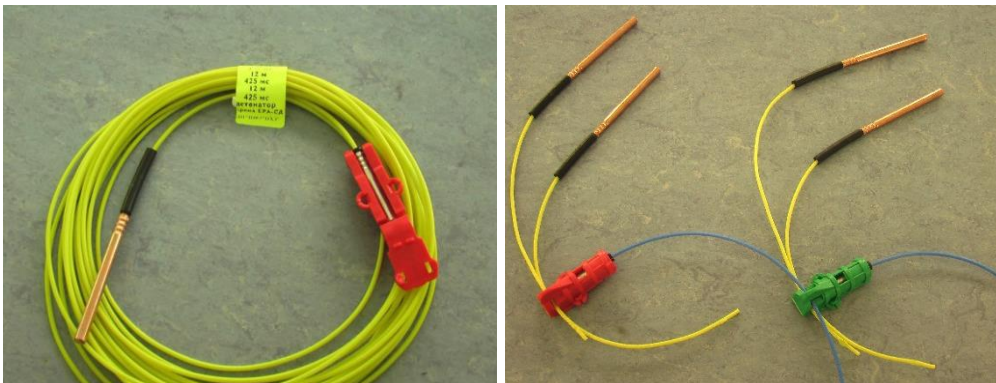
У системі «ОПСІН» передача енергії від лазера до оптичних детонаторів може здійснюватися в режимі передачі лазерного випромінювання по світловоло-



конних кабелях (світловодах) або безпосередньо через атмосферу на поверхню світлочутливої ВР, яка нанесена на об'єкт, що підривається.

Сфера застосування нової прецизійної системи «ОПСІН»: виробництво масових вибухів шпурових і свердловинних зарядів, зварювання, гравірування, компактування вибухом; зміцнення виробів зі складним рельєфом поверхонь; вибухові роботи в обмежених умовах міст, виробничих підприємств; випробування конструкцій корпусів ракет на предмет стійкості до імпульсного впливу рентгєнівських і ультрафіолетових випромінювань бойових лазерів і т. д.

**Система ініціювання «Прима-ЕРА»** (рис. 3) розроблена Науково-дослідним інститутом високоенергетичних матеріалів (НДІ ВЕМ) Державного підприємства «Науково-виробниче об'єднання «Павлоградський хімічний завод»» (ДП НВО «ПХЗ»), є водостійкою з підвищеною безпекою у застосуванні, призначена для ініціювання проміжних детонаторів і патронів-бойовиків під час проведення підривних робіт на денній поверхні, у вибоях підземних виробок (рудниках і шахтах, безпечних за вибухом газу і пилу), при будівництві тунелів, а також під водою. Дозволяє створювати схеми миттєвого та уповільненої підривання з широким діапазоном інтервалів уповільнення.



**Рисунок 3 – Елемент НЕСІ «Прима-ЕРА» та схема комутації підривної мережі з використанням елементів цієї системи**

Отже, розглянуті в дослідженні сучасні неелектричні системи ініціювання, що використовуються при проведенні підривних робіт, за певних умов можна застосувати і в практичній діяльності піротехнічних підрозділів ДСНС, що підвищить ефективність цих робіт та знизить ризики їх виконання, а також в певній мірі сприятиме пом'якшенню екологічних наслідків застосування різноманітних боеприпасів у сучасному повномасштабному збройному конфлікті.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Tarhan M. Invisible Death: Antipersonnel mines continue to claim thousands of lives. Anadolu agency, 2021.
2. Барбашин В.В., Назаров О.О., Рютин В.В., Толкунов І.О. Основи організації піротехнічних робіт: навчальний посібник / під ред. В.П. Садкового. Харків: ВРВД УЦЗУ, 2010. 353 с.
3. Соболев В.В., Терещук Р.М., Григор'єв О.Є. Технологія та безпека виконання підривних робіт: навчальний посібник для ВНЗ. Дніпро: НГУ МОН України, 2017. 314 с.

УДК 623.094

## АНАЛІЗ ЗАБРУДНЕНOSTІ ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИМИ ПРЕДМЕТАМИ В РЕЗУЛЬТАТІ ВЕДЕННЯ БОЙОВИХ ДІЙ

Шевчук О.Р.<sup>1</sup>, к.держ.упр.; Глущенко І.О.<sup>1</sup>

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

Україна – найбільша країна Європи, вільна і незалежна зі своєю культурою, процвітаючою економікою та з прагненням стати повноправним членом Євросоюзу та НАТО, а саме головне, це з гарними людьми, які прагнуть зробити нашу державу ще краще, бо країна у нас і так чарівна.

Але 24 лютого нашу свободу та незалежність, в нас захотіли відібрати російські окупанти. З першого дня країна агресор почала руйнувати нашу економіку, інфраструктуру наносячи удари по нафтопереробних заводах Львова, Луцька, Дніпра та інших заводах та фабриках, які будувалися роками. А саме головне те, що почали гинути ні в чому не винні люди, флора та фауна. Артилерійські обстріли по Маріупольському пологовому будинку, обстріли Харкова, Миколаєва, Запоріжжя, Бородянки та інших міст нашої країни дали нам зрозуміти, що російські нацисти розв'язали геноцидну війну. Звірства російських фашистів в Бучі, Ірпіні, залишили гіркий біль в серцях українського народу. Масові захоронення людей, які наші військові знаходили після деокупації, були сигналом для усього цивілізованого світу, що нам потрібна допомога у цій кровопролитній війні. Україна стримує навалу фашистів ціною життів свого народу.

Зараз у нас є проблеми із забезпеченням проведення робіт з розмінування місцевості, яка склалася після авіаційних ударів, артилерійських обстрілів, які і далі б'ють по території нашої країни.

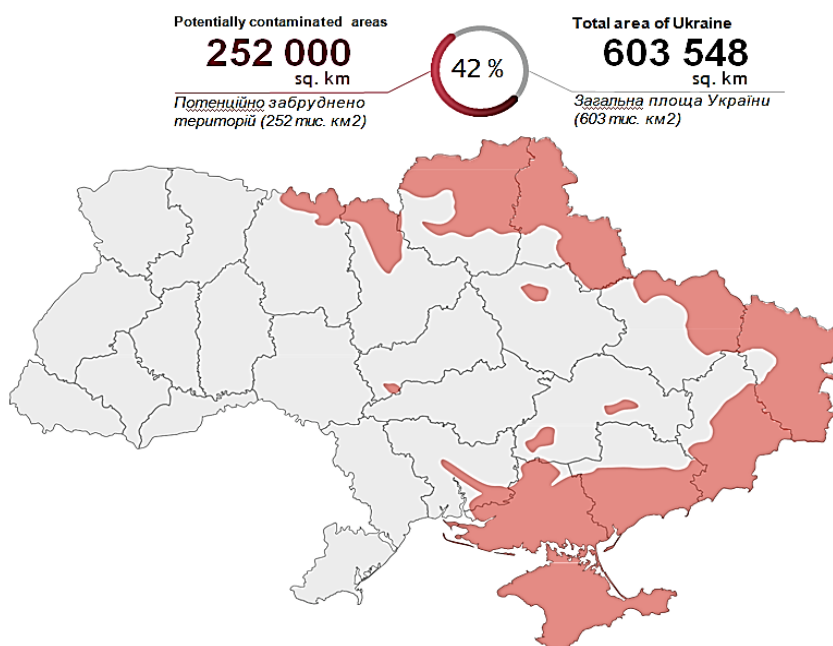
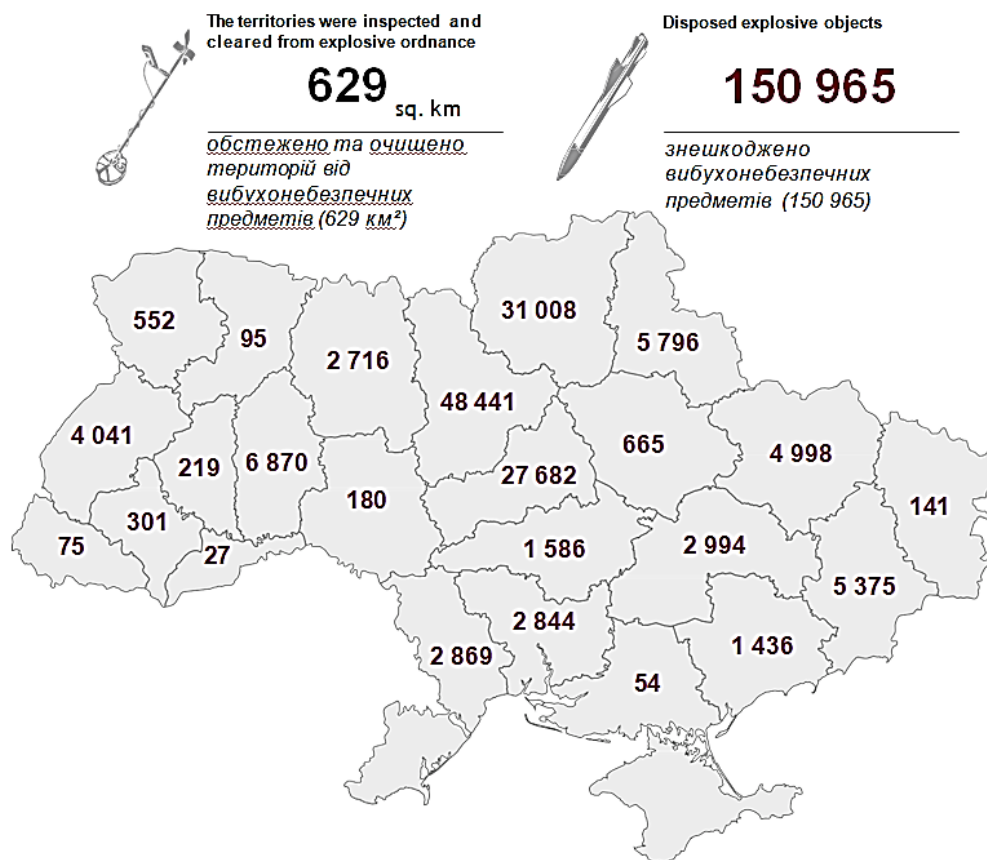


Рисунок 1 – Наслідки агресії росії проти України

З початку військової агресії з боку росії станом на 1 липня 2022 року було забруднено близько 252 000 км<sup>2</sup> території, це майже 1/3 території України, яка є ймовірно замінованою. Найбільш забруднені території мають такі області, як:

- Житомирська,
- Київська,
- Чернігівська,
- Сумська,
- Харківська,
- Луганська,
- Донецька,
- Запорізька,
- Херсонська,
- Миколаївська,
- Автономна республіка Крим.

З 24 лютого по 1 липня 2022 року підрозділами ДСНС обстежено 629 км<sup>2</sup> було знайдено та знешкоджено майже 151 тисяча вибухонебезпечних предметів. Для цього піротехнічні підрозділи залучалися 18 222 рази (рисунком 2).



**Рисунок 2 – Проведена робота щодо розмінування підрозділами ДСНС України**

На даній карті ви можете побачити в яких областях було знайдено найбільше ВВП, а в якій найменше. Київська та Чернігівська області мають такі великі показники через те, що вони являються деокупованими територіями. Луганська, Донецька, Харківська, Запорізька та Херсонська мають такі малі показники тому, що на цій території ведуться активні бойові дії та частина яких знаходяться під окупацією і те, на скільки ці території будуть забруднені нікому не відомо.

На рисунку 3 представлено, які боєприпаси найчастіше трапляються підрозділам ДСНС під час розмінування, це і касетні елементи з механізмом самоліквідації 9Н210, 9Н235, КОБЕ, протитанкові міни ТМ-62, авіабомби різних каліб-

рів та розмірів, протипіхотні міни самих різноманітних модифікацій та принципу дії, ПМН та ОЗМ, ракети системи залпового вогню Град, Ураган та Смерч. Ще зустрічаються дуже багато ракет типу Іскандер, Точка-У.



**Рисунок 3 – Боєприпаси, які виявляються на території України**

Саме небезпечне, що може залишити після себе окупант це міни пастки, які спрямовані не на військових, а на мирне населення, яке повертається до себе додому. На цьому слайді видно що окупанти залишають ВВП де тільки це можливо, це у стаканах, у ліжках, на вішалках для одягу, у пральних машинах, ставлять розтяжки між стовпами. Це все дуже сповільнює працю наших піротехніків та потребує великого часу на розмінування.

По попереднім оцінкам для піротехніків служби потрібно велика кількість техніки та засобів пошуку, а саме:

- 80 оперативно-піротехнічних машин;
- 40 піротехнічних машин легкого типу, стільки ж важкого типу;
- 10 машин для механізованого розмінування;
- близько 400 засобів пошуку, а саме металодетекторів.

Але не зважаючи на такі великі нестачі піротехнічні підрозділи працюють щодня та очищаючи територію України від вибухонебезпечних предметів.

#### **ЛІТЕРАТУРА**

1. Закон України „Про поводження з вибуховими матеріалами промислового призначення”. ВВР, 2005, № 6, ст. 138.
2. Шевцов М.Р., Таранов П.Я., Левіт В.В., Гудзь О.Г. Руйнування гірських порід вибухом. Донецьк: ДонНТУ, 2003. 248 с.
3. Правила безпеки під час поводження з вибуховими матеріалами промислового призначення [Текст]. Затв. Наказом Міністерства енергетики та вугільної промисловості України 12.06.2013. К.: Норматив, 2013. 127 с.



## ЗМІСТ

### Актуальні питання оцінки параметрів екобезпечного стану компонентів навколишнього природного середовища

<i>Kovalev O.O., Rahimov S.Y., Baranovsky Y.M.</i> Method for obtaining monitoring data using unmanned aerial vehicles.....	4
<i>Kovalev O.O., Rahimov S.Y., Savchenko D.I.</i> Features of the use of unmanned aircraft in radiation accidents.....	7
<i>Бандурян Б.Б., Ковалевський В.В., Колосков В.Ю., Литвиненко В.В.</i> Оцінка параметрів стану компонентів навколишнього природного середовища задля визначення заподіяної шкоди як наслідку воєнної агресії рф.....	10
<i>Баранов В.М., Гурець Л.Л.</i> Моніторинг стану екосистем в придорожніх зонах.....	14
<i>Гончаренко І.О., Таргонський О.О., Оськіна М.В.</i> Дистанційна екологічна оцінка надзвичайної ситуації (пожежі) на полігоні побутових відходів.....	17
<i>Маркіна Н.К., Горишнякова Я.В., Доценко О.О., Лентуга О.К.</i> Методика кількісного визначення надходжень забруднюючих речовин в річку з підземним потоком.....	21
<i>Оськіна М.В., Гончаренко І.О., Цанко Н.С., Хабарова Г.В.</i> Екологічна безпека енергетичної утилізації відходів сільського господарства.....	25
<i>Рибалова О.В.</i> Оцінка ризику для здоров'я населення внаслідок забруднення атмосферного повітря в Харківській області.....	30
<i>Сидоренко В.Л., Пруський А.В., Єременко С.А., Бикова О.В.</i> Оцінка і прогноз показників техногенно-екологічних ризиків та наслідків криз: загальні підходи.....	34
<i>Соловійов І.І., Стрілець В.М.</i> Екологічні аспекти підводного розмінування.....	38
<i>Тарадуда Д.В.</i> Удосконалення конструкції балонів для дихальних апаратів на стисненому повітрі.....	42
<i>Третьякова Л.Д., Мітюк Л.О., Оніщенко Ю.Є.</i> Актуальні технології захисту навколишнього середовища: метод очистки води коагуляцією.....	45

### Актуальні питання управління рівнем екологічної безпеки техногенних об'єктів

<i>Krasovskyi S.</i> Modeling of the process of migration of chemical elements in coal dumps.....	48
---	----

<i>Savchenko A.V., Bashtovaya D.N., Nadion E.V.</i> Problematic issues of compulsory insurance of potentially hazardous objects against fire risks and environmental damage in Ukraine.....	51
<i>Stepova O., Stepovyi Ye.</i> Calculation of steel pipeline corrosion depth for various conditions of electrolyte solutions in cracks.....	54
<i>Teslenko O.O., Tarasenko O.A.</i> Representation of environmentally hazardous objects in state space.....	57
<i>Бойко О.А.</i> Державне управління у сфері цивільного захисту: екологічна безпека техногенних об'єктів.....	60
<i>Матухно В.В.</i> Методи та засоби мінімізації екологічних наслідків від вибухонебезпечних предметів.....	63
<i>Михайлова А.В., Мурасов Р.К., Пиріков О.В., Чумаченко С.М., Фурсенко О.М.</i> Розробка методології ранжування потенційно-небезпечних об'єктів критичної інфраструктури України за рівнем природно-техногенного ризику в умовах воєнного конфлікту.....	66
<i>Пісня Л.А., Таргонський О.О., Попов І.І.</i> Обґрунтування системного підходу до управління екологічною безпекою об'єднаних територіальних громад в умовах воєнних загроз.....	70
<i>Рудаков С.В.</i> Оцінка зниження техногенного ризику при руйнуванні резервуарів з нафтою.....	73
<i>Третьякова Л.Д., Мітюк Л.О., Прокопенко І.Д.</i> Метод прогнозування забруднення водних горизонтів під час довготривалого зберігання відходів гальванічного виробництва.....	77

**Актуальні питання розробки та впровадження технологій захисту навколишнього середовища**

<i>Kondratenko O.M., Babakin V.M., Krasnov V.A., Semykin V.M.</i> Prerequisites for the development of a complex technology for atmospheric air protection during the operation of power plant with reciprocating internal combustion engine with high level of moral and physical wear.....	81
<i>Kondratenko O.M., Stokov O.P., Babakin V.M., Lytvynenko O.O., Ryzhchenko O.S., Krasnov V.A.</i> Comparative study of known formulas for the conversion of opacity indicators of exhaust gas of diesel engines as an environmental hazard factor.....	85
<i>Антошкін О.А.</i> Експериментальне дослідження електростатичних фільтрів, як інструменту для підвищення рівня екологічної безпеки...	89
<i>Бабакін В.М., Кобзев О.В., Дідовець Ю.Ю.</i> Актуальні питання розробки та впровадження технології рекультивації земель місць знешкодження боєприпасів.....	93

<b>Бганцев В.М., Левтєров А.М., Кондратенко О.М.</b> Метод утилізації монооксиду вуглецю в системі енергетичного комплексу з використанням допоміжного газового двигуна.....	96
<b>Данченко Ю.М., Кондратенко О.М., Нікулеско Д.С., Нікулеско А.О.</b> Обґрунтування актуальності здійснення комплексної оцінки впливу артилерії на стан навколишнього середовища внаслідок бойових дій..	99
<b>Душкін С.С., Ялинич І.С.</b> Методи знезараження питної води.....	102
<b>Епоян С.М., Айрапетян Т.С., Волков В.М., Гайдучок О.Г., Костенко О.Г.</b> Дослідження моделі комбінованого горизонтального відстійника.....	106
<b>Коваленко С.А., Пономаренко Р.В., Титаренко А.В., Іванов Є.В.</b> Дослідження зміни екологічного стану річки Сула.....	109
<b>Ковров О.С., Гетта А.А.</b> Оцінка технологічних показників ефективності аеротенків для біологічної очистки стічних вод .....	113
<b>Колосков В.Ю., Колоскова Г.М., Борисенко Ю.Д., Автуєвич А.В.</b> Моделювання фізико-механічних властивостей ПЕТ-бутлі у технологічному процесі видуву.....	117
<b>Крот О.Ю., Косенко Н.О., Левашова Ю.С.</b> Екологічні технології сушки сирцю керамічної цегли методом жорсткого екструзійного формування.....	120
<b>Крот О.П., Ровенський О.І., Пуховой О.В.</b> Методи очистки викидів підприємств термічного знешкодження твердих побутових відходів...	123
<b>Мельниченко А.С., Кустов М.В.</b> Розробка експериментальної установки для дослідження процесів осадження газів.....	127
<b>Парсаданов І.В., Лал А.Г.</b> Підвищення ефективності згоряння в опозитному високофорсованому двотактному дизельному двигуні з протилежно-рухомими поршнями.....	130
<b>Петухова О.А., Добринська В.Є., Кулеш Д.П.</b> Захист навколишнього середовища шляхом визначення об'єму пожежних водоймищ.....	133
<b>Прохоренко А.О., Кравченко С.С., Кузьменко А.П., Солодкий Є.І.</b> Покращення екологічності дизелів з гідромеханічною паливною апаратурою застосуванням двостадійного впорскування палива в циліндр.....	137
<b>Рашкевич Н.В., Майборода Р.І., Отрош Ю.А.</b> Технології захисту докільця від пожежної небезпеки контейнерів для побутових відходів	140
<b>Соколов Д.Л.</b> Методи використання пожежно-технічного обладнання для гасіння пожеж при горінні торфу.....	143
<b>Соловей В.В., Зіпунніков М.М., Воробйова І.О.</b> Дослідження ефективності використання фотоелектричних перетворювачів для електро-живлення електролізних генераторів водню.....	147
<b>Трегубов Д.Г., Віль М.</b> Безпечність методів подовження термінів зберігання рослинних матеріалів.....	151

<i>Трегубов Д.Г., Чиркіна М.А.</i> Очищення стічних вод об'ємним мікродуговим розрядом.....	155
<i>Третьякова Л.Д., Мітюк Л.О., Тупотіна Є.Д.</i> Модульні блоки зі стабілізованим мохом, як іноваційний спосіб очищення повітря.....	159
<i>Умеренкова К.Р., Левтєров А.М., Кондратенко О.М.</i> Визначення теплофізичних властивостей альтернативних моторних палив, як аспект екологізації двигунів внутрішнього згоряння.....	162
<i>Усачов Д.В.</i> Система операційних центрів, як новітній метод екологічного моніторингу надзвичайних ситуацій військового характеру.....	166
<i>Худоярова О.С.</i> Комплексна стратегія підвищення екологічної безпеки від забруднення довкілля високотоксичними стоками.....	169

### **Інформаційні технології на захисті компонентів довкілля**

<i>Горносталь С.А., Горбань Д.Г., Молчан А.П.</i> Використання інформаційних технологій для дослідження якості біологічного очищення стічних вод.....	172
<i>Захарченко Ю.В.</i> Особливості оперативного моніторингу екологічної обстановки в районі надзвичайної ситуації за допомогою безпілотних літальних апаратів.....	175
<i>Козуля М.М., Борзова Є.С.</i> Розробка інформаційно-програмного додатка для забезпечення якісного лабораторного контролю стану здоров'я людини.....	178
<i>Козуля Т.В., Коришунів С.Є.</i> Системологічні аспекти розробки інформаційного забезпечення комплексної оцінки впливу на довкілля АЗС.....	182
<i>Комяк В.М.</i> Застосування організаційно-технічних методів аварійного порятунку населення із зони надзвичайної ситуації у процесах попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій.....	187

### **Соціально-економічні та правові аспекти захисту компонентів довкілля**

<i>Бєлошанка Т.В.</i> Сучасний стан публічного управління в сфері екологічної безпеки України.....	190
<i>Демків А.М., Пруський А.В., Скоробагатько Т.М., Тищенко В.О.</i> Актуальні питання щодо екологічного стану України в умовах війни.....	194
<i>Єлізаров О.В.</i> Соціально-економічні та промислові аспекти екологічної безпеки.....	197
<i>Замрозович-Шадріна С.Р.</i> Можливості використання інформаційних технологій в сфері захисту довкілля в Україні.....	200



<i>Кирєєва І.В.</i> Відновлення сталого екологічного розвитку держави, порушеного внаслідок техногенного впливу військової агресії.....	204
<i>Кордуба І.Б., Жукова О.Г.</i> Навколишнє середовище – «мовчазна жертва» війни.....	208
<i>Малько О.Д., Закоморна К.О.</i> Імплементція європейських стандартів у законодавче забезпечення постачання питної води.....	211
<i>Сенчихін Ю. М.</i> Лісові пожежі під час війни та їх наслідки.....	215

### Захист компонентів довкілля при надзвичайних ситуаціях

<i>Андронов В.А., Дідовець Ю.Ю.</i> Модель системи управління безпекою рекультивації земель місць знешкодження та знищення боєприпасів.....	218
<i>Артем'єв С.Р., Страхов Н.Ф., Овчаренко В.В.</i> Аналіз впливу застосування різних видів зброї на руйнування потенційно-небезпечних об'єктів, стан навколишнього середовища та ведення бойових дій.....	222
<i>Говаленков С.В., Карпенко В.С.</i> Оцінка ймовірності індивідуального ризику при надзвичайних ситуаціях у резервуарних парках.....	226
<i>Кудін О.М., Борисенко В.Г., Андрющенко Л.А., Горонескуль М.М., Тімаков Е.В.</i> Одношарове люмінесцентне покриття і спосіб його нанесення для захисту зовнішньої поверхні пожежних напірних рукавів.....	230
<i>Лобойченко В.М., Бондаренко А.Ю.</i> Прискорене визначення екологічного стану водних об'єктів, як складова попередження надзвичайних ситуацій.....	234
<i>Скородумова О.Б., Тарахно О.В., Чеботарьова О.М., Бабаєв А., Радченко Г.М.</i> Дослідження впливу складу вогнезахисної композиції на водостійкість захисних покриттів по текстильних матеріалах.....	238
<i>Смирнов О.М.</i> Утилізація гранатометних пострілів ПГ-15В, як захист довкілля при надзвичайних ситуаціях.....	242
<i>Толкунов І.О., Губар С.В., Гайовий О.О.</i> Аналіз сучасних засобів підриву, що застосовуються для знищення вибухонебезпечних предметів в ході гуманітарного розмінування.....	246
<i>Шевчук О.Р., Глущенко І.О.</i> Аналіз забрудненості території України вибухонебезпечними предметами в результаті ведення бойових дій....	250