ISSN 2306-9716

МІНІСТЕРСТВО ЕКОЛОГІЇ ТА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНА ЕКОЛОГІЧНА АКАДЕМІЯ ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ ТА УПРАВЛІННЯ

ЕКОЛОГІЧНІ НАУКИ

НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ

1(24). Т. 1

КИЇВ – 2019

УДК 502+504

Друкується за рішенням Вченої Ради Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління (№ 1-19 від 22.01.2019 р.)
Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 15768-4240Р від 26.10.2009 р.

Екологічні науки : науково-практичний журнал / Головний редактор О.І. Бондар. – К. : ДЕА, 2019. – № 1(24). Т. 1. – 178 с.

Головний редактор:
Бондар О.І., член-кореспондент НААНУ, д.б.н., проф.
Заступник головного редактора:
Нагорнева Н.А.
Науковий редактор:
Машков О.А., д.т.н., проф.
Відповідальний редактор:
Сікачина В.Г.
Відповідальний секретар:
Жук Ю.І.

Редакційна колегія:
Аверін Г.В., д.т.н.; Азаров С.І., д.т.н.; Азасков В.М., д.т.н.; Антонов А.В., д.т.н.; Барабаш О.В., д.т.н.; Белецкий В.М., д.т.н. (Республіка Польща); Білявський Г.О., д.г.-м.н.; Богдасаров М.А., д.г-м.н. (Республіка Білорусь); Бондаренко О.А., д.б.н.; Ващенко В.М., д.ф.-м.н.; Гавриленко В.В., д.т.н.; Гандзюра В.П., д.б.н.; Глушков О.В., д.ф.-м.н.; Захматов В.Д., д.т.н.; Зубова Л.Г., д.т.н.; Ільїн В.М., д.б.н.; Ільїн О.Ю., д.т.н.; Іващенко Т.Г., к.т.н.; Козелков С.В., д.т.н.; Коростіль Ю.С. (Республіка Польща), д.т.н.; Костишин С.С., д.б.н.; Кравченко Ю.В., д.т.н.; Крайнов І.П., д.т.н.; Кутлахмедов Ю.О., д.б.н.; Лапшин Ю.С., д.т.н.; Мальований М.С., д.т.н.; Машков В.А. (Чеська Республіка), д.т.н.; Машков О.А., д.т.н.; Мокін В.Б., д.т.н.; Неділько С.М., д.т.н.; Пашков Д.П., д.т.н.; Пекло А.М., к.б.н.; Петриашвили Г., д.т.н. (Республіка Польща); Петрук В.Г., д.т.н.; Риженко Н.О., д.б.н.; Рудько Г.І., д.т.н., д.г.-м.н., д.г.н.; Соколов Ю.М., д.т.н.; Тимошенко М.М., к.т.н.; Трофимчук О.М., д.т.н.; Тупкало В.М., д.т.н.; Фінін Г.С., д.ф.-м.н.; Христо Атанасов Крагунов (Республіка Болгарія), PhD, професор; Улицький О.А., д.т.н.; Чумаченко С.М., д.т.н.; Шматков Г.Г., д.б.н.; Prof.Dr. Clemens Walther (Німеччина); Prof.Dr. Jan-Willem Vahlbruch (Німеччина); Prof.Dr. Stefan Bister (Німеччина).

Науково-практичний журнал «Екологічні науки» входить до переліку наукових фахових видань із двох галузей наук: Біологічні науки (Наказ Міносвіти України № 153 від 14.02.2014), Технічні науки (Наказ Міносвіти № 642 від 16.05.2014).

Журнал публікує (після рецензування та редагування) статті, які містять нові теоретичні та практичні здобутки в галузі екологічних наук.

© Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління, 2019

ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ 5

Bondar A.I., Mashkov O.A., Zhukaskas S.V., Nygorodova S.A. Methodology of counteraction to environmental threats, risks and environmental terrorism: a system approach 5

Борисов О.О., Кофанова О.В. Проблеми вторинної міграції хімічних елементів – інгредієнтів викидів автотранспортних засобів на придорожніх рекреаційних територіях міст 17

Герецун Г.М., Хлистун Н.Я., Масікевич Ю.Г., Масікевич А.Ю. Аналіз кислотних властивостей атмосферних опадів міста Чернівці з позицій екологічної безпеки 22

Непошивайленко Н.О., Лупіна А.Г. Дослідження впливу техногенних факторів урбосистем на стан здоров'я та фізичний розвиток підлітків 26

Махова М.О., Літвак С.М., Літвак О.А. Аналіз ефективності реалізації муніципальних програм у сфері поводження з домашніми тваринами 34

Цимбалюк С.Я., Морозова І.В. Сільський туризм як перспективний напрям розвитку внутрішнього туризму 41

Рабош І.О., Кофанова О.В. Ліхеноіндикаційні дослідження в градієнті антропогенного навантаження (на прикладі паркових зон м. Києва) 46

Шевченко Р.Ю., Жаврида Д.Є. Концепція теорії управління екологічним моніторингом для оперативного визначення ризиків антропогенного впливу 51

Стаднік В.Ю., Тихомирова Т.С. Проблема оцінки стану повітря великих міст України на прикладі м. Харкова 57

ЕКОЛОГІЯ ТА ЕКОНОМІКА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ 61

Гоцький Я.Г., Степанюк А.Р. Перспективи використання гранульованих органо-мінеральних добрив нового покоління 61

Кривицька І.А. Біологічний моніторинг ґрунтів рекреаційних зон м. Маріуполя 66

Малєєв В.О., Лисюк В.М., Безпальченко В.М. Вплив зрошення на екологію чорноземів південних Херсонської області 71

Пигулевский П.И., Подрезенко И.Н., Тяпкин О.К., Кирилюк А.С., Каплуненко А.Н. К вопросу решения задач экологической безопасности, связанных с негативным влиянием химических удобрений на гидросферу 76

Чебанова В.В. Динаміка ферментативної активності чорнозему типового за використання різних видів добрив 82

Грабовська Т.О., Мазур Т.Г., Терновий Ю.В., Шушківська Н.І., Галака О.І., Матвієнко Ю.В. Ефективність застосування органічно-мінерального добрива «ОПТІ РОСТ» на посівах сої 87

ЕКОЛОГІЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ 92

Lapyga I.V. Evaluation of eutrophication the Dnieper river in the city of Kyiv with use means ArcGis 10.4.1 and Landsat 8 92

Загриценко А.М. Формування природно-техногенного режиму підземних вод у зоні впливу розроблення родовища вапняків 98

Рацлав В.В. Планування інтегрованого управління басейном річки Сіверський Донець 104

Кулікова Д.В. Оцінка якісного стану водних об'єктів, що перебувають під впливом скиду шахтних вод 112

Шахман І.О. Оцінка екологічного стану та екологічної надійності пониззя річки Дніпро 117

Юрченко В.О., Радіонов М.П., Мельнікова О.Г. Кінетичні характеристики нітрифікації у водоймі – джерелі питного водопостачання 121

БІОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА.....126

Павліченко В.І. Сучасні біологічні дослідження збудника триденної малярії.....126

Гринцова Н.Б. Функціональні перебудови гіпофізарно-надниркової та гіпофізарно-гонадної системи щурів старечого віку за умов загального зневоднення організму.....130

ЕКОЛОГІЧНА ОСВІТА.....134

Василенко І.А., Скиба М.І., Іванченко А.В., Бєлянська О.Р. Зелені технології у навчально-освітньому процесі.....134

Степова О.В., Рома В.В. Особливості інтегрування екологічної освіти в навчальний процес закладів вищої освіти.....138

Шевченко Р.Ю. Семантика природи й екологічної безпеки в геральдиці країн світу.....143

ТЕОРЕТИЧНА ЕКОЛОГІЯ.....149

Демченко М.К., Футорна О.А., Баданіна В.А., Смірнов О.Є., Ольшанський І.Г., Таран Н.Ю. Продихові комплекси листків представників листопадних магнолієвих як маркери терморегулюючої та мікрокліматоформуючої здатності рослин.....149

Петрук Р.В., Петрук Г.Д., Костюк В.В. Аналіз методів оцінки екологічних ризиків впливів небезпечних речовин.....160

Твердохліб М.М., Гомеля М.Д. Знезалізнення води за допомогою суміші іонообмінних матеріалів.....165

Ryzhenko N.O., Pozhylenko A.S., Kozak L.V., Nesterov D.Yu., Frolova T.M. Ecotoxicological assessment of pollutants migration in ecosystem.....170

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ.....175

ЗАГАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

УДК 504.05: 349.6.(07)
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-1-24-1-1

METHODOLOGY OF COUNTERACTION TO ENVIRONMENTAL THREATS, RISKS AND ENVIRONMENTAL TERRORISM: A SYSTEM APPROACH

Bondar A.I., Mashkov O.A., Zhukaskas S.V., Nygorodova S.A.
State Ecological Academy of Postgraduate Education and Management
Metropolitan Vasyl Lipkivsky str., 35, 03035, Kyiv
dei2005@ukr.net, mashkov_oleg_52@ukr.net

The article discusses the methodology for countering environmental threats, risks that arise in conditions of environmental terrorism, accidents of technologically dangerous objects. Modern environmental threats of Donbass are analyzed. The system factors of "environmental terrorism" are considered. A strategy and directions for preventing and combating environmental terrorism are proposed. *Key words:* environmental safety, environmental terrorism, environmental risks and threats, systematic approach.

Методологія протидії екологічним загрозам, ризикам і екологічному тероризму: системний підхід. Бондар О.І., Машков О.А., Жукаускас С.В., Нігородова С.А. У статті розглядається методологія протидії екологічним загрозам, ризикам, які виникають в умовах екологічного тероризму, аварій техногенно небезпечних об'єктів. Аналізуються сучасні екологічні загрози Донбасу. Розглянуто системні чинники «екологічного тероризму». Запропоновано стратегію та напрями запобігання й боротьби з екологічним тероризмом. *Ключові слова:* екологічна безпека, екологічний тероризм, екологічні ризики та загрози, системний підхід.

Методология противодействия экологическим угрозам, рискам и экологическому терроризму: системный подход. Бондарь А.И., Машков О.А., Жукаускас С.В., Нигородова С.А. В статье рассматривается методология противодействия экологическим угрозам, рискам, которые возникают в условиях экологического терроризма, аварий техногенно опасных объектов. Анализируются современные экологические угрозы Донбасса. Рассмотрены системные факторы «экологического терроризма». Предложены стратегия и направления предотвращения и борьбы с экологическим терроризмом. *Ключевые слова:* экологическая безопасность, экологический терроризм, экологические риски и угрозы, системный подход.

Introduction. In accordance with the Law of Ukraine "On the Fundamentals of the National Security of Ukraine" of June 19, 2003., No. 964-IV, the national security of a state is the security of the vital interests of a person and citizen, society and the state, which ensures the sustainable development of society, timely identification, prevention and neutralization of real and potential threats to national interests [12].

At the present stage, the main real and potential threats to the national security of Ukraine, in the environmental field are [1; 3; 5–9; 13–15]:

– a significant anthropogenic disturbance and man-made congestion of the territory of Ukraine, an increase in the risk of emergency situations of man-made and natural characters;

– irrational, exhausting use of mineral and raw natural resources;

– the insufficiency of the negative social and environmental consequences of the Chernobyl disaster, the fighting in the Donbas;

– deterioration of the ecological status of water basins, aggravation of the problem of transboundary pollution and reduction of water quality;

– exacerbation of the technogenic state of hydraulic structures of the cascade of reservoirs on the river. Dnieper;

– uncontrolled importation into Ukraine of environmentally hazardous technologies, substances, materials and transgenic plants, pathogens dangerous to people, animals, plants and organisms, the environmentally unjustified use of genetically modified plants, organisms, substances and derived products;

– the ineffectiveness of measures to overcome the negative effects of military and other environmentally hazardous activities;

– the danger of environmental terrorism;

– increasing the influence of harmful genetic effects in populations of living organisms, in particular genetically modified organisms, and biotechnologies;

– obsolescence and lack of effectiveness of complexes for the disposal of toxic and environmentally hazardous waste.

The **purpose** of the publication is on the basis of a systematic approach to consider the methodology for countering possible environmental threats, risks and environmental terrorism.

The presentation of the main material. According to the Law of Ukraine (8068) "On National Security of Ukraine" dated June 21, 2018 (Section II BASIS OF NATIONAL SECURITY OF UKRAINE, Article 3. Principles of state policy in the areas of national security and defense, p.4.) "State policy in the fields of national security and defense is aimed at ensuring the military, foreign policy, state, economic, information, environmental security and cyber security of Ukraine, etc." In the article, from the standpoint of a systematic approach, threats in the field of environmental security and their impact on the state of national security are considered [4].

The urgency of researching the problems of finding ways of ecological revival of Donbass is focused on ecological principles by many researchers, in particular A. Bondar, A. Nastasenko, O. Ulitsky, V. Ermakov, E. Ozerova. Environmental threats in certain areas are annually systematized in the "National Report on the State of the Environment in Ukraine" of the Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine. At the same time, an insufficiently studied issue is the systematic consideration of threats in the field of environmental safety as part of national security [3, p. 11].

According to the National Security Strategy, the following environmental security threats are highlighted:

– excessive anthropogenic impact and a high level of anthropogenic pressure on the territory of Ukraine;

– negative environmental consequences of the Chernobyl disaster and the fighting in the Donbas;

– a significant amount of waste production and consumption and inadequate level of their recycling, recycling and disposal;

– insufficient state of the unified state environmental monitoring system.

The state of the environment is characterized by an abnormal level of anthropogenic pressures on land, water, biotic, and mineral resources, as well as the growing influence of the effects of global climate change, including warming, an increase in precipitation intensity, etc. The active manifestation of anthropogenic pressures is associated with a high level of urbanization in Ukraine. The total area of cities and towns is 19 thousand km^2 or 3% of the state's territory, with about 70% of the population [2, p. 12].

The high level of technogenic load on the territory of Ukraine is due to the presence of a complex of mining, chemical, energy facilities, a significant number of industrial-urban agglomerations and a high population density in the industrialized regions of the country. For a long time, about 60% of state export earnings were provided on the basis of the extraction and processing of mineral resources. And this leads to the formation of a large amount of waste, emissions of pollutants into the atmosphere and discharges into surface water bodies.

In general, this leads to a significant increase in the risk of man-made disasters with large-scale negative consequences. There is a threat of destruction of high-risk facilities as a result of the commission of terrorist or sabotage acts (for example, railways, oil and gas pipelines, bridges, trunk grids). In Ukraine, about 6 thousand potentially dangerous objects are concentrated in the territory of Donetsk, Lugansk and Kharkov regions with a high population density. At the same time, a significant part of them are operated in conditions of exceeding the regulatory deterioration of fixed assets, the dangerous reduction in the strength of foundations of structures as a result of flooding, and the effect of corrosion on structural elements.

In the mining areas of Donbass (as a result of military actions and systematic violations of the technological regulations of the drainage of mines and quarries) there is a threat of catastrophic flooding and flooding of nearby cities and towns. There is an unpredictable movement of explosive and toxic gases in industrial and residential buildings. Subsurface and surface water sources are polluted.

Now the negative environmental consequences of the Chernobyl disaster are manifested in the following areas:

– large-scale radioactive contamination of the environment (forests, soils, agricultural land, water bodies);

– the emergence of a large amount of radioactive materials and radioactive waste;

– the presence of the object "Shelter", which continues to be a source of distribution of radionuclides into the environment. There are radiation risks in conditions of extreme weather events, as well as the risk of its destruction.

On November 29, 2016, the Chernobyl NPP hosted solemn events on the occasion of the successful completion of the construction of a new safe shelter (Arch) of the 4th power unit. This is the result of the international program for transforming the Shelter of the Chernobyl NPP into an environmentally safe system.

The project provides that the new facility will be operated for 100 years. At the same time, there is a real threat to the population and the environment, taking into account the growing level of contamination of surface and groundwater with radioactive waste.

About 450 million tons of waste are generated in Ukraine each year, while only up to 15% of solid waste is recycled. The total amount of accumulated waste in Ukraine is more than 35 billion tons. Landfills, landfills, storage facilities, sludge collectors, waste heaps occupy about 2.7% of the country's territory.

The main problems are the lack of facilities for waste disposal, the ineffectiveness of environmental control and the necessary management practices, inefficient

regulatory and legislative standards, illegal waste disposal and the creation of spontaneous dumps, financial obstacles and the lack of a single organizational structure.

Now in Ukraine there is no system for the effective handling of industrial and household waste. Therefore, there is a threat of growth in the volume of their accumulation (by 7,200,000,000 tons or 20–25% by 2030). It is necessary to increase the area of territories for their storage.

The situation with waste management is significantly complicated by the lack of adequate infrastructure for the separate collection, sorting and disposal of solid household waste.

The lack of a National Waste Management Strategy is a significant obstacle to the sustainable development of the domestic waste recycling sector, a kind of barrier to attracting the necessary investments in environmental protection.

Conducting an objective assessment of the environmental safety of the regions is complicated by the unsatisfactory state of the environmental monitoring system. Now in Ukraine there is no operational unified environmental monitoring system. At the same time, only departmental monitoring systems are functioning (narrow-profile tasks are solved).

It is necessary to continue improving the state environmental monitoring system. Proposals for the development of the environmental monitoring system are present in the Basic Principles of the State Environmental Policy of Ukraine for the period up to 2030. Among other tasks, the National Security Strategy of Ukraine (Presidential Decree dated May 26, 2015 No 287/2015) proposes the creation of an effective environmental monitoring system (paragraph 4.14). The Decree of the President of Ukraine dated April 25, 2013 enacted the decision of the Council of National Security and Defense of Ukraine "On the set of measures to improve environmental monitoring and state regulation in the field of waste management in Ukraine".

According to the National Security Strategy, the priorities for ensuring environmental security are:

– preservation of natural ecosystems, support for their integrity and life support functions;

– creation of an effective environmental monitoring system;

– resource conservation, ensuring balanced environmental management;

– reducing the level of environmental pollution, ensuring control of sources of air pollution, surface and groundwater, reducing pollution and reproduction of soil fertility; cleaning of territories from industrial and household waste;

– formation of a system for processing and disposal of production and consumption wastes;

– minimization of the negative consequences of the Chernobyl disaster;

– prevention of uncontrolled importation into Ukraine of environmentally hazardous technologies, substances, materials, transgenic plants and pathogens.

In modern conditions, the tasks of preserving natural ecosystems, creating an effective system for monitoring the environment, ensuring balanced environmental management, reducing the level of pollution of the environment, forming a system for processing and recycling production and consumption waste are becoming topical. It is necessary to prevent the occurrence of emergency situations of man-made and natural nature.

Modern environmental threats of Donbass

Military operations in the east of Ukraine led to serious environmental problems in the Donbas. The ecological state of the eastern regions of Ukraine before the outbreak of hostilities could be described as critical. There was a long use of natural resources. There was a negative impact on all environmental objects. There were dangerous changes in the ecological state of the environment in the Donbas: excessive air pollution, water resources; soil contamination; destruction of land resources; loss of natural reserve fund; the consequences of the destruction of the mines; handling hazardous wastes; destruction of industrial environmentally hazardous objects (objects of critical infrastructure).

Analysis of samples in the air did not reveal significant excess of the maximum permissible concentrations of pollutants compared with background concentrations. This is determined by the fact that the explosive components of ammunition (trinitrotoluene, hexogen, mixtures of nitro compounds with powdered aluminum) quickly decompose in the natural environment. Air pollution (as a result of hostilities) can be determined by the increased content of nitrates and metals that were used in the production of rockets and shells.

The negative consequence of the conflict in the Donbas is a significant pollution of the soil cover. As a result of flooding of the territories, emissions of harmful substances have increased. When a large-scale spill and combustion of fuel and lubricants occurred, soil pollution in large areas. Thus, the area allotted for arable land, for example, in the Donetsk region, reaches 64% of its territory. This led to a significant drop in the quality of agricultural production and a reduction in agricultural land used. Soil pollution also occurs as a result of the combustion of a large amount of ammunition during the direct conduct of hostilities.

One of the most negative and destructive impacts on land resources in the war zone is the explosions of shells. These explosions poison the earth with chemicals and litter it with metal fragments. Tens of tons of chemicals and metal debris made unsuitable for use of the territory of agricultural land. Therefore, the problem of humanitarian demining of the territory of Donbass is important.

The fighting on the territory of the Donetsk and Luhansk regions also led to land pollution and disruption of the landscapes of the nature reserve fund. The monitoring showed that the territories of the branch of the Ukrainian State Steppe Natural Reserve "Khomutovskaya Steppe", the national natural parks "Meotida" and "Svyatye Gory", regional landscape

parks and reserves "Donetsk Ridge", "Slavic Resort", "Kramatorsk", "Zuevsky", "Kleban-Byk", offices of the Lugansk natural reserve "Provalsky Steppe", "Trekhizbensky Steppe", "Stanichno-Luganskoe". Objects of the natural reserve fund of Donbass also suffered from the construction of fortifications, cutting down of forest plantations, forest and steppe fires. We believe that joint environmental monitoring with the participation of international experts, such as the OSCE and the UN (using satellite monitoring data and the use of aerospace technology), is especially important for the territories of Donetsk and Lugansk regions that are not controlled by Ukraine.

Mine are a significant danger. They require uninterrupted power supply. Disconnection from power supply of ventilation systems leads to industrial accidents and salvo emissions of mine gases (methane and hazardous impurities). Disruption of power supply systems of water disposal leads to the flooding of mines, flooding of adjacent territories, pollution of groundwater and surface waters with mine waters with a high salt concentration. Flooding of land leads to their removal from economic exploitation, destruction of buildings. Methane gas under pressure rises to the surface through cracks in the soil, creating explosive situations in nearby objects.

As a result of the hostilities, more than 20 mines in the occupied territories were either threatened with flooding, or completely flooded and are not subject to further exploitation. The exact number of flooded mines is difficult to call. It is reliably known about the full or partial flooding of the Parentskaya and Yasinovskaya-Glubokaya mines in Makeyevka; Mospinskaya, Trudovskaya and Oktyabrskaya mines in Donetsk; "Belorechenskaya" in the Lutuginsky district of the Luhansk region (no longer subject to recovery); mine them. Melnikova in Lysychansk; "Komsomolets Donbass" in the Kirov district of Donetsk region; them. Vakhrusheva in Rovenki; them. Korotchenko in Selidovo; destroyed Progress mine in Torez, Krasny Partizan in Sverdlovsk, Ilovaisk mine, Volynskaya, in Rassypny, Luganskaya, Mashinsky Blok, Maria Glubokaya and many others.

The flooding of a significant number of mines is dangerous because they used to be used as waste storage facilities. Such in particular is the mine "Gorlovskaya" 2-bis and the mine "Yunkom" under Enakievo (in the mine "Yunkom" in 1979 a nuclear explosion was made). Polluted waters from the neighboring Poltava and Uglegorskaya mines begin to enter the Yunkoma mine. In case of its overflow, radioactive substances will rise to the surface, as a result of which the level of radioactive contamination will exceed the norm hundreds of times.

The flooding of conventional mines has dangerous environmental effects. The danger is mine methane, which when flooded rise to the surface. There is a danger of gas accumulation in the rooms and possible explosions. Mine water is very saline. As a result of their release to the surface all underground water horizons will be salted. The water in the wells becomes unsuitable for consumption. Salted and swamped ground. After 2–3 years, saline deserts and swamps will be formed at the place where the waters emerge to the surface, which will be unsuitable for economic use.

It is necessary to eliminate waste heaps, tailings. Dumps filled with toxic mining waste occupy large areas on the surface of the earth. They contain useful chemical elements and polymetallic ores (including lead, silver, aluminum, copper, zinc, and others). It is advisable to alter these waste dumps using modern technologies (valuable polymetallic ores and elements must be removed). It is advisable to use slags to fill spent quarries, earth dips, and the like.

A particularly acute environmental problem in Donbass is the problem of handling hazardous waste. Places of storage of toxic waste in enterprises often do not meet environmental requirements. This contributes to their entry into unauthorized landfills and other unsuitable for this place.

The current situation with waste in the combat zone requires the adoption of an emergency measures. It is the first steps that consist of inventorying the waste and objects of their accumulation, assessing the damage, localizing each of the problems, and developing a detailed plan for their elimination depending on the level of danger.

Objects of critical infrastructure pose a significant environmental threat: Avdeevka Coke Chemical Plant, Dzerzhinsky Phenolic Plant, Donetsk Filtration Station, Lisichansk Oil Investment Company, Bakhmut Agrarian Union Farms, and so on. The analysis carried out shows that severe environmental consequences.

The purpose of the restoration of Donbass on environmental principles are: solving urgent problems of environmental and economic development of Donbass; ensuring national security and protecting the geopolitical interests of the state; the preservation of a safe for the living and inanimate nature of the environment; protection of life and health of the population from environmental pollution; achievement of harmonious interaction of society and nature; protection, rational use and reproduction of natural resources of Donbass.

Provides for the implementation of measures for the environmental restoration of Donbass in stages. The first stage is to carry out environmental monitoring (using aerospace tools) and determine ways to clean up areas from the effects of hostilities and military dangerous items. The second stage is humanitarian demining of territories, restoration of urbanized territories (houses in villages, towns and cities) and communications, as well as restoration of agricultural landscapes (leveling the terrain by filling holes (craters) from shells and mines, rehabilitation of farmlands and fields). The third stage is the development and implementation of programs for the development of local settlements, industrial and agricultural facilities.

We believe that aerospace monitoring will allow for a survey of the ecological status of water sources (water

intakes, wells, wells); evaluate and forecast possible changes in water quality; determine the areas of critical state of the engineering infrastructure (water and sewer complex, heat energy supply, water treatment, hazardous industrial facilities, etc.); to carry out the identification and mapping of "illegal mines", spontaneous places for storing waste, places of landscape disturbances as a result of combat actions conduct a survey of land resources and soils, determine their chemical composition.

It is necessary today to have a plan for an integrated and systematic vision of steps to overcome the environmental consequences of hostilities in the east of Ukraine, which will contribute to the implementation of the State Target Program for the restoration and development of peace in the eastern regions of Ukraine.

Strengthening the ecological block of this program will make it impossible to return to the outdated structure of the regional economy, ensure the modernization of all aspects of the life of the eastern regions of Ukraine on the principles of sustainable development and "green" economy. It is necessary to restore the energy sector of Donbass using modern energy-saving technologies (biofuels, solar power, wind power) and the rational use of traditional energy sources and (where it is possible and has a future). It is necessary to overcome the low level of use of primary raw materials, secondary resources and waste, to introduce little – and non-waste technologies. It is necessary to build (not restoration and not repair of damaged buildings) a new modern and prospective infrastructure of residential and industrial areas. Waste management (based on the results of hostilities) must be carried out in accordance with modern environmental standards.

Ecological terrorism: problems and threats to society

Today, about forty environmental problems of global, global significance are identified. These include, in particular, air pollution, the greenhouse effect, the threat to the ozone layer, acid rain, pollution of the oceans, radiation pollution, the disappearance of plant and animal species, reduction of natural habitats, increased waste, environmental imbalances, urban crisis , shortage of fresh water, population growth, social tensions, problems with food, energy problems, reduction of natural resources, etc. Therefore, in general, we can talk about a systemic environmental crisis [10; 11].

Prediction of global problems can be made on the basis of the development and study of computer scenarios of world development. According to these scenarios, in the second half of the 21st century, an ecological and social collapse is possible, which will be systemic and lead to a catastrophe. In a situation that develops, any actions aimed at destroying the environment can cause catastrophic environmental consequences.

Accessibility for terrorists of complex types of weapons and explosive systems represents a potential threat of harm to the environment. The use of large-scale advanced explosive devices against objects (dumping sites for hazardous waste, nuclear power plants, electrical controls of pumping stations in oil and gas pipelines) can have disastrous consequences.

Let us give just one example of "environmental terrorism". Within five years after the start of oil transportation on the Kano-Limon-Covenas oil pipeline, the Colombian National Liberation Army arranged 140 explosions on the oil pipeline. This 490 millionth oil pipeline (on the territory of Colombia) is owned by Ekoprolet Columbia and a consortium of European and American oil companies. As a result of the terrorist attacks, almost 640,000 barrels of oil spilled. Losses and losses of oil exports were estimated at over $ 500,000,000. Also, recently, the threat of the use of radioactive materials, highly toxic substances and pathogenic microorganisms by radical elements for terrorist purposes has become more frequent all over the world.

The environmental crisis threatens the national security of any country. According to experts, these "unconventional" means may cause more serious damage than conventional weapons. Terrorists can consider these extremely dangerous means to undermine the economy of any country, causing harm to its environment and population. Dangerous encroachment of criminal elements on high-risk facilities can lead to emergencies that are comparable in scale to accidents at nuclear facilities.

Therefore, we can distinguish environmental terrorism as a new kind of high-tech terrorism.

Ecological terrorism is terrorism on dangerous, from the point of view of ecology, objects. Hazardous facilities include: all types of power plants; production of the nuclear fuel cycle and nuclear ammunition; chemical, petrochemical and oil refining, metallurgical, biotechnical enterprises; storage of raw materials and products; oil, gas and ammonia pipelines; as well as military facilities containing radioactive and toxic substances. The main part of such facilities is located in the port-industrial zones of cities and densely populated places. They create a constant threat of environmental disasters.

Ecological terrorism is intimidation of people through environmental impact. Ecological terrorism is much more dangerous than many other crimes of a terrorist nature. In environmental terrorism, violent acts are applied to citizens or their property indirectly, through the environment.

In modern history, environmental terrorism did not occur often. However, precedents of actions of an ecological-terrorist nature exist. In 2001, terrorists in the United States and other countries spread anthrax spores (anthrax) in envelopes of ordinary mail. The threat of a new plague seemed insurmountable. In January 2003, the intelligence services of Great Britain announced that they had arrested 13 terrorists who were trying to start production of a highly toxic chemical substance ricin. As established by the British intelligence services, all those arrested are members of a terrorist group associated with the al-Qaida group. The production of ricin has become part of a carefully planned environmental attack

in several countries of the European Union. This example of environmental terrorism could end in a global catastrophe. It is difficult to imagine the possible consequences of a terrorist explosion, for example, a nuclear power plant or a train with spent nuclear fuel...

Ecological terrorism has two main forms: encroachment on the life and health of citizens and encroachment on objects of the state and international economy.

Agricultural terrorism can also be considered as a form of environmental terrorism. It is known that the provision of state food is an element of the survival of the nation. Continuous food production ensures stability for all modern societies. Reduced agricultural production and livestock production can lead to poor nutrition, malnutrition and hunger. These factors, in turn, can create prerequisites for public discontent and unrest.

Today, the world's leading countries are aware of the extreme vulnerability of the agricultural sector and are planning countermeasures to protect the main grain areas from terrorists who can take advantage of biological means.

As a kind of environmental terrorism, technological terrorism can also be considered, which is understood as: illegal use of nuclear, chemical, bacteriological (biological) weapons or their components, nuclear, radioactive, highly toxic chemicals, pathogenic microorganisms; decommissioning, destruction or seizure of nuclear, chemical or other objects, life support systems of cities and industrial centers. Waterworks, which are usually located within large cities or upstream, are also a serious danger. When they are destroyed, people are dying, vast territories, economic and strategic objects are flooded.

Definition of the term "environmental terrorism". The following methods can be chosen to study the problems of "environmental terrorism": sociological (sociological survey in the form of questioning and interviewing, sociological research); system analysis methods; computer simulation methods. On the basis of a systematic analysis of modern processes, it is possible to develop a strategy and measures to prevent and combat environmental terrorism (environmental legal measures, criminal legal measures; international legal measures).

It should be borne in mind that currently there is no recognized concept (definition) of environmental terrorism. Also, there is no distinction between the concepts of "environmental terrorism" and "environmental activism (radicalism") ("ecological terrorism" and "environmental terrorism") in the scientific literature.

Environmental activism (radicalism) in scientific and journalistic literature is often confused with environmental terrorism. Environmental activism refers to the actions of "green" journalists and the media in order to draw attention to the environmental problem. Mass media today form public opinion on one issue or another. However, the environmental activists blocking the train's track with spent nuclear fuel is a much less serious problem than the deliberate undermining of such a train by terrorists or, for example, an attack on a nuclear power plant. Environmental terrorists are not those who protect the environment (even if sometimes too radical and illegal methods), but those who encroach on it.

It is necessary scientifically, and then at the legislative level to separate the concepts: "environmental terrorism" (crime) and "environmental activism" (actions to protect the environment).

Ecological terrorism is a crime aimed at pollution or destruction of the environment. Environmental activism (radicalism) is the activity of activists of environmental organizations and movements aimed at protecting the environment. Ecological terrorism requires much more attention than it is being given today.

The concept of environmental terrorism defines terrorism as an environmental impact. This concept is found, for example, in the work of Timothy Sheffield (Timothy Shofield) "The Environment as an Ideological Weapon: A Proposal for the Criminalization of Terrorism with Environmental Impact" ("The environment as an ideological weapon: a proposal to criminalize environmental terrorism").

The modern international community has not yet come to a common understanding of the term "terrorism". Different international documents give different definitions of "terrorism". The definition of the term "environmental terrorism" in international law, unfortunately, is not today. In the national legislation of Ukraine, as well as other states, the definition of "environmental terrorism" does not exist either. Therefore, such a definition must be introduced primarily at the international level. The most complete (reflects the nature of the commission of a terrorist act), the definition of terrorism is provided by the definition contained in Article 2 of the draft UN comprehensive convention on international terrorism: "... serious damage to public or private property, including public places, a state or government facility public transport system, infrastructure or the environment; or damage to property, facilities, facilities or systems referred to in paragraph 1 (b) of this article which entails or may entail large economic losses, when the purpose of such an act, due to its nature or context, is to intimidate a population or force organization to commit an action or to refrain from doing it."

Thus, environmental terrorism should be considered as unlawful or intentional infliction of significant damage to the environment in order to intimidate the population or force the government or international organization to take any action or refrain from committing it.

However, the proposed definition will be useful in determining responsibility for environmental terrorism in international and national criminal law acts. For other purposes, it is possible to propose a simpler definition, according to which ecological terrorism is the commission of terrorist acts with the help of environmental impact.

The definition of environmental terrorism is one of the first steps towards developing a possible strategy, taking measures to prevent and combat this type of crime.

The search for strategies to prevent and combat environmental terrorism

To prevent and combat this type of crime there are various approaches: hard (power) approach; moderate approach (human rights should not be limited under any circumstances).

The next important issue of strategy development is the issue of public awareness about security. It is imperative that they inform the public about the level of safety of facilities and emergency situations. Such an approach should be the basis of a strategy to combat environmental terrorism.

The next important issue of strategy development is the distribution of powers between the relevant authorities. A decision is needed on the extent to which environmental terrorism will be dealt with: an enterprise with hazardous production, state bodies, authorities, law enforcement agencies and special services.

Ecological and legal measures to prevent and combat environmental terrorism are of the greatest importance at the regional level. Among such measures, the following should be highlighted:

1. Assessment of emergency danger of man-made objects (regardless of the threat of an accident).

2. Assessment of the emergency danger of a man-made object in the event of a terrorist factor.

An objective assessment of the main parameters of the risk of the functioning of hazards plays a very important role in ensuring environmental safety. The population must clearly understand what consequences may arise as a result of an environmental terrorist act of varying degrees of complexity, be aware of the possibilities to minimize harm to their own health.

Ecological terrorism is a very serious crime that can encroach not only on public safety and public order, but also on the peace and security of humanity, as an object of crime, in the event of a terrorist act, for example, a nuclear power plant. Therefore, environmental terrorism as a criminal offense requires qualification recognition.

Methodology of counteraction to environmental threats, risks and environmental terrorism: a systematic approach

The special danger of "environmental terrorism" today is that terrorists can use for their own ends, achieve technical progress and there are a large number of dangerous objects of encroachment (atomic, electronic, chemical and environmental).

The problem of organizing opposition to "environmental terrorism" has acquired particular importance in connection with complex environmental processes, in particular with the situation prevailing in the Donetsk and Lugansk regions, the Crimea.

We propose to discuss a systematic approach to countering environmental terrorism and extremism. We must understand that the phenomenon of environmental terrorism has no boundaries, no religion, no nation, and therefore threatens the security of all human civilization. However, the result can be achieved only when the efforts of the state and society unite on the principles of democracy, the protection of human rights, and the security of our lives. Systemic counteraction to "environmental terrorism" is aimed at activating the public sector, finding a favorable action and on the part of law enforcement agencies. "Ecological terrorism" (as an international transnational phenomenon) is considered as a system that requires management (resistance). At the same time, the power component also needs additions of the society itself, public institutions.

Environmental terrorist risk has a social nature and social meaning in all aspects: in sources and set of hazards, in the dynamics of growing threats into threats, in assessing and managing the vulnerability of the target, in assessing the realization of risk, and finally in countering the terrorist act. The environmental terrorist threat is associated with a fundamentally new risk status in the world. Environmental terrorist activity is a targeted, motivated action that includes the organization, planning, preparation, financing and implementation of the terrorist act itself, incitement to its implementation, recruitment, "arming", training and use of terrorists. The sociopolitical phenomenon of "environmental terrorism" is a multidimensional phenomenon. Philosophers, historians, political scientists, sociologists, lawyers, economists, psychologists, criminologists, representatives of other sciences should be engaged in its study and analysis. This is determined by the specificity and uniqueness of the problem under study, which requires an interdisciplinary approach.

As the analysis shows, when studying the phenomenon of "environmental terrorism", it is advisable to take into account four main characteristics. First, "environmental terrorism" is one of the forms of organized violence. Secondly, "environmental terrorism" pursues political goals and motives; this is a specific form of violence. Thirdly, the characteristic content of environmental terrorism is a conscious focus on numerous human victims, destruction of the environment and natural resources. Fourthly, actions that terrorists can implement against humanity have significantly expanded: mass poisoning, radioactive contamination, infection with dangerous diseases, the spread of epidemics and epizootics, and the like. Tools for the commission of terrorist acts can be explosive devices of a broad spectrum, radioactive, poisonous and other dangerous biochemical substances.

Ecological terrorism has inherited all the traits of violence from its historical predecessors changes in the process of historical development under the influence of social and social factors. This concerns not only the goals, means and methods of terrorist activities, but also the personalities of those who take part in it.

Systemic factors of "environmental terrorism"

Currently there is no legal interpretation of the term "environmental terrorism". According to the authors, the functional components of the concept of "environmental terrorism" should be highlighted:

1. "Biological terrorism". This type of terrorism is manifested in intimidation of people by the use of bacteriological weapons or their components, pathogenic microorganisms. The use of biological means of warfare (bacteria, viruses, fungi, toxins or substances produced by these organisms) against the population in order to threaten to destroy or destroy as many people as possible is biological terrorism. Dozens of different biological agents can be used to make biological weapons. The action of each agent leads to different effects. Some types of biological weapons are designed to destroy crops and livestock. Compared with other types of weapons (nuclear, chemical, conventional) biological weapons are unique in their diversity. There are two types of biological weapons: liquid and dry powder. Biological weapons are relatively inexpensive and, in principle, easy to manufacture. Although its most complex and effective options require the use of expensive equipment and special scientific knowledge, in a primitive form biological weapons can be manufactured with simple equipment and with a limited level of training.

The three main uses of biological weapons are: contamination of food or water; infection of vectors, such as mosquitoes and fleas, that infect the population and livestock; the creation of poisonous aerosol clouds; contamination area.

Experts believe that the most likely is the use of biological weapons in the form of aerosol clouds. Such clouds can be created in various ways: bomb blast, spraying and the like. The damaging ability of biological weapons is determined by many factors: the amount of the agent used, the direction and strength of the wind, weather conditions.

The possibility of using biological weapons is less likely, although comparing the possibility of using biological and nuclear weapons, the likelihood of the use of biological weapons is more real. First, the relative ease of acquiring and using its individual species; secondly, its low cost, the possibility of covert use, the selectivity of action. The most likely is the use of biological weapons as deadly viruses of typhoid, anthrax, paratyphoid, botulism toxins and others in homes equipped with air ventilation systems. The objects of the attacks can also become storage of drinking water and cosmetic products.

Biological substances, materials that are of increased danger to others, are "biological agents and substances of biological origin (biochemical, biotechnological preparations, microorganisms pathogenic for humans and animals, etc.)" (paragraph 4 of article 1 of the Law of Ukraine "On Objects heightened danger "dated January 18, 2001 No. 2245).

2. "Chemical terrorism". Chemical terrorism is manifested in intimidation by the use of chemical weapons or their components, highly toxic chemicals. Chemical terrorism is a new threat to the security of mankind, the scale of which far exceeds the consequences of the use of modern firearms. This type of terrorism is defined as a method of using chemical agents by terrorists to create a threat to the lives of people.

The basis of chemical weapons is poisonous substances – chemical compounds that can penetrate with the air into various structures and hit people in them. They retain their striking effect in the air, on the ground, in various objects for quite a long time. Spreading in large volumes of air and over large areas, they affect all people who fall into the sphere of their action without protective equipment.

The following substances are used as toxic substances: sarin, soman, V-gases, mustard gas, hydrocyanic acid, phosgene, lysergic acid dimethylamide. It is assumed that for the unexpected use of chemical agents, terrorists can use means of their dispersion in the air, poisoning of water bodies, and agricultural lands.

Chemical weapons are quite attractive for terrorist use for the following reasons: the availability and possibility of a completely legal acquisition of components of chemical weapons; the ability to covertly deliver chemical components to the site of the terrorist attack; information openness for the creation of chemical weapons; high damaging ability, especially in densely populated areas. These qualities of chemical weapons contribute to the growth of the threat of a terrorist act with its use. The danger increases with the increased ability of terrorists to have industrial toxic substances at their disposal. An example of the use of chemical weapons directly for terrorist purposes is an attack launched by militants of the Aum Shinrike sect in 1995 in the Tokyo metro. She showed that the danger of the use of chemical and other weapons of mass destruction by terrorists has become a reality.

Chemicals that pose an increased risk to others are chemicals that, directly or indirectly, can lead to death, acute or chronic disease or poisoning of people and (or) harm the environment (order of the Ministry of Ukraine on emergency situations and protection of the population from the consequences of the Chernobyl disaster, the Ministry of Agrarian Policy of Ukraine, the Ministry of Economy of Ukraine and the Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine from 27 May that 2001 № 173/82/64/122).

3. "Radiation terrorism". It manifests itself in intimidation of the illicit use of nuclear weapons or their components, nuclear, radioactive substances. Terrorist attacks usually aim to achieve an "instant dramatic effect." Such an effect can be obtained using radioactive materials. Thus, an attack by a small group of lightly-armed terrorists on a nuclear facility or a statement about the use of nuclear weapons, radioactive materials may not cause real damage, but they will give a huge psychological effect, will cause hysteria, give birth to fear.

The factors that cause the greatest concern include such a negative phenomenon as illicit trafficking in nuclear radiation materials and sources of ionizing radiation. The growing threat of proliferation of nuclear materials in recent times due to the following reasons:

– the release of a significant amount of nuclear material as a result of a reduction in nuclear weapons;

– an increase in the number, growth of influence and financial capabilities of terrorist groups, transnational organized criminal groups, religious secessionist movements, religious sects.

The act of "nuclear radiation terrorism" is understood:

– use (or threat of use) of nuclear-radiation-materials, materials, nuclear fuel, waste of radioactive substances, sources of ionizing radiation in combination with disruptive or toxic substances;

– use (or threat of use) of nuclear facilities, nuclear explosive devices, radiation dispersing devices, as well as their components, which may be carried out by individuals, groups or organizations through the illegal seizure and use of nuclear radiation materials, nuclear waste and isotope products to achieve their political, economic or other goals.

The illicit trafficking of nuclear-radiation materials not only increased the existing threats in the nuclear sphere, but also created a completely new threat of "nuclear terrorism".

The IAEA report noted that by terrorists or other intruders, some sources of radiation can be used for criminal purposes, for example, for the manufacture of so-called dirty bombs. Radioactive sources, which are widely used throughout the world in agriculture, industry, medicine, research institutions, do not have such a system of control and accounting that exist for nuclear materials.

According to the IAEA, more than 10 million sources of ionizing radiation are used in the world today. A huge amount of radioactive waste has been accumulated in Ukraine today. The total volume of radioactive waste is about 3,300–4,600 thousand m^3, and every year only 13,000 m^3 of liquid radioactive waste and 28,000 m^3 of solid radioactive waste are generated at NPPs alone. The current state of affairs in the field of radioactive waste management does not allow for providing the necessary level of protection, which increases the likelihood of terrorist acts.

4. "Technological terrorism". This type of terrorism is aimed at intimidating the destruction or deterioration of the conditions of functioning and efficiency of man-made objects. The definition of "technological" terrorism was legally defined in the Treaty of the Commonwealth of Independent States in the fight against terrorism. "Technological terrorism" means two groups of crimes of a terrorist nature:

– first, these are actions performed with the use of new technical means (chemical, biological, nuclear, radiation);

– secondly, these are actions directed against especially dangerous objects and objects of life support, the destruction of which leads to grave consequences (massive population death, pollution of the territories).

In a broad sense, "technological terrorism" can be defined as a set of innovative ways to carry out terrorist actions (which today include aerospace terrorism).

The social danger of "technological terrorism" is that the very fact of attacking objects violates the normal (safe) operation of them, threatens accidents, catastrophes, emergencies, death and harm to their health, as well as the environment, material and cultural values.

The consequences of terrorist actions in the destruction of hydraulic structures, chemical plants, nuclear fuel cycle facilities may have the scale of a regional and even national catastrophe. The destruction of control systems, energy supply, water supply and communications of large cities can paralyze their livelihoods and lead to mass panic, economic losses, and death of the population. Industrialized regions with high population density are the most vulnerable to the effects of damaging factors of man-made nature.

5. "Natural terrorism". This type of terrorism is manifested in the following areas: intimidation of destruction of objects of the nature reserve fund, pollution of the aquatic environment, soil and air, destruction of biological diversity.

6. "Agricultural terrorism" manifests itself as a violation of the stability of food production, a decrease in agricultural production and animal husbandry. The goal of "agricultural terrorism" is to worsen nutrition, malnutrition of the population and hunger.

Today, it can be stated that environmental terrorism is trying to adopt the most advanced technologies that can entail mass destruction of the population, cause significant environmental and economic losses.

Systemic measures to combat and prevent "environmental terrorism"

The following systemic measures are proposed to prevent environmental risks and combat "environmental terrorism".

1. Improving the legal framework. The legal framework for combating terrorism in Ukraine, in our opinion, is insufficient and needs to be improved. "Ecological terrorism", as a separate corpus delicti, is not provided for in the current legislation of Ukraine. Along with this, in the Criminal Code there are a number of articles that provide for responsibility for the acts, which are defined as manifestations of a terrorist orientation. Thus, Article 258 of the Criminal Code of Ukraine, for example, is called the "Terrorist Act". In Ukraine, it is necessary to enshrine in law a legal definition of the concept of "environmental terrorism" and a special provision on responsibility for its commission. The absence in Ukraine of a clear legal definition of the concept of "environmental terrorism" does not make it possible (from the point of view of criminological science) to fully disclose the essential characteristics of this danger and to work out ways to prevent and counter it. Special legislation should be created to combat "environmental terrorism" in Ukraine. The targeted law on countering "environmental terrorism" would allow: to legislatively determine the organizational and legal framework for combating manifestations of "environmental terrorism"; define it as a political and socio-economic phenomenon;

Legislatively identify state law enforcement agencies whose functions would be to prevent environmental threats, environmental risks and stop "environmental terrorism" in Ukraine.

2. Information support. As the experience of European countries shows, it is necessary to adjust the timely flow of information about the activities and intentions of extremist groups. It is necessary to create an effective state-wide system of coordination of anti-terrorist environmental activities using the available forces and means of ministries and departments and the potential of society. And this is impossible to do without information analysis and fundamental research of "environmental terrorism". Therefore, adequate coverage of terrorist attacks in the media, coupled with the report of the ideology of countering "environmental terrorism" and extremism is the best help to the security sector.

3. Cooperation with international organizations. It is necessary to actively cooperate with international anti-terrorism organizations and institutions. This will allow improving international legal mechanisms to eliminate contradictions in approaches to the assessment of international terrorism and the root causes of its occurrence. There is an urgent need to coordinate the actions of special antiterrorist units for environmental response with new tasks of their international use and the possible prospect of deploying antiterrorist groups under UN auspices.

The international experience of counteracting "environmental terrorism" in recent years shows that individual states are not able to independently confront certain large-scale emergency situations of a technogenic and natural character and environmental threats. Effective organization of protection of the population and territories (based on risk management of environmental threats to accidents and disasters) at the national level is impossible without wide and active international cooperation.

The reasons that lead to uniting the efforts of various countries in order to meet the challenges of managing risks of environmental disasters include:

– global nature of man-made and natural emergency situations;

– the possibility of transboundary distribution of the effects of emergency situations;

– Ukraine's international obligations to prevent man-made and natural disasters, as well as to inform, neutralize and assist in case of their occurrence;

– the need to integrate Ukraine into the European network for monitoring technological and natural risks;

– economic benefits from international cooperation in the field of man-made and natural emergency situations.

The priority direction for Ukraine is the development and formation of international economic mechanisms for regulating interstate risks of emergency situations of a technogenic and natural character with transboundary consequences. To create a legal framework for cooperation in the fight against environmental terrorism, it is necessary to conclude appropriate anti-terrorism conventions. For example, by analogy with the Conventions that exist in other industries: the Convention on the Physical Protection of Nuclear Material, 1980 (entered into force in 1987); Protocol for the Suppression of Unlawful Acts against the Safety of Fixed Platforms Located on the Continental Shelf (1988); International Convention for the Suppression of Terrorist Bombings (1997); International Convention for the Suppression of Acts of Nuclear Terrorism (2005).

International cooperation in the fight against environmental terrorism can be carried out as follows:

1) the establishment at the international level of common approaches to bringing to criminal responsibility for environmental terrorism and its manifestations;

2) the development and conclusion of international treaties in the field of combating environmental terrorism, the adoption of other international documents as a legal basis for regulating the activities of states and international organizations in this field.

International cooperation in the fight against environmental terrorism, in our opinion, should be based on the following principles:

1) the principle of condemnation of "environmental terrorism", regardless of the goals of terrorists (enshrined in almost all international conventions on combating terrorism);

2) refusal of any form of assistance to environmental terrorists (financial, technical, etc.);

3) cooperation at the global level in the fight against the financial and technological capabilities of environmental terrorists;

4) protection of objects of the nature reserve fund, world cultures and religions from the extremist influence of ecological terrorism;

5) compliance with international law.

4. System technologies to combat environmental terrorism. It is expedient to refer to the system technologies of combating environmental terrorism:

– prevention, blocking of "environmental terrorism" at the initial stage;

– Preventing the ideological justification of environmental terror under the slogans of "protecting nature", "protecting the nation", etc .; disclosure of the essence of terrorism by all possibilities and especially by the mass media;

– involvement of professionally experienced intelligence services in the antiterrorist activities;

– the implementation of negotiations with terrorists only by these special services and only to cover the preparation of the action for the complete destruction of terrorists;

– no concessions to terrorists, not a single unpunished terrorist attack, even if it costs the blood of people (practice shows that any success of terrorists provokes a further increase in terror and the number of victims).

In practice, this activity can be in the nature of cooperation in the development of a unified state

policy for the prevention of "environmental terrorism", the rapid exchange of information between bodies in the field of ecology and environmental management, criminal justice, criminal prosecution of environmental terrorists and bringing them to justice.

5. State risk management of environmental threats, "environmental terrorism". Transition to the system of analysis and risk management of "environmental terrorism", in our opinion, should become a priority task in the activities of public organizations, the basis for ensuring a guaranteed level of security for a citizen, society, and the state. The main activities of public organizations in combating "environmental terrorism" are:

– participation in the formation of the regulatory framework for technological, natural and environmental safety on the basis of common risk management principles and its harmonization with the requirements of the European Union;

– participation in the introduction of human-induced, natural and environmental risks rationing, development of recommendations for the application of relevant standards in the mechanisms of state regulation of technological and natural safety;

– expanding the scope of research and development of methods, models, methods of analysis and risk assessment of emergency situations of man-made and natural nature, forecasting their development;

– development of a common technology for managing man-made, natural and environmental safety based on a risk-based approach;

– formation of recommendations for improving the monitoring system of hazardous technogenic objects and natural processes in the direction of providing an information base (for assessing the risks of environmental terrorism and emergency situations);

– development of scientific bases for the development of state programs for socio-economic development, taking into account the risk indicators of environmental terrorism, environmental accidents and disasters;

– participation in the introduction of new effective forms of analysis, assessment, examination and control of the safety of hazardous man-made objects at all stages of the life cycle;

– cooperation with international public organizations on the regulation of technological and natural security;

– making recommendations on improving the education system, providing training for specialists in the field of man-made and natural emergency risk management.

6. Prevention (systemic forecasting) of environmental terrorism. Prevention is the primary and only way to prevent crime. Therefore, the priority in the fight against "environmental terrorism" belongs precisely to preventive activities. In its implementation, legislative, executive and judicial authorities, religious authorities, political party leaders, the media and the general public should find their place. It is necessary to consolidate various social trends in order to support the global strategy to counter "environmental terrorism" and extremism. It is necessary to create a multifunctional system of anti-terrorist actions. Such a system should include the optimal use of the intellectual potential of the nation, the human factor and their mobilization to solve the problems of combating environmental terrorism. This requires close interaction of all state and public structures to eliminate threats to the security of individuals, society and the state. Let us single out three levels of prevention of "environmental terrorism": individual prevention (prevention of the commission of unlawful environmental actions by individuals or their groups); prevention of certain types of environmental crimes; prevention of environmental crime in general.

7. The interaction of government and the public. The civilized ratio of state and non-state systems should be the basis for the development and functioning of the entire national security system. It is this balanced architecture that provides the opportunity for harmonious development, as well as integration and large-scale implementation of the interests of the individual, society and the state.

Conclusions. When creating a methodology for countering environmental threats, risks and environmental terrorism, it is advisable to identify the systemic factors of "environmental terrorism": biological, chemical, radiation, technological, natural, agricultural, etc. organizations to identify, identify and evaluate the synergistic effect of the manifestation of environmental factors and develop appropriate measures. These measures should be implemented in the following areas: improving the legislative framework; Information Support; cooperation with international organizations; system technologies to combat environmental terrorism; government risk management of environmental threats, environmental terrorism; prevention (systemic forecasting) of environmental terrorism; interaction of authorities and the public.

References

1. Биченок М.М., Трофімчук О.М. Проблеми природно-техногенної безпеки в Україні. К.: УІНСіР, 2002. 179 с.
2. Білявський Г.О., Падун М.М., Фурдуй Р.С. Основи загальної екології. К.: «Либідь», 1993. С. 3–6.
3. Бондар О.І., Машков О.А., Абідов С.Т. Системний аналіз небезпеки у зоні проведення антитерористичної операції на сході України: біосферні конфлікти та транскордонне забруднення. *Екологічні науки: науково-практичний журнал*. К.: ДЕА, 2015. № 9. С. 5–26.
4. Верховна Рада України; Закон України «Про національну безпеку України» від 21 червня 2018 року № 2469-VIII.
5. Гошовський С.В., Рудько Г.І., Преснер Б.М.. Екологічна безпека техноприродних геосистем у зв'язку з катастрофічним розвитком геологічних процесів. К.: ЗАТ «НІЧЛАВА», 2002. 624 с.
6. Качинський А.Б., Хміль Т.А. Екологічна безпека України: аналіз, оцінка та державна політика. К.: НІСД, 1997. 127 с.
7. Качинський А.Б. Екологічна безпека України: системний аналіз перспектив покращення. К.: НІСД, 2001. 312 с.

8. Косевцев В.О., Бінько І.Ф. Національна безпека України: проблеми та шляхи реалізації пріоритетних національних інтересів. К.: НІСД, 1996. 61 с.
9. Машков О.А., Мамчур Ю.В. Загроза національній безпеці: екологічний тероризм як сучасний виклик суспільству. *Науковий часопис Академії національної безпеки*. 2018. № (17). С. 8–21.
10. Машков О.А., Мамчур Ю.В. Загроза національної безпеки: аерокосмічний тероризм як новий виклик безпеці суспільства. *Науковий часопис Академії національної безпеки.* 2018. № 1 (17). С. 8–28.
11. Настасенко О.Г., Бондар О.І., Машков О.А. Системний підхід щодо ліквідації екологічної катастрофи у зоні антитерористичної операції. *Екологічні науки: науково-практичний журнал*. К.: ДЕА, 2014. № 6. С. 5–20.
12. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2015 році. К.: Міністерство екології та природних ресурсів України, ФОП Грінь Д.С., 2017. 308 с.
13. Указ Президента України Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 6 травня 2015 року «Про Стратегію національної безпеки України». URL: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/287/2015/paran7#n7.
14. Шмандій В.М. Управління екологічною безпекою на регіональному рівні (теоретичні та практичні аспекти): автореферат дис. ... д-ра техн. наук. Х., 2004. 36 с.
15. Шмандій В.М., Шмандій О.В Екологічна безпека – одна з основних складових національної безпеки держави. *Екологічна безпека*. КрНУ. № 1/2008(1). С. 9–15.

УДК 502/504
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-1-24-1-2

ПРОБЛЕМИ ВТОРИННОЇ МІГРАЦІЇ ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ – ІНГРЕДІЄНТІВ ВИКИДІВ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА ПРИДОРОЖНІХ РЕКРЕАЦІЙНИХ ТЕРИТОРІЯХ МІСТ

Борисов О.О., Кофанова О.В.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
пр. Перемоги, 37, 03056, м. Київ
alexina555@gmail.com

Представлено дослідження вторинної міграції токсичних хімічних елементів і сполук – інгредієнтів викидів автотранспортних засобів у ґрунтах придорожніх територій міст рекреаційного призначення. Актуальність роботи визначається зростанням техногенного навантаження на урбоекосистеми з боку транспортного комплексу, особливо на придорожні міські території рекреаційного призначення. Проаналізовано хімічні та фізико-хімічні процеси, що відбуваються за участю шкідливих речовин і токсичних хімічних елементів у компонентах довкілля (ґрунтах, ґрунтових розчинах, поверхневих водах тощо) за різних погодних умов, а також за різної кислотності середовища. Встановлено, що кислі ґрунти та ґрунтові й поверхневі води сприяють переходу хімічних елементів у водорозчинні, біодоступні форми, що у багато разів може збільшити біотоксичність викидів автотранспорту. Комплексні процеси, що мають місце у ґрунтах і донних відкладеннях, навпаки, можуть знизити токсичність хімічних елементів та їх сполук, сприяючи «виведенню» з біохімічного колообігу цих токсикантів. Експериментальні дослідження та результати моделювання міграції шкідливих речовин у довкіллі (атмосферному приповерхневому повітрі, придорожніх ґрунтах тощо) вказують на необхідність проведення заходів із метою запобігання потраплянню шкідливих речовин на території та водні об'єкти рекреаційного призначення. *Ключові слова*: міграція хімічних елементів, автотранспортний комплекс, рекреаційні території, водні об'єкти, ґрунти, шкідливі речовини.

Проблемы вторичной миграции химических элементов-ингредиентов выбросов автотранспортных средств на придорожных рекреационных территориях городов. Борисов А.А., Кофанова Е.В. В работе представлены исследования вторичной миграции токсичных химических элементов и соединений – ингредиентов выбросов автотранспортных средств в почвах придорожных территорий рекреационного предназначения. Актуальность работы определяется ростом техногенной нагрузки на урбоэкосистемы со стороны транспортного комплекса, особенно на придорожные городские территории рекреационного назначения. Проанализированы химические и физико-химические процессы, происходящие с участием вредных веществ и токсичных химических элементов в компонентах окружающей среды (почвах, грунтовых растворах, поверхностных водах и прочее) при различных погодных условиях, а также при разной кислотности среды. Установлено, что кислые почвы, грунтовые и поверхностные воды способствуют переходу химических элементов в водорастворимые, биодоступные формы, что во много раз может увеличить биотоксичность выбросов автотранспорта. Комплексные процессы, имеющие место в почвах и донных отложениях, наоборот, могут снизить токсичность химических элементов и их соединений, способствуя «выводу» из биохимического круговорота этих токсикантов. Экспериментальные исследования и результаты моделирования миграции вредных веществ в окружающей среде (атмосферном приповерхностном воздухе, придорожных почвах и прочее) указывают на необходимость проведения мероприятий с целью предупреждения попадания вредных веществ на территории и водные объекты рекреационного назначения. *Ключевые слова:* миграция химических элементов, автотранспортный комплекс, рекреационные территории, водные объекты, почвы, вредные вещества.

Problems of secondary migration of chemical elements – the components of motor vehicle emissions on urban roadside recreational territories. Borysov O., Kofanova O. The paper presents the results of the study of the secondary migration of toxic chemical elements and compounds – components of vehicle emissions in soils on roadside recreational urban territories. The importance of the investigation is determined by the growth of the technogenic load on the urban ecosystems from the side of the motor transport complex, especially on the roadside recreational urban areas. The chemical and physico-chemical processes that occur with the presence of harmful substances and toxic chemical elements in the components of the environment (soils, soil solutions, surface waters, etc.) under different weather conditions, as well as under various acidity of the medium, were analyzed. It was found that acidic soils, ground and surface waters promote the transition of chemical elements in water-soluble, bioavailable forms, which can increase the biotoxicity of vehicle emissions many times. Complex processes occurring in soils and bottom sediments, on the contrary, can reduce the toxicity of chemical elements and their compounds, contributing to the "removal" of the toxicants from the biochemical cycle. Experimental studies and the results of the modelling of the migration of harmful substances in the environment (atmospheric near-surface air, roadside soils, etc.) indicate the need for measures to prevent the ingress of harmful substances into recreational urban areas and water facilities. *Key words:* migration of chemical elements, motor transport complex, recreational territories, water objects, soils, harmful substances.

Постановка проблеми. Дослідження закономірностей міграції (хімічної, фізичної, фізико-хімічної, біохімічної тощо) та локального концентрування хімічних елементів (далі – ХЕ), що є складниками компонентів викидів автотранспортних засобів (далі – АТЗ), на територіях, прилеглих до автомагістралей, є однією з найактуальніших наукових проблем сучасності. Проте більшість еколого-геохімічних досліджень, особливо у міських агломераціях, базуються на вивченні розподілу валових концентрацій ХЕ і шкідливих речовин (далі – ШР), результати яких дають змогу визначити лише напрямок міграції – накопичення чи винос речовини (або хімічного елемента). Робити висновки щодо можливих трансформацій сполук у ґрунтах, ґрунтових розчинах і поверхневих водних об'єктах можна тільки на основі вивчення форм існування ХЕ, їх рухомості, розчинності та біодоступності. Отже, проблема визначення форм знаходження токсичних елементів у компонентах довкілля, зокрема у ґрунтах і водних об'єктах, все ще залишається недостатньо вивченою.

Актуальність обраної теми дослідження зумовлена також тим, що в умовах техногенезу забруднювачі можуть якісно змінювати свої природні (нативні) геохімічні форми міграції, наприклад, на більш рухомі, створюючи при цьому більш токсичні скупчення ШР, стаючи більш біодоступними тощо. Це стосується як оксидів Нітрогену, Карбону і Сульфуру, так і сполук важких металів (зокрема, Кадмію Cd, Плюмбуму Pb, Меркурію Hg, Купруму Cu, Хрому Cr тощо), інших компонентів відпрацьованих газів (далі – ВГ) автотранспортних засобів. При цьому в довкіллі можливі й протилежні за напрямом дії процеси, наприклад синергетичні, коли присутність одного (декількох) ХЕ полегшує біодоступність іншого (інших), або антагоністичні, коли все відбувається навпаки.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. За оцінками фахівців, кожного року у світі спалюється приблизно 9 млрд тонн умовного палива, а отже, в атмосферу викидається більше 20 млрд тонн вуглекислого газу, до водойм потрапляють приблизно 600 км^3 рідких шкідливих відходів. Тобто техногенні процеси за своїми масштабами й інтенсивністю можуть конкурувати з основними природоутворюючими процесами [1].

Перенесення забруднювачів з атмосферного повітря у поверхневі та ґрунтові води (розчини), у ґрунт тощо має довгостроковий характер і чинить здебільшого негативний вплив на біоту та якість навколищнього природного середовища. Крім традиційних сполук, до природних об'єктів потрапляють нові речовини техногенного походження, які включаються до біогеохімічного колообігу та стають складниками харчових ланцюгів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У 2008 р. була створена Робоча група № 38 (Working Group 38, The Group of Experts on Scientific Aspects of Marine Environmental Protection – GESAMP), яка очолює роботу з вивчення закономірностей і особливостей перенесення (міграції) хімічних речовин з атмосфери до океану. Серед її основних завдань – дослідження впливу атмосферних осаджень (як природного, так і антропогенного походження) на хімічну, біологічну, біогеохімічну та кліматичну ситуації у світі [2].

Згідно з дослідженнями GESAMP, серед чинників, що найсильніше впливають на інтенсивність і токсичність атмосферних осаджень, варто виокремити такі, як рекреаційна здатність сполуки, що потрапляє до водного об'єкта; час її перебування в атмосфері; характеристика джерела викиду та умов міграції хімічної речовини; форми її знаходження в довкіллі тощо [3]. Наприклад, дрібнодисперсні частинки (PM), як правило, мають невеликий час перебування в атмосферному повітрі – від декількох діб до декількох тижнів, а тому їх осадження (вологе чи сухе) зазвичай спричинює локальні забруднення поверхневих вод, придорожніх ґрунтів тощо. При цьому рівень і площа забруднення території PM великою мірою залежить від метеорологічних умов (напрямку та сили вітру, інверсій, температурного режиму та наявності й типу атмосферних опадів), наявності в повітрі інших забруднювачів тощо.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Газоподібні речовини тривалого перебування в атмосфері (зокрема, оксиди Карбону) здатні переноситися на великі відстані та створювати геохімічні аномалії далеко від основного джерела забруднення (у нашому дослідженні – автодороги). Вони також здатні реагувати з іншими забруднювачами, причому з утворенням як більш, так і менш шкідливих речовин [4]. Отож, щоб оцінити небезпеку ХЕ для навколишнього природного середовища, недостатньо знати тільки кількісні та якісні показники джерел викидів ШР. Обов'язково потрібна інформація про форми знаходження забруднювачів (зокрема, ступінь окиснення ХЕ), їх реакційну здатність, біодоступність і можливі трансформації (хімічні, фізико-хімічні, біохімічні тощо) в довкіллі. При цьому під терміном «форма знаходження елементів», наприклад, у ґрунті будемо розуміти сукупність атомів чи іонів певних ХЕ, що переведені з твердої фази у розчин за допомогою певного екстрагента [5].

Однак термін «форма знаходження ХЕ» має набагато ширше трактування. У 1922 р. В.І. Вернадський під цим терміном розумів фізико-хімічний стан певного ХЕ в конкретних умовах фізико-хімічної (на нашу думку, можна сказати й біохімічної) обстановки. Тобто перетворення сполук елементів як у ґрунтах, так і у ґрунтових і поверхневих водах, інших об'єктах довкілля відбувається під впливом різноманітних за природою і напрямом фізичних,

хімічних, фізико-хімічних та біохімічних (біологічних) перетворень і взаємодій.

Мета роботи – визначення закономірностей вторинної міграції техногенних забруднювачів – компонентів відпрацьованих газів АТЗ і форм їх знаходження на придорожніх територіях міста, що мають рекреаційне призначення.

Новизна та загальнонаукове значення. Для оцінки ступеня забруднення придорожніх територій міста, що мають рекреаційне призначення, використовували емпіричні дані щодо вмісту в придорожньому ґрунтовому покриві та поверхневих водоймах рухомих (водорозчинних) форм ХЕ, які є найбільш біодоступними, а тому найбільш небезпечними для живих організмів і природного середовища. Одним із найбільш уживаних методів вивчення поведінки ХЕ, зокрема важких металів (далі – ВМ), у ґрунтах (ґрунтових розчинах) є метод фракціонування. Є різні підходи до реалізації цього методу [6; 7], наприклад метод аналізу послідовних або паралельних водних ґрунтових витяжок. Для аналізу ґрунтів та оцінки їх якості A. Tessier (1979 р.) застосовував поступове вилуговування й аналіз витяжок із різними величинами pH, а у 1984 р. O.A. Maher було використано цю методику для аналізу донних відкладень природних водойм. Це надало змогу дослідити закономірності хімічної, біохімічної та фізико-хімічної міграції ХЕ, встановити особливості їх перерозподілу в довкіллі, закономірності локалізації різних форм ХЕ, зокрема рухомих, у компонентах природного середовища, а також визначити ряди рухомості елементів, зокрема ВМ, залежно від фізико-хімічних умов середовища [6; 7].

У дослідженні для визначення й оцінки рухомих форм ХЕ застосовували якісний та/або кількісний аналізи їх вмісту у водних ґрунтових витяжках із використанням як екстрагента бідистиляту. Для встановлення впливу реакції середовища (його pH) на міграцію сполук ХЕ застосовували ацетатно-амонійний буфер і водні розчини азотної HNO_3 або соляної HCl кислот [8].

Ацетатно-амонійний буфер ($CH_3COONH_4^+$; pH = 4,8) дає змогу моделювати вплив ґрунтових розчинів різної кислотності та оцінювати вміст водорозчинних, іонообмінних, слабко сорбованих форм ХЕ, зокрема й ВМ, що є найбільш доступними для живлення організмів. Зокрема, екстракцією ХЕ гарячими розчинами кислот можна змоделювати зміни в концентрації рухомих форм ВМ не тільки під час зміни pH середовища, але й за сумісної присутності в середовищі сильних окисників, а також за умов переходу у розчинний стан сульфідів і оксидів цих металів. При цьому останній показник кількісно вказує на максимально можливу концентрацію потенційно-рухомих форм ХЕ [9].

Для дослідження форм знаходження ВМ у ґрунтах за загальновживаними методиками відібрано проби ґрунту з досліджуваних територій м. Києва, поряд з якими розташовані, по-перше, водні об'єкти рекреаційного призначенні, а по-друге, проходить напружена автомагістраль. Відбір і підготовка проб ґрунту до аналізу проводились за ГОСТ 17.4.4.02-84, ГОСТ 17.4.3.01-83, ДСТУ 4287:2004, ДСТУ ISO 10381-1:2004. Детально порядок відбору проб, умови їх висушування та підготовки до аналізу водних ґрунтових витяжок описано у роботі [10].

Визначення валового вмісту Кадмію (ДСТУ 4770.3:2007), Купруму (ДСТУ 4770.6:2007), Цинку (ДСТУ 4770.2:2007) та Плюмбуму (ДСТУ 4770.9:2007) у ґрунтових витяжках, узятих на досліджуваних придорожніх територіях, проводили методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії на приладі С-115 [11–14]; pH водних суспензій визначали за методиками, описаними у роботах [15; 16]. У дослідженні приймали, що такий показник, як склад рухомих форм ХЕ надає змогу описати процеси їх вторинної міграції та перерозподілу у навколишньому природному середовищі (зокрема, у ґрунтах, водних об'єктах тощо), а також встановити закономірності локального концентрування в довкіллі небезпечних сполук під час взаємодії рідкої та твердої фаз. Додатково визначали ступінь деградації ґрунтів за сольовим і кислотним навантаженням [17]. Під час інтерпретації результатів дослідження використовувались нормативні показники [18; 19], надані в таблиці 1.

Виклад основного матеріалу. Однією з особливостей функціонування автодорожньої інфраструк-

Таблиця 1

ГДК важких металів у ґрунтах, мг/кг [19]

Хімічний елемент	Хімічна формула	ГДК з урахуванням фону	
		рухомі форми	міцнофіксовані форми
Манган		500	–
Хром		6,0	–
Кобальт		5,0	–
Ніколь		4,0	–
Купрум		3,0	–
Цинк		23,0	60
Кадмій		–	0,5
Плюмбум		6,0	60

тури на високоурбанізованих територіях є активне потрапляння ШР – інгредієнтів ВГ у біосферу. До атмосферного повітря, ґрунтів, поверхневих і ґрунтових вод тощо потрапляють не тільки «традиційні» полютанти – оксиди Карбону, Сульфуру і Нітрогену, незгорілі вуглеводні та частинки пилу і сажі, але й сполуки ВМ, ксенобіотики, зокрема тійкі, поліциклічні органічні сполуки, інші забруднювачі. При цьому, як зазначалось раніше, саме водорозчинні (рухомі) форми ХЕ є найнебезпечнішими в екологічному сенсі через їх виняткову здатність проникати до тканин біологічних об'єктів, а також через значні швидкості й масштаби поширення у різноманітних компонентах довкілля.

Отже, за наявністю у водних розчинах і ґрунтових витяжках рухливих форм ХЕ, зокрема ВМ, можна схарактеризувати міграційну активність їх іонів. Тобто цей показник може бути застосований як індикатор забруднення придорожніх ґрунтів, прилеглих до автомагістралей водних об'єктів тощо. У роботі визначали ступінь екологічного навантаження на придорожні території м. Києва, поряд з якими розташовані водні об'єкти рекреаційного призначення. Оцінювали вміст таких ШР, як Плюмбум, Кадмій, Меркурій і Цинк (перший клас небезпеки), а також визначали наявність і вміст сполук Купруму і Хрому (другий клас небезпеки).

Відомо, що на хімічні, фізико-хімічні та біохімічні перетворення ХЕ в компонентах довкілля чинять вплив температура, вологість атмосферного повітря, кислотність навколишнього середовища, а також сумісна присутність інших забруднювачів, наприклад сильних окисників або сильних відновників, багато інших факторів, взаємний вплив яких великою мірою ускладнює прогнозування якісних і кількісних змін, що відбуваються у придорожніх екосистемах. Зокрема, необхідно враховувати також роль ґрунтового гумусу, його властивості тощо через те, що наявні в ґрунті органічні сполуки можуть значно впливати на швидкість і напрямок зв'язування рухомих форм ХЕ.

Наприклад, гумінові кислоти (фракція ґрунту, що є розчинною у лугах, але нерозчинною в кислотах) здатні утворювати міцні металорганічні комплекси, зокрема хелатного типу [20]. Утворені комплекси можуть бути малорухомими чи нездатними до активного біопоглинання через неможливість подолання клітинних мембран, наприклад, під час контакту «ґрунт – корінь рослини». Отже, бар'єрні властивості навколишнього середовища можна цілеспрямовано використовувати для зниження інтенсивності міграції ШР і, як наслідок, зниження їх токсичного впливу.

З результатів дослідження випливає, що для коректного оцінювання геохімічного впливу емісії ШР на компоненти довкілля необхідно враховувати такі основні чинники, як:

– природну (нативну) токсичність забруднювача;

– хімічний характер і здатність утворювати водо- та кислоторозчинні рухомі форми, а також їх потенційну реакційну здатність;

– рельєф місцевості, геохімічні особливості території, наявність водних об'єктів, близькість ґрунтових вод тощо;

– кліматичні та метеорологічні умови перенесення забруднювачів;

– багатство рослинного і тваринного світу;

– інтенсивність та якісні характеристики руху автотранспорту магістралями міста;

– наявність, близькість і вид інших джерел забруднення, клас і хімічні властивості, показники небезпечності супутніх забруднювачів, їх концентрацію та умови розсіювання тощо.

Відомо, що здатність живих організмів до біоакумуляції може призвести до значного перевищення в їх тканинах вмісту ШР порівняно з природним середовищем. А під час зміни pH середовища (через кислотні дощі, потрапляння лугів чи сильних кислот) можливим є додатковий перехід до біологічних організмів токсичних сполук через утворення додаткової кількості біодоступних ХЕ, що значно погіршує екологічну ситуацію у водних і ґрунтових екосистемах.

Багато металів, зокрема важких, здатні утворювати амфотерні оксиди і гідроксиди (наприклад, Плюмбум, Цинк та інші). Тобто навіть під час зміщення кислотності середовища у лужний бік воно не стане більш безпечним, оскільки характерною особливістю амфотерних сполук є здатність реагувати і з кислотами (речовинами кислотного характеру) і з основами (речовинами основного характеру). Під час оцінки впливу таких сполук на екосистеми необхідно враховувати й можливі гідролітичні процеси, які, у свою чергу, здатні спричинювати локальну зміну pH середовища (наприклад, через гідроліз солей).

Нерозчинні (нерухомі) форми ХЕ також не є повністю безпечними, оскільки у вигляді дрібнодисперсного пилу та завдяки адсорбції на частинках сажі можуть не тільки потрапляти до живих організмів (наприклад, до дихальної системи людини, вищих тварин тощо), але й переноситися на великі відстані, утворювати локальні ареоли вторинного забруднення та вже за нових умов середовища переходити у водорозчинні, рухомі форми.

Окрім того, за багаторазової та/або тривалої дії природної води вона вже перестає бути тільки розчинником і механічним переносником ШР, а сама стає активним хімічним реагентом. При цьому відбуваються різноманітні вторинні фізико-хімічні, хімічні та біохімічні перетворення забруднювачів за її участю, що, у свою чергу, може призводити до значного підвищення геохімічної рухливості токсикантів і збільшення концентрації їх міграційно-спроможних форм у ґрунтових розчинах і поверхневих водах.

Експеримент, проведений у роботі [9], показав, що під час взаємодії сполук ВМ з водою концентрація в породах їх рухомих кислото- та водорозчинних

форм може збільшуватися у 2–6 разів порівняно з первісною концентрацією. А отже, атмосферні опади, ґрунтові води та потрапляння ШР до водних об'єктів суттєво підвищує потенційну біотоксичність вихлопів і сприяє важкоконтрольованому переведенню частини імобілізованих сполук ВМ у рухливий і міграційно спроможний стан, що, у свою чергу, суттєво збільшує ризик техногенного забруднення придорожніх територій міста та розташованих поряд озер, річок, водосховищ тощо. При цьому найбільша розчинність, а отже, й біодоступність притаманна сполукам Стронцію, Кадмію, Кобальту, Купруму та Ніколю.

Щодо сполук Мангану, Хрому, Плюмбуму і Феруму, то вони, як правило, міцно зв'язуються з нерозчинною частиною «мінеральної матриці» порід, а тому, наприклад, з ґрунтів вилуговуються незначною мірою (на думку експертів, не більше 1,5% від загального вмісту їх потенційно-рухомих форм), що повністю узгоджується з результатами нашого дослідження. Водночас гідролітичні та інші процеси за участю води і живих організмів можуть сприяти і певному зниженню токсичності первісних сполук завдяки утворенню поганорозчинних або нерозчинних форм ХЕ.

Головні висновки та перспективи дослідження. Отже, результати дослідження показали, що завдяки відмові України від використання для живлення АТЗ етильованого бензину, а також через суттєве оновлення автопарку столиці частка водорозчинних форм ВМ у ґрунті, навіть поряд із напруженими автомагістралями, здебільшого не перевищувала допустимі норми. Це означає, що рухомі, біологічно активні форми ВМ, хоча й беруть участь у техногенних потоках і харчових ланцюгах, не становлять для біоти значної загрози. Проте те саме не можна сказати, наприклад, про ґрунтові розчини та поверхневі води, особливо рекреаційного призначення. Досліджувані водні об'єкти, хоча й показали в середньому безпечні концентрації водорозчинних сполук ВМ, однак вони можуть бути потенційно небезпечними для гідробіонтів і рослин через формування ареолів геохімічних аномалій, а також внаслідок біоакумуляції та біолокації у донних відкладеннях.

Література

1. Дерябин В.А., Фарафонтова Е.П. Экология: учеб. пособ. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2016. 136 с.
2. Water Meteorological Organization. Weather. Climate. Water. GESAMP URL: http://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/gesamp.html. (дата оновлення: 07.10.18).
3. Дьюс Р.А., Гэллоуэй Д.Н., Лисс П.С. Влияние атмосферных осаждений в океан на морские экосистемы и климат. *Бюллетень Всемирной метеорологической организации. Природа. Климат. Вода.* 2009 (январь). Т. 58 (1). С. 63–66.
4. Dentener F., Drevet J. et al. Nitrogen and sulfur deposition on regional and global scales: A multimodel evaluation. *Global Biogeochem. Cycles.* 2006. No 20. GB4003. Doi:10.1029/2005GB002672.
5. Войтюк Ю.Ю., Кураєва І.В. Закономірності розподілу важких металів у ґрунтах зони впливу ДМК ім. Ф.Е. Дзержинського. *Наукові праці УкрНДМІ НАН України.* 2013. № 13 (ч. II). С. 103–117.
6. Венецианов Е.В., Кочарян А.Г. *Тяжелые металлы в природных водах*. М.: ИВП РАН, 1994. С. 299–326.
7. Федоров А.А., Казиев Г.З., Казакова Г.Д. *Методы анализа объектов природной среды*. Практическое руководство для студ. пед. ун-тов. М.: «Прометей», 2002. 56 с.
8. Антипов М.А., Голицын М.С. Подвижные формы тяжелых металлов в почвах и грунтах зоны аэрации. *Геоэкологические исследования и охрана недр: обзор.* М.: ООО «Геоинформцентр», 2002. 64 с.
9. Бачурин Б.А. Оценка техногенно-минеральных образований горного производства как источников эмиссии тяжелых металлов. *Textarchive.ru.* URL: http://textarchive.ru/c-2572061.html/ (дата оновлення: 07.10.18).
10. Рабош І.О., Кофанова О.В., Підгорний А.В. Вивчення забруднення урбаноземів об'єктами автотранспортного комплексу. *Енергетика: економіка, технології, екологія.* 2018. № 2. С. 133–142.
11. Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук кадмію в ґрунті в буферній амонійно-ацетатній витяжці з pH 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії: ДСТУ 4770.3:2007. Чинний від 2009-01-01. К.: Держспоживстандарт України, 2007. 24 с. (Національний стандарт України).
12. Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук міді в ґрунті в буферній амонійно-ацетатній витяжці з pH 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії: ДСТУ 4770.6:2007. Чинний від 2009-01-01. К.: Держспоживстандарт України, 2007. 24 с. (Національний стандарт України).
13. Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук свинцю в ґрунті в буферній амонійно-ацетатній витяжці з pH 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії: ДСТУ 4770.9:2007. Чинний від 2009-01-01. К.: Держспоживстандарт України, 2007. 24 с. (Національний стандарт України).
14. Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук цинку в ґрунті в буферній амонійно-ацетатній витяжці з pH 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії: ДСТУ 4770.2:2007. Чинний від 2009-01-01. К.: Держспоживстандарт України, 2007. 24 с. (Національний стандарт України).
15. Лактіонов М.І., Дегтярьов В.В., Шелар І.А. *Лабораторний практикум з ґрунтознавства*. Харків, 1998. 117 с.
16. Понизовский А.А., Пампура Т.В. Применение метода потенциометрического титрования для характеристики буферной способности почв. *Почвоведение.* 1993. № 3. С. 106–112.
17. Борисов, О. О. Геоекологічна оцінка ризику кислотно-сольового забруднення примагістральних ділянок педосфери (на прикладі міста Києва). *Техніка, енергетика, транспорт АПК.* 2016. № 4 (96). С. 41–48.
18. Санитарные нормы допустимых концентраций (ПДК) химических веществ в почве. Утвержд. 30.10.1987 г. №4433-87. URL: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/v4433400-87 (дата оновлення: 12.12.18).
19. Фоновий вміст мікроелементів у ґрунтах України / Наук редкол.: А.І. Фатєєв, Я.В. Пащенко, С.А. Балюк та ін. Х.: «13 друкарня», 2003. 117 с.
20. Дину М.И. Влияние функциональных особенностей гумусовых веществ на процессы комплексообразования с ионами металлов (модельные эксперименты и расчеты): автореф. дисс. … канд. хим. наук. М., 2012. 15 с.

УДК 504.5:551.577.13
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-1-24-1-3

АНАЛІЗ КИСЛОТНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ АТМОСФЕРНИХ ОПАДІВ МІСТА ЧЕРНІВЦІ З ПОЗИЦІЙ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

Герецун Г.М.[1], Хлистун Н.Я.[1], Масікевич Ю.Г.[2], Масікевич А.Ю.[2]
[1] Чернівецький факультет
Національного технічного університету
«Харківський політехнічний інститут»
вул. Головна, 203-А, 58018, м. Чернівці
geretsun@ukr.net;
[2]ВДНЗ України «Буковинський державний медичний університет»
Театральна площа, 2, 58002, м. Чернівці, Україна
ecolawkhpi@meta.ua

У статті наведено аналіз даних моніторингу атмосферних опадів. З'ясовано, що атмосферні опади в межах активного впливу автотранспортних комплексів утворюють екологічно небезпечні модифікації, які переносять на підстилаючу поверхню придорожньої зони весь комплекс забруднень. *Ключові слова:* моніторинг опадів, хімічний склад, урбанізована територія, екологічна небезпека.

Анализ кислотных свойств атмосферных осадков города Черновцы с позиций экологической безопасности. Герецун Г.М., Хлистун Н.Я., Масикевич Ю.Г., Масикевич А.Ю. В статье приведен анализ данных мониторинга атмосферных осадков. Выяснено, что атмосферные осадки в пределах активного воздействия автотранспортных комплексов образуют экологически опасные модификации и переносят на подстилающую поверхность придорожной зоны весь комплекс загрязнений. *Ключевые слова:* мониторинг осадков, химический состав, урбанизированная территория, экологическая опасность.

Analysis of the acidic properties of precipitation of the city of Chernivtsi from the standpoint of environmental safety. Heretsun H., Khlystun N., Masikevych Yu., Masikevych A. The article provides an analysis of precipitation monitoring data. It has been found that atmospheric precipitation, within the limits of the active influence of the motor transport complexes, form ecologically dangerous modifications and transfer the entire complex of pollution to the underlying surface of the roadside zone. *Key words:* monitoring of precipitation, chemical composition, urbanized territory, environmental hazard.

Постановка проблеми. Атмосферні опади посідають особливе місце в гідросфері Землі. Випадання води у вигляді дощів є найбільш важливим механізмом, завдяки якому основна кількість живих організмів отримує вологу. Однак інтенсифікація діяльності людини призвела до збільшення емісії в атмосферу газів і аерозолів антропогенного походження. Вимиваючись із атмосфери, забруднюючі речовини призводять до виникнення техногенно-трансформованих опадів. А тому атмосферні опади самі по собі починають відігравати роль чинника екологічної небезпеки.

Актуальність дослідження. Забруднення компонентів довкілля небезпечними хімічними речовинами є суттєвим чинником формування екологічної небезпеки. Контроль за екологічною безпекою опадів відіграє важливу роль для безпеки всіх живих організмів. Дослідження факторів екологічної небезпеки, зумовлених впливом атмосферних опадів, виявлення можливих екологічних криз в урбоекосистемах має велике значення у розробленні першочергових заходів екологічної стабілізації урбанізованих територій.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Напрям дослідження безпосередньо пов'язаний із визначальною необхідністю підвищення екологічної безпеки життєдіяльності. Робота відповідає «Державній цільовій програмі проведення моніторингу навколишнього природного середовища на період 2008–2012 рр.», затвердженій постановою КМУ від 5 грудня 2007 року № 1376 та Регіональним комплексним програмам з охорони навколишнього природного середовища «Екологія».

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Упродовж останніх років інтенсифікувались дослідження з проблем екологічної безпеки. Екологічна безпека в рамках держави розглядається як складова національної безпеки [1]. Проблемам оцінки екологічного ризику як методу ідентифікації зон підвищеної небезпеки присвячено чимало наукових робіт провідних фахівців, у яких розглядаються різні підходи до його визначення [2–8]. У роботах [4; 7] здійснено обґрунтоване уточнення термінів щодо поняття екологічного ризику на основі причинно-наслід-

кових зв'язків. У дослідженнях [2; 4–6] представлено методологію комплексної оцінки екологічного ризику компонентів довкілля та запропоновано алгоритм оцінки безпеки екологічної системи з врахуванням ризику. Підходи до оцінки екологічного ризику погіршення стану водних екосистем запропоновано авторами досліджень [2; 4].

Також приділяється значна увага дослідженням хімічного складу опадів та умовам його формування. Наприклад, у роботі [9] зазначається, що дощова вода може нагромаджувати домішки одним із двох шляхів: шляхом «вимивання в хмарі» або завдяки процесам нижче хмар, які називаються «вимиванням опадами». Під час «вимивання опадами» відбувається накопичення в дощовій воді домішок, якими забруднений приземний шар атмосфери. У дослідженнях [8; 10] показано, що хімічний склад атмосферних опадів у містах значною мірою визначається динамікою повітряних потоків і кількістю викидів речовин-забруднювачів. Ба більше: атмосферні опади є надійним індикатором забруднення повітря в населених пунктах.

Виділення не вирішених частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Аналіз наявних наукових досліджень дає змогу констатувати таке: за достатньої вивченості особливостей проявів екологічної небезпеки, наявності науково обґрунтованого підходу до вирішення проблем екологічної небезпеки, сформованої джерелами викидів забруднюючих речовин, роль атмосферних опадів як фактора формування екологічної небезпеки урбанізованих територій вивчена недостатньо.

Новизна роботи полягає у встановленні особливостей атмосферних опадів як об'єкта оцінки екологічної небезпеки.

Методологічне або загальнонаукове значення полягає в обґрунтуванні ролі атмосферних опадів як фактора формування екологічної небезпеки урбанізованих територій.

Виклад основного матеріалу. Сукупність природних та антропогенних факторів призводить до трансформації хімічного складу опадів, які стають джерелом небезпеки для функціонування природних екосистем. Найвідомішим проявом цього процесу є випадання кислотних дощів. У зв'язку з цим контроль за безпечністю атмосферних опадів є нагальною потребою сьогодення. Однак постійно контролювати весь спектр хімічних речовин, які присутні в дощовій воді, складно. Тому для оцінки екологічної безпеки атмосферних опадів необхідно обрати показник, який легко піддається контролю і характеризує комплексний вплив багатьох факторів. Таким показником, на наш погляд, може слугувати pH дощового розчину.

Співвідношення кислотних і основних сполук в опадах формує значення певного показника pH, за динамікою зміни якого можна орієнтовно оцінювати зміну екологічної безпечності опадів. Як свідчать дані рис. 1, у теплий період року значення pH атмосферних опадів міста Чернівці є нижчими, ніж у холодний (за винятком 2008 року), тобто в теплий період зростає кислотність атмосферних опадів. Перепади є невеликими з максимальними значеннями різниці 0,62 одиниці. Стабільне пониження pH атмосферних опадів призводить до значень показника pH на рівні кислотних опадів, що завідомо робить їх екологічно небезпечними.

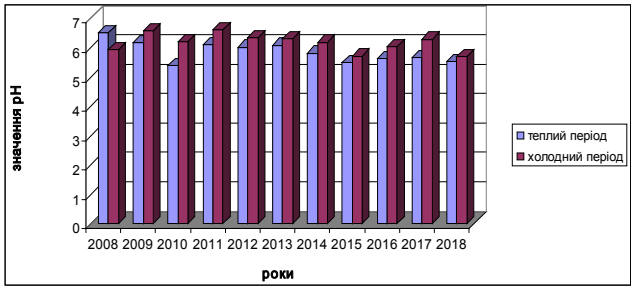


Рис. 1. Динаміка pH атмосферних опадів м. Чернівці за теплий і холодний періоди

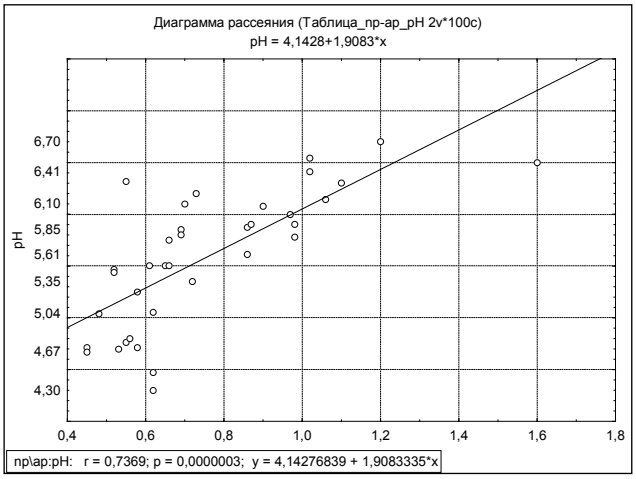


Рис. 2. Функціональна залежність NP/AP – pH для атмосферних опадів м. Чернівці

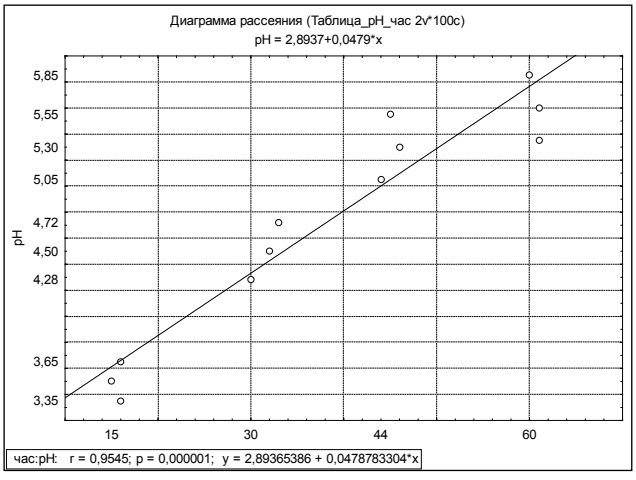


Рис. 3. Залежність величини pH від часу випадання опадів

Характеристику кислотно-основних властивостей опадів за допомогою значення pH легко і зручно проводити для орієнтовної оцінки екологічної небезпеки. Однак для більш детального розуміння виникнення небезпечних опадів треба враховувати внесок у кислотно-основний баланс окремих компонентів. Для оцінки співвідношення основних кислотоформуючих і нейтралізаційних характеристик атмосферних опадів використовується відношення потенціалу нейтралізації (NP) до потенціалу закислення (AP).

Для міста Чернівці між відношенням NP/AP і pH встановлений позитивний лінійний кореляційний зв'язок із досить високим ступенем кореляційної спорідненості (рис. 2). Отримана графічна залежність демонструє комплексність показника pH, оскільки у відношення NP/AP входять основні кислототвірні аніони та їх основні нейтралізатори. Тому, знаючи pH атмосферних опадів, можна дати інтегральну характеристику якості території, не визначаючи повного хімічного складу опадів. Така закономірність може бути використана для прогнозу екологічної ситуації міського середовища, спричиненого як забрудненням атмосферного повітря, так і впливом на міські екосистеми екологічно-небезпечних опадів.

Для аналізу зміни показника pH у процесі випадання опадів було проведено вимірювання цього показника за різні часові періоди дощу.

За досліджуваний часовий проміжок (рис. 3) спостерігається підвищення показника pH опадів у 1,6 раз. Найбільш небезпечними для підстилаючої поверхні є перші порції опадів, pH яких коливається від 3,5 до 4,5. З часом кислотні компоненти вимиваються з атмосфери і pH опадів виходить за межі кислотних, піднімаючись до значення 5,6.

Кислоти, що поступають з опадами, негативно впливають на властивості ґрунту. Протони, попадаючи в ґрунт, заміщають катіони, які сорбційно пов'язані з колоїдними частинками ґрунту і внаслідок цього ці частинки мігрують у глибокі шари, будучи при цьому вже недоступними для коренів рослин. Окрім того, такі ґрунти починають володіти певним ступенем фітотоксичності.

Проведений аналіз значення pH ґрунтів на придорожніх територіях (рис. 4) показує, що найнижчі значення pH ґрунту спостерігаються на відстані 5–15 метрів від дорожнього полотна з поступовим збільшенням pH аж до виходу на фонове значення, що є характерним для цього типу міських ґрунтів.

Різниця між значеннями pH на відстані 5 і 50 метрів становить 0,5–0,6 одиниць pH. Велику роль у формуванні pH ґрунту придорожньої території відіграють також зелені насадження. Наявність екрану зелених насаджень (кущів і дерев) приводить до підвищення показника pH загалом на 0,2 одиниці за однакового транспортного навантаження вулиці. Також наявність зелених насаджень дала змогу вже на відстані 32 метрів від лінії дороги досягнути того ж значення pH, що без зелених насаджень досягалось на відстані 50 м, тобто оформлення вулиці зеленими насадженнями сприятливо впливає на стан ґрунтового покриву навіть за високого транспортного навантаження вулиці.

Наслідком впливу атмосферних опадів на навколишні екосистеми є також надходження певних обсягів компонентів на певну територію. Розрахунок кількості надходження хімічних компонентів здійснюється за середньорічними або середньосезонними модулями.

Аналіз модулів надходження хімічних компонентів (рис. 5) показує, що найбільше з атмосферними опадами на територію міста Чернівці випадає сульфатів (3,12 т/км^2) і гідрокарбонатів (3,14 т/км^2). Найменшими є кількості випадання магнію (0,245 т/км^2), амонію (0,3 т/км^2) та хлоридів (0,28 т/км^2). Співвідношення значної кількості надходження кислотних сполук і меншої кількості нейтралізуючих катіонів створює загрозу підкислення поверхонь внаслідок дії опадів. Нейтралізаційні здатності як ґрунту, так і поверхневих водних джерел мають певну буферну ємність стосовно закислення. Однак постійне надходження кислотних сполук із часом буде створювати загрозу підкислення ґрунту і водних джерел.

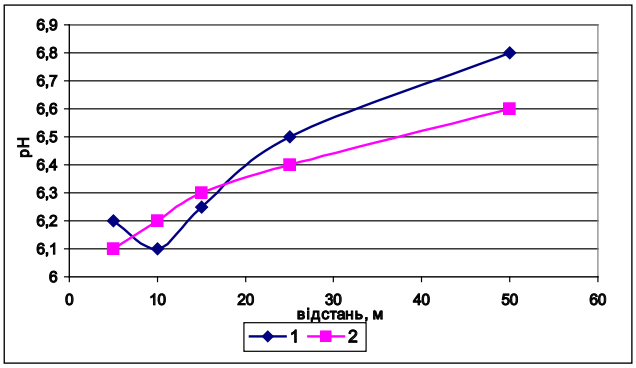


Рис. 4. Залежність pH ґрунтів від відстані до дороги:
1 – з наявністю екрану зелених насаджень;
2 – без екрану зелених насаджень

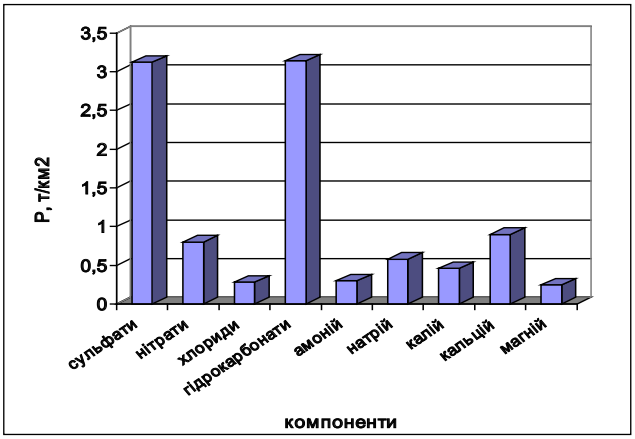


Рис. 5. Модулі надходження хімічних сполук з атмосферними опадами на територію м. Чернівці

Для ефективного прогнозування можливих екологічних загроз і прийняття управлінських рішень із покращення стану навколишнього середовища, необхідно провести якісну та кількісну оцінку рівня небезпеки. Враховуючи особливості атмосферних опадів і результати проведених досліджень, пропонується для орієнтовної оцінки можливих проявів небезпек, зумовлених атмосферними опадами, використовувати значення показника pH.

Формування величини показника pH атмосферних опадів відбувається внаслідок впливу цілого ряду природних і антропогенних чинників, тому його величина характеризує комплексний вплив багатьох факторів. За зміною показника pH легко відслідковувати зміну концентрації водневих іонів, не виконуючи складних підрахунків.

Діапазон значень pH для розподілу опадів за рівнями і ступенями екологічної небезпеки визначався шляхом аналізу безпеки прісних природних вод із різними значеннями кислотності, оскільки дощові води є частиною запасів прісної води на Землі. Для створення шкали оцінки можливих небезпек за значенням показника pH базувались на відомому значенні нейтрального середовища абсолютно чистої води та граничного показника pH опадів, нижче якого вони вважаються кислотними.

Проаналізувавши атмосферні опади міста Чернівці, відповідно до шкали рівнів екологічної небезпеки опадів за показником pH можна зазначити, що за середньорічними значеннями pH опади належать до допустимого рівня екологічної небезпеки. Водночас фіксується перехід від ступеня екологічної небезпеки «безпечний» (1998–2007 рр.) до ступеня «слабо небезпечний» із 2008 року.

Головні висновки. Для часової динаміки вмісту хімічних компонентів характерними є суттєві відмінності у складі опадів у холодний і теплий періоди року. У теплий період року за великої кількості опадів уміст забруднюючих речовин є низьким. У холодний період року порівняно малі кількості опадів супроводжувались значно вищими за теплий період сумарними концентраціями речовин.

Атмосферні опади міста Чернівці показують тенденцію до стійкого закислення, що супроводжується зростанням вмісту деяких кислотоформуючих аніонів, характеризуючись при цьому низькою нейтралізаційною здатністю.

Показано, що значення pH атмосферних опадів може служити критерієм оцінки екологічної безпеки міської території, яка піддається впливу техногенно-змінених атмосферних опадів.

Показано, що впродовж тривалості опадів 60 хв відбувається підвищення показника pH у 1,6 раз. Найбільш небезпечними для підстилаючої поверхні є перші порції опадів, pH яких коливається від 3,5 до 4,5. З часом кислотні компоненти вимиваються з атмосфери і pH опадів виходить за межі кислотних, піднімаючись до значення 5,6. Однак навіть при цьому в придорожній території кислотні характеристики опадів є екологічно небезпечними.

Проведений аналіз значення pH ґрунтів на придорожніх територіях показав, що найнижчі значення pH ґрунту спостерігаються на відстані 5–15 метрів від дорожнього полотна, з поступовим збільшенням pH аж до виходу на фонове значення, що є характерним для цього типу міських ґрунтів. Різниця між значеннями pH на відстані 5 і 50 метрів становить 0,5–0,6 одиниць pH.

Перспективи використання результатів дослідження. Запропоновані методологічні підходи дадуть можливість наближено оцінювати екологічні небезпеки, що можуть виникати внаслідок впливу атмосферних опадів.

Література

1. Шмандій В.М., Шмандій О.В. Екологічна безпека – одна з основних складових національної безпеки держави. *Екологічна безпека*. 2008. №1. С. 9–15.
2. Афанасьев С.А., Гродзинский М.Д. Методика оценки экологических рисков, возникающих при воздействии источников загрязнения на водные объекты. Киев, 2004. 59 с.
3. Добровольський В.В. Алгоритм визначення безпеки екологічної системи з врахуванням ризиків. *Наукові праці ДГУ ім. Петра Могили. Серія: «Екологія».* 2008. Т. 87. Вип.74. С. 11–15.
4. Жукинский В.Н. Экологический риск и экологический ущерб качеству поверхностных вод: актуальность, терминология, количественная оценка. *Водные ресурсы*. 2003. Т. 30. № 2. С. 213–321.
5. Звягінцева Г.В. Методика з оцінки екологічних ризиків при забрудненні навколишнього природного середовища. *Вісник Донецького національного університету. Серія А: «Природничі науки»*. 2009. Вип. 2. С. 307–316.
6. Масенко О.Г., Поддашкін О.В., Рибалова О.В. Ієрархічний підхід до оцінювання екологічного ризику погіршення стану екосистем поверхневих вод України. *Проблеми охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки*: зб. наук. пр. 2010. Вип. XXXII. С. 75–90.
7. Орел Д.С., Мальований М.С. До концепції екологічного ризику в Україні. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»: зб. наук. пр. Серія: «Хімія, технологія речовин та їх застосування».* 2008. № 609. С. 285–289.
8. Рибалова О.В., Белан С.В., Варивода Є.О. Визначення рівня екологічної небезпеки в регіонах України на основі оцінки екологічного ризику. *Збірка наукових праць.* 2010. Вип. 12. С. 132–142.
9. Юнге Х. Химический состав и радиоактивность атмосферы / Пер. с англ. В.Н. Петрова, А.Я. Прессмана. Москва: «Мир», 1965. 424 с.
10. Тарасова Т.Ф., Чаловская О.В. Оценка воздействия кислотных дождей на элементы экосистемы промышленного города. *Вестник Оренбургского государственного университета. Естественные и технические науки.* 2005. Вып. 10. С. 80–84.

УДК 504.75.05:613.2.038
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-1-24-1-4

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОГЕННИХ ФАКТОРІВ УРБОСИСТЕМ НА СТАН ЗДОРОВ'Я ТА ФІЗИЧНИЙ РОЗВИТОК ПІДЛІТКІВ

Непошивайленко Н.О., Лупіна А.Г.
Дніпровський державний технічний університет
вул. Дніпробудівська 2, 51934, м. Кам'янське
nna2013@ukr.net, allupina12@gmail.com

Проведено моніторинг стану забруднення атмосфери у м. Кам'янське, наведено розрахунки оцінки фізичного розвитку підлітків, що мешкають у м. Кам'янське, та цінності харчування, здійснено узагальнення отриманих результатів через визначення впливу техногенних факторів і цінності харчування на стан здоров'я й фізичний розвиток підлітків, надано рекомендації з поліпшення стану здоров'я та фізичного розвитку підлітків. *Ключові слова:* забруднювальні речовини, підлітки, стан здоров'я, фізичний розвиток, склад харчових продуктів, функціональні тести, рекомендації.

Исследование влияния техногенных факторов урбосистем на состояние здоровья и физическое развитие подростков. Непошивайленко Н.А., Лупина А.Г. Проведен мониторинг состояния загрязнения атмосферы в г. Каменское, приведены расчеты оценки физического развития подростков, проживающих в г. Каменское, и ценности их питания, осуществлено обобщение полученных результатов путем определения влияния техногенных факторов и ценности питания на состояние здоровья и физическое развитие подростков, даны рекомендации по улучшению состояния здоровья и физического развития подростков. *Ключевые слова:* загрязняющие вещества, подростки, состояние здоровья, физическое развитие, состав пищевых продуктов, функциональные тесты, рекомендации.

Investigation of the influence of technogenic factors of urban systems on the health and physical development of adolescents. Neposhyvailenko N., Lupina A. Monitoring of the state of atmospheric pollution in the city of Kamenskoe was conducted; calculations of the physical development of adolescents living in Kamenskoye, and the values of their nutrition; carried out a synthesis of the results obtained by determining the influence of man-made factors and the value of nutrition on the health and physical development of adolescents; Recommendations were made to improve the health and physical development of adolescents. *Key words:* pollutants, adolescents, health, physical development, food composition, functional tests, recommendations.

Постановка проблеми. Однією з найважливіших якісних характеристик суспільства є здоров'я населення та тривалість життя. Останніми роками у зв'язку з підвищеним техногенним забрудненням навколишнього середовища, що надає виражений негативний ефект на молодий організм, загострюється питання охорони фізичного розвитку та стану здоров'я молодого покоління.

Сучасна наука виділяє низку основних чинників, які впливають на особисте здоров'я людини. До них належать генетичні фактори, стан навколишнього середовища, медичне забезпечення, спосіб життя. Ці фактори відіграють важливу роль у забезпеченні здоров'я підлітків, але в різному ступені.

Статистика показує, що в середньому на 1 000 підлітків до 100 можуть мати той чи інший тип спадкової патології. Із кожним роком число схильних до спадкових захворювань увесь час збільшується [1]. Медичне забезпечення є одним із дієвих факторів зміцнення і збереження здоров'я підлітків. Його частка в зміцненні та збереженні здоров'я, за оцінкою фахівців, досить істотна і складає 10–15% [6]. Негативний вплив навколишнього середовища на здоров'я людини відбувається через промислові підприємства, які розташовані біля житлових районів. Як правило, це потужні джерела шкідливих викидів в атмосферу.

Найбільший внесок, як свідчать дослідження вчених і життєвий досвід людей, у забезпечення здоров'я вносить спосіб життя – 50–55% [2]. Основним складником способу життя є раціональне харчування. Раціональне харчування, забезпечуючи своєчасне і повне задоволення фізіологічних потреб організму в харчових речовинах і енергії, сприяє підвищенню працездатності, зміцненню здоров'я, підвищує стійкість до різних захворювань, забезпечує високу активність, бадьорість на довгі роки [3]. Особливої уваги потребують діти. Згідно з опитуванням, проведеним у рамках міжнародного проекту «Здоров'я та поведінкові орієнтації учнівської молоді», фіксується суттєве погіршення харчових звичок дітей із віком [4]. Із кожним роком у раціоні харчування школярів суттєво падає відсоток таких поживно цінних продуктів, як фрукти, овочі, молочна та кисломолочна продукція, натомість зростає споживання вуглеводів, особливо швидких. Це

призводить до виникнення нової загрози для здоров'я суспільства, зокрема ожиріння, діабету, раку, серцево-судинних захворювань, хронічних хвороб органів дихання [5].

Отже, проблема полягає в тому, щоб активізувати, простимулювати позитивний вплив факторів, які зміцнюють здоров'я, і нейтралізувати вплив тих факторів, які його погіршують.

Актуальність дослідження. Підлітковий вік є одним із складних і найбільш уразливих етапів розвитку людини. Численні роботи [1–5] свідчать про зниження рівня здоров'я й адаптації до розумових і фізичних навантажень в осіб молодого віку, збільшення смертності серед молоді, несприятливий прогноз формування трудового та оборонного потенціалу держави.

Збереження здоров'я підлітків в умовах техногенного забруднення навколишнього середовища натепер набуває особливої актуальності, проте це питання слабо вивчене, що визначило напрям досліджень цієї роботи.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Мета роботи полягає у визначенні залежності впливу техногенних факторів та цінності харчування на показники здоров'я підлітків на прикладі м. Кам'янське.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Для досягнення зазначеної в роботі мети поставлено такі завдання:

1) проаналізувати динаміку техногенних факторів міста Кам'янське, які складаються з кліматичних показників та забруднення атмосфери основними забруднювальними речовинами та важкими металами;

2) розробити аналітичний тест для вибору дослідної групи серед підлітків;

3) оцінити цінність харчування підлітків;

4) оцінити фізичний розвиток підлітків за допомогою функціональних тестів, зокрема проби Штанге, тесту Руф'є та тесту на визначення адаптаційного потенціалу;

5) запропонувати методику для визначення узагальнювальних показників впливу техногенних факторів та цінності харчування на показники здоров'я підлітків, провести розрахунки за запропонованою методикою;

6) розробити математичну модель залежності показників здоров'я підлітків від техногенних факторів та цінності харчування.

Наукова новизна полягала в такому:

1) набули подальшого розвитку закономірності зміни показників здоров'я підлітків в умовах сучасного техногенезу, які полягають у зниженні функціональних резервів фізіологічних систем адаптації організму за умов наростання ступеня техногенного та соціально-економічного навантаження;

2) удосконалено метод узагальненої оцінки психофізичного стану респондента шляхом розробки аналітичного тесту;

3) уперше розроблено методику для визначення узагальнювальних показників впливу техногенних факторів та цінності харчування на показники здоров'я підлітків;

4) уперше розроблено математичну модель залежності показників здоров'я підлітків від техногенних факторів та цінності харчування, які дозволяють оцінити вплив ступеня техногенного та соціально-економічного навантаження на показники здоров'я підлітків.

Методики досліджень. Із метою дослідження впливу техногенних факторів урбосистем на стан здоров'я та фізичний розвиток підлітків застосовано методики, що надають можливість визначити у кількісних значеннях безпосередньо техногенні фактори та фізичний розвиток підлітків.

За техногенні фактори у межах цього дослідження прийнято сукупність середньомісячних кліматичних показників (температури повітря та кількості атмосферних опадів), середньомісячну концентрація забруднювальних речовин в атмосферному повітрі (пил, діоксид сірки, діоксид вуглецю, оксид азоту, сірководень, фенол, аміак, формальдегід) та середньомісячну концентрацію в атмосферному повітрі важких металів (кадмій, залізо, марганець, мідь, нікель, свинець, хром, цинк). Зазначені показники взято у вигляді статистичних даних, із якими проведено математичну обробку.

Фізичний розвиток підлітків запропоновано оцінювати через визначення ступеня фізичної підготовки, стану здоров'я, якості і способу життя, наявності шкідливих звичок та ставлення до свого здоров'я підлітків.

Із метою виконання зазначених досліджень стало необхідним формування репрезентативної вибірки серед підлітків. Для цього розроблено аналітичний тест із 30 питань, за які максимально можливо отримати 60 балів. Відповідна група питань цього тесту надає можливим аналізувати певну сторону особистості респондента, зокрема турботу про своє здоров'я тощо, що надає можливість класифікувати опитуваних та скласти репрезентативну вибірку респондентів. Запропоновано розподілити респондентів на дві групи: 1) підліток веде активний та здоровий спосіб життя; 2) підліток не дотримується здорового способу життя. Таким чином, стало можливим визначити приналежність кожного респондента до певних дослідних груп, зокрема до групи 1 віднесено респондентів, що можуть набати понад 45 балів, інші респонденти увійшли до групи 2. Подальші дослідження фізичного розвитку підлітків проведено з відібраними групами респондентів.

Рівень фізичної підготовки респондентів оцінено за результатами проведених функціональних тестів кожним респондентом (проба Штанге, тест Руф'є

та тест на визначення адаптаційного потенціалу) за відомими методиками [8].

Проба Штанге полягає в реєстрації тривалості затримки подиху після максимального вдиху. Проба використовується для судження про кисневу забезпеченні організму. Вона характеризує також загальний рівень тренованості людини. У дітей проба Штанге може проводитися після 3-х глибоких вдихів у положенні сидячи.

Тест Руф'є – нескладне фізичне випробування, за результатами якого можна судити про роботу серця під час фізичного навантаження. Цей тест показує те, який рівень навантаження може витримати людина без ризику для свого здоров'я. Тест Руф'є з 2009 року став обов'язковим медичним дослідженням для школярів в Україні. На практиці цей тест показує те, в якій групі з фізкультури має і зможе за станом здоров'я займатися дитина. На підставі результатів тесту Руф'є школяреві видають довідку, де вказано групу для занять фізичної культури.

Рівень адаптації оцінюється за значенням адаптаційного показника, розрахунок якого проводиться за методом Р.М. Баєвського в модифікації А.П. Берсенєвої та ін. (1987).

На фізичний розвиток підлітків, окрім ступеня фізичної підготовки та наявності шкідливих звичок, впливає також цінність харчування. Тому від респондентів отримано індивідуальну анкета-меню, за даними якої визначено середньомісячний перелік та обсяги харчових продуктів, які вони вживали протягом періоду дослідження. Використовуючи значення хімічного складу та енергетичної цінності харчових продуктів [7], розраховано добове та середньомісячне споживання білків, жирів, вуглеводів, вітамінів та мінералів для кожного з респондентів.

Результати досліджень для кожного респондента за кожним фактором використовуються для визначення узагальнювальних показників впливу техногенних факторів («Техногенні фактори» – ТФ) та цінності харчування («Цінність харчування» – ЦХ) на показники здоров'я підлітків («Фізичний розвиток» – ФР) за запропонованими методиками розрахунку узагальнювальних показників досліджень (формули 1–3).

Розрахунок показника «Техногенні фактори» пропонується розраховувати для кожного відрізку періоду досліджень (один місяць) за формулою (1):

$$\text{ТФ}_\text{j} = \sum_{\text{y}=1}^{\text{M}} \frac{|\text{ТФ}_{\text{ГДК}_\text{y}} - \text{ТФ}_\text{y}|}{\text{ТФ}_{\text{ГДК}_\text{y}}} + \frac{|\text{ТФ}_{\text{ГДК}_{\text{y}+1}} - \text{ТФ}_{\text{y}+1}|}{\text{ТФ}_{\text{ГДК}_{\text{y}+1}}} + \\ + \cdots + \frac{|\text{ТФ}_{\text{ГДК}_\text{M}} - \text{ТФ}_\text{M}|}{\text{ТФ}_{\text{ГДК}_\text{M}}}, \quad (1)$$

де *j* – поточний відрізок періоду досліджень (12 місяців); *y* – показники, що характеризують техногенні фактори (кліматичні показники – середньомісячна температура повітря та кількість опадів, середньомісячна концентрація забруднювальних речовин в атмосферному повітрі (пил, діоксид сірки, діоксид вуглецю, оксид азоту, сірководень, фенол, аміак, формальдегід), середньомісячна концентрація в атмосферному повітрі важких металів (кадмій, залізо, марганець, мідь, нікель, свинець, хром, цинк); *M* – кількість показників, що $\text{ТФ}_{\text{ГДК}_\text{y}}$ характеризують техногенні фактори (18 показників); – середньомісячна норма чи граничнодопустима концентрація показників, що характеризують техногенні фактори; ТФ_y – середньомісячне значення показників, що характеризують техногенні фактори.

Примітка: за умов, коли концентрація речовини дорівнювала граничнодопустимій концентрації цієї речовини або є нижчою, середньомісячне значення показника, що характеризує техногенні фактори, приймається за 0 та не враховується в розрахунках.

Аналогічно пропонується розраховувати показник «Цінність харчування» для кожного відрізку періоду досліджень за формулою (2):

$$\text{ЦХ}_\text{j} = \sum_{\text{i}=1}^{N} \frac{|\text{ЦХ}_{\text{норм}_\text{i}} - \text{ЦХ}_\text{i}|}{\text{ЦХ}_{\text{норм}_\text{i}}} + \frac{|\text{ЦХ}_{\text{норм}_{\text{i}+1}} - \text{ЦХ}_{\text{i}+1}|}{\text{ЦХ}_{\text{норм}_{\text{i}+1}}} + \\ + \cdots + \frac{|\text{ЦХ}_{\text{норм}_\text{n}} - \text{ЦХ}_\text{n}|}{\text{ЦХ}_{\text{норм}_\text{n}}}, \quad (2)$$

де *j* – поточний відрізок періоду досліджень (12 місяців); *i* – показники, що характеризують цінність харчування (білки, жири, вуглеводи, вітамін А, вітамін D, вітамін Е, вітамін С, кальцій, фосфор, магній, залізо); *N* – кількість показників, що характеризують цінність харчування (11 показників); $\text{ЦХ}_{\text{норм}_\text{i}}$ – добова норма показників, що характеризують цінність харчування; ЦХ_i – середнє добове значення показників, що характеризують цінність харчування, за відповідний місяць для всієї групи респондентів (20 осіб).

Так, для кожного відрізку періоду досліджень пропонується розраховувати показник «Фізичний розвиток» (ФР) за формулою (3):

$$\text{ФР}_\text{j} = \sum_{k=1}^{\text{R}} \frac{|\text{ФР}_{\text{норма}_k} - \text{ФР}_k|}{\text{ФР}_{\text{норма}_k}} + \frac{|\text{ФР}_{\text{норма}_{k+1}} - \text{ФР}_{k+1}|}{\text{ФР}_{\text{норма}_{k+1}}} + \\ + \cdots + \frac{|\text{ФР}_{\text{норма}_\text{R}} - \text{ФР}_\text{R}|}{\text{ФР}_{\text{норма}_\text{R}}}, \quad (3)$$

де *j* – поточний відрізок періоду досліджень (12 місяців); *R* – показники, що характеризують показники здоров'я (проба Штанге, тест Руф'є, рівень адаптаційного потенціалу); R – кількість показників, що характеризують показники здоров'я (3 показники); $\text{ФР}_{\text{норм}_\text{k}}$ – норма показників, що характеризують показники здоров'я; ФР_k – середній показник, що характеризують показники здоров'я, за відповідний місяць для всієї групи респондентів (20 осіб).

Дослідження впливу пасивних чинників – техногенних факторів урбосистем та активних чинників –

цінність харчування, на фізичний розвиток підлітків проведено згідно з концепцією, схематично наведеною на рисунку 1. Ступінь та характер впливу визначено згідно зі статистичною обробкою даних у програмному доданку Microsoft Office Excel.

Виклад основного матеріалу. Для оцінки техногенних факторів, зокрема кліматичних показників, з офіціального сайту Українського гідрометеорологічного центру [9] вибрано показники середньомісячної температури повітря та кількості опадів в місті Кам'янське за період червня 2017 року – травня 2018 року. Суттєвих відхилень від норми цих по цих показниках не було виявлено, окрім незначних перевищень (до 5°С) середньомісячних температур переважно в літньо-осінній період 2017 року.

Інші техногенні фактори, зокрема середньомісячні концентрації забруднювальних речовин та важких металів, отримано за результатами щоденних спостережень чотирьох дійсних на території міста Кам'янське стаціонарних постів спостережень за станом забруднення атмосферного повітря, підпорядкованих лабораторії моніторингових спостережень за станом атмосферного повітря міста Кам'янське здійснює [10]. Проаналізовано середньомісячні концентрації важких металів та інших газоповітряних забруднювальних речовин в атмосферу міста Кам'янське протягом дослідного періоду та встановлено, що в атмосферу потрапила значна кількість важких металів із перевищенням гранично допустимих норм. Так, наприклад, концентрація кадмію в атмосферному повітрі перевищувала у 3–9 разів гранично допустиму, свинцю та нікелю – у 3–5 разів, міді та цинку – у 2–4 рази, хрому – у 2–3 рази, заліза – у 5–14 разів, марганцю – у 7–11 разів. Серед інших забруднювальних речовин, що надійшли до атмосфери міста, не спостерігається значне перевищення гранично допустимих норм. Максимальне перевищення гранично допустимих концентрацій за рік діоксидом сірки складало 0,35 раз, діоксидом вуглецю – 0,23 рази, сірководню – 0,44 раз, фенолу – 0,26 разів, формальдегіду – 0,64 разів, аміаку – 0,16 разів. Найбільшою концентрацією відрізняється пил (0,6181 мг/м^3), що у 0,35 раз перевищує гранично допустимі норми, проте з лютого по березень 2018 р. концентрація пилу в атмосферному повітрі була в межах гранично допустимих концентрацій.

Дослідження за розробленим аналітичним тестом проводились у червні 2017 року на базі дитячо-юнацької спортивної школи № 1. У дослідженнях брали участь учні 9–10 класів (хлопці віком 15–16 років) у кількості 100 осіб. Усі респонденти проживають локально в межах міста Кам'янське, тому на них впливають однакові фактори навколишнього середовища (екологічні умови). Усі респонденти навчаються в типових навчальних закладах, у яких регламентовано стандартне меню харчування, а також фізичні й розумові навантаження. За допомогою анкетування отримано вихідні дані, після обробки яких з усієї групи опитуваних відібрано 20 респондентів для подальшого аналізу результатів досліджень. До групи 1 віднесено респондентів, результати аналітичного тесту яких складають більше 45 балів із 60 можливих. Вони регулярно займаються спортом, дотримуються денного режиму та правил поведінки, тобто ведуть здоровий спосіб життя, а також не мають генетичних хвороб. Групу 2 складають респонденти з кількістю балів до 45 включно, які не стежать за тривалістю свого сну, кількістю часу, проведеного за комп'ютером, телевізором і телефоном, якістю харчування і кількістю споживання води. Деякі з респондентів цієї групи не зовсім стежать за своїм здоров'ям та мало займаються спортом, тому їм необхідно замислитися над своїм здоров'ям і способом життя та змінити його на краще.

Проведений відбір репрезентативних вибірок серед підлітків дозволив провести дослідження з визначення рівню фізичного розвитку респондентів за результатами проведених функціональних тестів із кожним респондентом: проба Штанге (результат, с), тест Руф'є (параметр *i*) та тест на визначення адаптаційного потенціалу (параметр ПА). Дослідження проводилося індивідуальним шляхом із кожним респондентом один раз на місяць протя-

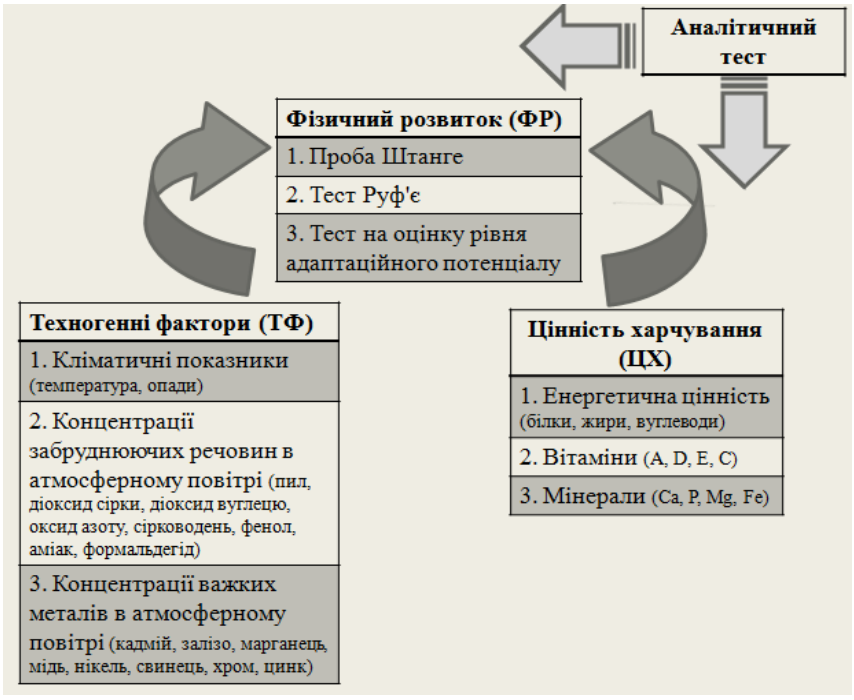


Рис. 1. Концепція визначення впливу техногенних факторів урбосистем на фізичний розвиток підлітків

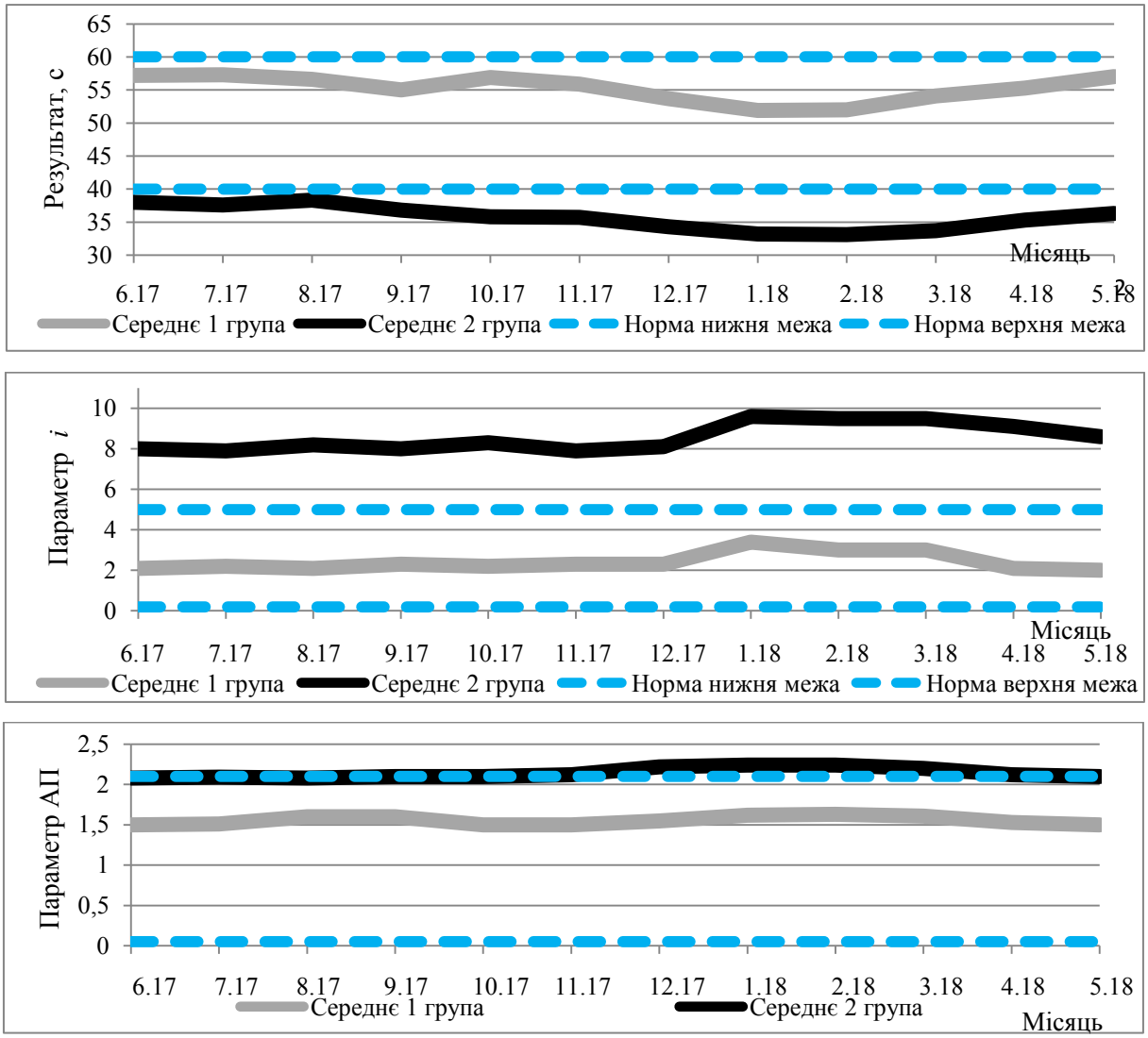


Рис. 2. Результати розрахунку проведених функціональних тестів

Таблиця 1

Результати розрахунків узагальнювальних показників досліджень

Період досліджень	Показник «Техногенні фактори» (ТФ), ум.од.	Показник «Цінність харчування» (ЦХ), ум.од.	Показник «Фізичний розвиток» (ФР), ум.од.
Червень 2017р.	302,61	4,049	2,1092
Липень 2017 р.	374,962	4,9006	2,7044
Серпень 2017 р.	386,58	6,0157	3,8548
Вересень 2017 р.	429,15	6,8081	2,708
Жовтень 2017 р.	382,94	4,9932	2,7949
Листопад 2017 р.	391,16	5,166	2,902
Грудень 2017 р.	390,84	5,1602	2,9001
Січень 2018 р.	313,86	4,3703	2,2014
Лютий 2018 р.	193,11	3,2291	2,044
Березень 2018 р.	358,13	5,6981	2,5929
Квітень 2018 р.	303,49	3,1127	2,9281
Травень 2018 р.	366,809	5,722	2,6443

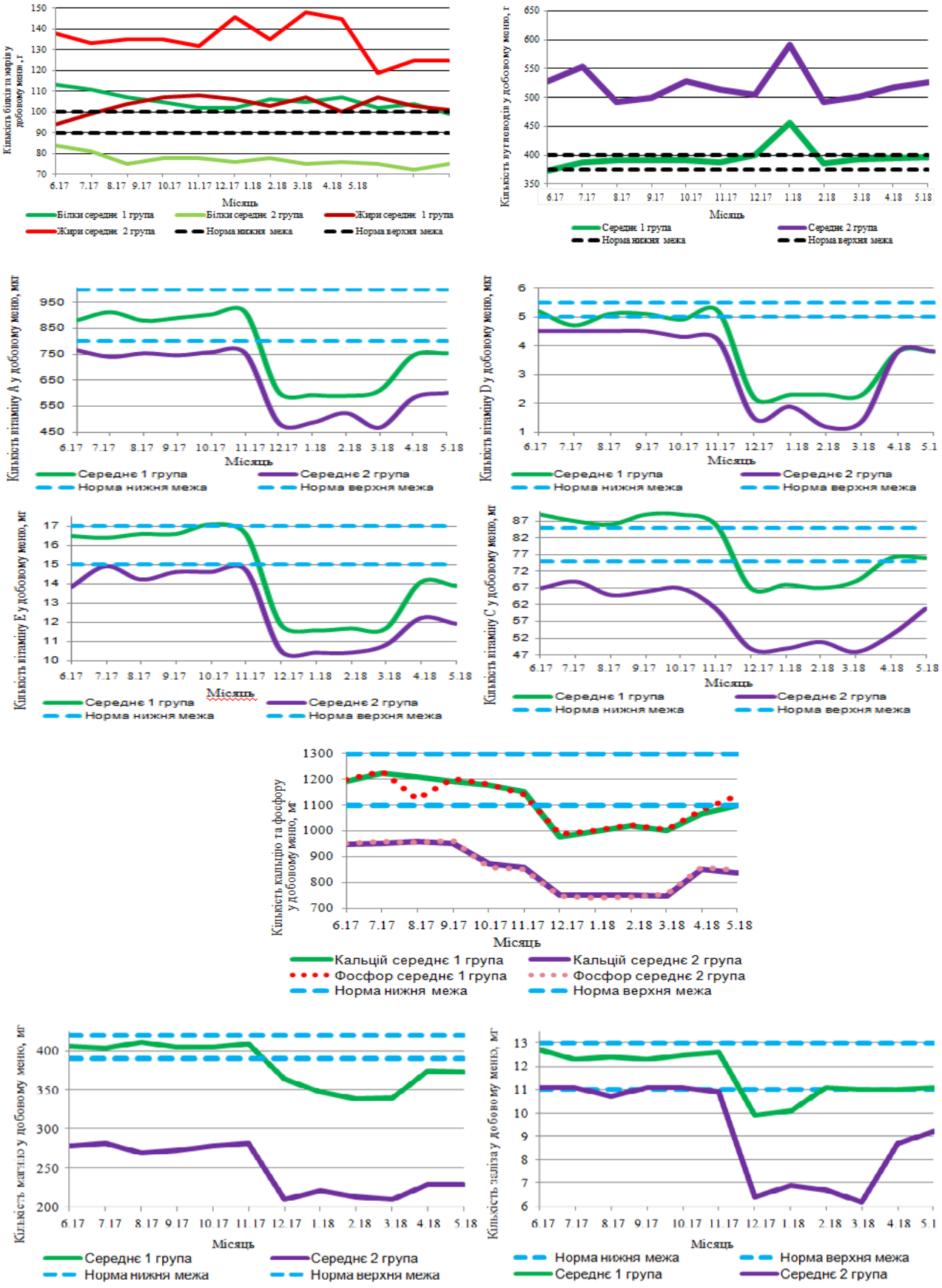


Рис. 3. Результати розрахунку цінності харчування підлітків

гом усього інтервалу досліджень під керівництвом лікаря міського медичного центру здоров'я та медицини м. Кам'янське. Результати розрахунків наведено на рисунку 2.

Аналізуючи графіки, представлені на рисунку 2, з'ясовано, що респонденти першої групи показують високі результати під час виконання всіх тестів протягом дослідженого періоду. Узимку показники знижені, проте залишаються достатньо високими, що вказує на тренованість та добрий стан здоров'я респондентів цієї групи. Респонденти другої групи за усіма функціональними тестами показали незадовільний результат, що вказує на загальний низький рівень тренованості респондентів цієї групи.

Середньомісячну цінність харчування за досліджений період кожного респондента відповідної дослідної групи оцінено за розрахованим усередненим хімічним складом меню відповідного респондента. Результати розрахунків наведено на рисунку 3.

За результатами розрахунків установлено коливання обсягів уживання жирів та вуглеводів протягом року – збільшення обсягів спостерігається в зимовий період, стабілізація – в осінньо-весняний. Обсяги вживання білків є стабільними протягом року. Виявлено тенденцію до наближення до норм уживання білків, жирів та вуглеводів саме у респондентів першої групи та відхилення від дійсних нормативів цінності харчування до 30% у респондентів другої групи. Цей факт свідчить про наявність раціонального раціону харчування респондентів першої групи та про його відсутність у респондентів другої групи.

Розрахований обсяг уживання підлітками найважливіших вітамінів A, D, E, C свідчить про загальнорічну недостатню кількість у респондентів обох груп, особливо взимку (від 20% до 70%), проте у літній період респонденти першої групи поповнюють обсяг цих вітамінів до нормативних обсягів, а респонденти другої групи – ні.

Схожа ситуація спостерігається також із середньорічними обсягами вживання таких мінералів, як кальцій, магній, фосфор, залізо у респондентів обох дослідних груп – їх недоотримання від 10 до 50% переважно в зимовий період року. Крім того, у респондентів другої групи кількість зазначених мінералів так і не відновлюють навіть улітку.

Отримані результати досліджень використано для визначення узагальнювальних показників впливу техногенних факторів («Техногенні фактори» – ТФ) та цінності харчування («Цінність харчування» – ЦХ) на показники здоров'я підлітків («Фізичний розвиток» – ФР) за запропонованими формулами (1–3) розрахунку узагальнювальних показників. Результати розрахунків показників «Техногенні фактори», «Цінність харчування» та «Фізичний розвиток» згруповано в таблиці 1.

Отримані результати дозволяють оцінити вплив техногенних факторів та цінності харчування підлітків на показники здоров'я підлітків згідно з концепцією, схематично наведеною на рисунку 1.

За допомогою доданку Microsoft Office Excel розроблено математичні моделі залежностей:

– показників здоров'я підлітків (у) від впливу техногенних факторів (температури, опадів, викиду в атмосферу забруднювальних речовин та важких металів) (х):

$$y = 0{,}00004x^2 - 0{,}016x + 3{,}8492;$$

– показників здоров'я підлітків (у) від цінності харчування підлітків (кількості вживання енергетичних компонентів їжі, вітамінів та мінералів) (х):

$$y = 0{,}1581k^2 - 1{,}1772k + 4{,}5649.$$

Графічне уявлення цих моделей наведено на рисунках 4 та 5 відповідно.

Аналізуючи побудовану графічну залежність, наведену на рисунку 4, можна зробити висновок, що зі збільшенням негативного прояву техногенних факторів через відхилення від норми, наприклад перевищення ГДК забруднювальних речовин в атмосферному повітрі чи відхилення від норми кліматичних показників, стан здоров'я та фізичний розвиток респондентів також погіршується. Це підтверджується поліноміальним графом та отриманим коефіцієнтом апроксимації 0,6133, який свідчить про

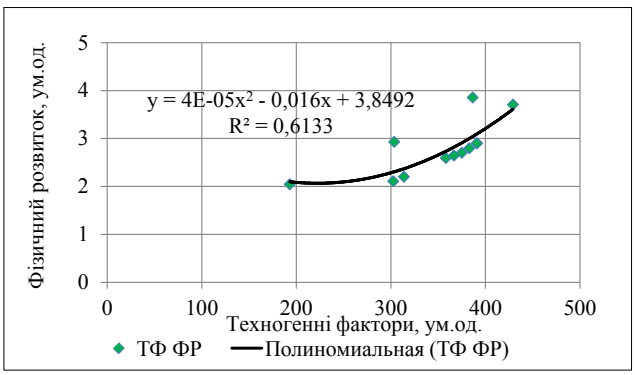


Рис. 4. Вплив техногенних факторів (ТФ) на показники здоров'я підлітків (ФР)

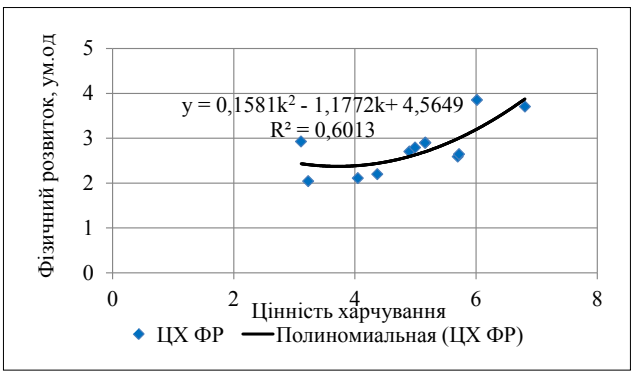


Рис. 5. Вплив цінності харчування (ЦХ) на показники здоров'я підлітків (ФР)

те, що ступінь зв'язку цієї пари параметрів складає майже 80%, тобто із загостренням негативного прояву техногенних факторів стан здоров'я та фізичного розвитку респондентів погіршується, що можна пояснити зниженням функціональних резервів фізіологічних систем адаптації організму за умов наростання ступеня техногенного навантаження.

На рисунку 5 показано графічну поліноміальна залежність показника здоров'я підлітків від цінності харчування. Із наведеного видно, що відхилення від норм цінності спожитої їжі, наприклад за рахунок недоотримання респондентами вітамінів та мінералів, призводить до погіршення стану здоров'я, що підтверджується високим ступенем зв'язку пари параметрів (≈80%)

Отримані математичні залежності надають можливість із достатньо високим ступенем вірогідності пов'язати показник здоров'я підлітків із техногенними факторами та цінністю харчових продуктів, що вони вживають. Проте вплив факторів на показники здоров'я підлітків може бути пролонгованої дії, тобто проявлятись не миттєво, а згодом певного інтервалу часу. Тому під час моделювання цей факт ураховано та встановлено зв'язок між аналізованими показниками з урахуванням відставання залежного складника (показник здоров'я підлітків) у парі параметрів.

Головні висновки. Проаналізовано динаміку техногенних факторів міста Кам'янське, які складаються з кліматичних показників та концентрацій в атмосферному повітрі забруднювальних речовин та важких металів. Виявлено, що протягом дослідженого періоду (червень 2017 р. – травень 2018 р.) атмосферні опади та середньомісячна температура не сильно відхиляються від багаторічних показників, середньомісячні концентрації твердих та газоподібних забруднювальних речовин перебувають у межах граничнодопустимих значень, проте всі концентрації важких металів в атмосферному повітрі значно перевищували гранично допустимі норми.

Розроблено аналітичний тест для вибору репрезентативної дослідної групи серед підлітків. Проведений тест дозволив обрати репрезентативну вибірку, що складається з двох груп: першої – підлітки підтримують здоровий спосіб життя, другої – не стежать за якістю харчування, недостатньо приділяють уваги своєму здоров'ю та мало займаються спортом.

Оцінено рівень фізичного розвитку підлітків протягом дослідного періоду за допомогою функціональних тестів (проби Штанге, тесту Руф'є та тесту на визначення адаптаційного потенціалу). Результати показали, що респонденти першої групи мають гарну фізичну форму та задовільний стан здоров'я, а у респондентів другої групи вони відсутні.

Розраховано середньомісячна для дослідженого періоду, цінність харчування підлітків репрезентативної вибірки. Установлено загальнорічне для вибірки недоотримання респондентами з їжею найважливіших вітамінів і мінералів, а також відхилення від норм уживання з їжею жирів та вуглеводів.

Запропоновано методику для визначення узагальнювальних показників впливу техногенних факторів та цінності харчування на показники здоров'я підлітків. Проведені розрахунки за запропонованою методикою узагальнювальних показників «Техногенні фактори», «Цінність харчування» та «Фізичний розвиток» за кожний місяць дослідного періоду.

Розроблено математичну модель залежності показників здоров'я підлітків від техногенних факторів та цінності харчування. За результатами моделювання встановлено, що зі збільшенням негативного прояву техногенних факторів через відхилення від норми, стан здоров'я та фізичний розвиток респондентів також погіршується. Аналогічна залежність спостерігається між показниками здоров'я підлітків та цінності харчування.

Література

1. Трошин В.Д. Наследственность и здоровье. Профилактика и методы лечения. Москва: ЗАО Центрополиграф, 2005. 254 с. (Семейный доктор).
2. Разумов А.Н., Пономарев В.А., Пискунов В.А. Здоровье здорового человека (Основы восстановительной медицины). Москва: Медицина, 1996. 414 с.
3. Лукьянова Е.М. Медицинские и педагогические аспекты проблемы сохранения здоровья детей. *Междунар. мед. журнал*. 2003. Т. 9, № 3. С. 6–9.
4. Український інститут соціальних досліджень імені Олександра Яременка. URL: http://www.uisr.org.ua/hbsc.
5. Довідник «Показники здоров'я населення та використання ресурсів охорони здоров'я в Україні за 2010 рік». Київ, 2011. 740 с.
6. Тель Л.З. Валеология: Учение о здоровье, болезни и выздоровлении. Москва: ООО. Изд-во АСТ «Астраль», 2001. 416 с.
7. Смоляр В.И. Рациональное питание. Киев: Наукова думка, 1991. 367 с.
8. Михалюк Є.Л. Функціональні проби в спортивній медицині (Методичні рекомендації). Київ. 2005. 37 с.
9. Український гідрометеорологічний центр. URL: https://meteo.gov.ua
10. Звіти про спостереження за забрудненням атмосферного повітря у м. Кам'янське. Кам'янське. 2017–2018.

УДК 504:591.5
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-1-24-1-5

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ МУНІЦИПАЛЬНИХ ПРОГРАМ У СФЕРІ ПОВОДЖЕННЯ З ДОМАШНІМИ ТВАРИНАМИ

Махова М.О., Літвак С.М., Літвак О.А.
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
пр. Героїв України, 9, 54025, м. Миколаїв
muzamachova@gmail.com
piskyn@mksat.net
olya.litvak@gmail.com

У статті проведено аналіз ефективності реалізації муніципальних програм у сфері поводження з домашніми тваринами на прикладі міста Миколаєва. Розглянуто досвід розвинених країн світу у вирішенні зазначеної проблеми. Обґрунтовано важливість введення обов'язкової реєстрації та ідентифікації домашніх тварин. Визначено комплекс дієвих заходів щодо регулювання чисельності бездоглядних домашніх тварин і покращення екологічної та санітарно-епідеміологічної ситуації на території населеного пункту. *Ключові слова:* поводження з домашніми тваринами, бездоглядні тварини, ідентифікація та реєстрація домашніх тварин, стерилізація домашніх тварин, регулювання популяції бездоглядних тварин.

Анализ эффективности реализации муниципальных программ в сфере обращения с домашними животными. Махова М.А., Литвак С.М., Литвак О.А. В статье проведен анализ эффективности реализации муниципальных программ в сфере обращения с домашними животными на примере города Николаева. Рассмотрен опыт развитых стран мира в решении указанной проблемы. Обоснована важность введения обязательной регистрации и идентификации домашних животных. Определен комплекс действенных мер по регулированию численности безнадзорных домашних животных и улучшению экологической и санитарно-эпидемиологической ситуации на территории населенного пункта. *Ключевые слова:* обращение с домашними животными, безнадзорные животные, идентификация и регистрация животных, стерилизация домашних животных, регулирование популяции безнадзорных животных.

Analysis of the effectiveness of the implementation of municipal programs in the field of handling pets. Makhova M., Litvak S., Litvak O. The article analyzes the effectiveness of the implementation of municipal programs in the field of handling pets on the example of the city of Mykolayiv. The experience of developed countries of the world in solving this problem is considered. The importance of introducing compulsory registration and identification of pets has been substantiated. A set of effective measures for regulating the number of stray domestic animals and improving the ecological and sanitary-epidemiological situation on the territory of the settlement has been determined. *Key words:* handling of pets, stray animals, identification and registration of animals, sterilization of domestic animals, regulation of the population of stray animals.

Постановка проблеми. Серед сучасних соціально-екологічних проблем міст України на особливу увагу заслуговує питання, пов'язане з наявністю великої кількості бездоглядних тварин. Нині під час різкого збільшення обсягів комерційного розведення домашніх тварин та активного розвитку зообізнесу відсутнє належне державне врегулювання механізмів вирівнювання попиту та пропозицій щодо непродуктивних тварин. Водночас у нашому суспільстві не сформована культура їх утримання. Як наслідок, на вулицях міст є велика кількість бездоглядних собак і котів. Гуманне і цивілізоване вирішення цієї проблеми відповідає як моральним інтересам людей, так і інтересам міського комунального господарства, покликаного забезпечувати комфортні умови життя громадян у населених пунктах.

За чинним законодавством турботу про бездоглядних тварин покладено на муніципальну владу. Органам місцевого самоврядування надано право на проведення заходів із відлову та утримання бездоглядних тварин, що мешкають на відповідних територіях за кошт місцевих бюджетів.

Домашні тварини – невіддільна частина соціального життя багатьох людей. Тема тварин охоплює різні сфери життєдіяльності міста, зокрема такі: утримання і поводження із тваринами; наявність із різних причин бездоглядних тварин; захоронення тварин; розвиток нових видів дозвілля із залученням тварин; їх використання в терапевтичних цілях; відповідальність власників за своїх вихованців; психологічна підтримка самотніх людей і людей похилого віку; виховання в дітей гуманного ставлення до тварин.

З огляду на зазначене проблема наявності бездоглядних домашніх тварин має декілька аспектів:

– морально-етичний: бездоглядні тварини на вулицях міста викликають у людей завжди негативні почуття, які супроводжуються роздратуванням і

навіть агресією. Але більшість громадян співчуває бездомним тваринам, що зазнають голоду, холоду, знущання, вбивства;

– соціально-управлінський: неспроможність влади організувати належне виконання законодавчих актів у сфері поводження з домашніми тваринами з метою забезпечення санітарно-епідеміологічного благополуччя населення;

– економічний: необхідність значних фінансових витрат на вирішення проблеми і контролю ефективності використання виділених бюджетних коштів;

– юридичний: відсутність системної роботи щодо набуття права власності на тварин і відповідальності за них згідно з чинним законодавством України.

Актуальність дослідження зумовлюється тим, що безконтрольне розмноження домашніх тварин, їх бездоглядність і поширення можуть істотно вплинути на екологічну та санітарно-епідеміологічну ситуацію у міському середовищі. При цьому бюджетні витрати, спрямовані на регуляцію чисельності бездоглядних тварин, щороку зростають і використовуються нераціонально. Недооцінка важливості визначеної проблеми призводить до конфліктних ситуацій і завдає моральної шкоди жителям міста.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання, як вирішити ситуацію з бездоглядними домашніми тваринами, є досить дискусійним, тому нині вивчається досить активно. Наукові дослідження з проблем оцінки ролі бездоглядних тварин у житті урбанізованих екосистем і міського соціуму наведені в роботах вітчизняних і зарубіжних авторів. Обґрунтованими є роботи Б. Клауснітцера, Т.Дж. Денієлса, М. Бекоффа, А.О. Тупікіна, які присвячені вивченню екосистемної організації популяцій бездоглядних домашніх тварин в межах урбанізованих територій.

Ветеринарному контролю домашніх тварин і небезпеці поширення зоонозних хвороб в населених пунктах присвячені роботи таких учених, як І.В. Загороднюк, М.А. Коробченко, В.О. Наглов, Г.О. Омельченко.

Серед досліджень, в яких розглядаються етико-правові аспекти забезпечення захисту тварин та питання юридичної відповідальності за жорстоке поводження з тваринами, треба виділити праці таких авторів, як Н.С. Бондаренко, В.Є. Борейко, В.А. Ворона, І.І. Коробко, В.О. Морозова, А.О. Данилевський , Д.О. Калмиков, В.О. Турська.

В Україні діють законодавчі акти, які визначають відповідні норми щодо гуманного ставлення до тварин, забезпечення проведення політики у сфері поводження з тваринами: закони України «Про тваринний світ», «Про ветеринарну медицину», «Про захист тварин від жорстокого поводження», «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення», Кримінальний кодекс, Цивільний кодекс та Кодекс України про адміністративні правопорушення.

Також важливим фактом є те, що у 2013 р. Україна ратифікувала Європейську конвенцію про захист домашніх тварин [1], в якій визначено основні принципи благополуччя, утримання, розведення та дресирування тварин і заходи стосовно бездоглядних тварин із метою зменшення їх кількості. На жаль, імплементувати цю Конвенцію Україна нині не спроможна. Однією з причин є те, що норми Кримінального кодексу України, які карають за жорстоке поводження з тваринами, практично не діють, ці статті Кодексу не узгоджені із Законом України «Про захист тварин від жорстокого поводження», а також не відповідають міжнародному законодавству [2; 3].

Майже в кожному населеному пункті України розроблені місцеві програми поводження з домашніми тваринами та регулювання чисельності бездоглядних тварин. Але реальність демонструє недостатній рівень ефективності розроблених і реалізованих заходів.

Тому є об’єктивна потреба у проведенні подальших комплексних досліджень із метою аналізу результатів упроваджених запланованих заходів і визначення найбільш ефективних способів вирішення проблем регулювання популяції бездоглядних домашніх тварин у населених пунктах.

Метою дослідження є аналіз ефективності реалізації муніципальних програм у сфері поводження з домашніми тваринами та обґрунтування комплексу дієвих заходів щодо регулювання чисельності бездоглядних тварин і покращення екологічної та санітарно-епідеміологічної ситуації на територіях населених пунктів на прикладі м. Миколаєва.

Виклад основного матеріалу. У міському господарстві будь-якого населеного пункту завжди є проблеми, пов’язані з регуляцією чисельності бездоглядних тварин. Бездомні собаки і коти в містах – це покинуті домашні тварини або їх потомство. Велика кількість бездоглядних тварин – це морально-етична та соціально-екологічна хвороби міста, показник низького рівня відповідальності власників тварин і бездіяльності влади на містах.

На нашу думку, основним чинником, який перешкоджає ефективному впровадженню заходів щодо регуляції чисельності бездоглядних тварин є те, що в Україні відсутній єдиний державний нормативно-правовий акт, який би одночасно врегульовував питання утримання, обліку, ідентифікації, розведення, лікування, продажу і розваг із домашніми тваринами.

Незважаючи на те, що питання формування та реалізації державної політики у сфері поводження з домашніми тваринами не віднесені до компетенції Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, муніципальна влада кожного населеного пункту покладає управління та врегулювання зазначених проблем саме на департамент житлово-комунального господарства [4].

До завдань Державної ветеринарної та фітосанітарної служби України Міністерства аграрної політики та продовольства також не віднесено управління та врегулювання питань у сфері поводження з домашніми тваринами, а саме із собаками та котами. До їх компетенції належить робота виключно із сільськогосподарськими тваринами [5].

У промислово розвинених країнах світу досить успішно вирішують проблеми у сфері поводження з домашніми тваринами. Протягом десятиліть у них сформувалися на державному рівні системи контролю чисельності та утримання домашніх тварин, які об'єднують муніципальні служби і громадські організації. Більшість країн Європейського Союзу, США, Канада, Японія характеризуються значною кількістю тварин-компаньйонів (собак і котів), що проживають у будинках або квартирах власників. Західні фахівці вважають, що «перевиробництво і надлишок власницьких тварин» (pet overpopulation) зумовлені потенційно дуже високими темпами розмноження собак і котів та є основною причиною появи бездоглядних тварин. Перевиробництво тварин зумовлює невідповідність між «попитом» і «пропозицією», тобто кількість потенційних відповідальних власників менше кількості народжуваних у власників цуценят і кошенят. Причини перевиробництва – не досить висока культура утримання тварин власниками, зокрема безконтрольний вигул, а також мінлива мода на ті чи інші породи. Бездоглядність домашніх собак і котів справедливо розглядається як негативне явище [6; 7].

Тому в країнах Європи основною формою роботи у сфері поводження з домашніми тварина є обов'язковий облік власників, ідентифікація тварин і створення муніципальних і приватних притулків для бездоглядних тварин. Притулки мають легальний статус та активно діють як центри збору відмовних, зокрема «зайвих» тварин у власників, і як центри передачі тварин новим власникам. Муніципальні притулки створені для тимчасового утримання тварин, приватні – можуть утримувати тварин пожиттєво за власні кошти. Долю незатребуваних тварин вирішують лікарі ветеринарної медицини. У найбільш благополучних країнах у заходах щодо умертвіння бездоглядних тварин фактично вже немає необхідності з огляду на те, що всі тварини можуть бути влаштовані за прийнятний термін [8].

Найважливішим профілактичним заходом регуляції чисельності бездоглядних тварин є стимулювання і пропаганда запобігання розмноженню домашніх тварин і підвищення культури їх утримання власниками. У ряді країн це досягається введенням зниження сум ліцензійних або реєстраційних зборів (податків) із власників стерилізованих тварин. Також у багатьох країнах проводяться заходи з безкоштовної стерилізації тварин малозабезпечених власників. Тварини в притулках, що передаються новим власникам, також стерилізуються. Основна тенденція в цьому випадку – нестерилізовані тварини повинні залишатися переважно тільки у ліцензованих заводчиків. Поряд із цим також вводяться заходи з протидії безконтрольному вигулу власницьких собак [9].

З метою вирішення вищезазначених проблем у м. Миколаєві з 2009 р. затверджено «Правила утримання домашніх собак і котів в м. Миколаєві» [10]. Також діє міська цільова «Програма поводження із собаками та котами на території міста Миколаєва», яка кожні 5 років оновлюється. Основною метою програми є зменшення кількості бездоглядних тварин у м. Миколаєві на основі гуманного та відповідального ставлення до них, масова реєстрація домашніх тварин, стерилізація та прилаштування бездоглядних тварин, забезпечення громадського контролю за дотриманням правил утримання домашніх тварин, вживання заходів щодо захисту тварин, здійснення контролю та заборона незаконної торгівлі тваринами в місті, створення безпечних і комфортних умов життя людей і співіснування людей і тварин у м. Миколаєві [11].

Відповідальний виконавець міської цільової програми – Департамент житлово-комунального господарства Миколаївської міської ради. Одним із головних співвиконавців програми є комунальне підприємство Миколаївської міської ради «Центр захисту тварин» (КП ММР «Центр захисту тварин»), на яке покладено організацію та здійснення роботи щодо виконання міської програми з вирішення проблем утримання домашніх тварин. Головними завданнями комунального підприємства, згідно з його Статутом є такі [12]:

– сприяння адаптації правил, положень та інших нормативних документів, які регулюють співіснування людей і тварин у місті, відповідно до міжнародних та європейських вимог;

– ведення єдиної електронної бази даних непродуктивних тварин у м. Миколаєві та ідентифікація тварин шляхом чипування, маркування;

– проведення всебічного моніторингу з усіх напрямів, що пов'язані з непродуктивними тваринами: збір, аналіз та обробка даних про кількість, склад, ареал перебування тощо;

– виявлення фактів наявності на території міста бездоглядних собак і котів, відлов тварин, облік і реєстрація тварин, що потрапили до тимчасового притулку;

– розміщення бездоглядних тварин на карантинному майданчику, стерилізація, вакцинація, надання інших ветеринарних послуг та утримання тварин;

– підбір та утилізація трупів тварин;

– проведення інформаційно-просвітницької роботи серед населення з питань утримання тварин.

Фінансування заходів «Програми поводження із собаками та котами на території міста Миколаєва» відбувається відповідно до Програм реформування та розвитку житлово-комунального господарства міста Миколаєва та з міського цільового фонду охорони навколишнього природного середовища.

Згідно з офіційною інформацією, розміщеною на сайті Миколаївської міської ради, керівництвом КП ММР «Центр захисту тварин» було освоєно 10 212, 70 тис. грн бюджетних коштів за період 2015–2017 рр. Додатково за цей період було витрачено 50,319 тис. грн безпосередньо міським управлінням екології при департаменті ЖКХ на рекламно-освітню роботу та 10,662 тис. грн передано громадській організації «Фенікс». За 9 місяців 2018 р. з міського бюджету було виділено 3 257,1 тис. грн. На 2019–2022 рр. з бюджету міста Миколаєва планується виділити підприємству 37 138,66 тис. грн [13].

Здійснення обліку домашніх собак і котів, що належать власникам, розпочато КП ММР «Центром захисту тварин» з липня 2013 року, коли підприємство було ще офіційно не відкрито, але вже почало намагатися здійснювати роботу в цьому напрямі (рис. 1).

Наприклад, у 2013 р. було зареєстровано всього 12 тварин. Найвищі показники спостерігалися у 2015–2016 рр., в останні роки кількість реєстрацій знизилася більш ніж у 2 рази. За весь час існування КП ММР «Центр захисту тварин» було зареєстровано з обов'язковою ідентифікацією тварин 353 власників. Але, як свідчать соціологічні опитування, домашніх тварин мають більше 50 % українців. Якщо наведені показники реєстрації тварин порівняти з приблизною оцінкою кількості власників собак і котів у м. Миколаєві, яка дорівнює 50 000, то тут взагалі треба зробити акцент на відсутності роботи керівництва підприємства в напрямі ведення обліку власників тварин та ідентифікації домашніх тварин у м. Миколаєві.

У ситуації, коли незначна частина власницьких тварин зареєстрована та ідентифікована, а основна частина – не облікована, не може йтися про контроль за дотриманням будь-яких правил у сфері поводження з домашніми тваринами, а отже, і про досягнення результату в обмеженні їх розведення та у регулюванні чисельності бездомних собак і котів.

Уперше у м. Миколаєві моніторинг бездоглядних собак було розпочато у 2009 р. під керівни-цтвом Громадської організації «Миколаївське міське товариство захисту тварин». Підрахунок проводився протягом 2-х місяців. Як результат, було виявлено 2 667 особин собак.

Черговий захід було проведено у 2012 році. У системному підрахунку брали участь добровольці міста протягом 3-х місяців. Як результат, було виявлено 3 107 особин бездоглядних собак. У серпні 2017 року за ініціативою КП ММР «Центр захисту тварин» було реалізовано аналогічний проект і підраховано 4 899 собак.

Передбачені цільовою програмою заходи щодо регулювання чисельності бездоглядних тварин на території м. Миколаєва проводилися з 2012 р., коли за підтримки Австрійського благодійного фонду «Four paws» було простерилізовано 439 собак і у 2014 р. – 500 собак. За 2015 р. в КП ММР «Центр захисту тварин» було простерилізовано 1 504 собаки, у 2016 р. – 1 605 собак, у 2017 р. – 2 194. Усього станом на 1 квітня 2018 р. в місті було простерилізовано 6 242 бездоглядні собаки. Покриття витрат на проведення послуг відлову, стерилізації та перетримки бездоглядних тварин проводилося за кошти місцевого бюджету. За 2015–2017 рр. на вищезазначені заходи було виділено з місцевого бюджету 10 212,70 тис. грн [14].

Отже, за досліджений період КП ММР «Центр захисту тварин» проводило роботу переважно з бездоглядними собаками, спрямовану на регуляцію їх чисельності. Але, як показує статистика, кількість таких тварин не зменшується, а підтримується прак-

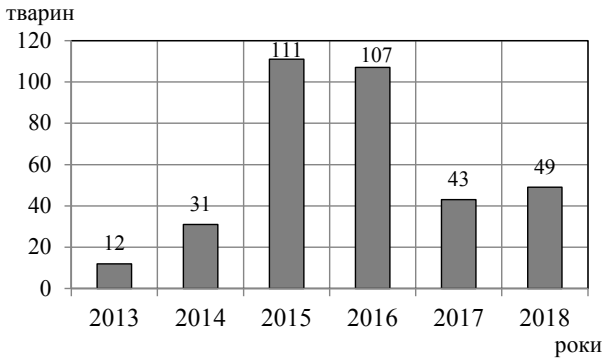


Рис. 1. Динаміка реєстрації та ідентифікації домашніх собак і котів, що належать власникам в м. Миколаєві

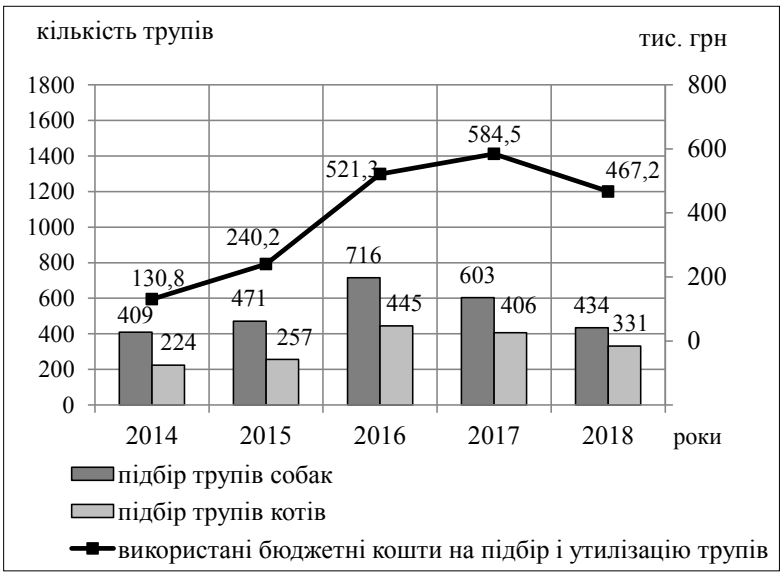


Рис. 2. Динаміка кількості підібраних трупів тварин та обсяги фінансування з місцевого бюджету за 2014–2018 рр.

Джерело: побудовано за інформацією, наданою районними адміністраціями м. Миколаєва

тично на одному рівні. У 2012 р. на вулицях міста було виявлено 3 107 особин бездоглядних нестерилізованих собак. А за період з 2012–2017 рр. їх було простерилізовано у 2 рази більше (6 242 особини).

Життя бездоглядних тварин постійно піддається небезпеці: потрапляння під колеса автотранспорту, хвороби, нестача їжі, отруєння, агресивне і жорстоке ставлення з боку людей. Усе це спричиняє передчасну загибель тварин.

До переліку статутних завдань КП ММР «Центр захисту тварин» входять заходи щодо підбору та утилізації трупів тварин із вулиць міста. Замовниками цих робіт є районні адміністрації м. Миколаєва, якими ведеться ретельна статистика та звітність щодо кількості підібраних трупів тварин, їх утилізації та обсягів бюджетного фінансування на зазначені види робіт. Інформацію про дислокацію в місті трупів тварин надають громадяни в телефонному режимі. Але процент наданих заявок від населення становить не більше 30–35% від загальної кількості наявних трупів тварин на вулицях м. Миколаєва. Динаміку кількості підібраних трупів тварин та обсяги фінансування з місцевого бюджету на підбір та утилізацію трупів за 2014–2018 рр. наведено на рис. 2.

За результатами аналізу даних щодо кількості підібраних трупів собак і котів у м. Миколаєві за період 2014–2018 рр. можна зробити висновок, що найбільше значення спостерігалося у 2016 р. Порівняно з 2014 р. кількість підібраних трупів собак у 2016 р. збільшилося в 1,8 рази, трупів котів – майже в 2 рази. У 2018 р. порівняно з 2016 р. значення показників зменшилися, але порівняно з 2014 р. загальна кількість підібраних трупів собак збільшилася в 1,1 рази, трупів котів – у 1,5 рази. При цьому заходи з підбору та утилізації трупів тварин потребують значних бюджетних коштів. За п'ять років загальна сума становить 1,94 млн грн використаних коштів із міського бюджету. Наведені дані свідчать про таке:

– значну кількість бездомних тварин на вулицях міста;

– безвідповідальне та жорстоке поводження з домашніми тваринами, які все частіше стають бездоглядними;

– досить неефективну трату бюджетних коштів тільки на роботу з вуличними тваринами.

– Отже, на основі проведеного аналізу ефективності впровадження запланованих заходів муніципальної програми у сфері поводження з домашніми тваринами у м. Миколаєві треба зазначити, що за досліджений період не були реалізовані в повному обсязі такі напрями роботи:

– ведення обліку, реєстрації та ідентифікації шляхом електронного чипування власницьких собак і котів;

– контроль за продажем домашніх тварин і заборона діяльності в місцях продажу тварин під назвою «беру – дарую»;

– впровадження єдиного муніципального реєстру (бази даних) всіх бездоглядних тварин у м. Миколаєві, які потрапили до тимчасового притулку КП ММР «Центр захисту тварин», із метою стерилізації, вакцинації та ідентифікації.

Невиконання вимог міської цільової програми унеможливлює підрахунок загальної кількості собак і котів у м. Миколаєві (тих, що є у володінні людей, і бездоглядних). Також неможливим є правильний і обґрунтований розрахунок сум бюджетних коштів, необхідних на наступний період згідно з новою програмою на 2018–2022 роки.

Вочевидь, що робота в КП ММР «Центр захисту тварин» здійснюється вибірково, не досить планомірно та відповідально, що не призводить до бажаних результатів, які очікуються від виконання відповідних міських програм і є статутними завданнями самого підприємства.

Ефективна робота з регулювання популяції бездоглядних тварин на вулицях міста вимагає застосування комплексного підходу. Для вирішення цього проблемного питання необхідна злагоджена робота всіх муніципальних органів, департаменту житлово-комунального господарства, громадських організацій, ветеринарних клінік, Національної поліції, засобів масової інформації та інших державних структур.

З метою значного зменшення кількості бездоглядних тварин у міському середовищі необхідно посилити контроль за чисельністю власницьких домашніх тварин за допомогою обліку їх господарів, а також абсолютної реєстрації та ідентифікації як знову придбаних, так і наявних тварин. Поряд із цим також повинні вводитися заходи протидії безконтрольного вигулу власницьких собак.

Сьогодні в Україні відсутня єдина система обов'язкової реєстрації домашніх тварин – народжених і ввезених у країну собак і котів. Також не врегульована на законодавчому рівні племінна робота з такими тваринами. У вересні 2018 р. у Верховній Раді України було зареєстровано проект закону «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо ідентифікації та реєстрації тварин» № 9022 з метою приведення законодавства України у відповідність до нормативно-правової бази Європейського Союзу та імплементації «Європейської конвенції про захист домашніх тварин». Зазначений законопроект охоплює цілу низку питань і пропонує надійний інструмент – ідентифікацію та реєстрацію в державній базі не тільки сільськогосподарських, але й домашніх тварин [15]. Але нині цей документ відхилений Верховною Радою України через необхідність його доопрацювання.

Обґрунтування необхідності впровадження обов'язкової реєстрації та ідентифікації як пріоритетного превентивного напряму роботи у сфері поводження з домашніми тваринами наведено на рис. 3.

Рис. 3. Обґрунтування необхідності обов'язкової реєстрації та ідентифікації домашніх тварин

Усебічний облік собак і котів є найбільш ефективним способом ототожнення тварини з конкретним власником і може служити основою для застосування відповідних законодавчих норм, згідно з якими власник несе юридичну відповідальність за викинуту на вулицю тварину, і норм про обов'язкові регулярні щеплення від небезпечних хвороб. Також це важливий спосіб повернення загублених тварин їх господарям. Найкращим вибором сьогодні є мікрочип, оскільки кількості варіацій цифр у коді досить, щоб ідентифікувати всіх собак і котів. Бажано, щоб чипи, які вводяться тваринам, володіли GPS-маяками для контролю за міграцією і розселенням бездоглядних тварин, що дасть змогу приймати своєчасні заходи з регуляції їх чисельності та їх своєчасного вилову.

З огляду на сучасний досвід розвинених країн необхідно всіляко стимулювати і пропагувати підвищення культури утримання тварин і недопущення безконтрольного розведення власницьких домашніх тварин. У деяких державах власники змушені платити податок на утримання своїх улюбленців. Наприклад, у Німеччині щорічний податок на першу собаку становить близько 150 €, на наступних тварин податок збільшується майже вдвічі [16]. Розмір податку залежить також від породи собаки і від мети утримання домашньої тварини. У разі розведення

тварин для подальшого продажу розмір оподаткування збільшується, а такий вид підприємницької діяльності ліцензується. За викидання тварини призначають великі штрафи – до 25 тис. €, а знайти її господаря зовсім не складно, адже всім тваринам присвоюються ідентифікаційні номери.

Досить ефективним заходом є економічне стимулювання стерилізації власницьких тварин. При цьому доречним є застосування диференційованого оподаткування, коли за стерилізовану тварину господар платить знижений у кілька разів податок. Можливі також пільги для малозабезпечених власників.

Головні висновки. З метою активізації роботи муніципальних утворень під час реалізації заходів у сфері поводження з домашніми тваринами важливим є закріплення відповідальності за неналежне виконання покладених на них державних повноважень і посилення контролю з боку органів місцевого самоврядування та громадських організацій.

Стратегія і тактика здійснення програми із зниження і стримування зростання чисельності бездоглядних тварин у місті повинна базуватися на моніторингових дослідженнях структури популяцій бездоглядних собак і котів, динаміки їх чисельності, територіального розподілу і поведінки. Усебічне вивчення аспектів життєдіяльності бездоглядних тварин буде сприяти прогнозуванню та плануванню ефективних заходів щодо коригування їх чисельності. Потрібно правильно формувати громадську думку про причини і згубність для людей стану бездомності тварин. Збільшенню кількості потенційних власників домашніх собак і котів буде сприяти розвиток інфраструктури ветеринарних послуг, а також обладнані майданчики для вигулу домашніх собак і котів на території міста.

Найбільш ефективний результат реалізації муніципальних програм у сфері поводження з домашніми тваринами пов'язаний зі зміною культури і духовних орієнтирів у взаємовідносинах людей і тварин. Екологічна освіта завжди буде одним із важливих елементів гуманного підходу до питань догляду за чотирилапими вихованцями і до регулювання популяції тварин, що залишилися на вулиці з причин людського фактора.

Поточний 2019 р. повинен стати точкою відправлення Закону України щодо обов'язкової державної ідентифікації та реєстрації домашніх тварин. Відповідні місцеві регуляторні акти мають бути узгоджені із зазначеним законом, що сприятиме ефективній реалізації запланованих заходів.

Література

1. Європейська конвенція про захист домашніх тварин. Ратифіковано Законом № 578-VII від 18 вересня 2013 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_a15 (дата звернення: 21.01.2019).
2. Про захист тварин від жорстокого поводження. Закон України від 21 лютого 2006 р. № 3447-IV. Верховна Рада України. *Відомості Верховної Ради України*. 2006. № 27. Ст. 230.
3. Кримінальний кодекс України. Закон від 5 квітня 2001 р. № 2341-III. Верховна Рада України. *Відомості Верховної Ради України*. 2001. № 25–26. Ст. 131.
4. Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. Напрямки діяльності. Офіційний сайт. URL: http://www.minregion.gov.ua/napryamki-diyalnosti (дата звернення: 21.01.2019).
5. Положення про Державну ветеринарну та фітосанітарну службу України: Указ Президента України від 13 квітня 2011 р. № 464/2011. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/464/2011 (дата звернення: 21.01.2019).
6. National Council on Pet Population. The Association for Animal Welfare Advancement. URL: https://theaawa.org/page/nationalcouncil (дата звернення: 23.01.2019).
7. Руководство по гуманному регулированию численности собак. Международная коалиция по регулированию численности животных-компаньонов человека (ICAM). RSPCA International, 2010. 34 с.
8. The Humane Society of the United States. URL: https://www.humanesociety.org (дата звернення: 23.01.2019).
9. Dogs Trust. URL: https://www.dogstrust.org.uk. (дата звернення: 23.01.2019).
10. Правила утримання домашніх собак та котів в м. Миколаєві: затверджені рішенням Миколаївської міської ради від 3 вересня 2009 р. № 36/8. *Миколаївська міська рада.* URL: https://mkrada.gov.ua/documents/2003.html (дата звернення: 23.01.2019).
11. Програма поводження з котами і собаками на території м. Миколаєва на 2013–2017 роки: затверджена рішенням Миколаївської міської ради від 20 грудня 2012 р. №23/17. *Миколаївська міська рада*. URL: https://mkrada.gov.ua/documents/22476.html (дата звернення: 23.01.2019).
12. Статут комунального підприємства Миколаївської міської ради «Центр захисту тварин»: затверджений рішенням Миколаївської міської ради від 20 жовтня 2011 р. № 10/12. Миколаїв, 2011. 12 с.
13. Звіти про виконання фінансового плану підприємства. *КП ММР «Центр захисту тварин».* URL: https://mkrada.gov.ua/content/kp-centr-zahistu-tvarin.html (дата звернення: 23.01.2019).
14. Комунальне підприємство Миколаївської міської ради «Центр захисту тварин». URL: https://mkrada.gov.ua/content/kp-mmr-centr-zahistu-tvarin.html (дата звернення: 23.01.2019).
15. Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо ідентифікації та реєстрації тварин. Проект Закону України № 9022 від 22 серпня 2018 р. URL: http://w1.c[1].rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=64517 (дата звернення: 28.01.2019).
16. Чому в Німеччині не зустрінеш безпритульних собак. *Deutsche Welle.* URL: https://www.dw.com (дата звернення: 02.02.2019).

УДК 574.24
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-1-24-1-6

СІЛЬСЬКИЙ ТУРИЗМ ЯК ПЕРСПЕКТИВНИЙ НАПРЯМ РОЗВИТКУ ВНУТРІШНЬОГО ТУРИЗМУ

Цимбалюк С.Я.[1], Морозова І.В.[2]
[1]Навчально-науковий інститут інформаційних технологій
Національного університету державної фіскальної служби України
вул. Університетська, 31, 08201, м. Ірпінь
m.economisty@ukr.net
[2]Навчально-науковий інститут економіки, оподаткування та митної справи
Національного університету державної фіскальної служби України
вул. Університетська, 31, 08201, м. Ірпінь
m.iryna1219@ukr.net

У статті досліджено загальний стан та потенціал зеленого туризму в Україні, визначено проблеми та перспективи його розвитку. Проаналізовано основні фактори, які впливають на розвиток сільського туризму в нашій країні, проведено SWOT-аналіз та запропоновано механізми і шляхи підвищення ефективності зеленого туризму в Україні. *Ключові слова:* сільський туризм, зелений туризм, потенціал, рекреаційний комплекс, агротуризм, сфера туризму.

Сельский туризм как перспективное направление развития внутреннего туризма. Цимбалюк С.Я., Морозова И.В. В статье исследованы общее состояние и потенциал зеленого туризма в Украине, определены проблемы и перспективы его развития. Проанализированы основные факторы, влияющие на развитие сельского туризма в нашей стране, проведен SWOT-анализ, предложены механизмы и пути повышения эффективности зеленого туризма в Украине. *Ключевые слова:* сельский туризм, зеленый туризм, потенциал, рекреационный комплекс, агротуризм, сфера туризма.

Agricultural tourism as a prospective direction for development of internal tourism. Tsimbalyuk S., Morozova I. In this article the general condition and potential of green tourism in Ukraine. Identified problems and prospects of its development. The study analyzed the main factors that affect the development of rural tourism in our country, conducted the SWOT-analysis and proposed mechanisms and ways to improve green tourism in Ukraine. *Key words:* rural tourism, green tourism, potential, recreation complex, agrtourism, tourism.

Постановка проблеми. Зелений туризм – одна із прибуткових галузей світової економіки, що займає важливе місце серед факторів культурного та соціального розвитку, підтримає рівень та якість життя в країні. Враховуючи багаті туристично-рекреаційні ресурси України (сприятливі природно-кліматичні умови, історико-культурні та етнічні надбання), саме розвиток туристичної діяльності варто розглядати як один зі шляхів розв'язання економічних, соціальних та екологічних проблем. Однак наявний ресурсний потенціал не знаходить раціонального використання, адже більшість громадян залишається зовсім необізнаними щодо такої форми туризму. Тому дослідження перспектив розвитку зеленого туризму є досить актуальним.

Актуальність дослідження. У контексті євроінтеграції України перед аналітиками постає завдання визначити пріоритетні напрями розвитку економіки, один із таких можливих – розвиток сільського туризму, що і свідчить про актуальність вивчення обраної теми.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Незважаючи на те, що в останні роки зазначена тематика висвітлена в теоретичних і практичних дослідженнях, присвячених питанням розвитку сільського туризму в Україні, саме питання вирішення та шляхів подолання перешкод до сталого розвитку сільського туризму в нашій країні є недостатньо дослідженим. Тому перед нами постає важливе завдання дослідження перспектив розвитку сільського туризму.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанню сільського туризму як перспективного напряму розвитку підприємництва на селі присвячені праці таких вітчизняних учених, як В. Бондар, В. Головацька, П. Грішевський, В. Дарчук, Л. Дядечко, С. Ілляшенко, В. Кифяк, О. Онищенко, М. Орлатий, І. Прокопа, П. Саблук, Т. Ткаченко, В. Цибух, М. Хвесик, В. Юрчишин, а також зарубіжні автори: Ж. Вілкін, Л. Ван Депоель, Т. Дуча, Х. Каравелі, М. Кларк, Т. Лонч та багато інших.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Незважаючи на значні дослідження авторів, дискусійними залишаються питання щодо сутності та специфіки процесів розвитку сільського зеленого туризму.

Новизна статті – дослідження сільського зеленого туризму в контексті розвитку нетрадиційної форми господарювання.

Методологічне або загальнонаукове значення. У ході нашого подальшого дослідження буде визначено сутність, роль та значення сільського туризму, що слугуватиме важливою методологічною основою для визначення пріоритетів країни в контексті євроінтеграції.

Виклад основного матеріалу дослідження. На сьогодні не існує однозначного підходу щодо визначення сутності сільського туризму не тільки в Україні, але і в інших країнах Європи. Це насамперед пов'язано з диференційованими підходами в різних країнах до туризму як виду підприємницької діяльності в сільській місцевості.

У роботі В.І. Бірковича сільський зелений туризм визначається як пріоритетний напрям туристичної галузі України. Автор зазначає, що «Сільський зелений туризм – це специфічна форма відпочинку в приватних господарствах сільської місцевості з використанням майна та трудових ресурсів особистого селянського, підсобного або фермерського господарства, природно-рекреаційних особливостей місцевості та культурної, історичної та етнографічної спадщини регіону» [1].

На нашу думку, найбільш змістовно визначено сутність зеленого (сільського) туризму в праці В. Дарчука: «вид туризму, що передбачає розміщення туристів у сільській садибі для відпочинку та отримання ними відповідних послуг (традиційних основних: проживання (екологічне, культурне, історичне розташування), харчування (екологічно чисті продукти, дегустація місцевих (домашніх) страв), розваг (участь у фестивалях, ярмарках, організації традиційних свят); традиційних додаткових: робота на фермі, городі, в саду, на господарському дворі, сіновалі, рибалка, полювання та специфічних: догляд за домашніми тваринами, катання на конях, човнах, навчання народним ремеслам тощо)» [2].

З цікавим твердженням зустрічаємося в роботі М.М. Костриці [3]. Автор визначає, що «екотуризм», «зелений туризм» та «природничий туризм» є синонімами, і їх постійне зіставлення із сільським та агротуризмом пояснюються їх взаємодоповнюваністю і взаємозалежністю. Повністю погоджуємося з тим, що названі види туризму мають багато спільного. Зокрема, вони «м'які» за впливом на середовище, мають схожі мотивації споживачів цих турпродуктів, часто відповідають спільним критеріям та ставлять перед собою схожі пріоритети.

Водночас Ткаченко Т.І. визначає також відмінні риси між сільським та зеленим туризмом – це характер занять на природі під час відпочинку, місце розташування туристів, ступінь доступності до екологічно чистої продукції та рівень забруднення навколишнього середовища. Нами продовжено роботу з визначення точок диференціації зеленого та сільського туризму (табл. 1).

Таблиця 1

Порівняльна характеристика зеленого та сільського туризму [4]

Критерії для порівняння	Характеристики, притаманні туризму		Спільні характеристики
	зеленому	*сільському*	
Місце відпочинку	Природне середовище, екологічно чисте місце, віддалене від населених пунктів не менше ніж на 5–7 км	Населений пункт (сільська місцевість)	Обидва об'єкти можуть розміщуватися на території, що належить сільським радам
Мета відпочинку	Інтактний контакт із природою, відпочинок від спілкування з людьми	Ознайомлення із сільською місцевістю, з традиціями, побутом	Відпочинок від буденної метушні, зміна середовища перебування
Постачальник	Як місцевий, так і не місцевий; Як міський, так і сільський житель	Місцева сільська громада. Як окреме особисте сільське господарство (до 9-ти місць), так і побудова агротуристичних комплексів	Можуть функціонувати у формі комплексних об'єктів (наприклад, із залученням персоналу з-поміж сільського населення, диверсифікація діяльності)
Основний продукт (основна послуга)	Проживання у приватному житловому фонді (котедж, готель, міні-готель, готельний комплекс) в оточенні природного середовища	Проживання в сільській оселі та безпосередня участь у діяльності сільських жителів	Організація житлового фонду може бути як з урахуванням базових умов, так і підвищеного рівня комфорту
Додатковий продукт (додаткові послуги)	Здебільшого пропонуються на території закладу, незалежно від інших діячів ринку	Надаються об'єктом у невеликій кількості та можуть проводитись із залученням інших закладів	Комплексне та індивідуальне харчування, організація активного відпочинку та дозвілля

Як свідчать дані табл. 1, головними відмінностями між двома видами туризму виступають безпосереднє місце реалізації основних і додаткових послуг, а також особливості їх надання. Серед додаткових послуг у постачальників обох видів ми зустрічаємося з подібними програмами активного дозвілля, однак існують певні відмінності в їх організації.

Більшість суб'єктів зеленого туризму намагається створювати власні пункти прокату спортивного спорядження в достатній кількості та з достатнім набором різновидів, розширювати асортимент послуг у межах своєї території. Натомість власники об'єктів сільського туризму в багатьох випадках залежать від постачальників додаткових послуг, які знаходяться на відстані від них, − йдеться про використання більш масштабних споруд, зокрема гірськолижних підйомників, ковзанок тощо.

Сільський туризм можна вважати підприємництвом, оскільки власники садиб створюють додаткові робочі місця, цим самим зменшуючи безробіття на селі, надають послуги, пов'язані з проживанням і харчуванням, а також атракції, пов'язані зі звичайним побутом сільського жителя за певну плату, що саме є прибутком для власників такої садиби.

Отже, «сільський туризм» – це відпочинок з будь-якою метою, видом та формою організації туристської подорожі в сільській місцевості з розміщенням на відпочинок у будинку сільського господаря.

У світі подорожують щороку близько 700 млн осіб, із них від 10–30% обирають сільський туризм. Кількість «зелених» подорожей на внутрішньому ринку в будь-якій країні набагато більше, ніж в інших секторах цієї галузі. Наприклад, у Франції тільки 7% бізнес-туристів зупиняються в готелях, решта 93% обирають сільські готелі і кемпінги [5].

За даними Всесвітньої туристської організації, сільський зелений туризм є одним із п'яти ключових стратегічних напрямів розвитку туристичної індустрії у світі до 2020 року [6]. У наш час зелений туризм найбільш поширений в Угорщині, Чехії та Великобританії, а також в Іспанії, Італії та Німеччині. Ці, а також деякі інші європейські країни під егідою Ради Європи об'єдналися в Центрально-Східноєвропейську Федерацію з розвитку сільського зеленого туризму.

Однією з причин такої популярності серед провідних країн є прибутковість даної галузі. Наприклад, Австрія, яка за своєю площею майже в сім разів менша за Україну, за один гірськолижний сезон отримує дохід у сфері сільського туризму близько 10 млрд євро, що дорівнює майже половині Державного бюджету України [7].

У Великобританії, Голландії, Ірландії, Іспанії, Німеччині, Франції залучення до діяльності у сфері сільського туризму заохочується на національному рівні. За популярністю відпочинок у сільській місцевості в цих країнах посідає нині друге місце після відпочинку на морі.

У Німеччині становлення «зеленого туризму» почалося з розроблення концепції його розвитку в периферійних регіонах. У результаті на ринку нині представлені пропозиції дешевого відпочинку на природі, без використання дорогої інфраструктури, але з наданням комфортних умов проживання.

В угорському законодавстві регулювання «зелено-туристичних» відносин не підпадає під дію нормативних актів, якими регулюються відносини у сфері підприємництва. Відповідно, не підлягають оподаткуванню й особисті доходи, отримані селянами від використання для відпочинку власного житла. Існують також спеціальні пільги та переваги для сімейних господарств, які займаються діяльністю у сфері сільського туризму, якщо вони розміщуватимуться на території сільських поселень в економічно слаборозвинутих регіонах.

Великий законодавчий досвід у розвитку сільського туризму має Латвія. Зумовлено це тим, що вже тривалий час основним контингентом туристів, які бажають відпочити в тамтешній сільській місцевості, є іноземці. Уряд вчасно звернув увагу на цей вельми перспективний вид туризму, здатний вирішити проблему безробіття на селі, і затвердив ряд відповідних нормативів [8].

Аналізуючи досвід зарубіжних країн, можна виділити такі переваги розвитку зеленого туризму:

– екологічно орієнтований спосіб життя серед населення (відпочинок у чистих природних зонах, споживання екологічно чистих продуктів тощо).

– соціально-економічний розвиток сільських територій;

– збільшення джерел прибутку та кількості робочих місць у сільській місцевості;

– удосконалення житлового фонду, комунального облаштування територій та сільської інфраструктури;

– формування стійкої громадської позиції щодо збереження НПС і раціонального природокористування;

– відновлення етнічних та культурних особливостей (традицій, обрядів, народних промислів);

– формування культурно-освітнього рівня громадян;

– удосконалення сфери діяльності обслуговування туристичних послуг у сільській місцевості: транспортування, торгівля, комунальне і побутове обслуговування, розваги та організація дозвілля.

Оцінюючи досвід становлення та розвитку сільського туризму в зарубіжних країнах, можна стверджувати, що в Україні сьогодні є достатні передумови для його розвитку.

Сільське населення України здатне отримувати реальні доходи у сфері сільського туризму від таких видів діяльності, як [9]:

– облаштування туристичних маршрутів;

– облаштування й експлуатація стоянок для туристів;

– робота гідом чи екскурсоводом;
– транспортне обслуговування туристів;
– єгерська діяльність (полювання, аматорське та спортивне рибальство);
– прокат туристичного спорядження;
– послуги приймання туристів;
– кулінарні послуги;
– підготовка культурних програм;
– народні промисли;
– реалізація туристам ягід та грибів.

Пріоритетність розвитку сільського зеленого туризму в усіх регіонах України зумовлена такими обставинами [10].

1. Розвиток сільського зеленого туризму стимулює мале підприємництво, важливе для оздоровлення економіки аграрних районів країни.

2. Регіони України володіють малоосвоєним рекреаційним потенціалом, що потребує пошуку альтернативних та ефективних стимулів для його раціонального використання у відпочинково-туристичних цілях.

3. Створення та розвиток агрорекреаційного сервісу вирішує низку напружених соціальних проблем багатьох регіонів, зокрема: масового безробіття, закордонного заробітчанства, складного соціального клімату тощо.

4. Збережена етнокультурна самобутність історичних країв нашої держави виступає ексклюзивною, міжнародно-туристичною, конкурентною перевагою, що дозволить Україні бути представленою серед основних осередків розвитку сільського туризму в Європі.

Однак розвиток сільського туризму в сучасних соціально-економічних і законодавчо-правових умовах ускладнено через низку причин, до яких відносяться: недосконаліть законодавства. Лише в травні 2017 року Верховна Рада України підтримала законопроект № 2232а Про внесення змін до Закону України «Про особисте селянське господарство» щодо розвитку сільського зеленого туризму [11]». Згідно з проектом Закону було надано юридичне визначення поняття сільського зеленого туризму, розмежувавши підприємницьку та не підприємницьку діяльність у галузі туристичної діяльності, що проводиться в сільській місцевості.

Отже, було визначено, що сільський зелений туризм – це добровільне надання за плату або безоплатно послуги у сфері сільського зеленого туризму, а саме послуги з розміщення (проживання) не більше ніж на 10 місць, харчування, а також організації дозвілля й заходів, пов'язаних із використанням майна особистого селянського господарства, місцевими звичаями і традиціями гостинності. Законопроектом пропонується регламентувати організацію в сільській місцевості фахової підготовки та перепідготовки членів особистого селянського господарства, доповнити її й у тому числі підготовкою з надання послуг сільського зеленого туризму [12].

Крім цього, треба подолати: роз'єднаність зусиль із розвитку внутрішнього і в'їзного туризму, відсут-

Таблиця 2

SWOT-аналіз зеленого туризму в Україні

Фактори, що впливають на діяльність п-ва	Позитивні	Негативні
Внутрішні	(S) Сильні сторони: 1. Переважно чисте довкілля. 2. Багата флора та фауна, мальовничі краєвиди. 3. Велика кількість історико-культурних пам'яток. 4. Збережені національні традиції. 5. Гостинність населення. 6. Велика кількість приватних садиб. 7. Невелика ціна на проживання та харчування. 8. Харчування з екологічно чистих продуктів, вирощених самостійно.	(W) Слабкі сторони: 1. Низька якість умов проживання. 2. Проблеми з водопостачанням та енергозабезпеченням. 3. Недостатня обізнаність населення з даного виду відпочинку. 4. Незнання господарями іноземних мов. 5. Непривабливий імідж України в очах іноземців у зв'язку з АТО. 6. Погано розвинена мережа електронного резервування. 7. Недостатньо розвинута інфраструктура. 8. Відсутність цікавих атракцій.
Зовнішні	(O) Можливості: 1. Збільшення доходів та зайнятості сільського населення. 2. Покращення умов життя в українських селах. 3. Формування позитивного іміджу України у світі. 4. Покращення інфраструктури сіл. 5. Збереження історико-культурних пам'яток.	(T) Перешкоди: 1. Відсутність категоризації знижує якість нічліжних умов. 2. Політичний імідж країни не сприяє притоку іноземних інвестицій. 3. Безробіття в країні підвищує рівень злочинності і тим самим відлякує туристів. 4. Відсутність нормативно-правової бази перешкоджає організації відпочинку на селі.

ність інтересу до впровадження механізмів економічної кооперації та управління, поганий стан українських доріг, що на 97% потребують капітального ремонту, незадовільне використання муніципальними органами своєї керуючої функції, що визначає політику муніципальних утворень у сфері туризму, а також ролі координатора і організатора туристського розвитку сільських територій, непродуманість системи фінансового забезпечення розвитку сільського туризму (системи пільгового кредитування, субсидування і податкових пільг і т. д.).

Для того щоб систематизувати надану інформацію, а також зробити певні висновки щодо перспективи розвитку сільського туризму в Україні, проведемо SWOT-аналіз стану цього виду діяльності, що надасть можливість оцінити сучасний стан сільського туризму, окреслити перспективи його розвитку в Україні, а також попередити виникнення можливих проблем (табл. 2).

Провівши SWOT-аналіз, можна зробити висновки, що для подальшого розвитку зеленого туризму в Україні необхідно:

– удосконалити нормативно-правову базу цього виду діяльності з урахуванням позитивного досвіду сусідніх європейських держав;

– покращити організаційно-господарський механізм його функціонування та державної підтримки;

– удосконалити організацію забезпечення малого підприємництва;

– підвищити дієвість роботи громадських об'єднань малого підприємництва;

– розвивати систему фінансової підтримки малого підприємництва та кредитування малого підприємництва спеціалізованими банківськими установами, мікрокредитування;

– надавати інформаційне, консультативне й кадрове забезпечення;

– організувати пропагандистську роботу, спрямовану на формування сприятливої громадської думки;

– формування державної політики щодо підтримки малого підприємництва має бути невід'ємною частиною загальнодержавної програми соціально-економічних перетворень в Україні.

Головні висновки. Підсумовуючи викладене, можна стверджувати, що сприяння розвитку сільського туризму є перспективним та пріоритетним напрямом туристичної діяльності, який має на меті розв'язання соціальних, економічних та фінансових проблем сільських територій. На основі результатів дослідження було визначено сутність сільського туризму, з'ясовано переваги його розвитку. Також було проаналізовано наявні туристично-рекреаційні ресурси та чинники, що, впливаючи на сільський (зелений) туризм України, визначають потенційно сприятливу можливість розвитку даного виду туристичної діяльності з метою підвищення конкурентоспроможності України на ринку туристичних послуг. Питання розвитку сільського туризму в Україні є актуальним і потребує подальшого вивчення та розвитку.

Перспективи використання результатів дослідження. Нами було визначено, що сільський туризм – доволі прибуткова галузь. Населення України, розвиваючи зелений туризм, матиме змогу отримувати реальні доходи у сфері сільського туризму від таких видів діяльності, як: облаштування туристичних маршрутів; облаштування й експлуатація стоянок для туристів; робота гідом чи екскурсоводом; транспортне обслуговування туристів; кулінарні послуги; підготовка культурних програм тощо, що дозволить поглибити інтеграційні зв'язки з країнами ЄС та підвищити конкурентоспроможність України на ринку туристичних послуг.

Література

1. Биркович В.І. Сільський зелений туризм – пріоритет розвитку туристичної галузі України. *Стратегічні пріоритети. Науково-аналітичний щоквартальний збірник.* 2008. № 1 (6). С. 138–143.
2. Дарчук В.Г. Формування стратегічних основ розвитку сільського (зеленого) туризму в Україні : автореф. дис. ... канд. екон. наук : спец. 08.00.03. Донецьк, 2014. 21 с.
3. Кострица М.М. Сільський туризм: теорія, методологія, практика : монографія ; за наук. керівництвом і заг. ред. проф. Є.І. Ходаківського, проф. Ю.С. Цал-Цалка. Житомир : ЖДТУ, 2006. 196 с.
4. Шульгіна Л.М., Бондар. А.І. Аналіз екоорієнтованих видів туризму: їх відмінні та спільні риси. URL: http://mmi.fem.sumdu.edu.ua/sites/default/files/mmi2010_1_161_168.pdf
5. Король М.М. Аналіз європейського досвіду організації зеленого туризму. *Науковий вісник Ужгородського національного університету*. 2017. URL: http://www.visnyk-econom.uzhnu.uz.ua/archive/7_2_2017ua/9.pdf.
6. Всесвітня туристична організація: офіційний сайт. URL: http://www2.unwto.org/ru.
7. Гордієнко О. Фонди підтримки підприємництва «осідлали» тему сільського туризму в Україні. URL: http://tourlib.net/statti_ukr/gordienko.htm
8. Довгаль О.В. Сільський туризм як перспективний напрям підприємництва у соціально-економічному механізмі розвитку села. *Все про туризм*. 2013. URL: http://tourlib.net/statti_ukr/dovgal.htm.
9. Vechervkarpatah. "Prospects of development of rural green tourism in Ukraine". 2018. URL: http://vechervkarpatah.at.ua/publ/.
10. Dunets A.N. "Interaction of subjects of rural tourism in the region". *Russian Journal of Sustainable Tourism*. 2012. Vol. 2. P. 26–29.
11. Поіменне голосування про розгляд за скороченою процедурою проекту Закону про внесення змін до Закону України «Про особисте селянське господарство» щодо розвитку сільського зеленого туризму. URL: https://rada4you.org/divisions/rada/2017-05-23/12501.
12. Рада планує визначити поняття сільського зеленого туризму. URL: https://www.rbc.ua/ukr/news/rada-planiruet-opredelit-ponyatie-selskogo-1495550443.html.

УДК 504/510
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-1-24-1-7

ЛІХЕНОІНДИКАЦІЙНІ ДОСЛІДЖЕННЯ В ГРАДІЄНТІ АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ (НА ПРИКЛАДІ ПАРКОВИХ ЗОН М. КИЄВА)

Рабош І.О., Кофанова О.В.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
вул. Борщагівська 115, 03056, м. Київ
2519@i.ua

Метою роботи є проведення біоіндикаційної оцінки стану екосистем у паркових зонах міста Києва за допомогою ліхенодіагностики в градієнті автотранспортного навантаження. Для досягнення визначеної мети використано теоретичні та експериментальні методи. Проаналізовано сучасний стан урбанофлори епіфітних лишайників у паркових зонах міста Києва. Визначено загальну кількість видів лишайників, поширення кожного виду та проективне покриття в кожній дослідній ділянці залежно від інтенсивності автотранспортного потоку. На основі експериментального аналізу та статистичної обробки даних установлено показник відносної чистоти атмосферного повітря досліджуваних паркових зон. Виявлено, що зі зменшенням відстані до автомагістралі на дослідних ділянках збільшується кількість нітрофільних лишайників та проективне покриття. *Ключові слова:* ліхеноіндикація, антропогенне навантаження, шкідливі речовини, показник відносної чистоти атмосфери, біоіндикація, автотранспортні потоки.

Лихеноиндикационные исследования в градиенте антропогенной нагрузки (на примере парковых зон г. Киева). Рабош И.А., Кофанова Е.В. Цель работы – проведение биоиндикационной оценки состояния экосистем в парковых зонах г. Киева с помощью лихенодиагностики в градиенте автотранспортной нагрузки. Для достижения поставленной цели использованы теоретические и экспериментальные методы. Проанализировано современное состояние урбанофлоры эпифитных лишайников в парковых зонах г. Киева. Определено общее количество видов лишайников, частоту встречаемости каждого вида и проективное покрытие на каждом опытном участке в зависимости от интенсивности транспортного потока. На основе экспериментального анализа и статистической обработки данных установлен показатель относительной чистоты атмосферного воздуха исследуемых парковых зон. Обнаружено, что с уменьшением расстояния до автомагистрали на опытных участках увеличивается количество нитрофильных лишайников и их проективное покрытие. *Ключевые слова:* лихеноиндикация, антропогенная нагрузка, вредные вещества, показатель относительной чистоты атмосферы, биоиндикация, автотранспортные потоки.

Lichen bioindication investigations in the context of the anthropogenic load (on the example of park areas of the kyiv city). Rabosh I., Kofanova O. Purpose. Carrying out the lichen bioindication assessment of the ecosystem conditions in park areas in the city of Kyiv by means of the lichen diagnostics in the context of the motor transport load. **Method.** The theoretical and empirical methods were used to achieve the goal. The assessment of the pollution level of the urban ecosystems environment by means of the lichen bioindication investigations have been carried out in the paper. **Results.** The present state of the urban flora of the epiphytic lichens in park areas of the Kyiv city was analyzed. The total number of the lichen species, the frequency of the occurrence of each species and the projective coverage in each experimental area, depending on the intensity of the motor traffic flow, were determined. **Scientific novelty.** The scientific value of the work is represented by experimental studies of the state of the lichen biota in the park areas of the Kyiv city. **Practical significance.** The index of the relative air purity of the studied park areas was determined on the basis of the experimental analysis and statistical data processing. It was found that with the decrease of the distance to the highway the number of nitrophilous lichens and their projective coverage on the experimental sites is increasing. *Key words:* lichen bioindication, anthropogenic load, harmful substances, the index of the relative air purity, bioindication, motor transport flows.

Постановка проблеми. Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів є важливим складником сталого, збалансованого розвитку України. Актуальними залишаються питання протидії забрудненню та порушенню природного середовища, що спричинені антропогенними діями. Це проблеми великих міст, що безпосередньо пов'язані з функціонуванням підприємств і транспортної інфраструктури [1].

Біоіндикація набуває особливого значення у системі екологічного моніторингу довкілля та може надати необхідну інформацію щодо динаміки забруднення урбанізованих територій. Численні дослідження показали, що одними з найбільш інформативних індикаторів стану урбоекосистем є деревні рослини та лишайники [2]. Так, чутливість ліхенофлори до забруднень зумовлена фізіологією та симбіотичною природою [3]. Довготривала дія навіть низьких концентрацій шкідливих речовин (далі – ШР) спричинює у лишайників ушкодження, які не зникають до повної загибелі сланей. Це пов'язано з тим, що ліхеноіндикатори поновлюють

свої клітини набагато повільніше, ніж вищі рослини. Так, дослідження, виконані багатьма науковцями, підтверджують тісний зв'язок стану лишайників із рівнем забруднення повітря діоксидом Сульфуру [4–6]. Багато видів лишайників здатні не тільки акумулювати у тканинах ШР (зокрема важкі метали), але й реагувати на порівняно низькі концентрації таких полютантів, як діоксид Карбону, оксиди Нітрогену, озон, фториди тощо. Видове різноманіття, наприклад, епіфітних лишайників розглядають як показник забруднення середовища сполуками Нітрогену [7].

Постановка завдання. Загальновідомо, що, вплив об'єктів промисловості та автотранспортного комплексу спричинює деградацію природних біоценозів. Отже, як наслідок, утворюються техногенно трансформовані зони, техногенні геохімічні аномалії тощо. Так, підвищеному автотранспортному навантаженню піддаються не тільки екосистеми, що безпосередньо прилягають до ліній автомагістралей і автотранспортних комплексів, але й території, котрі розташовані на більш віддалених відстанях від джерела забруднення.

Антропогенний вплив особливо відбивається на тваринному і рослинному світі міських паркових зон, яким характерні особливості як прилеглих територій, так і віддалених від об'єктів впливу. Стан таких систем значно залежить від інтенсивності автотранспортних потоків, метеорологічних умов, рельєфу місцевості, наявності потужних промислових об'єктів та відстані до них тощо. Проте спільною ознакою цього впливу є розсіювання викидів від автотранспортних засобів (далі – АТЗ), які працюють, осадження й акумуляція ШР у ґрунтах та тканинах рослин. Таким чином, за допомогою біоіндикації міських екосистем можна здійснити ефективну оцінку впливу об'єктів автотранспортного комплексу на довкілля.

Виклад основного матеріалу. В основі змін видового складу лишайникових угрупувань під впливом забруднення повітряного середовища лежить диференційна чутливість різних видів до впливу полютантів [8]. Виділяють два основні типи такого впливу на ліхенофлору. У першому випадку токсиканти поглинаються таломом, що супроводжується суттєвими змінами в хімічному складі лишайників. Це, наприклад, дія на лишайники сильних нітратної та/або сульфатної кислот, що потрапляють з атмосферними опадами. У другому випадку ШР у тканинах не накопичуються, проте відбувається швидка деструкція талому під дією сполук хлору в комбінаціях із вищенаведеними кислотами. Концентрація останніх підвищується у вологому повітрі взимку, особливо після використання протиожеледних засобів [9].

Ліхеноіндикаційні дослідження проводили в місті Києві у паркових зонах, розташованих поблизу великих автомагістралей (рис. 1). Вивчення стану і різноманіття ліхенофлори проводили на таких ділянках: 1-а ділянка охоплює територію, що розташовується на відстані до 5 м від автомагістралі; 2-га – 10 м; 3-тя – до 15 м. Крім того, вивчалися основні параметри автомагістралі, зокрема її ширина, інтенсивність руху автотранспортного потоку, кількість смуг руху з кожного боку тощо. Площа території спостережень становила 10×10 м, де для біоіндикації обирали 10 старих здорових дерев, що ростуть окремо. Дослідження проводили за методикою [10].

Інтенсивність транспортного потоку на автомагістралі, що розташована поблизу досліджуваних ділянок, визначалась за допомогою відеозйомки.

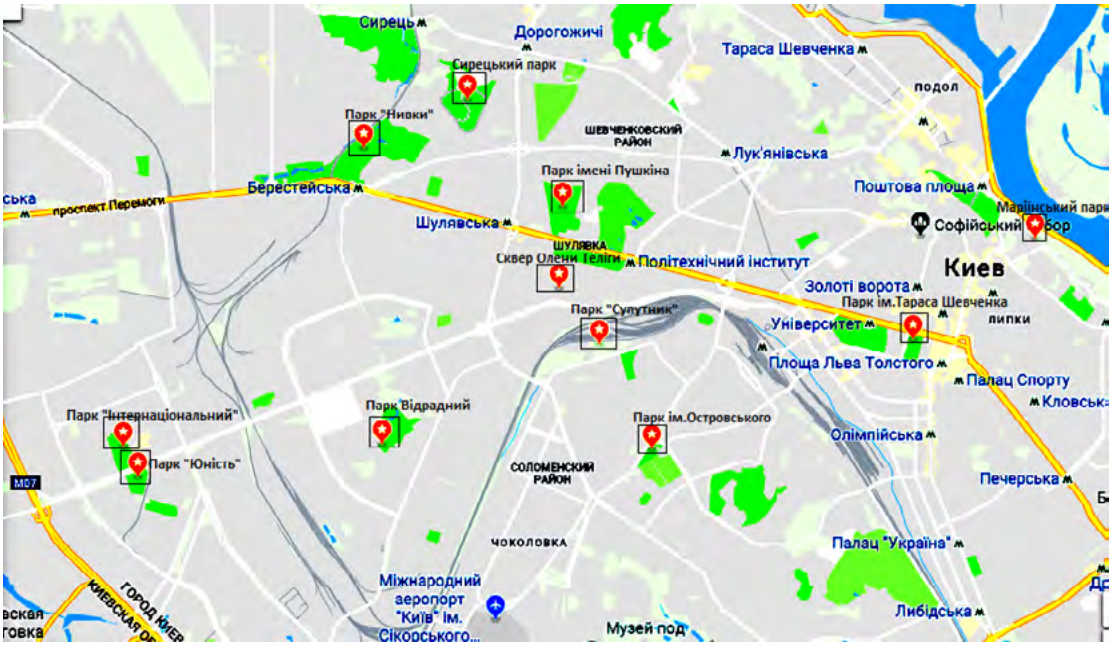


Рис. 1. Мапа розташування об'єктів дослідження (м. Київ)

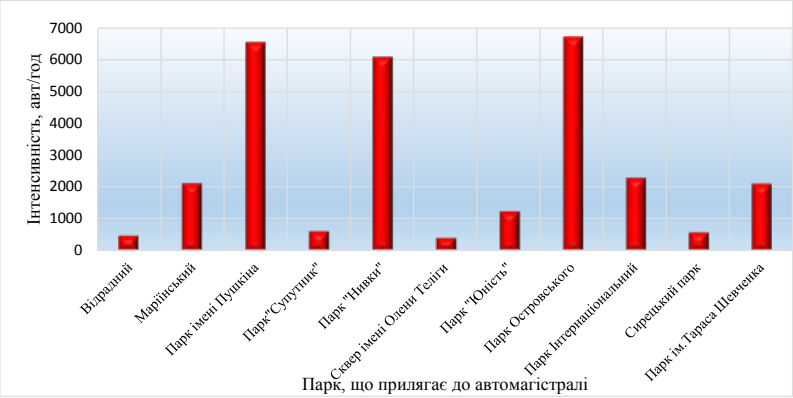


Рис. 2. Інтенсивність руху АТЗ поблизу досліджуваних територій

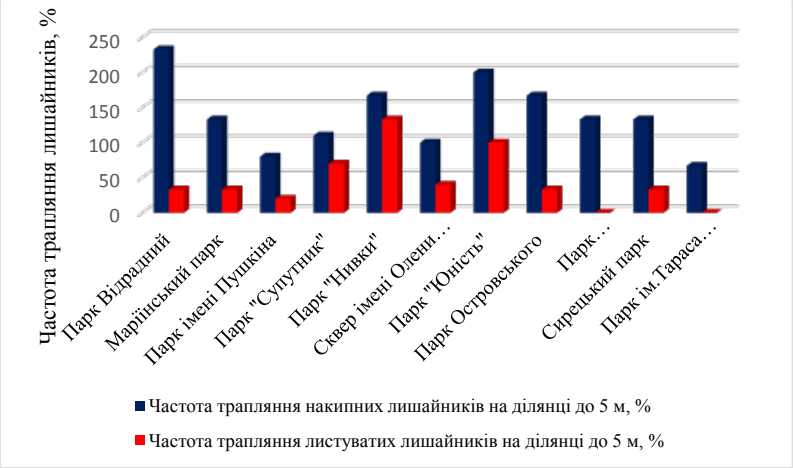


Рис. 3. Поширення лишайників на відстані до 5 м від дороги, %

Графічну інтерпретацію завантаженості території автотранспортом наведено на рис. 2.

Відомо, що одним із негативних чинників забруднення екосистем є певні особливості руху автотранспорту. До них належать не тільки інтенсивність руху автотранспортного потоку, але й фактори, пов'язані зі зміною циклів руху автомобіля. Так, часті зміни швидкості АТЗ суттєво підвищують обсяги викидів ШР в атмосферне повітря. Це також дає підстави очікувати різке підвищення навантаження на екосистеми.

Для аналізу ступеня забруднення атмосфери визначено такі параметри, як загальна кількість видів лишайників, що зростають на стовбурах дерев (накипних, листуватих, кущистих), чисельність кожного виду, середній ступінь покриття площі рамки лишайниками кожного виду, поширення виду тощо. Під час спостережень велося фотографування наявних на ділянках лишайників для подальшого визначення. Результати досліджень кількості епіфітів у градієнті автотранспортного навантаження наведено у табл. 1.

Оцінку ступеня покриття деревного стовбура ліхенобіотою виконували так: на висоті 50–150 см від поверхні землі на найбільш зарослу лишайниками частину кори дерева накладали рамку розміром 10×10 см із клітинами 1×1 см. Підраховували те, який відсоток загальної площі рамки займають лишайники [10]. Разом із параметрами джерела забруднення враховували й характеристику досліджуваної території, зокрема площу парку, основні види деревних насаджень, приблизний вік дерев, наявність поряд із парком водних об'єктів тощо.

Поширення лишайників $A_{виду}$ розраховували за формулою (1) [11]:

$$A_{виду} = \frac{m_{виду}}{n} \cdot 100, \% \qquad (1)$$

де $m_{виду}$ – кількість лишайників цього виду, n – загальна кількість дерев у досліджуваному квадраті. Результати визначення поширення ліхенобіоти для кожної дослідної ділянки наведено на рис. 3–5.

Повітряне середовище дуже мобільне, а тому вміст у ньому тієї чи іншої ШР може змінюва-

Таблиця 1

Результати ліхеноіндикації за кількістю видів лишайників (м. Київ)

Парк	Ділянка 1		Ділянка 2		Ділянка 3	
	Накипні	Листуваті	Накипні	Листуваті	Накипні	Листуваті
Відрадний	7	1	4	1	3	0
Маріїнський	4	1	2	0	1	0
Парк імені Пушкіна	8	2	11	2	6	1
Парк «Супутник»	11	7	13	5	9	5
Парк «Нивки»	5	4	7	2	3	0
Сквер імені Олени Теліги	5	2	6	2	11	2
Парк «Юність»	6	3	3	0	2	2
Парк імені Островського	5	1	6	0	6	0
Парк Інтернаціональний	4	0	5	0	8	0
Сирецький парк	4	1	4	1	4	1
Парк імені Тараса Шевченка	2	0	4	0	4	0

тися впродовж декількох годин. Навіть на ділянці з досить інтенсивним забрудненням уміст окремих ШР залежно від метеоумов може сягати безпечних значень. А на ділянках, де викиди не є значними, може спостерігатися перевищення ГДК ШР через локальне концентрування цих речовин.

Середній ступінь покриття площі рамки лишайниками кожного виду розраховували за формулою (2) [11]:

$$S_{виду} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} S_i, \% \qquad (2)$$

де S_i – ступінь покриття площі рамки лишайниками окремого дерева, %.

Результати розрахунку наведено на рис. 6 і 7. Для визначення показника відносної чистоти атмосфери використовували формулу (3) [11]:

$$Q = \frac{M^{Н} + 2 \cdot M^{Л} + 3 \cdot M^{К}}{30}, \qquad (3)$$

де $M^{Н}$, $M^{Л}$ и $M^{К}$ – середній умовний бал поширення й ступеня покриття накипних, листуватих і кущистих лишайників відповідно.

Залежно від отриманого значення показника відносної чистоти атмосферного повітря (0,0–1,0), для досліджуваних ділянок визначено один із п'яти рівнів забруднення [11]: 1) сильне («лишайникова пустеля»). Показник відносної чистоти атмосфери перебуває в межах 0,0–0,20; 2) досить сильне (0,21–0,40); 3) середнє (0,41–0,60); 4) незначне (0,61–0,80); 5) відсутнє (0,81–1,0).

Отримані значення показника відносної чистоти атмосфери для досліджуваних паркових зон наведено на рис. 8.

Таким чином, результати ліхеноіндикаційного дослідження паркових зон м. Києва показали, що рівень забруднення за показником відносної чистоти атмосфери є середнім та досить сильним. Два парки міста Києва віднесено до середнього рівня забруднення, зокрема парк «Супутник» (Q = 0,41) та парк «Нивки» (Q = 0,42). Інші 8 міських екосистем характеризуються досить сильним рівнем забруднення. Ними є парк імені Пушкіна (Q = 0,23), парк «Інтернаціональний» (Q = 0,23), парк імені Островського (Q = 0,25), парк імені Тараса Шевченка (Q = 0,37), Сирецький парк (Q = 0, 30), парк «Юність» (Q = 0,37), сквер імені Олени Теліги (Q = 0,35) та парк «Відрадний» (Q = 0,28). Критичний стан Маріїнський парк (Q = 0,16), віднесений до зони із сильним забрудненням. Більш несприятлива екологічна обстановка цієї території, на нашу думку, пов'язана з інтенсивним відвідуванням парку жителями та гостями міста, а також різними режимами руху приватних АТЗ. Має значення і кількість місць для паркування

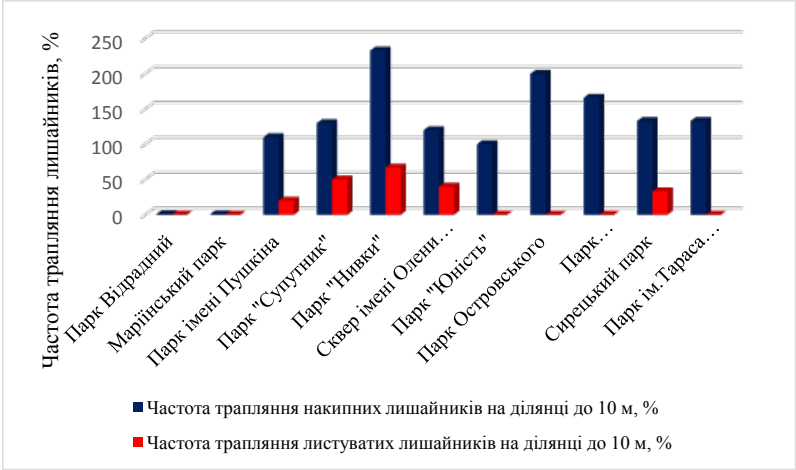


Рис. 4. Поширення лишайників на відстані до 10 м від автодороги, %

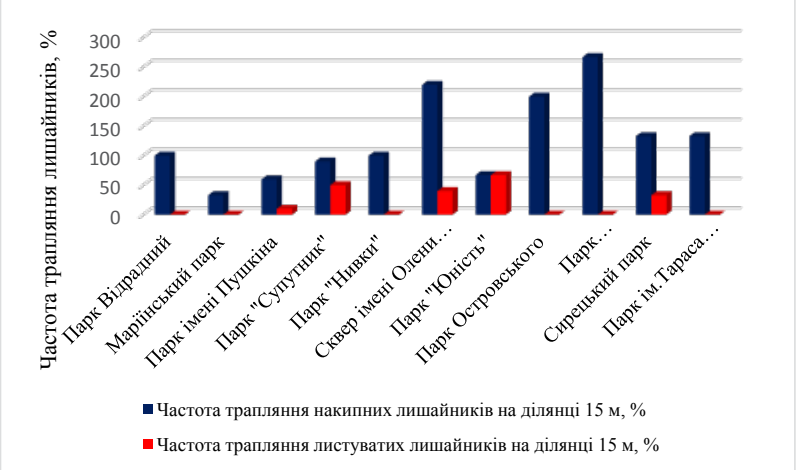


Рис. 5. Поширення лишайників на відстані 15 м від дороги, %

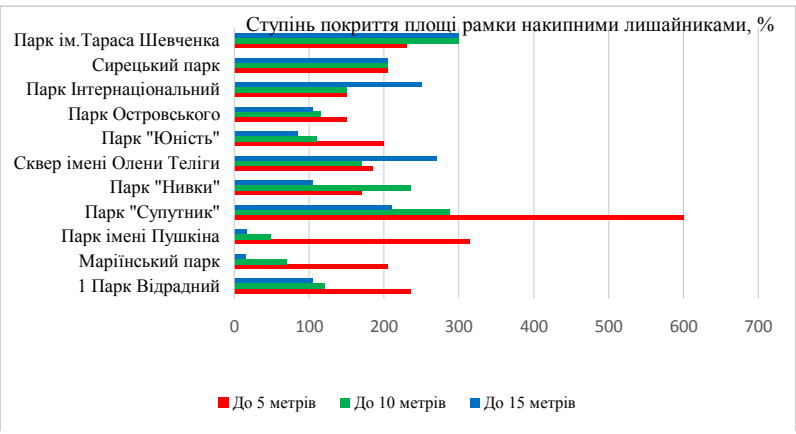


Рис. 6. Проективне покриття площі рамки накипними лишайниками, %

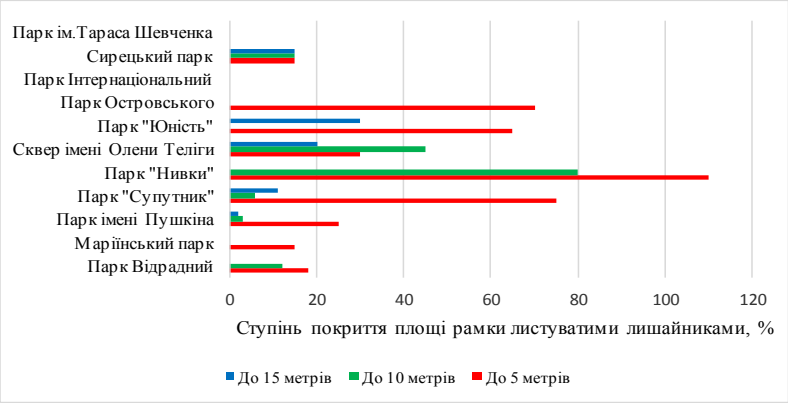


Рис. 7. Проективне покриття площі рами листковими лишайниками, %

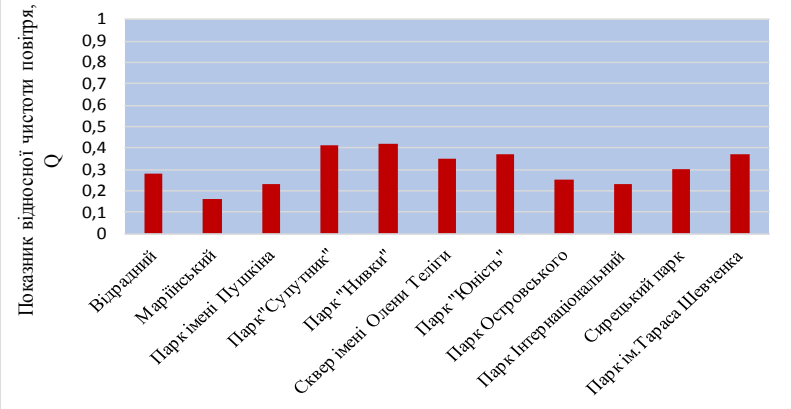


Рис. 8. Показник відносної чистоти атмосфери

автомобілів безпосередньо біля парку, чисельність пунктів обслуговування (кафе, магазини, готелі тощо) та кількість АЗС, автостоянок, СТО тощо.

Головні висновки. Отже, дослідження показали, що відбувається зміна видового різноманіття ліхенобіоти в градієнті автотранспортного навантаження. Найбільша кількість ліхенофлори та ступінь проективного покриття стовбурів дерев зафіксовано на відстані до 5 м від автомагістралі, тобто найближче до потоку АТЗ. Однак тут ліхенобіота представлена тільки нітрофільними лишайниками, що характеризують досліджувані ділянки як території зі значним пиловим і азотним забрудненням. Залежно від віддаленості від автомагістралі, кількість нітрофільних лишайників зменшується, що пов'язано з розсіюванням ШР в атмосферному повітрі. Листкові лишайники, що є найбільш чутливими до оксидів Сульфуру, трапляються в досліджуваних екосистемах у незначних кількостях. Кущистих лишайників не було виявлено зовсім. Відомо, що вони зникають за найменших доз токсикантів.

Література

1. Концепція розвитку транспортного комплексу м. Києва (Київська міська державна адміністрація, ДКП «Науково-дослідний інститут соціально-економічних проблем міста»). URL: ttps://kievcity.gov.
2. Кириенко О.А., Имранова Е.Л. Микробиологическая оценка экологического состояния урбанизированных почв. *Экология урбанизированных территорий.* 2008. № 4. С. 57–61.
3. Михєєв О.М., Гуща М.І., Шиліна Ю.В., Овсяннікова Л.Г. Застосування рослинних тест-систем для оцінки комбінованої дії стресорів різної природи на екосистеми. *Наук. праці. Екологія*. 2006. 53 (40). С. 56–64.
4. Кондратюк С.Я. Індикація стану навколишнього середовища України за допомогою лишайників. Київ. 2008. 336 с.
5. Davies L., Bates J.W., Bell N.B., James P.W., Purvis O.W. Diversity and sensitivity of epiphytes to oxides of nitrogen in London. Environm Pollution. 2007. № 2. P. 299–310.
6. Glenn M.G., Webb S.L. Lichens as indicators of forest integrity. In: Türk R., Zorer R., (eds.): Progress and Problems in Lichenology in the Nineties. Bibliotheca Lichenologica, J. Cramer. Berlin, Stuttgart. 1997. 155.
7. Nordin A. Santesson's Checklist of Fennoscandian Lichenforming and Lichenicolous Fungi. 2011.
8. Van Herk C.M. Epiphytes on wayside trees as an indicator of eutrophication in the Netherlands. In: Monitoring with lichens – monitoring lichens. IV. Earth and Environmental Science. Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publisher, P. 285–290.
9. Рабош І.О. Оцінка екологічного стану територій автозаправних станцій, розташованих поблизу автомагістралей. *Вісник НТУ «ХПІ», Сер.: Нові рішення в сучасних технологіях*. Харків: НТУ «ХПІ». 2018. № 9 (1285). С. 236–242.
10. Зінченко О.П., Степанюк Я.В. Біометрія: метод. рек. до викон. лабораторних робіт. Луцьк: РВВ Вежа Волин. нац. ун-ту ім. Лесі Українки, 2010. 80 с.
11. Білявський Г.О., Бутченко Л.І. Основи екології: теорія і практикум: навч. посібник. Київ: Либра, 2004. 368 с.

УДК 658.5:614.73(035.3):528.94
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-1-24-1-8

КОНЦЕПЦІЯ ТЕОРІЇ УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНИМ МОНІТОРИНГОМ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО ВИЗНАЧЕННЯ РИЗИКІВ АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ

Шевченко Р.Ю.[1], Жаврида Д.Є.[2]
[1]Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. Митрополита Василя Липківського 35, 03035, Київ
azimut90@ukr.net
[2]Обухівська районна державна адміністрація
вул. Малишка, 10, 08700, м. Обухів
obuh_rda_zagvid@ukr.net

Розглянуто модель взаємодії прикладних програм обробки даних аерофотознімання та технологію їх інтеграції, які включають блок обробки навігаційних екологічних даних та блок корекції сканованого зображення місцевості, що працюють паралельно та дозволяють створити ортофотоплан заданої ділянки місцевості без утрати якості та зі значною економією часу, що, загалом, дозволяє проектувати великомасштабні карти управління екологічним моніторингом для оперативного визначення ризиків антропогенного впливу. *Ключові слова:* екологічний моніторинг, екологічна безпека, геоінформаційна модель, картографування екологічної безпеки, структурно-графічна модель, природно-техногенна безпека, математична модель.

Концепция теории управления экологическим мониторингом для оперативного определения рисков антропогенного влияния. Шевченко Р.Ю., Жаврида Д.Е. Рассмотрена модель взаимодействия прикладных программ обработки данных аэрофотосъемки и технология их интеграции, включающие блок обработки навигационных экологических данных и блок коррекции отсканированного изображения местности, которые работают параллельно и позволяют создать ортофотоплан заданного участка местности без потери качества и со значительной экономией времени, что в целом позволяет проектировать крупномасштабные карты управления экологическим мониторингом для оперативного определения рисков антропогенного воздействия. *Ключевые слова:* экологический мониторинг, экологическая безопасность, геоинформационная модель, картографирование экологической безопасности, структурно-графическая модель, естественно техногенная безопасность, математическая модель.

The concept of the Theory of environmental monitoring for the rapid determination of the risks of anthropogenic influence. Shevchenko R., Zhavrida D. Reviewed a model for the interaction of aerial photography data processing programs and the technology for their integration, including the environmental navigation data processing unit and the scanned image correction block, work in parallel and allow you to create an orthophotoplan of a given terrain segment without loss of quality and with significant time savings In general, it allows the design of large-scale environmental monitoring management cards for the rapid determination of risks tropic exposure. *Key words:* environmental monitoring, environmental safety, geo-information model, environmental safety mapping, structural-graphical model, naturally technological safety, mathematical model.

Постановка проблеми. Управління якістю довкілля реалізується шляхом проведення перманентного екологічного моніторингу з виявлення джерел антропогенного впливу на навколишнє природне середовище. Територіально відповідний моніторинг з оцінки ризиків техногенного навантаження здійснюється на локаціях промислових підприємств, великих забудованих міських територій, що зазнають впливу забруднення транспортними засобами вздовж автомобільних магістралей, та на територіях надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру [1].

Для отримання оперативної інформації про стан трансформації навколишнього середовища під впливом антропогенних чинників, виявлення джерел, що формують ризик-фактори та формулювання рекомендацій щодо їх попередження і подолання (в разі виникнення), застосовуються аерокосмічні технології та геоінформаційні системи, обробка та моделювання реалізується у створених імітаційних моделях у середовищі експертних геоінтелектуальних (далі – ГІС) систем прийняття рішень та прикладних ГІС, таких як GIS Golden Software Surfer та QMap [2].

На сьогодні в Україні досить актуальною є проблема ефективності управління екологічним моніторингом для оперативного визначення ризиків антропогенного впливу. У таких країнах, як Сполучені Штати Америки, Канада, Німеччина, Франція та Велика Британія ця проблема успішно розв'язується за допомогою технологій геоінтелектуальних систем прийняття рішень, ядром якої є супутникові системи дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) [3].

Основні задачі ГІС точного управління екологічним моніторингом для оперативного визначення

ризиків антропогенного впливу є: введення, оброблення, зберігання і виведення відповідно до запитів вимог системи управління екологічним моніторингом різноманітних картографічних даних про стан навколишнього природного середовища і геоданих про динамічні рухомі промислово-антропогенні об'єкти, що впливають на загальний стан довкілля та медико-географічну ситуацію на території місцевих об'єднаних територіальних громад.

Актуальність дослідження. Нині на розроблення методології побудови, конструювання та проектування моделей, методів і засобів формування динамічних сценаріїв для екологічних геоінформаційних систем реального часу для підвищення адекватності представлення та сприйняття зовнішнього середовища, в якому є рухомі об'єкти космічного, повітряного та наземного базування.

Для досягнення вищезазначеної мети необхідно розв'язати такі взаємопов'язані задачі:

– розробити моделі та методи побудови статичного та динамічного складників екологічних ГІС реального часу управління екологічним моніторингом для оперативного визначення ризиків антропогенного впливу;

– створити технологію інтеграції прикладних програм обробки даних аерофотознімання для створення електронних екологічних карт заданого масштабу;

– запропонувати методи та засоби формування динамічних сценаріїв для екологічних ГІС реального часу;

– на основі запропонованих моделей, методів та алгоритмів створити програмні засоби формування динамічних сценаріїв управління екологічним моніторингом для оперативного визначення ризиків антропогенного впливу.

Зв'язок авторського дослідження з важливими науковими та практичними завданнями. Робота виконана в межах НДР ДЗ «ДЕА» «Розробка нормативно-методичного документа рубрикатора завдань у сфері екологічного моніторингу за допомогою космічних систем ДЗЗ та ГІС» (заключний) (№ держреєстрації 0118U005461).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для розв'язання поставлених задач був використаний комплекс методів: для розроблення моделей статичного та динамічного складників екологічної ГІС – це розроблений апарат системного аналізу академіка В.М. Глушкова, теорія множин, теорія графів; для формалізації представлення знань предметної області – методи дискретної математики та математичного моделювання; для створення бази картографічних даних – методи фотограмметрії та комп'ютерної графіки, цифрової картографії; для програмної реалізації моделей та алгоритмів формування динамічного сценарію – методи структурного, модульного та об'єктно-орієнтованого програмування [4].

Для успішного розв'язання таких задач були використані праці: О.І. Бондаря, В.М. Глушкова, В.П. Деркача, О.В. Палагіна, М.І. Васюхіна, Л.В. Аніскевича, В.І. Кравчука, В.В. Цісаржа, Р.І. Марусика, В.Г. Смолія, С.Л. Кривого, В.Є. Ходакова, В.Г. Шерстюка, Л.Ф. Коженевскі, М.Д. Скубіліна та ін. Дослідження базується також на загальнонаукових засадах теорії ризиків, теорії управління, системи управління екологічним моніторингом і наукових концепцій, розроблених провідними зарубіжними та українськими вченими: О.І. Бондарем, В.М. Барановим, Г.І. Рудьком, Г.І. Білявським, С.М. Чумаченком тощо.

Аналіз доступних публікацій дає підстави стверджувати, що на сьогодні в Україні немає відкритих для вітчизняних розробників геоінтелектуальних моделей управління екологічним моніторингом для оперативного визначення ризиків антропогенного впливу, методів і засобів побудови динамічних сценаріїв, які створюються за допомогою спеціалізованих ГІС, які б дозволяли вести оперативний контроль за станом довкілля та управляти операціями попередження і ліквідації надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру в режимі реального часу (онлайн). Така геоінформація є в закордонних розробників, що ретельно приховується з огляду на комерційні інтереси фірм-монополістів ГІС і недоступна для вітчизняних геоінженерів та науковців-екологів.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. У результаті аналізу та узагальнення досліджень екологічних ГІС-моделей, методів та засобів формування динамічних сценаріїв у спеціалізованих геоінформаційних системах знайдено аналоги та обрано прототипи таких систем, виявлено їхні істотні недоліки, серед яких основними є такі:

– використання як фону динамічного сценарію картограм, які не мають властивостей електронних карт, тобто подають зображення місцевості схематично і з великим ступенем спотворення;

– відсутність прив'язки рухомих об'єктів космічного, повітряного і наземного базування до світових систем координат та їх відображення на картографічному фоні в реальному часі;

– відсутні ефективні моделі й методи формування динамічних сценаріїв, які включають динамічні об'єкти космічного, повітряного та наземного базування;

– потребують удосконалення пакети прикладних програм формування динамічних сценаріїв реального часу для ГІС.

Новизна. Вперше запропоновано модель взаємодії прикладних програм обробки даних аерофотознімання та технологію їх інтеграції, які включають блок обробки навігаційних екологічних даних та блок корекції сканованого зображення місцевості, що працюють паралельно та дозволяють створити ортофотоплан заданої ділянки місцевості без втрати якості та зі значною економією часу, що дозволяє

проектувати великомасштабні карти управління екологічним моніторингом для оперативного визначення ризиків антропогенного впливу.

Методологічне або загальнонаукове значення. Необхідний етап в управлінні моніторингом якості довкілля – це інженерно-технічні рекогностування за відповідними пунктами екологічної обсервації ланд- марками, в тому числі й польове дослідження з виїздом на проблемні об'єкти й території. Відповідний сегмент наукових досліджень забезпечується спеціалізованим інструментарієм: геодезичними приладами, цифровими тахеометрами, лазерними сканерами, комплектами супутникового спостереження для фіксування динамічних (швидкоплинних) явищ та процесів, таких як розлив аміаку або деформації інженерних конструкцій та споруд, що руйнуються під впливом непідконтрольних природних або техногенних стихійних ситуацій, або навіть таких, що виникають унаслідок інших чинників, таких як надзвичайні суспільно-політичні та військові дії (пожежі внаслідок підпалу, диверсійні та терористичні акти на промислових об'єктах або комунальних підприємствах).

У разі оперативного (надзвичайного) локального рівня виникнення надзвичайної ситуації, коли є необхідність термінового координування джерел промислово-антропогенного забруднення, використання гаджетних програмних засобів GPS, а саме android-додатки: GPS Status & ToolBox Professional та GeoDesist, їх використання дозволятиме ітераційно (у першому наближенні) прогнозувати геопросторові аспекти розповсюдження, наприклад, сильнодіючих отруйних речовин, та за допомогою командних засобів зв'язку з попередження інформувати населення щодо проведення оперативних надзвичайних заходів з евакуації територіальної громади на відповідних територіях тощо [5].

Із запровадженням у систему управління моніторингом якості довкілля та оперативного визначення ризиків техногенного впливу безпілотних літальних апаратів як складової частини аерокосмічних систем, підвищується ступінь оперативної інформованості відповідних державних і муніципальних установ та відповідних спеціалізованих аварійно-рятувальних формувань, які дозволяють у режимі онлайн моніторити ситуацію [6].

Технологічна функціональність передачі відповідної потокової оперативної геоінформації та її трансформація в цифрові об'єктові та площадні умовні позначення на картографічних сервісах Інтернету – геопорталу (ГІС-карти), електронні ортофотоплани створює передумови для якісного керування (взяття під контроль) будь-якої надзвичайної ситуації, що потенційно зменшуватиме людські та фінансові втрати.

В Україні, з її теперішнім розвитком продуктивних сил та розміщенням виробництва, вважаються застарілими практично всі основні виробничі і невиробничі фонди, це – зношеність технологічного обладнання підприємств, що є наслідком їх виробничого консервування та подальшого закриття. Деякі інженерні аспекти закриття еколого-небезпечних підприємств здійснюється під контролем відповідних державних інспекцій та урядових організацій. Економічна та політичні кризи на фоні воєнного конфлікту на сході держави лише посилюють потенційні загрози виникнення надзвичайних ситуацій природно-техногенного характеру. Цьому сприяє значна втрата людських ресурсів, що є логічним наслідком вищезазначених загальнонаціональних проблем.

Для попередження наслідків небезпечних неконтрольованих ситуацій необхідне розроблення наукової теорії управління екологічним моніторингом для оперативного визначення ризиків техногенного впливу, яка включатиме [7]:

– розроблення складових систем управління техногенним впливом;

– формування концепції механізмів управління екологічним моніторингом на основі використання аерокосмічних систем для контролю стану навколишнього природного середовища;

– обгрунтування та побудова управлінської моделі екологічними моніторингом у повсякденних умовах та під час надзвичайних ситуацій;

– створення імітаційних моделей системи управління відповідним спеціалізованим моніторингом.

Геоінтелектуальним ядром такої системи управління екологічним моніторингом для оперативного визначення ризиків антропогенного впливу є спеціалізовані ГІС, які дозволяють без затримок відображати оперативну інформацію про поточну екологічну ситуацію на цифровій екологічній карті.

Використовуються методи: картографічний (проведення кореляційного аналізу стану довкілля на полігонних територіях, аналіз факторів природного та техногенного патогенного взаємного впливу, визначення трендів розвитку патогенної ситуації на місцевості – просторовий аналіз), геоінформаційний (аналіз та обробка даних дистанційного зондування Землі, розроблення моделі інфраструктури екологічної ГІС), математичний (створення математичного апарату управління екологічним моніторингом, побудова структурно-параметричних моделей розвитку і подолання екологічних катастроф), метод аналізу й синтезу (прогнозування екологічних надзвичайних ситуацій з розробкою інтерполяційних методів білінійної інтерполяції техногенних ризиків.

Для вирішення поставлених завдань застосовуються також загальнонаукові та спеціальні методи досліджень:

– системного підходу та структурно-графічного моделювання під час визначення складників оперативного екологічного моніторингу та формування комплексу джерел для забезпечення його функціонування;

– узагальнення та логічного аналізу під час обґрунтування нових термінів і понять; описовий під час аналізу досвіду проведення моніторингу;

– порівняльно-географічний, класифікаційний та експедиційний для збору фактичних матеріалів;

– геоінформаційного та картографічного моделювання під час вивчення просторових еколого-небезпечних об'єктів та їхніх особливостей.

Виклад основного матеріалу. Науковою основою досліджень є експериментальна база ГІС та ДЗЗ, що складається з таких блоків (рис. 1):

Управління екологічним моніторингом є однією з найбільш важливих у природно-техногенному моніторингу складових частин національної безпеки України. Найважливішим напрямом інновацій у цій галузі є розроблення і впровадження систем управління засобами супутникового моніторингу та геоінформаційного картографування, точніше, геоінтелектуального моделювання та прогнозування надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру.

Технологія управління екологічним моніторингом визначення ризиків антропогенного впливу реалізується в поєднанні з ГІС та GPS, що дозволяє забезпечити посилений контроль за проведенням операцій із запобігання та ліквідації їхніх наслідків, відслідковувати зміну ситуації в часі на кожній окремій проблемній території чи акваторії і навіть навколоземного простору та найменшої площі ділянки. Все це допомагає провести порівняльний аналіз обстановки, що складається з прогнозованим вектором розвитку подій (тренду горизонту подій).

В Україні склалася критична ситуація зі зношенням технологічного обладнання, основних фондів підприємств, що несе потенційну загрозу забрудненню навколишнього природного середовища, має суцільно негативну просторову характеристику в усіх регіонах держави. Пікові показники критичності зношення інфраструктури припадають на Донбас та Криворізький промислові райони. Ситуація на Донбасі вже має ознаки екологічної катастрофи внаслідок військового конфлікту.

На думку авторів, вивести країну з повзучої надзвичайної ситуації природно-техногенного характеру допоможуть нові наукові підходи щодо управління екологічним моніторингом із визначенням показників антропогенного впливу.

Система управління екологічним моніторингом складається зі структурно-параметричної схеми, складовими частинами якої є такі контрольні функції:

– моніторингу трансферу отруйних речовин територією України з дослідженням за аерокосмічними знімками стану автошляхів, коридорів водного та повітряного транспорту, ліній телекомунікації, нафто-, газо- й аміакопроводів та інших високоенергетичних і вибухонебезпечних хімічних сполук;

– спостереження за рівнями фонового забруднення в напрямках проблемно-небезпечних транспортно-логістичних шляхів сполучення з отриманням потокової (оперативної) інформації про кількісні та якісні показники фізико-хімічного стану водної поверхні, суходолу і повітряних мас за допомогою мережі реперних пунктів спостереження довкілля. У відповідну мережу доцільно включати метеорологічні станції, гідрологічні пости, пункти астрономо-геодезичної мережі, щогли радіотехнічного та візуального спостереження вздовж відповідних трас. Формуються трасові звіти (пікетажний журнал стану довкілля);

– контроль розвантаження/завантаження отруйних речовин і сильнодіючих отруйних речовин (далі – СДОР) на транспортні засоби на так званих ординарних постах морських та річкових портів, залізниці, повітряного транспорту, що підпорядковані Митній службі. Значну увагу у відповідному кластері управління екологічним моніторингом необхідно приділити маркуванню відповідних хімічних сполук чи радіоактивних елементів. Відповідна проблема постає з будівництвом на території Чорнобильської зони відчуження сховища зберігання радіоактивних відходів.

На рис. 2 представлена структурно-параметрична схема критичної інфраструктури України, що підлягає оперативному моніторинговому дослідженню.

Організація управління кризовим моніторингом є інноваційною, а саме:

– формування оптимальних маршрутів транспортування і переміщення отруйних речовин Україною та оцінка ризиків із визначенням масштабів потенційних надзвичайних ситуацій;

– синтез систем управління оперативним (кризовим) екологічним моніторингом у середовищі геоінформаційних систем із застосуванням даних дистанційного зондування Землі;

– оцінка ризиків переміщення СДОР та впливу їх на оточуюче середовище перебування людини в залежності від сезонів року (кліматичних умов), типу топографії місцевості та факторів територіальної організації системи цивільного захисту;

– оцінка ризиків антропогенного впливу отруйних речовин на стан здоров'я населення прилеглих територій, створення спеціалізованої ГІС «Екологічна геологістика СДОР в Україні»;

– створення картографічного ресурсу Інтернету (екогеопорталу) для систем проведення оперативного екологічного моніторингу, попередження природно-техногенних надзвичайних ситуацій та створення моделей ліквідації наслідків потенційних катастроф.

В основу відповідної математичної структурно-параметричної моделі ГІС покладені наукові концепції системи інженерного управління екологічним моніторингом (структурно-логістичні коридори), теорії ризиків і катастроф та власне теорія управління. На рис. 3 представлена структурно-логічна модель алгоритму створення відповідної спеціалізованої ГІС.

З геопросторової точки зори проблема визначення відповідних коефіцієнтів $K_{1...3}$ має геогра-

фічну складову частину. На карті регіонів України створена імітаційна модель (рис. 4) територіального розподілу коефіцієнтів антропогенних ризиків впливу на навколишнє природне середовище. По кожній області стовпчиковою діаграмою у вигляді стрілки кількісних характеристик показано сумарне значення потенційно-небезпечних об'єктів критичної інфраструктури та представлено у значенні ***Pi***. З огляду на вищевикладене можна вивести формулу загальнодержавного ризику: де ***Pi*** – об'єкти критичної інфраструктури по ***i = 25*** суб'єктам держави.

Наукові основи управління екологічним моніторингом з точки зору технічних наук знаходяться на етапі структурно-параметричного розроблення. Система управління буде спиратися на дані сучасних дистанційних зйомок землі в різних спектрах та направлятися на геоінформаційну обробку. Українська система управління моніторингом матиме свою специфічну структуру, і це пов'язано з катастрофічним станом навколишнього середовища. Значним фактором забруднення в Україні є транспортна мережа. Запровадження системи управ-

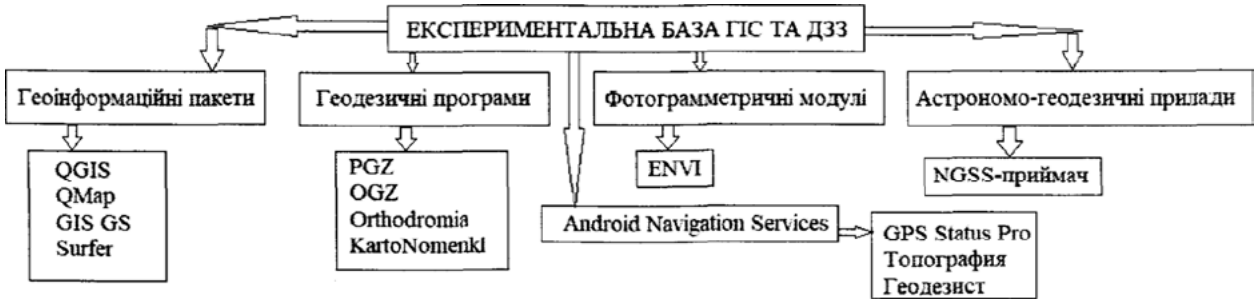


Рис. 1. Експериментальна база наукового дослідження

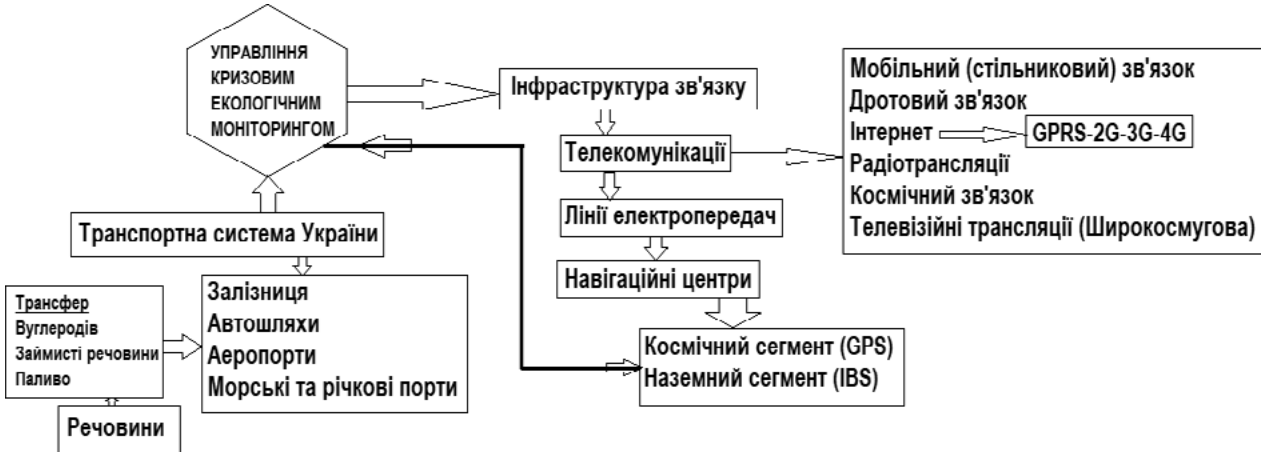


Рис. 2. Система управління екологічним моніторингом

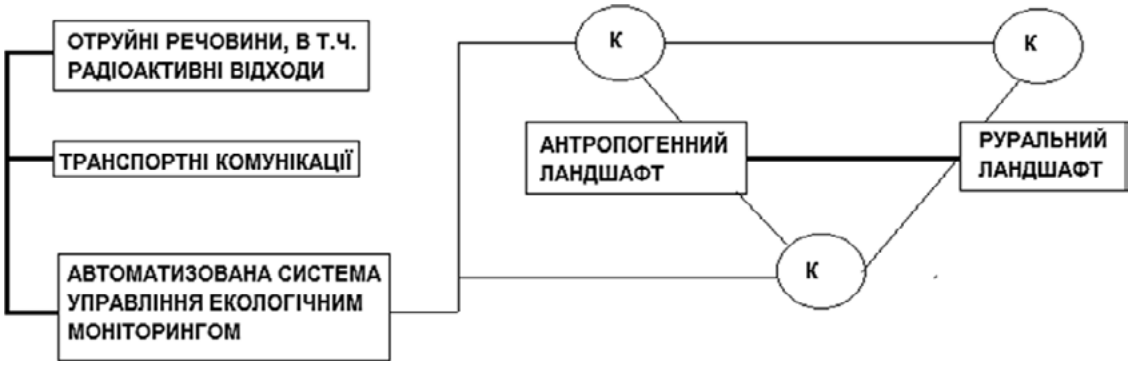


Рис. 3. Схема інформаційних потоків формування реляційної бази даних ГІС, де К – коефіцієнти ризиків техногенного впливу на оточуюче природне середовище, В – математична основа ГІС, де задіяні такі складники: $f_{СУЕМ}$ – функція системи управління екологічним моніторингом; f – функціональні компоненти роботи ГІС; ОР – отруйні речовини; ТК – транспортні комунікації, АЛ – антропогенний (урбаністичний, промисловий) ландшафт; РЛ – руральний (сільський, природний) ландшафт; $К_{1...3}$ – коефіцієнти ризиків катастроф

Рис. 4. Імітаційна картографічна модель геопросторового розподілу коефіцієнту антропогенного ризику (P1…25)

ління відповідними процесами в ГІС створять заслін їх розповсюдженню і формуватимуть комплекс державних заходів із запобігання природно-техногенним катастрофам.

Головні висновки. За допомогою систем моніторингу об'єктів космічного, повітряного і наземного базування розв'язана актуальна науково-прикладна задача формування динамічних сценаріїв управління екологічним моніторингом у навігаційних геоінформаційних системах реального часу з метою підвищення адекватності відображення та сприйняття поточної обстановки та отримано такі основні наукові та практичні результати:

– уперше запропоновано модель взаємодії прикладних програм обробки даних аерофотознімання та технологію їх інтеграції, які включають блок обробки навігаційних даних та блок корекції сканованого зображення місцевості, що працюють паралельно та дозволяють створити ортофотоплан заданої ділянки місцевості без втрати якості та зі значною економією часу, що дозволяє будувати великомасштабні карти будь-якого тематичного змісту;

– уперше представлено модель бази картографічних даних, сутність якої – диференціація зв'язків картографічних об'єктів (концептів) з виділенням тематичної, графічної і просторової множин на основі єдності їх концептуалізації та інтерпретації в електронну карту у вигляді одного файлу (в прототипах 5 і більше);

– уперше запроваджено технологію відображення символів рухомих об'єктів за рахунок створення бази символьних даних зі складною атрибутикою для наземних агрегатів, космічних і повітряних об'єктів у залежності від їх типу, структури та функціонального призначення;

– уперше розроблений метод відображення переміщень символів рухомих об'єктів на картографічному фоні з частотою відновлення динамічної сцени 50 разів у секунду, що забезпечує плавність відображення та більш адекватне сприйняття динамічної ситуації людиною-оператором;

– уперше розроблена модель функціонування динамічних сценаріїв у екологічній ГІС. Сутність удосконалення полягає в новій формалізації опису складових об'єктів, що рухаються в космічному, повітряному і наземному просторах, та у використанні методу трансформації символів таких рухомих об'єктів синхронно, з масштабом картографічного фону, що дозволяє максимально адаптувати динамічну сцену відповідно до запитів оператора.

Перспективи використання результатів дослідження. Розробка може отримати впровадження в систему екологічного моніторингу й меншого рангу: регіонального, місцевого та об'єктового. Алгоритми також можуть бути покладені в розробку багатофункціональної ГІС екологічної безпеки адміністративного району чи об'єднаної територіальної громади (на прикладі Обухівського району Київської області).

Література

1. Аль-Тамімі Р.К.Н. Удосконалення методики побудови екологічних карт антропогенного впливу на основі багатоспектральних знімків. *Системи управління, навігації та зв'язку.* Полтава, 2015. Вип. 3 (35). С. 61–64.
2. Лялько В.І, Федоровський О.Д., Костюченко Ю.В. Багатоспектральні методи дистанційного зондування Землі в задачах природокористування. Київ, 2006. 357 с.
3. Баранов В.Н. Космическая геодезія. Москва, 1986. 408 с.
4. Бусыгин Б.С. Инструментарий геоинформационных систем. Киев, 2000. 172 с.
5. Кац Я.Г. Основы космической картографии. Москва, 1988. 236 с.
6. Клименко М.О. Моніторинг довкілля. Київ, 2006. 360 с.
7. Книжников Ю.Ф. Аэрокосмические методы географических исследований. Киев, 2004. 336 с.

УДК 504.064.3
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-1-24-1-9

ПРОБЛЕМА ОЦІНКИ СТАНУ ПОВІТРЯ ВЕЛИКИХ МІСТ УКРАЇНИ НА ПРИКЛАДІ М. ХАРКОВА

Стаднік В.Ю., Тихомирова Т.С.
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»
вул. Кирпичова 2, 61002, м. Харків
niki.stadnik2610@gmail.com,
tatikh@i.ua

Проаналізовано стан функціонування і розвитку державної системи моніторингу довкілля та її відповідність до сучасних вимог. Досліджено проблемні питання недостатньої ефективності цієї системи в частині взаємодії суб'єктів моніторингу довкілля, завдань і основних принципів організації. Здійснено оцінку екологічного стану атмосферного повітря в м Харків на підставі аналізу результатів спостережень Харківського регіонального центру з гідрометеорології. Здійснено порівняльний аналіз рівня забруднення атмосферного повітря в різних районах міста. *Ключові слова:* моніторинг, атмосферне повітря, забруднення, пости спостережень.

Проблема оценки состояния воздуха больших городов Украины на примере г. Харьков. Стадник В.Ю., Тихомирова Т.С. Проанализировано состояние функционирования и развития государственной системы мониторинга окружающей среды и ее соответствие современным требованиям. Исследованы проблемные вопросы недостаточной эффективности этой системы в части взаимодействия субъектов мониторинга окружающей среды, задач и основных принципов организации. Осуществлена оценка экологического состояния атмосферного воздуха в г. Харькове на основании анализа результатов наблюдений Харьковского регионального центра по гидрометеорологии. Осуществлен сравнительный анализ уровня загрязнения атмосферного воздуха в различных районах города. *Ключевые слова:* мониторинг, атмосферный воздух, загрязнение, посты наблюдений.

The problem of the assessment of the condition of the air of great cities of Ukraine on the example of Kharkov. Stadnik V., Tikhomirova T. The state of functioning and development of the state monitoring system of the environment and its conformity to modern requirements are analyzed. The problem issues of the inefficient efficiency of this system in the part of interaction of subjects of environmental monitoring, their tasks and basic principles of organization are researched. An assessment of the ecological state of atmospheric air in Kharkiv is carried out based on the analysis of the results of observations of the Kharkiv Regional Center for Hydrometeorology. A comparative analysis of the level of atmospheric air pollution in different parts of the city is carried out. *Key words:* monitoring, air, pollution, observation posts.

Постановка проблеми. Моніторинг у галузі охорони атмосферного повітря проводиться з метою отримання, збирання, оброблення, збереження та аналізу інформації щодо викидів забруднювальних речовин та рівень забруднення атмосферного повітря, оцінки та прогнозування його змін і ступеня небезпечності, розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для ухвалення рішень у галузі охорони атмосферного повітря [1].

Сьогодні на території Україні діє державна система моніторингу довкілля, зокрема якості атмосферного повітря. Державна гідрометеорологічна служба ДСНС здійснює спостереження за забрудненням атмосферного повітря у 53 містах України на 162 стаціонарних, двох маршрутних постах спостережень та двох станціях транскордонного переносу. В атмосферному повітрі визначається вміст 28 забруднювальних речовин, зокрема восьми важких металів. Санітарно-епідеміологічна служба (МОЗ) здійснює спостереження за якістю атмосферного повітря у житловій та рекреаційній зонах [2].

Варто зазначити, що 60,5% населення України проживає у містах, де моніторинг якості атмосферного повітря взагалі не проводиться, тому лише 8% населення міст проживають на території, де ведеться моніторинг якості повітря, що не є прийнятним в умовах інтеграції українського природоохоронного законодавства (зокрема в галузі моніторингу якості атмосферного повітря) до європейського.

Система моніторингу України на державному рівні, окрім недостатньої кількості постів спостереження, має значну кількість недоліків, серед яких можна вказати на такі:

1) дійсна мережу пунктів стаціонарних спостережень у деяких містах уже не є актуальною та оптимізованою. Це пов'язано з тим, що створення пунктів спостереження ґрунтувалося на розміщенні поблизу великих підприємств та промислових вузлів, але за останні десятиріччя в тих чи інших частинах міста сформувалися нові джерела забруднення, тоді як деякі промислові комплекси припинили свою діяльність (або перепрофілювались), чим зменшили

забруднення повітря в десятки разів. Крім того, у рази збільшилась кількість транспортних засобів та змінились маршрути найінтенсивніших потоків вантажного транспорту;

2) обмежений перелік полютантів у програмі спостережень, що охоплює на більшості пунктах лише 5–7 сполук, до того ж на деяких станціях здійснюється спостереження за додатковими забруднювальними речовинами. Державна екологічна інспекція вимірює понад 65 параметрів повітря, але вони є спорадичними і вибірковими. Відсутність фактичного контролю за токсичними речовинами унеможливлює повноцінний аналіз та запобігання пивних видів захворювання населення.

Варто зауважити, що згідно з Директивою 2008/50/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 21 травня 2008 року про якість атмосферного повітря та чистіше повітря для Європи, рекомендовано проводити моніторинг більш як за 20 сполуками, зокрема «летючими» органічними речовинами;

3) неякісну система моніторингу за фізичним забрудненням атмосфери, що вміщує такі види: теплове, радіаційне, електромагнітне, шумове, вібраційне забруднення та ін. Система радіаційного контролю в Україні налагоджена досить якісно, але спостереження за іншими наведеними видами є переважно фрагментарною (відповідні заміри найчастіше здійснюються СЕС у разі скарг громадян).

Важливими напрямами вдосконалення системи моніторингу у сфері фізичного забруднення атмосфери є організація спостережень за шумовим та електромагнітним забрудненням. В обох випадках створювати стаціонарні пости спостережень не є доцільним (через значну динамічність відповідних параметрів середовища), натомість важливо здійснювати маршрутні обстеження з визначеною періодичністю;

4) відсутність співпраці з іншими установами, що здійснюють моніторинг атмосферного повітря. Одним із важливих кроків може стати ефективна співпраця з науковими та освітніми установами, де в рамках науково-дослідної роботи проводиться моніторинг стану повітря. Має бути налагоджено систему обміну інформацією та створення бази даних;

5) важливим питанням є сертифікація приладів моніторингу для вимірювання деяких параметрів та кількості забруднювальних речовин. Вибір сертифікованих приладів є досить обмеженим, вартість є непідйомною для більшості наукових та освітніх установ, сертифікація низки приладів могла б покращити ситуацію у сфері моніторингу та посприяти розвитку дослідницької діяльності на базі вищих навчальних закладів.

Значна кількість вищенаведених недоліків призводить до проблем з ухваленням управлінських рішень у галузі охорони навколишнього середовища на місцях. Можна виділити базові причини недосконалості системи екологічного моніторингу атмосферного повітря на місцевому рівні:

1) відсутність диференціації постів спостережень за характером інформації, що одержується;

2) відсутність належної експертної оцінки результатів спостережень;

3) відсутність прогнозування метеорологічних умов, що формують забруднення атмосферного повітря;

4) відсутність структурованої бази даних системи моніторингу;

5) відсутність широкого доступу громадськості до зрозумілих усім верствам населення міста результатів спостережень та аналізу.

Рис. 1. Схема впливу причин недосконалості системи екологічного моніторингу атмосферного повітря на ефективність підсистеми розробки та ухвалення управлінських рішень

Вищенаведені причини своєю деструктивною дією формують певні негативні наслідки, які впливають на ефективність роботи підсистеми розробки та ухвалення управлінських рішень. На рисунку 1 представлено наслідки недосконалості дійсної системи моніторингу атмосферного повітря.

Отже, загальноприйнята схема організації системи моніторингу довкілля в Україні не є ефективною, як наслідок, виникають проблеми під час розв'язання завдань управління екологічною безпекою у сфері забруднення атмосферного повітря на рівні міст.

У м. Харків спостереження за забрудненням атмосферного повітря проводить Харківський регіональний центр із гідрометеороло-

Таблиця 1

Пункти спостереження за забрудненням атмосферного повітря у м. Харкові

№ з/п	Адреса (№ПСЗ)
1.	вул. 23 Серпня, 34 (ПСЗ № 9)
2.	р-н Іванівки (ПСЗ № 13, вул. Пащєнківська, 4)
3.	р-н пр. Героїв Сталінграду (ПСЗ № 18)
4.	район Холодної гори (ПСЗ № 16, вул. Єлізарова, 4)
5.	район Сокольників (ПСЗ № 17, перех. вул. Дерев'янко та Бєлгородського шосе)
6.	район Салтівського шосе (ПСЗ № 19)
7.	Центральний район (ПСЗ № 11, пров. Театральний, 6)
8.	район 15 міської лікарні (ПСЗ № 24, вул. Академіка Павлова, 46)
9.	район ПСЗ №12, 607 м/р
10.	район Баварії (ПСЗ № 21, вул. Врубеля, 53)

гії [3] на 10 стаціонарних пунктах спостереження, що представлено у таблиці 1.

Схему розташування постів на території міста представлено на рисунку 2.

Найбільша кількість постів спостереження розміщена в таких районах, як Московський, Холодногірський та Київський, в Основ'янському та Індустріальному районах пункти спостереження відсутні. Варто зазначити, що Індустріальний район представлений двадцятьма дев'ятьма промисловими підприємствами, сімома будівельними, п'ятьма транспортними. Основу промислового складає виробництво сільськогосподарської техніки (ВАТ «ХТЗ»), виробництво електротехнічних машин, устаткування, апаратури і виробів виробничого призначення (ДП «Електроважмаш»), виробництво підшипників (ВАТ «ХАРП») та ін.

Оцінка рівня забруднення атмосферного повітря м. Харків виконана за результатами спостережень на стаціонарних постах ХГМЦ із використанням індексу забруднення атмосфери окремою домішкою I_i (ІЗА) та комплексного індексу забруднення I_n (КІЗА):

$$I_i = (\frac{Qi}{\text{ГДКс.д.}})^{ci}, \qquad (1)$$

де c_i – константа, яка має значення залежно від класу небезпеки речовини (1 кл. – 1,7; 2 кл. – 1,3; 3 кл. – 1,0; 4 кл. – 0,9. Ця константа дозволяє призвести ступінь шкідливості і-тої речовини до ступеня шкідливості діоксиду сірки); Qi – осереднена за часом (місяць або рік), розрахована для міста концентрація і-тої домішки, мг/м^3; $ГДК_{с.д.}$ – середньодобова гранично допустима концентрація, мг/м^3.

I_i використовується для характеристики вкладу окремих домішок у загальний рівень забруднення і для порівняння ступеня забруднення атмосфери різними речовинами.

Комплексний індекс забруднення атмосфери розраховується за формулою:

$$I_{n=\sum_{i=I}^{n} Ii}, \qquad (2)$$

де n – кількість речовин, за якими розраховується індекс забруднення.

Результати розрахунків за вищенаведеною формулою наведено на рисунку 3.

Порівняння значень комплексних індексів забруднення атмосфери (далі − КІЗА) на постах спостереження, які представлено на рисунку, демонструє, що якість атмосферного повітря в різних районах Харкова значно відрізняється. Найнижчий рівень забруднення відповідає районам розташування постів спостереження № 21, 12 та 11. Найбільш чистим є повітря в районі поста № 21 (вул. Врубеля, Новобаварський район) – індекс забруднення є мінімальним і складає 1,59.

Досить високий рівень забруднення в районах розміщення постів № 9, 13, 18. Максимально забрудненим є повітря по вул. 23 Серпня, 34 (Шевченківський район), пост № 9 – індекс забруднення максимальний – 3,93. Варто зауважити, що єдиним

Рис. 2. Схема розташування постів спостереження в місті Харкові

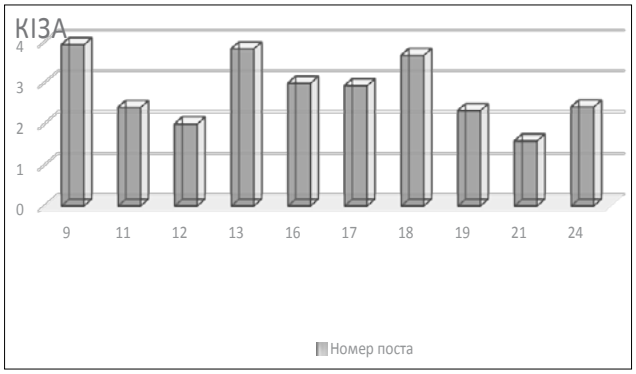


Рис. 3. КІЗА (середні значення) за постами спостереження за період 2010−2017 рр.

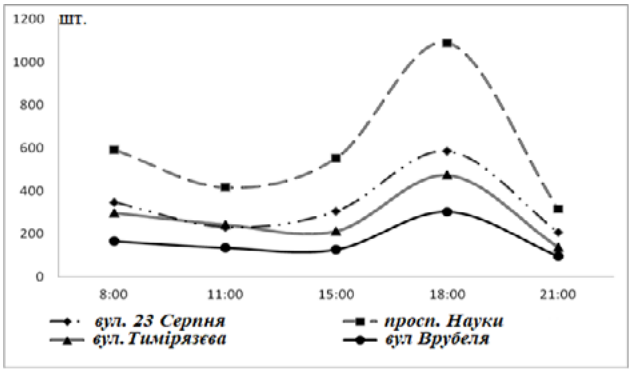


Рис. 4. Результати дослідження інтенсивності руху транспорту

підприємством у радіусі 5 км щодо пункту спостереження № 9 є котельня (вул. Шекспіра, 17), тоді як у Московському районі зосереджено 33 підприємства («Автрамат», ЗАО «Хлебзавод «Салтовский», АО «ХЭЛЗ», ООО «Промэлектро» та ін.), а рівень забруднення значно нижче, тому можна зробити висновок, що саме автотранспорт є значним джерелом забруднення атмосферного повітря.

Рівень забруднення атмосферного повітря у м. Харків можна визначити за даними таблиці 2.

Таблиця 2

Оцінка рівня забруднення повітря за КІЗА

I_n	Рівень забруднення
< 2,5	чисте повітря
2,5–7,5	слабозабруднене
7,6–12,5	забруднене
12,6–22,5	сильнозабруднене
22,6–52,5	високозабруднене
>52,5	екстремально забруднене

Якість атмосферного повітря в місті Харків за шкалою індексів забруднення на 5 із 10 пунктів спостереження відповідає оцінці «чисте повітря» (КІЗА = 1,59–2,41) та на інших 5 − «слабозабруднений» (КІЗА = 2,93–3, 93).

Було проведено оцінку інтенсивності руху транспортних засобів у районі пункту спостереження № 9 та № 21, де показники КІЗА виявились найбільшим та найменшим. Дослідження проводились на перетині вулиць 23 Серпня, де розташовано пункт № 9 та просп. Науки, а також на вулиці Врубеля, де розташовано пункт спостереження № 21 та вул. Тимірязева. Результати представлено на рисунку 4.

Із рисунку видно, що інтенсивність руху транспортних засобів на перетині вулиць 23 Серпня та просп. Науки є значно вищою.

Для поліпшення якості атмосферного повітря в місті пріоритетним слід уважати комплекс заходів щодо зниження викидів від автотранспорту як основного джерела забруднення атмосфери.

Література

1. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2014 році. URL: http://menr.gov.ua/docs/activitydopovidi/NacDopovid2014.pdf.
2. Федонюк М.А. До питання удосконалення системи державного екологічного моніторингу стану атмосферного повітря. Державне управління: удосконалення та розвиток: електронне наукове фахове видання. 2013. № 2
3. Максименко Н.В., Різник К.Ю., Александрова А.С. Структура і динаміка забруднення атмосферного повітря Харківської області. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології.* № 3−4, 2014. С. 81−94.

ЕКОЛОГІЯ ТА ЕКОНОМІКА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

УДК 631.8
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-1-24-1-10

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ГРАНУЛЬОВАНИХ ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ НОВОГО ПОКОЛІННЯ

Гоцький Я.Г., Степанюк А.Р.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського
пр. Перемоги, 37, 03056, м. Київ
yaroslavgotskyi@gmail.com

Розглянуто основні проблеми збереження та підвищення родючості ґрунтів із використанням багатошарових гранульованих органо-мінеральних добрив, які містять у собі гумінові органічні сполуки, розкислюючі домішки та мінеральні компоненти. Обґрунтовано актуальність створення нових ресурсо-зберігаючих технологій виробництва гранульованих органо-мінеральних добрив і визначено основні етапи виробництва органо-мінеральних добрив із застосуванням відходів хімічних, харчових та аграрних виробництв. *Ключові слова:* родючість ґрунту, органо-мінеральні добрива, ресурсозбереження, гранула.

Перспективы использования гранулированных органоминеральных удобрений нового поколения. Гоцкий Я.Г., Степанюк А.Р. Рассмотрены основные проблемы сохранения и повышения плодородия почв с использованием многослойных гранулированных органоминеральных удобрений, содержащих в себе гуминовые органические соединения, раскисляющие примеси и минеральные компоненты. Обоснована актуальность создания новых ресурсо-сохраняющих технологий производства гранулированных органоминеральных удобрений, и определены основные этапы производства органоминеральных удобрений с применением отходов химических, пищевых и аграрных производств. *Ключевые слова:* плодородие почвы, органоминеральные удобрения, ресурсосбережение, гранула.

Perspectives of use a new generation granulated organic-mineral fertilizers. Hotskyi Ya., Stepaniuk A. The main problems of preservation and increase of soil fertility with the use of multilayer granular organic-mineral fertilizers, which contains humic organic compounds, deoxidizing impurities and mineral components are considered. The urgency of creation of new resource-saving technologies for the production of granular organic-mineral fertilizers is substantiated and the main stages of the production of organic-mineral fertilizers with the use of waste from chemical, food and agrarian productions are determined. *Key words:* soil fertility, organic-mineral fertilizers, resource conservation, granule.

Постановка проблеми і актуальність дослідження. Агропромисловий комплекс є однією з провідних галузей економіки, основною метою якого є забезпечення продовольчих потреб населення. Сільське господарство України, окрім забезпечення якісними, безпечними та доступними продуктами харчування, також має значний експортний потенціал.

Стратегія сталого розвитку України як держави, значну частину експорту якої становить експорт сільськогосподарської продукції, передбачає розвиток агропромислового комплексу, посилення конкурентоспроможності на ринку, збільшення ринків збуту продукції та збереження природних ресурсів і довкілля [1].

Основною метою розвитку сільського господарства є підвищення та збереження стабільних обсягів валового збору сільськогосподарської продукції на підприємствах різних форм власності.

Для забезпечення продовольчих та експортних потреб в Україні було підвищено розораність сільськогосподарських земель, яка становить приблизно 53,9% до загальної площі території, що перевищує цей показник порівняно з країнами Західної Європи та США [2]. При цьому частка земель сільськогосподарського призначення становить 70,8% від загальної площі України, 68,8% займають сільськогосподарські угіддя (рілля, сіножаті та пасовища), що становить приблизно 42,8 млн га, з них рілля займає 32,54 млн га (53,9% від усієї території), пасовища – 5,43 млн га (9% від усієї території), сіножаті – 2,4 млн га (3,98% від усієї території) (рис. 1, 2) [2]. Збільшення розораності ґрунтів призводить до погіршення екологічної рівноваги. Тому для вирішення

проблеми раціонального використання земельних ресурсів до екологічно допустимого рівня необхідно зменшити кількість орних земель до 33% від загальної площі території, для цього необхідно збільшити площі пасовищ, природних територій, посадки нових зелених насаджень тощо, тобто зменшити площі орних земель на 24% або вивести із землекористування 14 млн га землі сільськогосподарського призначення.

Однак протягом останніх років динаміка зміни структури земельного фонду України майже не змінилася, починаючи з 1994 по 2016 рік площа сільськогосподарських угідь зменшилась лише на 383 тис. га, лісів – збільшилась на 302 тис. га, забудованих земель – на 166,7 тис. га [2].

Обсяги валового збору продукції переважно залежать від площі посівів сільськогосподарської культури певного сорту та відповідності природно-кліматичних умов вирощування на відведеній для цього території. Варто зазначити, що кількість орних земель насамперед залежить від доступних придатних для ведення сільськогосподарської діяльності земель, які є обмеженими ресурсами для кожної країни. Окрім того, врожайність сільськогосподарських культур залежить від кліматичних, геологічних умов, ступеня меліорації та ерозії ґрунтів, на яких вирощуються рослини.

Найбільш ефективними способами збільшення та збереження стабільних обсягів вирощеної рослинної продукції є підвищення врожайності сільськогосподарських рослин із застосуванням таких методів: підвищенням родючості ґрунтів, захисту рослин від шкідників і хвороб, використанням продуктивніших сортів і гібридів, меліорації сільськогосподарських земель та освоєння раціональних сівозмін. Тому підвищення врожайності сільськогосподарської культури однакового сорту за певних кліматичних умов, властивостей ґрунту та екологічної ситуації є комплексним завданням, яке, перш за все, залежить від родючості ґрунту.

Останнім часом родючість ґрунтів стрімко знижується внаслідок нераціонального землекористування, ерозії ґрунтів, забруднення пестицидами, гербіцидами, залишками мінеральних добрив, несприятливих погодних умов та ущільнення ґрунтів під час обробки сільськогосподарською технікою.

Із загальної площі близько 12,9 млн га орних земель зруйновано водною та вітровою ерозією. Основною причиною цього є порушення протиерозійної організації територій, розпаювання земель на мікроділянки без еколого-ландшафтного обґрунтування, недотримання науково обґрунтованих сівозмін і технологій обробітку ґрунту. Дегуміфікація, або зниження вмісту гумусу, також є однією з основних причин зниження родючості й виникає внаслідок зменшення обсягів внесення органічних добрив, неправильного і несвоєчасного проведення земельних робіт та ерозії.

Також досить значний вплив на зниження родючості ґрунтів мають зниження балансу поживних речовин, декальцинація, забруднення та фізична деградація. Усі ці негативні процеси є наслідком надмірного використання мінеральних добрив, недотримання сівозмін і надто інтенсивного обробітку земель. Цілком зрозуміло, що у разі недотримання цих агрономічних постулатів нереальним буде нарощування необхідних обсягів виробництва зерна, технічних та енергетичних культур [3].

Наступною важливою науково-технічною проблемою є створення безвідходного використання земельних ресурсів і повторного використання відходів харчової, хімічної та аграрної промисловості як сировини для виробництва комплексних органо-мінеральних добрив, що дасть змогу підвищити родючість ґрунтів.

Для вирішення поставлених завдань необхідно провести ряд заходів – починаючи від організаційно-господарських, агротехнічних, меліоративних і протиерозійних і закінчуючи створенням технологій повторного використання відходів, що сформува-

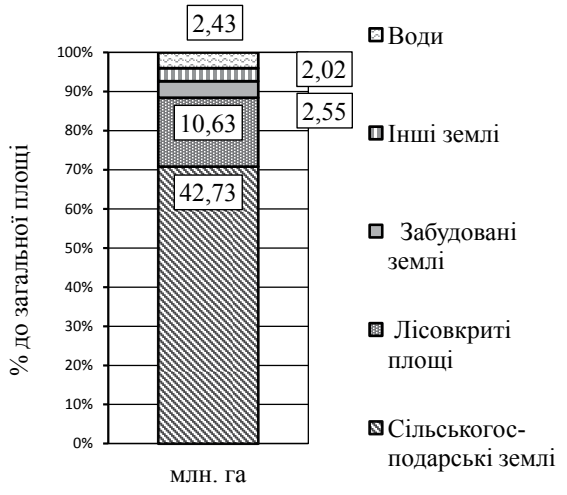
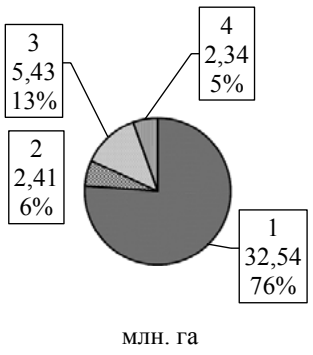


Рис. 1. Структура земельного фонду України



1 – рілля; 2 – сіножаті; 3 – пасовища; 4 – інші сільськогосподарські землі

Рис. 2. Структура земель сільськогосподарського призначення

лись у процесі людської та природної діяльності, та поверненням корисних компонентів у легкозасвоюваній для рослин формі назад до ґрунту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання збереження родючості ґрунтів є вкрай актуальним у поставлених умовах сьогодення, тому цю проблематику досліджує велика кількість науковців. Також важливим завданням є пошук нових способів захисту довкілля від інтенсивного землекористування.

Переваги застосування гранульованих органо-мінеральних добрив порівняно з іншими видами добрив було детально досліджено багатьма авторами [4–6]. А саме: автором було визначено вплив органо-мінеральних добрив на врожайність основних сільськогосподарських культур [6]. Під час дослідження було визначено позитивний вплив на врожайність бульб картоплі на дерново-слабопідзолистих ґрунтах, а саме внесення 5 т/га органо-мінеральних добрив дало більший приріст валового збору, ніж застосування 14 т/га гною, що показує його недостатню ефективність внаслідок великого вмісту вологи та зайвих погано засвоюваних компонентів, через що його ефективність є нижчою. Також було визначено, що використання більшої кількості добрив (5 т/га) підвищує врожайність картоплі приблизно у два рази.

Проблемам створення нових видів добрив і технології їх виробництва з використанням відходів харчової, хімічної та аграрної промисловості як сировини для виробництва добрив чи засобів підвищення родючості ґрунтів також присвячено багато дослідницьких робіт.

Авторами було запропоновано технології виробництва гранульованих органо-мінеральних добрив із застосуванням відходів різних видів виробництв як сировини органічного, так і мінерального походження. У першому випадку автор запропонував гранулювати суспензію посліду з відходів птахівництва, а саме рідкого курячого посліду [4]. Однак цей спосіб виробництва має недоліки: є ймовірність зберігання небезпечних збудників у добривах, а саме сальмонели, яка складно піддається знезаражуванню.

Також було запропоновано велику різноманітність органічної та мінеральної сировини та способів виробництва добрив із неї, а саме рідкий аміак, карбамідно-аміачні суміші, відмерлі стебла сільськогосподарських рослин (наприклад, попіл від соняшника), відходи тваринництва тощо, як сировину для виробництва гранульованих органо-мінеральних добрив. Також відомі технології виробництва органічних добрив із застосуванням сапропелей, органічних мулових відкладів стічних вод, біогумусу, що формується під час природної переробки органічних решток сапротрофами, наприклад каліфорнійським черв'яком [4; 6].

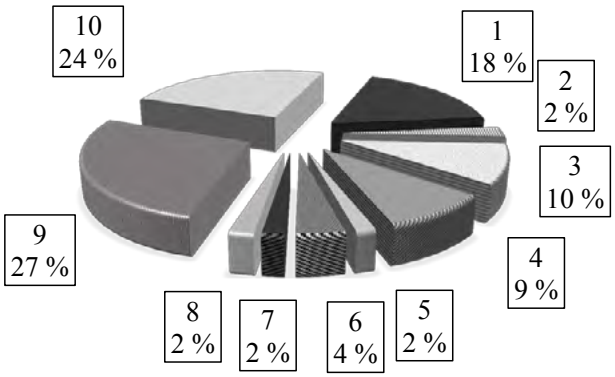
Ще одним важливим питанням є створення обладнання, яке дасть змогу отримати гранульовані органо-мінеральні добрива із заданими властивостями відповідно до агрокліматичних умов. Наступними авторами було створено технологію виробництва нового виду комплексних органо-мінеральних добрив із пошаровою структурою, що дає можливість збільшити час вивільнення корисних компонентів у ґрунті, тобто добрива пролонгованої дії [4; 5; 7].

Кожен із наведених способів використання сировини як органічного, так і неорганічного походження має свої переваги та недоліки, тому пошук і розроблення нових і вдосконалення наявних технологій виробництва органо-мінеральних добрив незмінно залишаються актуальними.

Метою роботи є обґрунтування основних переваг використання гранульованих органо-мінеральних добрив нового покоління із заданим складом корисних компонентів, аналіз обладнання для виробництва добрив і особливостей процесу гранулювання та зневоднення рідких гетерогенних систем, що містять мінеральні, гумінові речовини та інші корисні компоненти.

Виклад основного матеріалу. Україна належить до однієї з провідних країн із виробництва та продажу сільськогосподарської продукції, станом на 2018 рік товарна частка експортованої рослинної сільськогосподарської продукції становить 17,8% до загального обсягу зовнішньої торгівлі України, з них 13,3% становить експорт зернових культур [8]. Діаграму основної товарної експортованої продукції наведено на рисунку 3.

Також Україна входить до десятки країн найбільших експортерів олійної продукції: за результатами 2018 року Український аграрний експорт зріс більше ніж на $ 880 млн порівняно з 2017 роком, вартість якого становить $ 18,8 млрд. Загалом, за цей період збільшились обсяги експорту продукції АПК на



1 – продукти рослинного походження; 2 – продукти тваринного походження; 3 – жири та олії; 4 – мінеральні продукти; 5 – полімерні матеріали; 6 – продукція хімічної промисловості; 7 – текстильні матеріали; 8 – одяг та інша продукція; 9 – недорогоцінні метали та вироби з них; 10 – інше

Рис. 3. Товарна структура зовнішньої торгівлі у 2018 році

ринки Азії та Євросоюзу, тому збереження стабільних обсягів експорту аграрної продукції, розширення та пошук нових партнерів є одним з основних напрямів розвитку економічної діяльності [1].

Для забезпечення потреб внутрішнього споживання та експорту продукції АПК в Україні вирощуються в значних кількостях олійні культури – соняшник, ріпак; злакові – озима пшениця, ячмінь, жито та кукурудза. Однак надмірне вирощування таких кормових, технічних та енергетичних культур, як соняшник, кукурудза, ріпак тощо, призводить до серйозного виснаження ґрунтів.

Родючість ґрунтів є відносним поняттям і залежить не тільки від складу і виду рослини, що вирощується. На практиці родючість ґрунту оцінюють наявністю в ньому органічних сполук під загальною назвою «гумінові речовини», які накопичувались у ґрунтах протягом тривалого часу, та мінеральних компонентів (азоту, кальцію, натрію тощо). Походження гумінових речовин пов'язано з процесами біохімічного розкладу та перетворення залишків органічного походження.

Склад гумінових речовин надзвичайно різноманітний, до їх складу належать гумінові кислоти, фульвокислоти, солі цих кислот (гумати і фульвати) і гуміни (з'єднання гумінових кислот і фульвокислот з ґрунтовими мінералами) [7].

Стан земельних ресурсів змовлює все більше занепокоєння через зниження вмісту гумусу, запасу поживних речовин, збільшення площі кислих і засолених ґрунтів. Внаслідок дегуміфікації щорічні втрати гумусу становлять 1,08 т/га загалом по Україні [9].

Для збереження стабільного збору врожаю щорічно аграрії вносять велику кількість мінеральних добрив. Наприклад, у 2016 році було внесено 1724,4 тис. т мінеральних добрив у ґрунт, що є нераціональним використанням мінеральних ресурсів. Нинішня ситуація характеризується наявністю великих обсягів виробництва мінеральних добрив із поступовим вичерпуванням запасів мінеральної сировини. Також наявні види мінеральних добрив не забезпечують їх рентабельного виробництва і застосування, оскільки неминучі утворення значних обсягів відходів і великі втрати фосфору внаслідок його закріплення в ґрунті [7].

До основних недоліків мінеральних добрив слід варто зарахувати низький коефіцієнт корисної дії (для азоту та калію – 30–40%, для фосфору – 20%), низьку засвоюваність корисних компонентів, не повністю задовільні фізико-хімічні, механічні та товарні властивості. Також надлишкове використання мінеральних добрив призводить до підвищення концентрації мінеральних солей у ґрунті, внаслідок чого руйнується структура ґрунту, в овочах накопичуються шкідливі для здоров'я нітрати та фосфати, відбувається розмивання водорозчинних компонентів добрив і потрапляння їх до ґрунтових вод і водойм [4].

Застосування мінеральних добрив має ряд недоліків, однак повна відмова від їх застосування також є небажаною, оскільки припинення їх застосування призведе до зниження врожайності рослин внаслідок недоотримання рослинами необхідних для нормального розвитку та функціонування таких важливих речовин, як азот, фосфор, калій, та інших мінеральних компонентів, які приймають безпосередню роль у формуванні зеленої маси рослин [7].

Найбільш раціональним розв'язанням цієї проблеми є застосування комплексних органо-мінеральних добрив, що містять у своєму складі азот, фосфор та органічні гумінові сполуки. Органічною сировиною для виробництва цих видів добрив може бути торф, буре вугілля, лігнін та інші органічні рештки й відходи аграрних і харчових виробництв [7]. На рисунку 4 наведено основні етапи та процеси під час виробництва багатошарових гранульованих органо-мінеральних добрив з органічної сировини.

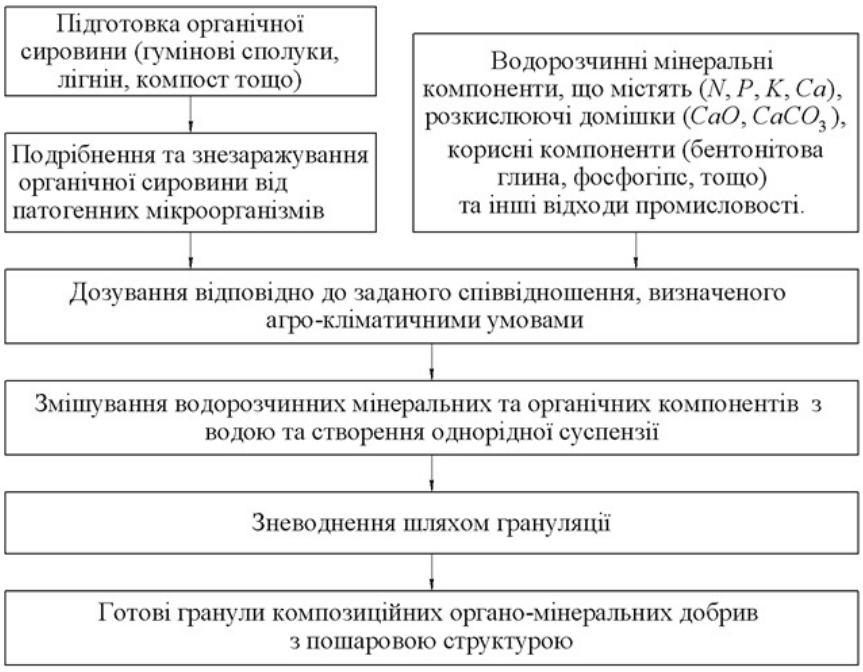


Рис. 4. Основні етапи та процеси під час виробництва гранульованих органо-мінеральних добрив

Застосування гранульованих органо-мінеральних добрив дає змогу найбільш ефективно та при цьому безпечно для навколишнього середовища підвищити родючість ґрунту, забезпечити рослини найважливішими поживними елементами, такими як азот, фосфор, калій, кальцій, гумінові сполуки тощо. Також великою перевагою гранульованих добрив

є їх зручне застосування, зберігання та транспортування. Під час виробництва органо-мінеральних добрив у гранульованому вигляді найбільш важливим процесом, що впливає на якість, є процес грануляції, від ефективності якого залежать основні експлуатаційні параметри гранули. До таких параметрів належать фізико-хімічні, механічні та товарні властивості. До фізико-хімічних властивостей належать хімічний склад і рівномірність розподілення компонентів в об'ємі гранули. Основним механічним параметром є міцність гранул, значення параметра повинно бути ≥ 10 Н на гранулу. Товарні властивості передбачають сферичну форму та заданий дисперсний склад усіх гранул ($1,5 \leq D_e \leq 4,5$ мм) [4].

Для створення гранульованих органо-мінеральних добрив нового покоління з попередньо заданим складом корисних компонентів відповідно до агрокліматичних умов необхідно визначити корисний ефект кожного компонента, розміщення в гранулі та концентрацію. Наприклад, якщо під час перевірки ґрунту було визначено, що він є кислим (pH < 7), то в склад гранульованого добрива можливим є додавання розкислювального компонента, прикладом такого компонента може бути вапно CaO чи карбонат кальцію $CaCO_3$. Додавання розкислювальних компонентів до складу комплексного органо-мінерального добрива, в якому містяться фізіологічно кислі солі (сульфат амонію тощо), дасть змогу не вносити чи зменшити кількість окремого внесення розкислюючих речовин для нейтралізації ґрунтів після їх внесення.

В умовах посушливого клімату та нерівномірного дощового режиму до складу комплексних гранульованих добрив можливим є додавання компонентів із певними фізико-хімічними властивостями, наприклад бентонітових глин. Бентонітові глини мають добру каталітичну активність, зв'язуючі та склеюючі властивості, тому їх використання є необхідним для сорбції вологи та запобігання вибухових властивостей добрива, шляхом зменшення кількості вільного азоту [5].

Також до складу гранул можливим є додавання калійних солей, крейди, фосфоритного борошна, фосфогіпсу та багатьох інших корисних компонентів, що зазвичай вносяться окремо і допомагають забезпечити рослину всіма необхідними поживними речовинами та мікроелементами.

Головні висновки. Гранульовані органо-мінеральні добрива з пошаровою структурою володіють рядом переваг над іншими видами добрив, основними перевагами яких є високий ступінь засвоєння корисних компонентів, тривала дія, пов'язана з поступовим вивільненням корисних компонентів у ґрунт і зручні умови використання та зберігання.

Для виробництва гранульованих органо-мінеральних добрив нового покоління доцільним є застосування грануляторів псевдозрідженого шару, використання яких дає змогу отримати гранульовані органо-мінеральні добрива з пошаровою структурою пролонгованої дії.

Питання збереження родючості ґрунтів залишається вкрай актуальним у часі, тому створення нових рецептур комплексних органо-мінеральних добрив відповідно до агрокліматичних умов є важливим науково-технічним завданням.

Перспективи використання результатів дослідження. Надалі варто дослідити залежності складу комплексного органо-мінерального добрива на різні види та типи ґрунтів, клімату, сільськогосподарської культури, яка вирощується, і визначити найбільш оптимальні співвідношення органічних і мінеральних компонентів у готовому гранульованому добриві нового покоління. Також необхідно обґрунтувати вибір обладнання для виробництва гранульованих композиційних добрив і визначити необхідні технологічні параметри проведення процесу грануляції.

Література

1. Єдина комплексна стратегія розвитку сільського господарства і сільських територій в Україні на 2015–2020 роки. URL: http://minagro.gov.ua/node/16025 (дата звернення: 01.12.18).
2. Земельний фонд України станом на 1 січня 2016 року та динаміка його змін у порівнянні з даними на 1 січня 2015 року. URL: http://land.gov.ua/info/zemelnyi-fond-ukrainy-stanom-na-1-sichnia-2016-roku-ta-dynamika-ioho-zmin-u-porivnianni-z-danymy-na-1-sichnia-2015-roku/ (дата звернення: 01.12.18).
3. Панас Р.М. Сучасні проблеми зниження родючості ґрунтів України і перспективи її відтворення та збереження. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва.* 2013. № 2. С. 102–106.
4. Корнієнко Я.М., Мельник М.П., Мартинюк О.В. Струменево-пульсаційний режим псевдо зрідження: монографія. Київ: НТУУ «КПІ», 2013. 235 с.: іл.
5. Степанюк А.Р., Марушевський С.О. Переваги застосування органо-мінеральних гумінових добрив у присутності кісткового борошна. *Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій*. 2015. № 47 (1). С. 183–185.
6. Гаврилюк В.А., Демчук С.М. Органо-мінеральні добрива – комплексне вирішення використання сировинних ресурсів. *Agroecological journal*. 2013. № 4. С. 78–81.
7. Корнієнко Я.М., Степанюк А.Р. Створення гуміново-мінеральних добрив для забезпечення екологічної рівноваги. *Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження*. 2008. № 2. С. 48–52.
8. Товарна структура зовнішньої торгівлі у січні – липні 2018 року. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2018/zd/tsztt/tsztt_u/tsztt0718_u.htm (дата звернення: 25.12.18).
9. Ходаківська О.В., Корчинська С.Г., Матвієнко А.П. Економічні проблеми відтворення родючості ґрунтів. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 12. С. 71–75.

УДК 911.9;631.416.8
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-1-24-1-11

БІОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ ҐРУНТІВ РЕКРЕАЦІЙНИХ ЗОН М. МАРІУПОЛЯ

Кривицька І.А.
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна
майд. Свободи, 6, 61022, м. Харків
ivkrivicka@gmail.com

У публікації дано оцінку екологічної оптимальності рекреаційних зон м. Маріуполя, використовуючи геометричні принципи. Проведено екотоксикологічну оцінку ґрунту рекреаційних зон методом біотестування. Визначено, що форми вказаних парків не є оптимальними. Ґрунт у більшості рекреаційних зон виявив токсичні властивості. *Ключові слова:* рекреаційні зони, ґрунт, біотестування, тест-організми, токсичність.

Биологический мониторинг почв рекреационных зон г. Мариуполя. Кривицкая И.А. В публикации дана оценка экологической оптимальности рекреационных зон г. Мариуполя с использованием геометрических принципов. Проведена экотоксикологическая оценка почвы рекреационных зон методом биотестирования. Определено, что формы указанных парков не являются оптимальными. Грунт в большинстве рекреационных зон выявил токсичные свойства. *Ключевые слова:* рекреационные зоны, почва, биотестирование, тест-организмы, токсичность.

Biological monitoring of the soil of recreational zones of Mariupol. Kryvytska I. The publication assesses the ecological optimality of the recreational zones of Mariupol, using geometric principles. Was made an ecotoxicological assessment of the soil of recreational zones using biotesting method. It is determined that the forms of examined parks are not optimal. In most recreational areas the soil has toxic properties. *Key words:* recreational zones, soil, biotesting, test-organisms, toxicity.

Постановка проблеми. Стійка тенденція до переселення сільських жителів у міста спричинила у світі швидке зростання їх числа. Нині у світі на урбанізованих територіях мешкає близько 47% населення, а до 2050 року, як очікується, ця частка досягне 66–75% [1]. Дуже важливо, щоб в урбоценозах підтримувалися та мали реалізацію всі екологічні функції. Адже тільки за гармонізації штучного та природного середовища можливо створити якісне середовище, тобто максимально зберегти біотичний складник, при цьому мінімізувавши антропогенне навантаження.

Рекреаційні зони на території міста здійснюють позитивний вплив на здоров'я та психоемоційний стан людини. Крім цього, рекреації виконують стабілізуючу функцію, мінімізуючи загальне навантаження на екосистему міста (знижують забрудненість повітря, зменшують шумове навантаження, утворюють зелений каркас міста) та одночасно створюють художній ансамбль.

Актуальність дослідження. Актуальною науковою проблемою є оцінка і прогнозування наслідків урбанізації та стійкості екологічних функцій ґрунтового покриву. Незважаючи на високу буферну здатність ґрунтів, в умовах міста це один із найбільш забруднених компонентів міського середовища. Наявна сьогодні необхідність дослідження екологічного стану міських ґрунтів визначається різноманіттям функцій, які вони виконують, що, у свою чергу, вимагає диференційованого підходу до площ, різних функціональних зон міста. У цих умовах стандартний підхід до екологічної оцінки ґрунтів, що полягає в констатації змісту в них полютантів і зіставленні його з санітарно-гігієнічними нормативами, недостатній. Саме комплексна оцінка антропогенного впливу на стан ґрунтового покриву міського ландшафту, особливо зелених зон, є вкрай необхідною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Різноманітні методики оцінки міських ґрунтів дуже далекі від досконалості. Особливу складність для моніторингу полютантів у великих промислових містах становлять питання правильного вибору ґрунтового фону та встановлення асоціації елементів-забруднювачів [2]. Крім того, моніторинг забруднення ґрунтів забруднювачами повинен враховувати типи спеціалізованого призначення функціональних міських зон, які значно різняться за джерелами, рівнем і складом забруднення, що відповідає сучасній європейській практиці моніторингу важких металів у міському середовищі [3; 4; 5].

Ґрунти, будучи середовищем існування, містять дуже складні біоценози, що зумовлює протікання складних процесів на біофізичному, біохімічному рівнях і на рівнях внутрішньо- і міжпопуляційної взаємодії. Тому не завжди видається можливим класичними диференціальними методами оцінити фізико-хімічні процеси в абіотичному складнику ґрунтів, навіть знаючи кількісний склад забруднюючих

компонентів ґрунту, передбачити відгук біотичного складника на забруднення.

У цьому плані перспективними інтегральними методами дослідження стану навколишнього природного середовища є методи біотестування, що ґрунтуються на зворотній реакції живих організмів на негативний вплив забруднюючих речовин, саме вони здатні забезпечити достовірну інформацію про якість компонентів навколишнього середовища, зокрема ґрунтів. Біотестування дає можливість швидкого отримання інтегральної оцінки токсичності, що робить дуже привабливим його застосування під час моніторингових дослідженнях [6; 7; 8].

Важливим аспектом у біотестуванні є застосування найчутливіших тест-об'єктів, які б давали змогу встановити незначні зміни в навколишньому середовищі навіть на початкових, зворотних стадіях.

Мета роботи – провести екотоксикологічну оцінку рекреаційних зон м. Маріуполя з урахуванням геометричних принципів організації ізольованих територій.

Виклад основного матеріалу. Місто Маріуполь займає площу 16,6 тис. га (з передмістями, тобто територіями, підпорядкованими Маріупольській міській раді – 24,4 тис. га). Зелені масиви займають 8,06 тис. га.

Під час роботи було розглянуто 12 паркових зон, розташування яких можна побачити на рисунку 1.

Вищезазначені паркові ділянки є найбільшими за площею та частотою відвідування. Їх загальна площа становить 98,87 га.

Центральний сквер з усіх боків оточений проїзною частиною пр. Миру. На території розташовані фонтан, дитячий майданчик; наявні декілька видів акацій і кленів, в'язи, кримські сосни, блакитні ялини, ялівець козацький, спірея, самшит вічнозелений, гледичія колюча, берези, липи, дуби, бузок, шовковиця та багато інших рослин.

Сквер поблизу кінотеатру «Лукомор'я» оточено вулицями з великим автомобільним навантаженням. Територія обладнана дитячими майданчиками. Рослинність представлена акацією та кленом.

Парк імені Гурова розташований на південній околиці сучасного Кальміуського району в заплаві річки Кальчик. Паркова зона складається з регулярної та пейзажної частини. У регулярній частині створені фонтан, квітники та прогулянкові стежки. Територія парку засаджена випадковими сортами дерев, серед яких переважаютьтополі та верба вавилонська. Уздовж парку пролягає важлива магістраль – пр. Металургів.

Сквер біля пам'ятника Т.Г. Шевченка розташований у Кальміуському районі. Ця територія оточена з обох боків важливими для міста автомагістралями (пр. Металургів та б-р Шевченка). Рослинність представлена клумбами та газонами.

Приморський сквер розташований у Приморському районі, неподалік Приморського парку. Територія скверу оздоблена місцями для відпочинку та оглядовим майданчиком із видом на узбережжя Азовського моря. Рослинність представлена тополями, кленом та ялиною блакитною.

Приморський парк розташований у Приморському районі міста, біля моря. Територія створена за канонами пейзажного парку. Після реконструкції парку, за останні роки, була сформована регулярна частина з фонтанами та алеями. Ростуть клени, акації, тополі звичайні, туї та верби.

Парк імені Лепорського розташований у Лівобережному районі міста. Територію парку оснащено дитячими майданчиками, рослинність представлена молодими тополями, туями. Особливістю цього парку є те, що він розташований у санітарно-захисній зоні МК «Азовсталь».

Парк ім. Петровського розташований у Кальміуському районі. Парк поєднує у собі пейзажну

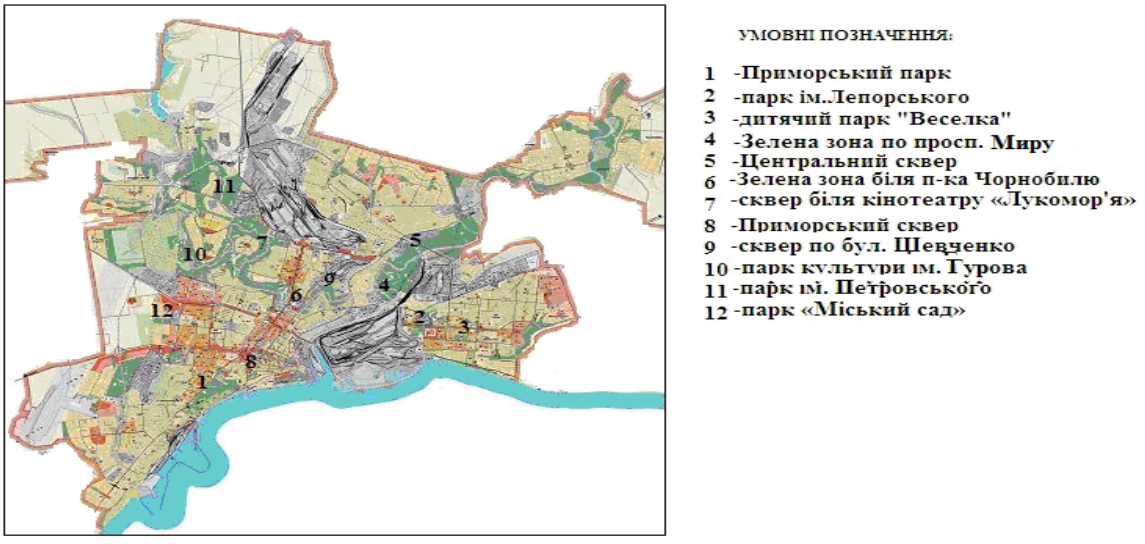


Рис. 1. Точки відбору проб у м. Маріуполі

та регулярні частини. Особливістю цієї території є велика кількість спортивних і розважальних комплексів. Рослинність представлена дубом звичайним, акацією, соснами, горіхом і туями, численними квітковими композиціями та штучними газонами.

Дитячий парк «Веселка» розташований у Лівобережному районі, вздовж пр. Мира. Парк складається з пейзажної частини, рослинність якої представлена тополями, туями, акацією та кленом. Територія парку оснащена дитячими майданчиками та кафе.

Якщо розглянути їх співвідношення, то найбільшим є Приморський парк, він займає 15% від площ територій, що вказані вище; 14% – парк ім. Лепорського; 13% – парк ім. Гурова. Найменшими є ділянки, що займають від 1–3%, а саме Центральний і Приморський сквери.

Організація паркових зон не така проста, як це може здатися на перший погляд. Вона пов'язана насамперед з необхідністю більш ретельного і продуманого вибору форми і просторової структури. Рекреації сьогодні – це не тільки міста для відпочинку, але й території-ізоляти, так звані «зелени острови», які, з одного боку, підтримують цілісність екосистеми, а з іншого – створюють оптимальні умови для існування та розвитку біотичного складника.

Донедавна формі зелених зон достатньої уваги не приділяли. На необхідність пошуку кращої конфігурації стосовно заповідних територій звернула увагу Л.І. Мілкіна ще в 1975 році [9], спираючись на теорію острівної біогеографії Р. Мак-Артура та Е. Вілсона [10]. А оскільки останнім часом зелені зони міст все частіше набувають статусу заповідних територій, ми пропонуємо застосувати цей принцип також до рекреаційних територій. Адже саме форма та характер конфігурації здатні посилити негативний антропогенний вплив або зменшити навантаження на систему. Саме тому ми вперше проаналізували параметри територіальної структури рекреаційних зон міста Маріуполя з погляду екологічної стійкості цих ізольованих екосистем.

Зарубіжні вчені вважають, що можна запропонувати деякі геометричні принципи, що оптимізують структуру ізольованої території та дадуть змогу більш надійно зберегти її видове багатство. З усіх геометричних фігур однакової площі найменший периметр має коло. Наближення конфігурації парку до кола скорочує протяжність кордонів і, відповідно, знижує число точок дотику із сусідніми антропогенними територіями [11].

Про ступінь оптимальності форми конкретної рекреаційної ділянки можна судити шляхом порівняння її з колом. Для цієї мети використана формула:

$$D = \frac{P}{2\sqrt{\pi * A}}$$

де, D – індекс форми ділянки, P – периметр ділянки; $\pi = 3{,}14$, A – площа ділянки (у км^2).

Розрахунок екологічної оптимальності території проводився на основі інформації, отриманої у міській раді м. Маріуполя, щодо площі територій. За допомогою програми SaS.Plenet розраховано периметр рекреаційних об'єктів.

Провівши екологічну оцінку оптимальності рекреаційних зон, встановили, що форми вказаних парків не є оптимальними. 66,7% парків мають форму квадрата, всі інші – подовженого прямокутника.

Найбільш витягнуту, стрічкову форму мають Приморський парк (D=1,93), сквер біля кінотеатру «Лукомор'я» (D=1,82) та парк культури ім. Гурова (D=1,84). Це вказує на велику протяжність кордонів і точок дотику з прилеглими антропогенними територіями. Отже, серед представлених форм найбільш наближену до оптимальної мають Міський сад (D=1,21), Дитячий парк «Веселка» (D=1,34) та сквер на бульварі Шевченка (D=1,33).

Для того, щоб зрозуміти, як рекреаційні ділянки, які мають недосконалу форму, справляються з антропогенним навантаженням, нами було проведено екотоксикологічну оцінку ґрунтового покриву методом біотестування. Для цього протягом чотирьох років

Таблиця 1

Результати оцінки екологічної оптимальності території рекреаційних зон м. Маріуполя

№ п/п	Назва зеленої зони	Загальна площа, км^2	Периметр т-рії (Р)	Індекс форми ділянки, D
1	Парк ім. Лепорського	21,112	1 км 933 м	1,19
2	Парк ім. Петровського	23,507	2 км 446 м	1,44
3	Приморський парк	58,262	5 км 122 м	1,92
4	Зелена зона адміністративної площі	1,4019	492 м 72	1,4
5	Сквер на б-рі Шевченка	1,0770	468 м 32	1,33
6	Зелена зона на пр. Миру	2,5080	890 м	1,78
7	Сквер біля кінотеатру «Лукомор'я»	0,7237	179м 9	1,82
8	Парк «Міський сад»	7,9253	1км 120м	1,21
9	Центральний сквер	3,9380	9 80 м	1,44
10	Парк культури ім. Гурова	31,240	3 км 632 м	1,84
11	Дитячий парк «Веселка»	3,7378	820 м	1,34
12	Сквер «Приморський»	1,7008	674 м	1,46

відбиралися зразки ґрунту з кожної рекреаційної ділянки. Кожна проба являла собою частину ґрунту, типову для генетичних горизонтів або шарів цього типу ґрунту.

З метою визначення інтегральної токсичності вибраних об'єктів було проведено дослідження ґрунтів методом біотестування. Використовували показники токсичності водних витяжок із ґрунтів. Як тест-культури нами були обрані вищі рослини кукурудза (р. *Zea)* та редька (р. *Raphanus*). Вони мають ранню схожість і найменший період вегетації. Як тест-реакції вищих рослин враховувалися енергія проростання насіння, довжина проростка і довжина кореня. Після статистичної обробки підраховують величину так званого фітотоксичного ефекту ґрунту.

Таблиця 2

Токсикологічна оцінка ґрунтів рекреаційних зон м. Маріуполя на вищих рослинах *Raphanus sativus L.*

Місце відбору проб ґрунту	Довжина, мм				Зменшення довжини відносно контролю, %		Критерій Стьюдента	
	Корені, середнє арифметичне		Паростки, середнє арифметичне					
	Контроль	Дослід	Контроль	Дослід	Корені	Паростки	Корені	Паростки
Парк ім. Лепорського	51,5	37,6	21,7	27,2	26,9	-25,4	0,4	-0,1
Парк ім. Петровського	51,5	42,3	21,7	31,9	17,8	-46,8	0,8	0,4
Приморський парк	63,8	76,9	19,1	36,7	-20,6	-92,4	-0,6	1,0
Зелена зона адміністративної площі	8,6	66,4	30,0	47,2	30,8	19,8	0,9	-0,4
Сквер на б-рі. Шевченка	8,6	62,7	20,7	59,9	39,4	23,0	1,0	0,1
Зелена зона на пр. Миру	8,6	71,9	20,7	45,9	42,4	21,5	-0,1	-0,2
Сквер біля кінотеатру «Лукомор'я»	8,6	0,5	20,7	1,9	1,6	3,3	0,3	0,1
Парк «Міський сад»	51,5	52,9	21,7	34,5	-2,9	-58,9	0,8	0,1
Центральний сквер	8,6	24,2	20,7	22,6	17,5	16,7	0,6	0,1
Парк культури ім. Гурова	11,8	33,8	5,0	13,5	42,2	18, 2	-0,2	-1,0
Дитячий парк «Веселка»	11,7	11,2	5,2	4,4	17,9	9,3	0,5	0,1
Сквер «Приморський»	8,6	52,5	20,7	36,9	35,6	10,8	-0,7	0,1

Таблиця 3

Токсикологічна оцінка ґрунтів рекреаційних зон м. Маріуполя на вищих рослинах *Zea mais L*.

Місце відбору проб ґрунту	Довжина, мм				Зменшення довжини відносно контролю, %		Критерій Стьюдента	
	Корені, середнє арифметичне		Паростки, середнє арифметичне					
	Контроль	Дослід	Контроль	Дослід	Корені	Паростки	Корені	Паростки
Парк ім. Лепорського	63,8	76,9	19,1	36,7	20,6	-92,4	1,0	0,9
Парк ім. Петровського	63,8	79,9	19,1	31,6	-25,3	-65,6	-0,7	0, 6
Приморський парк	51,5	42,3	21,7	31,9	17,8	-46,8	0,9	0,5
Зелена зона адміністративної площі	76,6	46,1	33,9	5,7	22,4	5,0	0,3	0,9
Сквер на б-рі Шевченка	76,6	32,6	33,9	6,9	11,9	10,4	-1,9	0,9
Зелена зона на пр. Миру	76,6	12,4	33,9	0,2	12,7	0,5	1,4	0,8
Сквер біля кінотеатру «Лукомор'я»	76,6	39,9	33,9	3,4	23,5	4,5	1,9	1,2
Парк «Міський сад»	63,8	59,1	19,1	19,6	7,4	-2,6	0,9	0,4
Центральний сквер	76,6	1,0	33,9	0,0	2,7	0,0	-1,4	0,3
Парк культури ім. Гурова	56,8	17,7	52,9	16,4	20,8	7,5	0,7	1,2
Дитячий парк «Веселка»	56,8	57,5	52,9	23,9	15,9	12,7	1,1	-1,6
Сквер «Приморський»	76,6	63,8	33,9	35,3	46,6	18,5	0,6	0,9

Ґрунт вважається токсичним, якщо відхилення на паростках або коренях порівняно з контролем більше на 20%. Результати біотестування наведені в таблицях 2 та 3. Усі результати математично оброблені за допомогою критерію Стьюдента та є статистично значимими (табличне значення критерію для рівня вірогідності P=0,05 і числа ступенів свободи 50, становить 2,01).

Отже, проаналізувавши результати, отримані за допомогою обох тест-об'єктів, можна зазначити, що токсичні властивості мав ґрунт у 7 пробах, відібраних у таких місцях: парку ім. Лепорського, сквері біля кінотеатру «Лукомор'я», парку ім. Гурова, Приморському сквері, зеленій зоні біля пам'ятника жертвам Чорнобиля, сквері на пр. Леніна біля пам'ятника «Літак» і скверу на пр. Шевченка.

Такі результати зумовлені, з одного боку, місцем розташування: всі ділянки розташовані вздовж основних магістралей міста. Парк ім. Лепорського має підвищене антропогенне навантаження, адже він розташований у межах санітарно-захисної смуги МК «Азовсталь»; з іншого боку – недосконалою конфігурацією з погляду екологічної оптимальності ізольованої території.

Головні висновки і перспективи використання результатів дослідження. Отже, на основі отриманих результатів можна переконатися, що конфігурація та місце розташування відіграють важливу роль у формуванні мікроклімату та безпосередньо впливають на екологічну стійкість території.

У такому розрізі для поліпшення стану рекреаційних ділянок пропонуємо звертати увагу на геометричні принципи функціонування ізольованих територій, тобто необхідно планувати конфігурацію так, щоб вона була максимально наближена до оптимальної форми. Якщо немає можливості змінити форму рекреаційної ділянки через архітектурний план міста, необхідно прилеглі ділянки озеленювати так, щоб зелений масив нівелював гострі кути, роблячи їх округлими. Таким способом буде зменшено число точок дотику з прилеглими антропогенними ділянками. Якщо виконувати вищевказані рекомендації, то паркові ділянки будуть виконувати не тільки розважальну та оздоровчу функції, але й реалізовувати головну з екологічного погляду функцію – збереження біорізноманіття у міському середовищі.

Також у зв'язку з вищевикладеним прямі вимірювання фітотоксичних властивостей ґрунтів мають бути обов'язковою частиною ґрунтово-екологічних обстежень міських територій, оскільки це суттєво уточнить оцінку реальної небезпеки та допоможе уникнути помилок під час проектування об'єктів озеленення, сприятиме раціональному використанню ґрунтового покриву міста загалом.

Література

1. Burghardt W., Morel J.L., Zhang G.-L. Development of the soil research about urban, industrial, traffic, mining and military areas (SUITMA). *Soil Science and Plant Nutrition.* 2015. V. 61. P. 3–21.
2. Ильин В.Б. Мониторинг тяжелых металлов применительно к крупным промышленным городам. *Агрохимия*. 1997. № 4. С. 81–86.
3. Linde M., Bengtsson H., Öborn I. Concentrations and pools of heavy metals in urban soils in Stockholm, Sweden. *Water, Air, and Soil Pollution*. 2001. Focus 1. P. 83–101. URL: http://miljobarometern.stockholm.se/content/docs/mg/linde.pdf.
4. Marjanović, Vukčević, Antonović Heavy metals concentration in soils from parks and green areas in Belgrade. *Journal of Serbian Chemical Society*. 2009. V. 74 (6). P. 697–706. URL: http://www.doiserbia.nb.rs/img/doi/0352-5139/2009/0352-51390906697M.pdf.
5. Шибаева И.Н., Япенга Я. Критерии качества почв как инструмент расчета критических нагрузок. *Вестник Московского университета. Серия 17: «Почвоведение»*. 2001. № 1. С. 7–13.
6. Крайнюкова А.М. Біотестування – метод оцінки токсичних властивостей компонентів природного середовища та джерел їх забруднення. *Проблеми охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки*. Харьков: «Райдер», 2006. Вип. XXVIII. С. 15–33.
7. Бардина Т.В., Чугунова М.В., Бардина В.И., Изучение экотоксичности урбаноземов методами биотестирования. *«Живые и биокосные системы»*. 2013. № 5. URL: http://www.jbks.ru/archive/issue-5/article-8.
8. Булгаков Н.Г. Контроль природной среды как совокупность методов биоиндикации, экологической диагностики и нормирования. *Проблемы окружающей среды и природных ресурсов: Обзорная информация. ВИНИТИ.* 2003. № 4. С. 33–70.
9. Милкина Л.И. Географические основы заповедного дела. *Изв. ВГО*. 1975. Т. 107. № 6. С. 485–495.
10. MacArthur R.H., Wilson E.O. The theory of island biogeography. Princeton: University Press, New Jersey, 1967. 203 p.
11. Laurence W.F., Jensen E. Predicting the impacts of edge effects in fragmented habitats. *Biol. Conserv*. 1991. Vol. 55. № 1. P. 77–92.

УДК 631.6(477.72)
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-1-24-1-12

ВПЛИВ ЗРОШЕННЯ НА ЕКОЛОГІЮ ЧОРНОЗЕМІВ ПІВДЕННИХ ХЕРСОНСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Малєєв В.О.[1], Лисюк В.М.[2], Безпальченко В.М.[1]
[1]Херсонський національний технічний університет
Бериславське шосе 24, 73008, м. Херсон
ximiecology@kntu.net.ua;
[2]Одеська національна академія харчових технологій
вул. Канатна 112, 65000, м. Одеса
vik-lis@ukr.net

Розглянуто питання впливу тривалого зрошення на екологію чорноземів південних. Установлено, що тривале зрошення призвело до негативних екологічних змін властивостей чорноземів південних, зокрема спостерігається зменшення водостійких агрегатів, визначається збільшення суми легкорозчинних солей у метровому шарі ґрунту. Серед катіонів спостерігається вилуговування йонів кальцію. Під впливом зрошення в чорноземах південних установлено втрату гумусу. *Ключові слова:* чорноземи південні, зрошення, фізичні та хімічні властивості, водостійкі агрегати, осолонцювання, гумус.

Влияние орошения на экологию черноземов южных Херсонской области. Малеев В.О., Лысюк В.Н., Безпальченко В.М. Рассмотрены вопросы влияния длительного орошения на экологию черноземов южных. Установлено, что длительное орошение привело к негативным экологическим изменениям черноземов южных, в частности наблюдается уменьшение водостойких агрегатов, отмечается увеличение суммы легкорастворимых солей в метровом слое почв. Среди катионов наблюдается выщелачивание ионов кальция. Под влиянием орошения в черноземах южных установлены потери гумуса. *Ключевые слова:* черноземы южные, орошение, физические и химические свойства, водостойкие агрегаты, осолонцевание, гумус.

The influence of irrigation on the ekology of the southern chernozems Kherson region. Maljejev V., Lusyuk V., Bezpalchenko V. Discusses the impact of prolonged irrigation on the ecology of the e southern chernozems. It was shown that prolonged irrigation has led to negative environmental changes of the southern chernozems: a decrease in water-resistant aggregates, increasing the amount of easily soluble salts in meter layer of soil. Among the cations observed leaching of calcium ions. Under the influence of irrigation of the southern chernozems set the loss of humus. *Key words:* the southern chernozems, irrigation, physical and chemical properties, water-resistant aggregates, humus.

Постановка проблеми. Чорноземні ґрунти є найродючішими у світі і вкривають дві третини території України. Стан ґрунтового покриву сільськогосподарських ландшафтів є головним фактором, що забезпечує сталий розвиток не лише агрокліматичних систем, а й біосфери в цілому. Від якісного стану ґрунтів залежить рівень економічної незалежності країни [1]. У Херсонській області налічується 426,3 тис. га зрошуваних земель, або 21,6% від загальної площі сільгоспугідь. Із загальної кількості зрошуваних земель Херсонської області забезпечується подання води на полив сільгоспкультур від державних систем на площі 384,5 тис. га, з них від Головного Каховського магістрального каналу – 243,1 тис. га, Північно-Кримського – 101,7 тис. га, каналів Інгулецької зрошувальної системи – 18,2 тис. га, локальних систем – 21,5 тис. га. На площі 41,8 тис. га побудовано місцеве зрошення. Для забезпечення сільськогосподарських культур вологою на півдні України було побудовано низку зрошувальних систем: Татарбунарську, Краснознам'янську, Північнокримську, Сірогозьку, Каховську. Води, якими проводиться зрошення, відрізняються між собою мінералізацією та якісним складом легкорозчинних солей, більша частина з яких мають негативні показники. Зрошення цими водами найбільш інтенсивно і безпосередньо впливає на ґрунт, погіршуючи його фізичні й фізико-хімічні властивості. За цих умов формуються іригаційно-деградовані ґрунти. Деградація ґрунтів, що прогресує, викликає занепокоєння щодо вживання необхідних заходів, які протистоять їй. Якщо їх не вживати, то це призведе до зниження родючості ґрунтів і до зниження продуктивності зрошуваного землеробства, що, як наслідок, позначиться на продовольчій безпеці країни.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Земля є основним національним багатством, що перебуває під особливою охороною держави (ст. 14 Конституції України). За загальної площі України 60,4 млн. га на ріллю припадає 34,2 млн. га (56,62%). Ґрунт є основою організації біосфери. Особливо слід виділити санітарну функцію ґрунту, зокрема його здатність до самоочищення від пато-

генної мікрофлори. Ґрунт є буферним біогеоценотичним екраном, який забезпечує захист біогеоценозу від механічного руйнування під впливом води, вітру, відновлення порушених біоценозів [2]. Різноманітність природних умов і поєднання ґрунтотворних факторів формує строкату картину ґрунтового покриву землі. З усіх типів ґрунтів найбільш родючими є чорноземи. В.В. Докучаєв писав, що чорнозем – це цар ґрунтів, дорожчий за золото [3]. Шкідливий антропогенний вплив завдає ґрунтам величезної шкоди, зокрема це погіршення ґрунтової структури, механічне руйнування та ущільнення ґрунту, збіднення на гумус та поживні речовини, водна і вітрова ерозія, забруднення мінеральними добривами, отрутохімікатами, мастилами, радіонуклідами. За останні 25 років уміст гумусу в ґрунтах України зменшився на 0,3%, площа засолених і осолонцьованих ґрунтів збільшилась на 25% [4]. Сучасний екологічний стан ґрунтів погіршується також через засолення, осолонцювання та підтоплення зрошуваних [5]. Важливою справою оптимізації сільськогосподарської соціоекосистеми є правильна організація її території, формування культурного агроландшафту [6]. Підвищення родючості ґрунтів – фундаментальна проблема, розв'язання якої є неодмінною умовою не тільки сільськогосподарського виробництва, а й виживання людини, збереження природного середовища [7]. Водний режим чорноземів найчастіше лімітує можливість отримання високих урожаїв сільськогосподарських культур, оскільки значна частина чорноземів є зоною недостатнього зволоження, тому зрошення є найперспективнішим прийомом регулювання водного режиму чорноземів. Зрошення – один з основних факторів родючості ґрунту та рівня урожаю рослин [8]. Нині у світі зрошується близько 260 млн. га земель, при цьому вони забезпечують 40% світового виробництва продовольства, займаючи лише 16% площі сільськогосподарських угідь [9]. Проблема іригації чорноземів залишається актуальною і сьогодні. Особливе занепокоєння викликає явище зниження природної родючості чорноземів через втрату первинної зернистої структури, утворення поверхневої кірки після поливу, поява глибистості та цементації орних горизонтів, зміна гумусного стану, зменшення ємності катіонного обміну, збільшення щільності під час зрошення. Не менш важливою проблемою під час зрошення ґрунтів є проблема якості зрошувальної води. Оцінка якості зрошувальних вод є невідкладним завданням загального і меліоративного ґрунтознавства, рішення якого дозволить зберегти і підвищити родючість зрошуваних ґрунтів, особливостей усієї агроекосистеми [10].

Безсумнівно, зрошення – це потужний засіб, який підвищує родючість ґрунту, покращує мікроклімат зрошуваних територій посушливих районів. Однак сприятлива дія зрошення виявляється тільки тоді, коли воно проводиться у комплексі з відповідною агротехнікою, інакше, воно може давати негативні результати.

Метою досліджень є встановлення тенденцій щодо кількісних та якісних змін у чорноземах південних Каховської зрошувальної системи під впливом зрошення. Об'єкт дослідження – фізико-хімічні процеси в зрошуваних та богарних чорноземів південних. Вивчення властивостей поливних вод і зрошуваних ґрунтів проводилося з використанням різних методів досліджень, реалізованих як у польових, так і в лабораторних умовах. Основними методами дослідження були монографічний, статистичний, системно-структурний та фізико-хімічний аналіз.

Із метою всебічного вивчення впливу зрошування на південний чорнозем у ґрунтових зразках проводили різні визначення з використанням таких методик [11], як гранулометричний склад – пірофосфатним методом, агрегатний склад – за методом І.І. Саввінова в модифікації К.Е. Бурзі (1955), мікроагрегатний склад – за Н.А. Качинським, щільність ґрунту – методом ріжучих кілець, гумус – за І.В. Тюріним у модифікації В.Н. Симакова, активність іонів натрію і кальцію – йонометрично у пасті 1:1; аналіз водної витяжки – за К.К. Гейдройцу, обмінний натрій – полум'янофотометрично, обмінний кальцій і магній – комплексонометрично, pH – потенціометрично зі скляним індикаторним електродом.

Виклад основного матеріалу. Дослідження проводили в АТ «Чорноморівське» Херсонської області, розташованому в зоні дії Каховської зрошувальної системи. Об'єктами дослідження були чорноземи південні та поливні води річки Дніпро. Вивчення ґрунтових процесів базувалося на порівняльно-аналітичному та порівняльно-географічному методах. Основою цих підходів є метод стаціонарних ключів-аналогів, за якого на репрезентативних ділянках закладають групу ґрунтових розрізів, що характеризують незрошувані та зрошувані ґрунти. Розрізи закладено у межах одного геоморфологічного елемента за однотипного сільськогосподарського використання. Протягом досліджень мінералізація зрошувальних вод річки Дніпро становила 0,32–0,51 г/дм^3. Уміст гідрогенкарбонат-, хлорид- і сульфат-йонів коливався відповідно в межах 2,40–3,28; 1,03–1,36 та 1,20–2,60 мг-екв/дм^3. Також спостерігалася періодична поява карбонат-йонів. Кількість йонів кальцію, магнію та натрію дорівнювала 2,0–3,3; 1,4–2,6 та 0,72–2,56 мг-екв/дм^3 відповідно. Водневий показник pH змінювався від 7,6 до 8,8. Значення активності йонів (pCa) склали 2,40–2,74, йонів натрію (pNa) – 2,90–3,52 (табл. 1).

Клас води – гідрогенкарбонатно-кальцієвий. Іригаційна оцінка свідчить, що вода р. Дніпро придатна для зрошення без обмежень, окрім підвищеного показника pH. Аналіз складу зрошувальної води показав, що її мінералізація не є високою, в інтервалі 0,350–0,405 г/дм^3, pH = 7,51–8,68. За йонним скла-

дом у зрошувальній воді переважають гідрогенкарбонат-аніони і катіони кальцію. Хімічний тип зрошувальної води – гідрогенкарбонатно-кальцієвий. Зважаючи на небезпеку вторинного підлуження й осолонцювання, поливні води належать до II класу і є «обмежено придатними», що вказує на необхідність проведення заходів, що забезпечують попередження деградації ґрунту.

У результаті досліджень виявлено, що тривале зрошення призвело до фізичних, фізико-хімічних та хімічних властивостей змін чорноземів південних. Під впливом зрошення дніпровською водою відбу-

Таблиця 1

Мінералізація та йонно-сольовий склад поливної води Каховської зрошувальної системи

Рік	Мінералізація, г/дм³	Аніони*				Катіони*			pH
		CO_3^{2-}	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	
2001	0,405	0,029 0,009	2,82 0,176	0,95 0,034	1,74 0,083	2,26 0,045	1,76 0,021	1,78 0,040	8,68
2004	0,368	0,06 0,001	2,91 0,182	0,99 0,035	1,21 0,057	2,45 0,049	1,43 0,017	1,29 0,029	8,38
2007	0,370	0,08 0,002	3,06 0,191	0,96 0,034	0,94 0,045	2,68 0,054	0,92 0,011	1,44 0,032	8,40
2010	0,350	0,06 0,001	2,81 0,175	1,07 0,038	1,31 0,062	2,44 0,049	1,34 0,016	1,47 0,033	8,00
2014	0,368	–	2,92 0,183	1,18 0,042	1,75 0,083	1,75 0,035	3,10 0,038	1,01 0,022	7,51

* Чисельник, мг-екв/дм³, знаменник, г/дм³.

Таблиця 2

Зміна мікроагрегатного складу чорнозему південного під впливом зрошення

Шар ґрунту, см	Діаметр фракцій (мм) та їх вміст у % залежно від маси сухого ґрунту					
	1,00-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	< 0,001
Незрошуваний чорнозем південний						
0-20	2,79	40,85	45,05	5,94	2,79	2,55
20-40	5,75	37,80	42,87	7,43	3,78	2,37
40-60	12,02	20,32	50,50	7,12	7,64	2,40
60-80	11,64	28,66	40,20	6,06	11,28	2,16
80-100	9,88	22,24	47,84	7,86	10,58	1,60
Зрошуваний чорнозем південний водою р. Дніпро						
0-20	2,11	30,87	55,22	6,00	3,96	1,84
20-40	1,22	23,12	62,94	6,04	4,04	2,64
40-60	2,92	31,68	53,48	5,20	4,20	2,52
60-80	1,93	31,43	47,96	8,12	8,64	1,92
80-100	1,58	34,34	43,88	9,28	9,24	1,68

Таблиця 3

Йонний склад водної витяжки незрошуваних і зрошуваних чорноземів південних, %

Шар ґрунту, см	pH	CO_3^{2-}	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	Сума солей
Незрошуваний ґрунт									
0–20	7,20	0	0,022	0,006	0,048	0,012	0,004	0,014	0,106
20–40	7,24	0	0,024	0,007	0,048	0,014	0,004	0,014	0,111
40–60	7,49	0	0,029	0,007	0,058	0,016	0,006	0,013	0,129
60–80	8,00	0	0,044	0,008	0,058	0,018	0,006	0,017	0,151
80–100	8,20	0	0,046	0,008	0,067	0,020	0,007	0,018	0,166
0–100	–	0	0,033	0,007	0,056	0,016	0,005	0,015	0,132
Зрошуваний ґрунт водою р. Дніпро (30 років)									
0–20	7,68	0	0,034	0,006	0,043	0,010	0,005	0,017	0,115
20–40	7,38	0	0,034	0,007	0,043	0,012	0,005	0,015	0,116
40–60	7,55	0	0,032	0,008	0,053	0,014	0,006	0,015	0,128
60–80	8,12	0	0,048	0,010	0,058	0,016	0,006	0,022	0,158
80–100	8,31	0	0,044	0,008	0,072	0,020	0,006	0,022	0,172
0–100	–	0	0,038	0,008	0,054	0,014	0,006	0,018	0,138

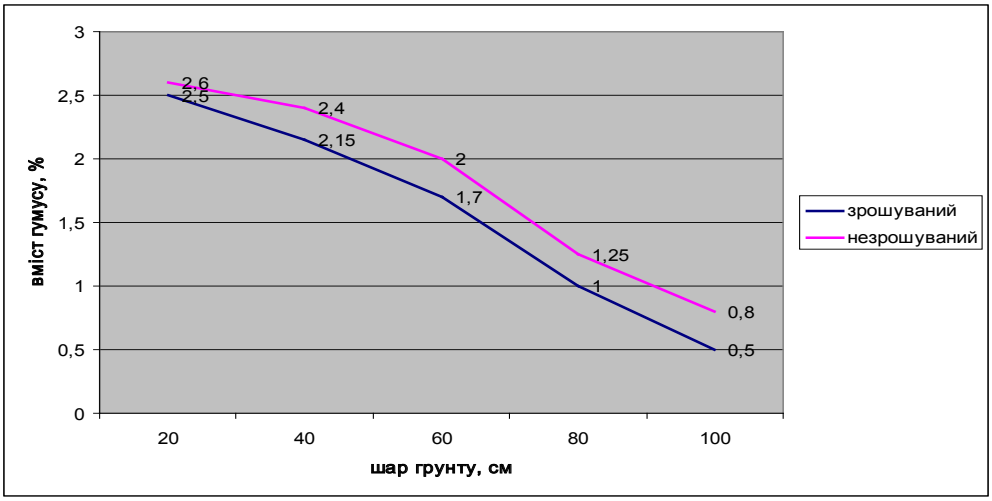


Рис. 1. Вміст гумусу в зрошуваних і незрошуваних чорноземах південних

ваються зміни гранулометричного складу чорнозему південного (табл. 2).

Установлено збіднення ґрунту на мул за відповідного збагачення на дрібний пісок та крупний пил. Полегшення відбувається за рахунок міграції частинок мулистої фракції з верхнього шару. Дещо важчим стає шар 20–40 см, що сприяє розвитку несприятливих фізико-механічних властивостей ґрунту.

Спостерігається неістотне зменшення кількості водостійких агрегатів у чорноземах південних, які зрошуються водами р. Дніпро (30 років) на 1,04% в орному шарі за умов умісту в незрошуваному ґрунті 39,14%. Під впливом зрошення агрофізичні властивості ґрунтів зазнають істотних змін, що проявляються у знеструктуренні орного шару, зростанні брилястості, зниженні вмісту агрономічно-цінних агрегатів, ущільненні профілю та зниженні пористості і водопроникності. Під впливом зрошення визначається збільшення суми легкорозчинних солей на 0,006% у метровому шарі ґрунту (табл. 3).

Серед катіонів спостерігається вилуговування йонів кальцію, кількість яких під час зрошення знизилася на 0,1 мг-екв/100 г ґрунту (шар 0–100 см). Визначається тенденція до збільшення вмісту йонів магнію у верхніх шарах (0–20, 20–40 см) ґрунту, а також катіонів натрію у всьому метровому профілі. У складі аніонів виявлено зростання гідрогенкарбонат-іонів на 0,005% (шар 0–100 см). Хімізм засолення незрошуваних ґрунтів – сульфатно-кальцієвий. Під впливом зрошення тип засолення чорноземів південних змінився на сульфатно-натрієвий. Унаслідок тривалого зрошення (30 років) у вбирному комплексі чорноземів південних спостерігається зниження суми катіонів на 0,49 мг-екв/100 г ґрунту (шар 0–30 см) та нагромадження йонів натрію на 0,2% і магнію на 2% в орному шарі ґрунту. Серед катіонів кількість увібраного кальцію зменшилася на 0,93 мг-екв/100 г ґрунту. В умовах інтенсивного зрошення безперечною є актуальність вивчення синтезу й мінералізації гумусових сполучень. Визначаються три основні напрями розвитку процесів гумусоутворення в умовах зрошення: перший – збільшення вмісту гумусу і поліпшення його якісного складу, другий – погіршення гумусового стану, третій – деяке поліпшення вмісту і запасів гумусу на початку зрошення зі стабілізацією гумусового стану ґрунтів. У нас спостерігається другий напрям розвитку процесів гумусоутворення, за якого відбувається зменшення вмісту гумусу (рис. 1). Втрати складають 0,16% у шарі 0–100 см.

За результатами досліджень установлено, що тривале зрошення (30 років) чорноземів південних призвело до негативних змін екологічного стану. У зрошувальних ґрунтах спостерігається зменшення кількості водостійких агрегатів, зниження водопроникності. Погіршення агрофізичних властивостей ґрунту проявляється у знеструктуренні орного шару, зростанні брилястості, ущільненні профілю та зниженні пористості. Ці негативні явища призводять до зниження родючості – головної біосферної та екологічної функції ґрунту. Аналіз іонного складу водної витяжки свідчить про погіршення екологічного стану зрошувальних чорноземів південних. Виявлено процеси декальцинації та осолонцювання. Під впливом зрошення у досліджуваному ґрунті встановлено втрати гумусу, які у метровому шарі становили 0,16%. Найбільше зниження його було у шарах ґрунту 20–40 та 40–60 см і становило 11,2 і 12,0% відповідно.

Таким чином, проведений аналіз свідчить про регіональний процес погіршення екологічного стану чорноземів південних під впливом зрошення. Із метою покращення екологічного стану зрошуваних чорноземів південних необхідним є комплексне проведення агротехнічних, лісомеліоративних, гідромеліоративних заходів з обов'язковим застосуванням системи моніторингу земель.

Головні висновки. У результаті проведених досліджень установлено, що тривале зрошення призвело до негативних екологічних змін властивостей

чорноземів південних. Спостерігається зменшення водостійких агрегатів (на 1,04%). Визначається збільшення суми легкорозчинних солей у метровому шарі ґрунту. Серед катіонів спостерігається вилуговування йонів кальцію. Визначається тенденція до збільшення йонів магнію у верхніх шарах (0–20, 20–40 см) ґрунтів, а також катіонів натрію за всім метровим профілем. У складі аніонів виявлено зростання гідрогенкарбонат-йонів на 0,005% (шар 0–100 см). Під впливом зрошення тип засолення чорноземів південних змінився на сульфатно-натрієвий. Унаслідок тривалого зрошення (30 років) у вбирному комплексі чорноземів південних спостерігається зниження суми катіонів на 0,49 мг-екв/100 г ґрунту (шар 0–30 см) та нагромадження йонів натрію на 0,2% і магнію на 2% в орному шарі ґрунту. Серед катіонів кількість увібраного кальцію зменшилася на 0,93 мг-екв/100 г ґрунту. Під впливом зрошення в чорноземах південних установлено втрати гумусу, які у метровому шарі становили 0,16%. Найбільше його зниження було у шарах ґрунту 20–40 та 40–60 см. Збереження родючості земель, зокрема зрошуваних, є пропульсивним завданням усіх ланок влади, науки та підприємців, що надасть можливість забезпечити достатній рівень продовольчої безпеки.

Література

1. Данилишин Б.М., Дорогунцов С.І., Міщенко В.С. Природно-ресурсний потенціал сталого розвитку України. Київ. 1999. 715 с.
2. Ігнатенко М.Г., Малєєв В.О., Пилипенко Ю.В. Основи економіки природокористування: навч. посібник. Херсон: Олді–плюс. 2007. 312 с.
3. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Экологические функции почв: учебное пособие. Москва: Изд-во МГУ. 1986. 136 с.
4. Малєєв В.О., Безпальченко В.М. Еколого-економічні проблеми використання земельних ресурсів – базової складової природно-ресурсного потенціалу Херсонської області. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. 2014. № 4(51). С. 213–218.
5. Полупан М.І., Ковальов В.Г. Теоретичні основи нагромадження гумусу в природних умовах, його еволюція та управління ним в агроценозах. *Вісник аграрної науки*. 1997. Вип. 9. С. 21–27.
6. Гамаюнова В.В., Філіп'єв І.Д., Сидякіна О.В. Сучасний стан та проблеми родючості ґрунтів південного регіону. *Таврійський науковий вісник*. 2004. Вип. 31. С. 130–136.
7. Лисогоров С.Д., Ушкаренко В.А. Орошаемое земледелие. Москва: Колос. 1995. 447 с.
8. Малєєв В.А., Безпальченко В.М. Водохозяйственный комплекс Херсонской области: состав, анализ, эколого-экономические проблемы, перспективы развития. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. 2016. № 4(57). С. 213–218.
9. Морозов В.В., Сафонова О.П., Коваленко А.М. Основні напрямки удосконалення іригаційної оцінки якості поливних вод. *Таврійський науковий вісник*. 1998. Вип. 8. С. 90–93.
10. Малєєв В.О. Наукові основи раціонального використання природно-ресурсного потенціалу Херсонської області: монографія // За ред. В.О. Малєєва. Херсон. 2018. 336 с.
11. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. Москва: Изд-во Московского университета, 1970. 490 с.

УДК 504.064.4:622.34
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-1-24-1-13

К ВОПРОСУ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ, СВЯЗАННЫХ С НЕГАТИВНЫМ ВЛИЯНИЕМ ХИМИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ НА ГИДРОСФЕРУ

Пигулевский П.И.[1,2], Подрезенко И.Н.[2], Тяпкин О.К.[2,3], Кирилюк А.С.[4], Каплуненко А.Н.[5]
[1]Институт геофизики имени С.И. Субботина
Национальной академии наук Украины
пр. Палладина 32, 03680, г. Киев
pigulev@ua.fm;
[2]Институт проблем природопользования и экологии
Национальной академии наук Украины
ул. Мономаха 6, 49001, г. Днепр
ippenanu@ukr.net;
[3]Национальный технический университет «Днепровская политехника»
пр. Яворницкого 19, 49007, г. Днепр
tiapkin.oleh@gmail.com;
[4]Национальная академия Службы безопасности Украины,
ул. Максимовича 22, 03022, Киев
20kiril20@ukr.net;
[5]Днепропетровская государственная медицинская академия
ул. Вернадского 9, 49044, г. Днепр
kaplunenko56@ukr.net

Впервые установлено, что фосфорные удобрения, как и азотные, попадают в коллекторные и грунтовые воды в значительном количестве, вследствие их хорошей растворимости и повышенного внесения под разные сельскохозяйственные растения, особенно в вегетационный период (с июня по сентябрь). Загрязнение химическими удобрениями грунтовых вод приводит к их попаданию в поверхностные воды, что представляет существенную угрозу для гидробиоты. Полученные закономерности распределения фосфорных удобрений в гидросфере рассмотрены на примере бассейна р. Днепр. *Ключевые слова:* поверхностные воды, сельскохозяйственные растения, фосфорные удобрения, экологическая безопасность.

До питання вирішення завдань екологічної безпеки, пов'язаних із негативним впливом хімічних добрив на гідросферу. Пігулевський П.Г., Подрезенко І. М., Тяпкін О.К., Кирилюк О.С., Каплуненко А.М. Уперше встановлено, що фосфорні добрива, як і азотні, потрапляють у колекторні і ґрунтові води в значній кількості внаслідок високої розчинності і підвищеного внесення під різні сільськогосподарські рослини, особливо у вегетаційний період (із червня по вересень). Забруднення хімічними добривами ґрунтових вод призводить до потрапляння в поверхневі річкові і морські води, що становить суттєву загрозу для гідробіоти. Отримані закономірності розподілу фосфорних добрив у гідросфері розглянуто на прикладі басейну р. Дніпро. *Ключові слова:* поверхневі води, сільськогосподарські рослини, фосфорні добрива, екологічна безпека.

To the question of solution of environmental safety problems connected with negative impact of chemical fertilizers on hydrosphere. Pigulevskiy P., Podrezenko I., Tiapkin O., Kyrylyuk A., Kaplunenko A. It is established for the first time, that the phosphoric fertilizers, as well as nitric, get in collector and subsoil waters in significant amount, owing to their good solubility and increased entering under different agricultural plants especially in vegetation period (June-September). The pollution by chemical fertilizers of subsoil waters, finally, results in their hit in superficial river and sea waters that represents essential threat for hydrobiota. The received laws of distribution of phosphoric fertilizers in hydrosphere are considered on an example of Dnieper basin. *Key words*: surface water, agricultural plants, phosphate fertilizers, environmental safety.

Постановка проблемы. По объемам водопользования крупнейшими потребителями в Украине являются сельское хозяйство и промышленность, на долю которых приходится 40% и 45% соответственно общего водопотребления. Почти половина забранной воды возвращается в реки и водоемы в виде сточных и дренажных вод [1]. Анализ многолетних наблюдений показал, что наиболее распространенными загрязняющими веществами поверхностных вод бассейна р. Днепр являются нитриты, азот аммонийный, биогенные и органические вещества, тяжелые металлы, нефтепродукты и фенолы. Их концентрация свидетельствует о нарушении качественных нормативов воды, принятых для промышленно-хозяйственных комплексов, рыбохозяйственных водоемов, а также хозяйственно-бытового

назначения. По уровню химического и бактериального загрязнения вода многих рек бассейна р. Днепр классифицируется как загрязненная и грязная. При этом необходимо учитывать довольно условные отличия в понятиях «чистая» или «загрязненная» вода. Под сущностью термина «загрязненная вода» следует понимать ухудшение ее качества в результате действия антропогенных факторов, в связи с чем вода становится малопригодной или вообще непригодной даже для одного вида водопользования.

Основными причинами химического загрязнения воды в р. Днепр являются сбрасывание неочищенных стоков предприятиями, объем которых достигает 272,9 млн. м^3/год, поверхностный сток (дождевые и талые воды) с территорий промышленной и жилой зон, составляющий приблизительно 3,24 млн. м^3/год, а также разгрузка в реку загрязненных подземных вод (в том числе в результате чрезмерного внесения удобрений, со временем попадающих в подземные воды вместе с инфильтрацией атмосферных осадков). Так, крайне актуальными являются исследования и оценка негативного антропогенного влияния на поверхностную гидросферу, особенно в бассейнах основных рек Украины. В основу проведенных исследований положены результаты мониторинга гидросферы Днепровского водохранилища, в котором аккумулируются промышленные и хозяйственно-бытовые стоки г. Днепр и прилегающих сельскохозяйственных территорий [2; 3].

Актуальность исследований. Соединения азота являются важными показателями загрязнения вод, к тому же эти компоненты довольно токсичны. Фосфор, как и азот, относится к биогенным веществам в природных водах. Ранее было установлено, что азотные удобрения вымываются в коллекторные и грунтовые воды в довольно ощутимых количествах. Наибольшее содержание азота наблюдается в вегетационный период (июнь-сентябрь), в период интенсивного внесения азотистых удобрений [4]. Аналогичная картина нами наблюдается и по распределению содержания фосфора в природных водах (рис. 1).

Анализ последних исследований и публикаций. Первый пик роста концентрации общего фосфора общеизвестен и связан с весенним половодьем, когда фосфаты смываются с водосборной площади. В период с июля по сентябрь включительно довольно показательно выделяется второй пик значений содержания общего фосфора с существенным превышением предельно допустимой концентрации (далее – ПДК). Содержание общего фосфора во всех отобранных пробах воды (р. Днепр, р. Самара) находится в этот период в пределах 1,184–1,805 мг/дм^3 (ПДК ≤ 1,030) [5].

Считается, что с интенсивной вегетацией водной флоры в летний период связано уменьшение содержания общего фосфора в воде, а с похолоданием и с уменьшением светового дня в осенний период – её

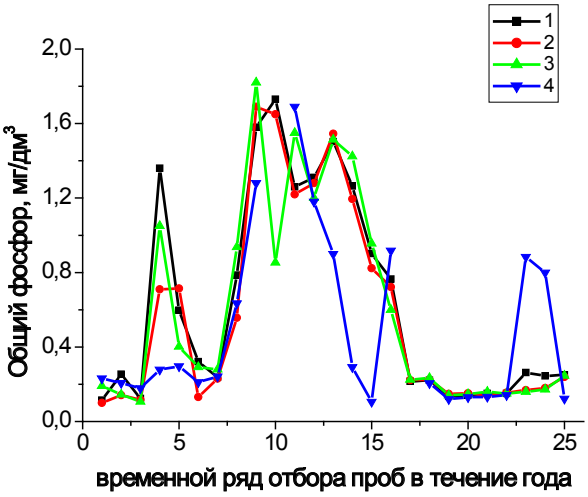


Рис. 1. Динамика изменения содержания общего фосфора в воде: 1, 2, 3, 4 – места отбора проб, соответственно в районах: Кайдакского моста, Монастырского острова, Южного моста и устья р. Самара (г. Днепр)

отмирание, сопровождающееся увеличением содержания фосфора в 5–10 раз [4; 6]. Подтверждением этого отмирания водной флоры в сентябре служит зафиксированное по отобранным пробам воды резкое увеличение содержания карбонатов кальция в реках Днепр и Самара и уменьшение органической составляющей в воде. Тем не менее, не найдено подтверждения тому, что содержание фосфора в летний период в воде уменьшилось. Т.е. это является дополнительным доказательством того, что повышенное содержание фосфора в летний период связано с его поступлением с полей (во время внесения фосфорных удобрений) через водные коллекторы рек. Таким образом, главным источником накопления фосфора в природных водах в вегетативный период нужно считать фосфорные удобрения.

Комплексные удобрения содержат обычно 2–3 химических питательных элементов для растений. Наиболее распространенные азотно-фосфорные, азотно-фосфорно-калийные удобрения (табл.1) и органические удобрения (табл. 2).

Наиболее легко поглощаются растениями водорастворимые или быстро действующие удобрения (почти все азотные, калийные и ряд фосфорных), однако часть их безвозвратно теряется вследствие вымывания из грунта дождями или при поливе водой [7]. Характерная особенность комплексных удобрений – высокое содержание питательных элементов. Они содержат питательные для растений химические макро- и микроэлементы, преимущественно в виде органических соединений растительного или животного происхождения.

Фосфор и калий в органических удобрениях легкодоступны для растений, азот в первый год использования усваивается только на 20–30%, остальное количество действует на протяжении 2–3 лет. Твердую часть жидкой фракции бесподстилочного

гноя применяют для получения компостов (с фосфоритной мукой). Как регулятор роста зерновых и зернобобовых растений в сельском хозяйстве применяют оксиэтилодендифосфоновую кислоту, содержащую в себе фосфор. Доза внесения органических удобрений в последние десятилетия имеет тенденцию к уменьшению: от 8,6 (в 1990 г.) до 0,6 т на 1 га (в 2009 г.) [2; 4].

Минеральные удобрения вносят в грунт перед посевом (основное удобрение, 70–80%), в ходе посева (припосевное удобрение) и в период роста растений (подкормка) (табл. 3). Усвоение растениями минеральных удобрений в значительной степени зависит от их растворимости в грунтовой среде.

Новизна. Раньше считалось, что основным природным источником неорганического фосфора являются апатиты и фосфаты, содержащиеся в породах. Обмен фосфора между неорганическими формами, с одной стороны, и живыми организмами, с другой, является основным фактором, определяющим его концентрации [7; 8]. Нами показано, что определяющим фактором концентрации фосфора в реках

Таблица 1

Характеристика основных комплексных удобрений

Удобрение	Соотношение N:P2O5: K2O	Содержание, %			Гигроскопичность, %
		N +P2O5+K2O	Водорастворимость P2O5	Влаги в готовой продукции	
Аммофос	1:4:0	62-64	90	0,5	65
Диаммофос	1:2,5:0	64-66	90	0,6	72
Нитроаммофос	1:1:0	46-48	95	0,9	54
Нитроаммофоска	1:1:1	51-53	95	0,9	54
Нитрофос	1,4:1:0	40-42	45	0,9	-
Нитрофоска	1:1:1	32-34	55	1,1	59
Азофоска	1:1:1	48-50	85	-	-
Смешанные и сложно-смешанные	0:1:1	26-28	80	0,9	-
	1:1:1	30-33	80	1,0	-
	1:1,5:1	25-28	80	1,0	-

Таблица 2

Характеристика основных органических удобрений

№ п/п	Удобрение	Содержание, %			Примечания
		N	P_2O_5	K_2O	
1	Торф	1,6–1,8	0,05–0,4	0,15–0,2	Для приготовления компостов
2	Компосты	2,3	0,79	1,14	№ 1+3 или 4; 1+5
3	Подстилочный гной	0,5	0,25	0,6	Смесь жидких и твердых животных выделений
4	Полужидкий гной	0,45	0,25	0,37	
5	Птичье гуано	0,5–1,8	0,5–1,8	0,6–1,0	Смешивают с № 1
6	Люпин	0,45	0,12	0,17	Зеленые удобрения (сидераты)
7	Солома	содержит (%): 35–35 клетчатки и других сложных углеводов, 2–6 белков, 1–2 жиров			
8	Осадок сточных вод	1,6	0,6	0,2	+ < 40 органические соединения
9	Промышленные отходы	0,7–9,2	0,2–18,0	0, 4–1,0	Специальная подготовка
10	Бытовые отходы	0,3–0,5	0,3–0,5	0, 4–2,7	
11	Сапропель (ил)	0,6–3,4	0,15–0,19	0,1–0,2	Донные отложения

Таблица 3

Дозы внесения минеральных удобрений

Удобрения	Средние дозы, кг/га		
	N	P_2O_5	K_2O
Основное	60–120	30–90	40–120
Припосевное	10–15	10–20	10–15
Подкормка	15–30	20–30	20–40

является его миграция с полей, где применяются удобрения, содержащие фосфор в значительных количествах. Об этом свидетельствует и вынос реками большого количества фосфора у моря.

Результаты исследований Black Sea Ecology Program (BSEP). Было установлено, что 58% всего азота и 66% фосфора попадает в растворенном виде в Черное море из бассейна реки Дунай. Так, если в 50-х гг. XX ст. Дунай выносил в Черное море около 100 тыс. т азота и 15 тыс. т фосфора за год, то уже через 30 лет эти объемы увеличились: азота – до 250 тыс. т, а фосфора – больше 40 тыс. т ежегодно. В последующие годы, с 1980-х до 1990-х гг. объемы выноса азота в Черное море возросли более чем в 2,5 раза, а фосфора – в 3–4 раза. Также установлено межгосударственное распределение выноса фосфора и азота реками Черноморского бассейна (табл. 4) [8]. Увеличение выноса в Черное море биогенных и токсичных веществ отрицательно влияет не только на качество воды, но и на жизнедеятельность гидробионтов.

Таблица 4

Распределение выноса питательных элементов реками стран Черноморского бассейна в начале XXI ст. (в % к общему объему)

Страна	Фосфор	Азот
Болгария	5	12
Грузия	1	1
Россия	7	5
Румыния	30	28
Турция	17	13
Украина	10	10
Другие	30	31

Результаты мониторинговых исследований. Создание каскада водохранилищ и связанные с этим факторы привели к последовательному увеличению в каскадах биопродукционных элементов (N, P, Si), увеличению теплозапасов в водной массе по сравнению с природной рекой, увеличению минеральных и биологических взвешенных частиц (живых организмов, планктона, их агрегаций, экскрементов и др.). Постепенно аккумулируются, перезахороняются и включаются в биотический оборот токсические элементы, не присущие природному химическому режиму реки.

Если рассмотреть содержание фосфора в организме гидробионтов и его метаболическую роль, то о его концентрации в организме гидробионтов свидетельствуют следующие данные. В сухой массе морского планктона содержится около 0,42% фосфора, в бактериях – 3,0, в бурых водорослях – 2,8, а в высших растениях – 2,3%. У пресноводных сине-зеленых водорослей родов Microcystis и Anabaena общее содержание фосфора оценивается соответственно в 0,52 и 0,53%, у зеленых водорослей рода Cladophora этот показатель составляет 1,4, а у урути – 0,52% в расчете на сухую массу. Водоросли не только утилизируют фосфор из воды, но и выделяют его в процессе жизнедеятельности или после отмирания. На разных стадиях их массового развития концентрация фосфора в воде может существенно меняться. Так, при интенсивной вегетации фитопланктона в летние месяцы она снижается в поверхностном слое воды водохранилищ до 0,03 мг/дм^3. При осеннем похолодании и ослаблении фотосинтеза (сокращении продолжительности светового дня) содержание фосфора в воде возрастает до 0,055 мг/дм^3. В местах сосредоточения биомассы за счет отмирания сине-зеленых водорослей в осенний период уровень минерального фосфора может повышаться в 5–10 раз. При этом концентрация органического фосфора увеличивается в зоне «цветения» воды до 4,8 мг/дм^3, а в отдельных случаях – и до 8,0 мг/дм^3 [4]. Как уже отмечалось выше, увеличение содержания фосфора в воде в осенний период не наблюдается (рис. 1).

Надо отметить, что организм водных животных содержит значительно больше фосфора, чем растения. На обмен веществ постоянно оказывают воздействие различные факторы внешней и внутренней среды, большая часть из которых эффективно используется организмами для своего роста и развития. Это происходит благодаря функционированию механизмов регуляции обмена.

В летний период бурное развитие водной флоры, приведшее к уменьшению бикарбонатов (рис. 2), давало возможность рыбе запустить пентозофосфатный цикл для вывода лишнего фосфора из организма, несмотря на содержания фосфора в воде выше нормы в июле и августе 2013 г.

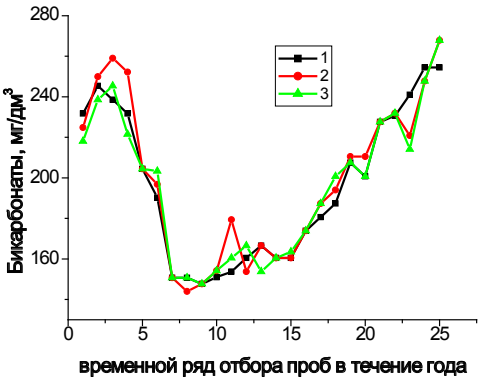


Рис. 2. Динамика изменения бикарбонатов в воде: 1, 2, 3 – места отбора проб, соответственно в районах: Кайдакского моста, Монастырского острова, Южного моста (г. Днепр)

Основываясь на вышеизложенных представлениях, можно объяснить и причину массовой гибели рыбы осенью 2013 г. в малых реках (Гнилопять, Самара), впадающих в р. Днепр.

Повышение концентрации в осенний период кальция за счет массового отмирания водной растительности, участвующей в выводе фосфора из воды, наряду с повышенной концентрацией фосфора в воде запустила механизм равновесия в соответствии с законом действующих масс. Это привело к резкому возрастанию фосфорорганических соединений в рыбах, с одной стороны, связывающих кислород и кислородному голоданию путем окисления фосфорилированием, а с другой – к повышенному содержанию лизофосфолипидов, вызывающих гемолиз (разрушение) эритроцитов и оказывающих литическое (разрушающее) действие на клеточные мембраны (в высоких концентрациях действуют как детергенты, вызывая солюбилизацию мембранных белков и липидов). В результате появления фосфорорганических соединений и карбаматов, ингибирующих фермент ацетилхолинэстеразу (АХЭ) (путем фосфорилирования или карбамоилирования соответственно), последний теряет способность гидролизовать ацетилхолин – вещество, участвующее в передаче нервного импульса через синапсы, что приводит к остановке сердца у рыб. К этому необходимо добавить, что при повышенном содержании фосфора происходит гибель бактерий, находящихся в воде и рыбах, и накопление повышенного содержания гуанозинтетрафосфата, попадающего в рыбу через воду, а также образующегося непосредственно в рыбе. При этом подавляется синтез рыбосомных и тРНК, транскрипция генов, кодирующих структуру рыбосомных белков и белковых факторов трансляции, транспорт углеводов, синтез липидов и дыхание. Одновременно усиливается транскрипция оперонов, ответственных за биосинтез аминокислот, и ускоряется распад клеточных белков. Совместное воздействие всех перечисленных выше факторов привело к массовой гибели рыбы. Причем надо отметить, что такая рыба, как карась, способная выживать в самых неблагоприятных условиях, также погибла. Основными факторами, вызвавшими гибель рыб, следует считать внесение избыточного количества фосфорных удобрений под сельскохозяйственные культуры, а также подпор воды в реках Гнилопять и Самара, приведший к уменьшению скорости течения рек и, как следствие, уменьшению выноса фосфора, повышению прогреваемости речных вод (усилению окисляемости фосфорилированием при катаболических процессах в организме рыб), уменьшению содержания кислорода в воде (при более быстром течении содержание кислорода в реках увеличивается).

Выводы. Установлено, что фосфорные удобрения, как и азотные, попадают в поверхностные воды в значительном количестве в виду их хорошей растворимости и повышенного внесения под разные сельскохозяйственные культуры, особенно в вегетационный период (с июня по сентябрь).

По результатам мониторинговых исследований был прослежен путь, приведший к массовой гибели рыбы в реках Гнилопять и Самара, и разработан алгоритм этого процесса: *химическая промышленность городских техноэкосистем → изготовление фосфорных удобрений → агропромышленный комплекс → избыточное внесение фосфорных удобрений под сельскохозяйственные культуры → миграция фосфора через природные коллектора в реку → содержания фосфора, превышающие ПДК в вегетативный период в реках → июль и август – уменьшение карбонатной составляющей и увеличение органической составляющей (факторы, которые предотвратили гибель рыбы в эти месяцы) → первая декада сентября – увеличение карбонатной составляющей и уменьшение органической составляющей (делает невозможным извлечение «лишнего» фосфора из организма рыб в процессе пентозофосфатного цикла, так как преобладает его вхождение в организм рыб в соответствии с законом действующих масс между водной средой и организмом рыб) → повышенная минерализация рек Гнилопять и Самара по сравнению с р. Днепр (усиливающая механизм переноса фосфора в организм рыбы в соответствии с законом действующих масс) → подпор воды рек Гнилопять и Самара водохранилищами (уменьшение выноса фосфора, повышение температуры речных вод, уменьшение содержания кислорода в воде) → возрастание фосфорорганических соединений в рыбах в первой декаде сентября → кислородное голодание путем интенсивного окисления фосфорилированием, при кажущейся его достаточности в воде → образование фермента ацетилхолинэстераза, не дающего возможность гидролизовать ацетилхолин – вещество, участвующее в передаче нервного импульса через синапсы, что приводит к остановке сердца у рыб → попадание в органы рыбы гуанозинтетрафосфата (подавляется синтез рибосомных и тРНК, транскрипция генов, кодирующих структуру рибосомных белков и белковых факторов трансляции, транспорт углеводов, синтез липидов и дыхание) → массовая гибель рыбы осенью в реках Гнилопять и Самара.*

Основными факторами повышения экологической безопасности сельскохозяйственных регионов и предотвращения гибели рыб под действием фосфора являются нормированное внесение удобрений в почву и приведение (возвращение) поверхностных гидросистем к природному состоянию.

Литература

1. Статистичний щорічник України / За ред. О.Г. Осауленка. Київ: Держкомстат України, 2010. 566 с.
2. Петербургский А.В. Агрохимия и физиология питания растений. Москва: Изд. «Колос», 1981. 435 с.
3. Оценка негативных последствий использования химических удобрений для гидросферы / [О. Тяпкин, И. Подрезенко, Н. Остапенко и др.]. Наука, техника и инновационные технологии в эпоху могущества и счастья: Материалы Международной научной конференции. Ашхабад, Туркменистан: Ylym, 2015. С. 340–341.
4. Романенко В.Д. Основы гидроэкологии. Киев: Генеза, 2004. 664с.
5. Оценка изменений естественного режима подземных вод под влиянием функционирования крупных водохранилищ (на примере Каховского водохранилища на р. Днепр) / [П.И. Пигулевский, И.Н. Подрезенко, О.К. Тяпкин, И.Н. Ярошевич]. Екологія і природокористування: Зб. наук. праць Інституту проблем природокористування та екології НАН України. Дніпропетровськ, 2014. Вип.18. С. 65–83.
6. Никаноров А.М. Гидрохимия. Ленинград; Гидрометиоиздат, 1989. 351 с.
7. Подрезенко И.Н., Крючкова С.В., Остапенко Н.С. Обоснование подходов к определению антропогенного влияния на гидрохимическую составляющую водных экосистем. Проблемы природопользования, устойчивого развития и техногенной безопасности регионов: Материалы VII международ. научн.-практич. конференции. Днепропетровск: Монолит, 2013. С. 218–221.
8. Сарикая Хасан С. Состояние загрязнения Черного моря. Результаты исследований BSEP. Инф. бюл. Экологической программы по Черному морю (BSEP) при Глобальном фонде по окружающей среде «Спасение Черного моря». Вып. № 4 (сентябрь 1996), № 5 (февраль 1998). С. 3–5.

УДК 631.465
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-1-24-1-14

ДИНАМІКА ФЕРМЕНТАТИВНОЇ АКТИВНОСТІ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО ЗА ВИКОРИСТАННЯ РІЗНИХ ВИДІВ ДОБРИВ

Чебанова В.В.
Національний науковий центр
«Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського»
вул. Чайковська 4, 61024, м. Харків
chebanova.vita@gmail.com

Наведено результати дослідження впливу різних систем удобрення на стан біохімічної активності чорнозему типового під різними культурами на початку вегетації та під час збору врожаю. Отримані данні свідчать, що досліджуваний ґрунт загалом відрізняється високим рівнем ферментативної активності. Також спостерігались суттєві відмінності в характері і спрямованості ферментативних процесів та процесів трансформації органічної речовини під різними видами добрив. Для більшості варіантів характерно збільшення ферментативної активності ґрунту в період з початку вегетації до періоду збору врожаю, на що позитивно впливало внесення гною та органо-мінеральних добрив. Установлено, що використання органо-мінеральних добрив у дозі гній 8 т/га + $N_{45}P_{50}K_{45}$ та гній 8 т/га + $N_{90}P_{100}K_{90}$ сприяє підвищенню ферментативної активності чорнозему типового. *Ключові слова:* ґрунтові ферменти, біохімічна активність, добрива, чорнозем типовий.

Динамика ферментативной активности чернозема типичного при использовании различных видов удобрения. Чебанова В.В. Приведены результаты исследований влияния разных систем удобрения на состояние биохимической активности чернозема типичного при выращивании различных культур в начале вегетации и во время уборки урожая. Полученные данные свидетельствуют о существенных отличиях в характере и направленности ферментативных процессов и процессов трансформации органических веществ под различными видами удобрений. Для большинства вариантов характерно увеличение ферментативной активности почвы в период с начала вегетации до сбора урожая, на это оказывало позитивное влияние внесение навоза и органо-минеральных удобрений. Установлено, что применение органо-минеральных удобрений в дозе навоз 8 т/га + $N_{45}P_{50}K_{45}$ и навоз 8 т/га + $N_{90}P_{100}K_{90}$ способствует улучшению ферментативной активности чернозема типичного. *Ключевые слова:* почвенные ферменты, биохимическая активность, удобрения, чернозем типичный.

Dynamics of enzymatic activity of typical black earth under application of different types of fertilizers. Chebanova V. In the article is given the results of the study of an influence of different fertilizing systems on conditions of biochemical activity of typical black earth under different cultures on the beginning and on the end of vegetation. The data obtained shows significant differences in character and direction of enzymatic processes and in transformation of organic substances under different fertilizing systems. In most cases it is typical an increasing of biogenicity of soil dron the beginning till the end of vegetation that is positively influenced by addition of manure and organo-mineral fertilizers. It is established that application of organo-mineral fertilizer in a dose manure 8 ton per hectare + $N_{45}P_{50}K_{45}$ and manure 8 ton per hectare + $N_{90}P_{100}K_{90}$ promotes an improvement of enzymatic activity of soil. *Key words:* soil enzymes, biochemical activity, fertilizers, typical black earth.

Постановка проблеми. В умовах інтенсивної антропогенної діяльності особливо гостро постає проблема щорічної втрати гумусу в ґрунті, що викликає різноманітні деградаційні процеси, зокрема: зменшення біорізноманіття, зниження вмісту поживних речовин, родючості та якості в цілому [1; 23]. Для забезпечення сталого використання ґрунтових ресурсів та попередження погіршення їх стану необхідно проводити систематичний моніторинг і діагностику стану ґрунтів, що дозволить отримувати об'єктивну інформацію про сучасний стан ґрунтового покриву, його динаміку, а також зміни, які відбуваються в ґрунті, у зв'язку з антропогенною діяльністю (використанням добрив, застосуванням інших агротехнологій) та виділити території, які терміново потребують ґрунтоохоронних заходів [2; 3].

Актуальність дослідження. В аграрному секторі економіки використовується понад 32,4 млн га орних земель, з яких чорноземні ґрунти займають 67,7% площі. Найважливішим складником чорноземів є гумус, від вмісту якого залежить родючість ґрунту, інтенсивність проходження біологічних і біохімічних процесів, що зумовлюють накопичення поживних речовин, необхідних ґрунтовим мікроорганізмам, а також рослинам [4]. В останні роки щорічні втрати гумусу в ґрунті сягають 0,66 т/га, що викликає різноманітні деградаційні процеси, зокрема зменшення біорізноманіття, зниження вмісту поживних речовин, родючості та якості в цілому [1]. Для забезпечення сталого використання ґрунтових ресурсів та попередження погіршення їх стану необхідно проводити систематичний моніторинг і діагностику стану ґрунтів [2; 3].

Перетворення органічних решток у гумус та його відтворення в ґрунтах є складним біохімічним процесом, в якому беруть участь різні ферментативні

комплекси мікроорганізмів, а також накопичені в ґрунті неклітинні ферменти [5; 6]. Тому ферментативна активність є перспективним показником і важливим критерієм оцінки біологічної активності мікробного ценозу ґрунту, який відображує спрямованість та напруженість біохімічних процесів (трансформації органічної речовини, утворення гумусу, накопичення поживних речовин). Дослідження ферментативної активності має перевагу над іншими методами оцінки біохімічного та фітосанітарного стану ґрунту та змін його біологічної активності за різних видів та інтенсивності антропогенного навантаження [7; 8; 9; 10; 11]. Отже, прагнення забезпечити відтворення гумусу в ґрунтах, які є фондом поживних речовин та енергії, є важливим і актуальним завданням сьогодення [4; 12].

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України «Про утворення Координаційної ради з питань боротьби з деградацією земель та опустелюванням» № 20 від 18.01.2017 р. одним із першочергових завдань є: до 2020 р. досягти стабільного рівня вмісту органічного вуглецю в ґрунтах сільськогосподарських угідь, а до 2030 р. – збільшити його не менше ніж на 0,1%, у т. ч. у розрізі зон: Полісся – на 0,10–0,16%; Лісостепу та Степу – на 0,08–0,10% [12].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для збереження і відновлення родючості чорноземів України в сучасному землеробстві треба проводити систематичний моніторинг і діагностику стану ґрунтів [2; 3]. Розробка програм моніторингу потребує визначення індикаторних показників, що дозволить зрозуміти спрямованість та інтенсивність окремих мікробіологічних і біохімічних процесів, які відбуваються в ґрунті, та використовувати їх як для характеристики стану ґрунту, так і для регулювання процесів, що в ньому відбуваються [2; 13; 14].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Метою нашої роботи було дослідження впливу різних видів добрив на ферментативну активність чорнозему типового на початку вегетації, коли це особливо важливо для росту рослин, та наприкінці вегетації, коли закладається основа майбутнього врожаю.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводили на стаціонарному польовому досліді з агроекологічного моніторингу ДП «ДГ «Граківське» ННЦ «ІҐА імені О.Н. Соколовського». Ґрунт під дослідом – чорнозем типовий середньогумусний легкоглинистий на лесі. В орному шарі ґрунту міститься: гумусу (за методом Тюріна) [15] 5,6–5,8%, загального азоту 0,30–0,34%, валового фосфору 0,19%, валового калію 2,2%, азоту, що легко гідролізується, – 120–140 мг/кг ґрунту, рухомого фосфору і калію (за методом Чирикова) 80–100 мг/кг та 90–110 мг/кг ґрунту відповідно [16]. У шарі 0–30 см pH сольовий становить 6,19–6,68.

Схема досліду: 1. контроль (без добрив); 2. $N_{45}P_{50}K_{45}$; 3. $N_{90}P_{100}K_{90}$; 4. Гній 8 т/га; 5. Гній 8 т/га+$N_{45}P_{50}K_{45}$; 6. Гній 8 т/га+$N_{90}P_{100}K_{90}$. Дослід закладено в 1990 році. За цей період внесено $N_{945}P_{880}K_{765}$-$N_{1890}P_{1760}K_{1530}$, 170 т/га гною. Органічні добрива вносили під соняшник (30 т/га), цукрові буряки (40 т/га) і кукурудзу на силос (30 т/га). Чергування культур у сівозміні: пар, озима пшениця, цукрові буряки, віко-овес, озима пшениця, кукурудза на силос, ярий ячмінь, соя, люцерна, озима пшениця, кукурудза на силос, соняшник. Дослідження проводили у 2009–2011 роках під кукурудзою на силос, ярим ячменем та соєю відповідно. Зразки ґрунту відбирали з орного шару (0–20 см) в чотирикратній повторності.

Площа дослідної ділянки – 120 м. Біохімічні властивості ґрунту вивчались за показниками активності ферментів: дегідрогенази, за методом Галстяна [17], інвертази, за методикою Ф.Х. Хазієва [18], поліфенолоксидази, за методикою Л.А. Карягіної та Н.А. Міхайловської [19].

Виклад основного матеріалу. Одним із загальноприйнятих біохімічних індикаторів якісного стану ґрунтів є визначення дегідрогеназної активності ґрунту, яка слугує показником наявності в ґрунті органічних решток і свідчить про інтенсивність дегідрування органічної речовини та фізіологічну активність мікробного пулу ґрунту [17; 20]. Також дегідрогеназна активність може слугувати мірою кількості мікробіологічних перетворень гумусових речовин [21]. Нами були досліджено рівні активності інвертази, яка каталізує реакції гідролітичного розщеплення сахарози на еквімолярні кількості фруктози і глюкози, діє також на інші вуглеводи з утворенням молекул фруктози – енергетичного продукту для життєдіяльності мікроорганізмів [19]. Також було визначено активність поліфенолоксидази, яка каталізує окислення поліфенола в хінони у присутності кисню повітря, утворення ароматичних сполук, і якій належить важлива роль у процесі гумусоутворення [22].

Характеристика біохімічної активності чорнозему типового показала, що досліджуваний нами ґрунт загалом відрізняється високим рівнем ферментативної активності, що свідчить про активну біохімічну діяльність ґрунтових мікроорганізмів і рослин та високий рівень біогенності ґрунту. На початку вегетації за даними ферментативної активності (табл. 1), спостерігалося збільшення саме дегідрогеназної активності, в порівнянні з іншими видами ферментів, що свідчить про перевагу процесів дегідрування органічної речовини та активність мікробного пулу в цілому. Одночасно із цим спостерігалось збільшення й інвертазної активності, яка відповідає за перетворення вуглеводів-джерела енергії для мікроорганізмів та є об'єктивним показником родючості ґрунту.

Динаміка активності ферментів під різними видами добрив упродовж трьох років досліджень була неоднакова і суттєво змінювалась за варіан-

тами, а також під різними видами культур, що свідчить про відмінності в характері і спрямованості ферментативних процесів. Так, у перший рік дослідження на початку вегетації кукурудзи дегідрогеназна активність набула істотних змін під дією мінеральної системи добрив ($N_{45}P_{50}K_{45}$), перевищуючи контроль у 1,4 рази, та під дією органо-мінеральної системи добрив (гній 8 т/га + $N_{90}P_{100}K_{90}$), перевищуючи контроль у 1,5 рази. Також зростала й інвертазна активність під дією органо-мінеральної системи удобрення за одинарної (гній 8 т/га + $N_{45}P_{50}K_{45}$) та подвійної (гній 8 т/га + $N_{90}P_{100}K_{90}$) норми мінеральних добрив у 2,5 та 2,7 рази відповідно, що взагалі свідчить про інтенсивність процесів утилізації вуглеводів ґрунтовою мікрофлорою та про належний рівень природної родючості. Під ячменем ярим показники дегідрогеназної та інвертазної активності на удобрених варіантах досліду мали посередні значення, в порівнянні з контрольним варіантом, а на деяких удобрених варіантах навіть були нижче контрольного варіанту. Але, незважаючи на цю тенденцію, активність ферментів дегідрогенази та інвертази в другий рік дослідження на початку вегетації ячменю ярого збільшилась, у порівнянні з першим роком дослідження під кукурудзою.

Дегідрогеназна активність під соєю була не дуже високою, де максимальні значення відносно контролю зафіксовані на органічній системі добрив (гній 8 т/га) та органо-мінеральній системі (гній 8 т/га+$N_{90}P_{100}K_{90}$) – вдвічі вище від контролю. Активність інвертази в цей же рік набула середніх значень по всіх варіантах загалом, при цьому на варіантах з органічною (гній 8 т/га) та органо-мінеральною системою (гній 8 т/га + $N_{45}P_{50}K_{45}$) перевищувала контроль у 2,3 та 2,5 рази відповідно.

Поліфенолоксидазна активність упродовж трьох років досліджень на початку вегетації підтримувалась на відносно високому рівні, що вказує на інтенсивний синтез сполук фенольної природи у ґрунті в цей період. Максимальні значення поліфенолоксидазної активності в перший рік дослідження на варіантах з кукурудзою були на мінеральній ($N_{45}P_{50}K_{45}$) – у 2,5 рази вище контролю, та органо-мінеральній системи (гній 8 т/га + $N_{45}P_{50}K_{45}$) – у 2,3 рази вище контролю. У другий рік дослідження показники поліфенолоксидазної активності під ячменем ярим на всіх варіантах досліду були вище, ніж на варіантах із кукурудзою. На варіанті $N_{45}P_{50}K_{45}$ та варіанті гній 8 т/га + $N_{90}P_{100}K_{90}$ показники дещо перевищували контрольні значення.

Таблиця 1

Ферментативна активність чорнозему типового на початку вегетації за 2009–2011 роки дослідження

Варіанти досліду	Ферментативна активність ґрунту за роками досліджень								
	Дегідрогеназа, мг ТФФ в 100 г за 24 години			Інвертаза, мг глюкози в 1г за 24 години			Поліфенолоксидаза, мг 1,4-n-бензохінона в 10 г за годину		
	2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011
контроль	86,62	321,7	42,4	1,25	13,81	3,62	302,4	922,3	905
$N_{45}P_{50}K_{45}$	127,31	310,7	53,5	2,14	14,0	6,11	755,2	928,8	912,2
$N_{90}P_{100}K_{90}$	123,37	351,4	45,5	2,89	13,11	6,13	547,2	800,6	923
Гній 8 т/га	102,38	311,3	95,9	2,44	13,72	8,39	561,6	892,0	558,6
Гній 8 т/га + $N_{45}P_{50}K_{45}$	115,4	264,5	63,6	3,18	13,17	9,27	706,8	778,1	798,0
Гній 8 т/га + $N_{90}P_{100}K_{90}$	131,25	325,0	90,2	3,42	12,93	6,62	393,6	963,7	915,6
$НІР_{095}$	19,52	0,18	0,23	0,12	0,09	0,02	33,84	7,51	30,38

Таблиця 2

Ферментативна активність чорнозему типового наприкінці вегетації за 2009–2011 роки дослідження

Варіанти досліду	Ферментативна активність ґрунту за роками досліджень								
	Дегідрогеназа, мг ТФФ в 100 г за 24 години			Інвертаза, мг глюкози в 1 г за 24 години			Поліфенолоксидаза, мг 1,4-n-бензохінона в 10 г за годину		
	2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011
контроль	127,3	192,8	54,1	2,5	5,8	0,53	206,6	294,0	336,1
$N_{45}P_{50}K_{45}$	154,1	300,4	61,3	3,4	5,87	0,84	305,4	367,5	316,7
$N_{90}P_{100}K_{90}$	141,2	465,8	56,4	3,9	5,96	2,86	406,7	357,0	268,0
Гній 8 т/га	111,5	681,6	64,7	3,8	4,14	4,41	639,8	336,0	113,4
Гній 8 т/га + $N_{45}P_{50}K_{45}$	116,7	624,1	112,3	4,1	5,14	3,43	456,8	382,3	113,6
Гній 8 т/га + $N_{90}P_{100}K_{90}$	121,4	609,7	98,2	4,4	4,1	0, 13	456,4	422,1	756,0
$НІР_{095}$	15,1	2,0	1,6	0,45	0,06	0,4	32,1	1,44	23,34

Поліфенолоксидазна активність під соєю набула також високих значень, особливо під дією мінеральних добрив та органо-мінеральної системи удобрення (гній 8 т/га + $N_{90}P_{100}K_{90}$).

На початку вегетації, за даними ферментативної активності, під ячменем ярим та соєю найбільш інтенсивно проходили процеси утворення ароматичних сполук у вигляді речовин фенольної природи, яким належить важлива роль у процесах гумусоутворення та утворення вуглеводів як джерела енергії для мікроорганізмів.

Наприкінці вегетації (табл. 2) спостереження показують загальну тенденцію до поступового наростання активності ферменту дегідрогенази з початку до кінця вегетації, під всіма видами культур, на більшості удобрюваних варіантах, що пов'язано з надходженням у ґрунт органічних решток і свідчить про інтенсивність дегідрування органічної речовини та збільшення активності мікробного пулу. Але щодо окремих даних по дегідрогеназі, то вони відрізняються строкатістю. Так, у досліді з кукурудзою дегідрогеназна активність на більшості варіантах була нижче контролю, лише на варіантах із мінеральними добривами незначно перевищувала контроль.

Після збирання врожаю ячменю активність дегідрогенази перевищувала контроль на всіх удобрюваних варіантах, особливо на варіантах з органічним і органо-мінеральними добривами, в 3–3,5 рази, що свідчить про більшу інтенсивність перебігу процесів трансформації органічної речовини. Наприкінці вегетації сої дегідрогеназна активність набула середніх значень на всіх удобрюваних варіантах, при цьому на варіанті гній 8 т/га + $N_{45}P_{50}K_{45}$ перевищувала контроль у 2 рази.

Інвертазна активність у зразках ґрунту під кукурудзою, отриманих наприкінці вегетації, збільшувалась на варіантах із мінеральними добривами $N_{45}P_{50}K_{45}$ та $N_{90}P_{100}K_{90}$ – у 1,4–1,5 рази відповідно, на варіанті з органічними добривами – у 1,5 рази, на варіантах з органо-мінеральною системою (гній 8 т/га + $N_{45}P_{50}K_{45}$ та гній 8 т/га+$N_{90}P_{100}K_{90}$) – у 1,6–1,7 рази відповідно. Інвертазна активність під ярим ячменем на всіх удобрюваних варіантах була нижче контролю, крім варіантів із мінеральним добривом, де цей показник був незначно вище.

Наприкінці вегетації сої інвертазна активність була загалом посередньою, але при цьому відносно контролю зростала на варіанті з мінеральними добривами ($N_{45}P_{50}K_{45}$) – у 1,5 рази, на варіанті $N_{90}P_{100}K_{90}$ – у 5,4 рази, на варіанті з органічним добривом – у 8,3 рази, на варіанті з органо-мінеральною системою (гній 8 т/га + $N_{45}P_{50}K_{45}$) – у 6,3 рази, що ми пов'язуємо з азотфіксувальною здатністю цієї культури.

Поліфенолоксидазна активність під кукурудзою наприкінці вегетації набула змін на удобрюваних варіантах: так, на варіантах із мінеральними добривами ($N_{45}P_{50}K_{45}$ і $N_{90}P_{100}K_{90}$) поліфенолоксидазна активність була в 1,4–2 рази, відповідно, вище контролю, на варіанті з органічним добривом – у 3 рази вище контролю, на варіантах з органо-мінеральною системою – у 2,2 рази вище контрольного варіанту. Це свідчить про високу активність окиснювально-відновлювальних процесів у ґрунті в цей період та про наявність у ґрунті речовин фенольної природи.

Поліфенолоксидазна активність під ячменем ярим змінювалась незначно: на варіанті з органічним добривом і обох варіантах з мінеральними добривами – у 1,14 та 1,20 рази відповідно. На варіанті гній 8 т/га + $N_{45}P_{50}K_{45}$ та варіанті гній 8 т/га + $N_{90}P_{100}K_{90}$ – у 1,3 рази та у 1,4 рази відповідно.

Поліфенолоксидазна активність під соєю на всіх удобрюваних варіантах була нижче контрольного варіанту, крім варіанту з органо-мінеральним добривом (гній 8 т/га + $N_{90}P_{100}K_{90}$), де цей показник перевищував контрольний варіант у 2,2 рази.

Головні висновки:

1. Інтенсивність ферментативної активності чорнозему типового на початку та наприкінці вегетації істотно залежить від систем удобрення та вирощуваних сільськогосподарських культур.

2. У ґрунті відбувається наростання активності дегідрогенази з початку до кінця вегетації під усіма досліджуваними культурами, що може свідчити про інтенсивність дегідрування органічної речовини. Поряд із цим поліфенолоксидазна та інвертазна активність зменшується, що вказує на уповільнення перебігу процесів утилізації вуглеводів, а також утворення сполук фенольної природи й інших ароматичних сполук після збору врожаю.

3. Внесення органічних та мінеральних добрив підвищує активність ґрунтових ферментів. Найбільш позитивний вплив на біохімічну активність ґрунту має органічна та органо-мінеральна система удобрення.

Перспективи використання результатів дослідження. Отже, доведено, що ферментативна активність є перспективним показником і важливим критерієм оцінки біологічної активності мікробного ценозу ґрунту, який може використовуватись для систематичного моніторингу і діагностики стану ґрунтів, який необхідно проводити для забезпечення сталого використання ґрунтових ресурсів та попередження погіршення їх стану.

Література

1. Сенчук С. Відтворення родючості – проблема сьогодення. *Тези доповідей Міжн. наук.-практ. конф., присвяч. 50-річчю з дня створення Ин-ту ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського. «Сучасний стан ґрунтового покриву України та шляхи забезпечення його сталого розвитку на початку 21 століття».* Харків: 2006. С. 224–225.
2. Marcos M.S., Olivera, N.L. Microbiological and biochemical indicators for assessing soil quality in drylands from Patagonia. Biology and Biotechnology of Patagonian Microorganisms. 2016. P. 91–108.
3. Медведєв В.В. Про деякі дискусійні та невирішені проблеми у дослідженнях ґрунтів. Харків : ФОП Бровін О.В., 2017. 188 с.
4. Камінський В.Ф. та ін. Землеробство XXI століття – проблеми та шляхи вирішення ; за ред. В.Ф. Камінського. Київ : «Едельвейс», 2015. 272 с.
5. Щербакова Т.А. Ферментативная активность почв и трансформация органического вещества. Минск, 1983. 222 с.
6. Schinner F., Sonnleitner R. Bodenökologie: Microbiologie und Bodenenzymatik. Berlin : Springer, 1997. 369 p.
7. Наумовська О.І. та ін. Біологічна активність чорнозему типового при застосуванні ґрунтозахисних технологій вирощування сільськогосподарських культур. *Вісник ХНАУ*. 2004. № 6. С. 141–145.
8. Chu B., Zaid F., Eivazi F. Long-Term Effects of Different Cropping Systems on Selected Enzyme Activities. *Communications in Soil Science and Plant Analysis.* 2016. 47 (6). P. 720–730.
9. Матвійчук. Б.В. Мікробіологічна активність – основний показник якості ясно-сірого лісового ґрунту. *«Сучасний стан ґрунтового покриву України та шляхи забезпечення його сталого розвитку на початку 21 століття»* : тези доповідей Міжн. наук.-практ. конф., присвяч. 50-річчю з дня створення Ин-ту ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського. Харків, 2006. С. 52–53.
10. Bera, T. ey al. Soil biochemical changes at different wheat growth stages in response to conservation agriculture practices in a rice-wheat system of north-western India. *Soil Research*. 2018. № 56 (1). P. 91–104.
11. Патика В.П. та ін. Мікробний біом різних ґрунтів й ґрунтово-кліматичних зон Полтавської області. *Мікробіологічний журнал.* 2014. Том 76. № 5. С. 20–25.
12. Постанова Кабінету Міністрів України «Про утворення Координаційної ради з питань боротьби з деградацією земель та опустелюванням» від 18.01.2017 р. / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/ (дата звернення: 05.02 2019)
13. Заришняк А.С. Волкогон В.В. Мікробіологічна трансформація азоту в ґрунті та її значення для агроценозів. *Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві* : тези доп. VI наук. конф. молод. вчених (Чернігів, 29– 30 вересня, 2009 року). Вид. Чернігівського ЦНТЕІ, 2009.
14. Михновская А.Д. Некоторые метаболиты микроорганизмов ризосферы сельскохозяйственных растений на мощном черноземе: автореф. дис. … канд. биол. наук. Харьков, 1966. 19 с.
15. МВВ 31-497058-006-2002. Ґрунти. Визначення групового складу гумусу за методом І.В. Тюріна в модифікації М.М. Кононової та Н.П. Бєльчикової, спалювання за Б.А. Нікітіним (варіант ННЦ ІГА).
16. ДСТУ 4115-2002 Чинний від 2002-27-06. Ґрунти. Визначання рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Чирикова. Київ, 2002. ІІІ. 6 с. Держспоживстандарт України (Національний стандарт України).
17. Петерсон Н.В., Куриляк Е.К. Изучение начальных этапов превращения органических веществ в почвах с помощью определения дегидрогеназной активности микрофлоры почвенных проб. *Сб. Микробиологические и биохимические исследования почв.* Киев : Урожай, 1971. 121–124 с.
18. Хазиев Ф.Х. Ферментативная активность почв. Москва : «Наука», 1976. 179 с.
19. Карягина Л.А., Михайловская Н.А. Определение активности полифенолооксидазы и пероксидазы в почве. *Весці АН БССР. Серія: с/г навук.* Мінск, 1986. № 2. С. 41–42.
20. Побережская С.К. Влияние различной давности орошения на биологическую активность и трансформацию азота в орошаемых типичных сероземах Ташкентской области : автореф. дис. ... канд. биолог. наук. Ташкент, 1978. 25 с.
21. Lenhard D. Dehydrogenaseaktivitat des Bodens als Maβ fur die Menge an mikrobiell abbaubaren Humusstoffen. Z. Pflanzenernahr. dung. Bodenkunde. 1957. Bd. 77. H.3. S. 193–198.
22. Ковриго В.П., Кауричев И.С., Бурлакова Л.М. Почвоведение с основами геологии. Москва : «Колос», 2000. 416 с.
23. Балаєв А.Д., Тонха О.Л. Збереження і відновлення родючості чорноземів України в сучасному землеробстві. *Науковий збірник «Охорона ґрунтів»* : матеріали міжнародної наук.-практ. конф. Київ, 2014. Вип. 1. С. 9–12.

УДК 631.82/86:633.34
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-1-24-1-15

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ОРГАНІЧНО-МІНЕРАЛЬНОГО ДОБРИВА «ОПТІ РОСТ» НА ПОСІВАХ СОЇ

Грабовська Т.О.[1], Мазур Т.Г.[1], Терновий Ю.В.[2], Шушківська Н.І.[1], Галака О.І.[3], Матвієнко Ю.В.[3]
[1]Білоцерківський національний аграрний університет
пл. Соборна, 8/1, 09100, м. Біла Церква
mazur.tanja@rambler.ru;
[2]ДП «Дослідне господарство «Сквирське»
Інституту агроекології і природокористування
Національної академії аграрних наук України»
вул. Селекційна, 1, 09100, м. Сквира
[3]ТОВ «GTF»
office@gft.org.ua

Досліджено вплив органічно-мінерального добрива «Опті Рост» із концентрацією 1 та 3% на компоненти агробіоценозу та якісні й кількісні показники урожаю. Встановлено зниження забур'яненості в оброблених посівах. Вивчено поширення комах на дослідних і прилеглих ділянках. Проаналізовано елементи структури врожаю та якісні показники отриманого зерна. Доведено, що є тенденція щодо підвищення врожайності на 1,1 та 3,2% за обробки рослин сої 1 та 3% розчином препарату «Опті Рост». *Ключові слова:* соя, добриво, забур'яненість, шкідники, урожайність, якість зерна.

Эффективность использования органо-минерального удобрения «Опти Рост» на посевах сои. Грабовская Т.А., Мазур Т.Г., Терновой Ю.В., Шушковская Н.И., Галака А.И., Матвиенко Ю.В. Исследовано влияние органо-минерального удобрения «Опти Рост» с концентрацией 1 и 3% на компоненты агробиоценоза, качественные и количественные показатели урожая. Установлено снижение забурьяненности в обработанных посевах. Изучено распространение насекомых на опытных и прилегающих участках. Проанализированы элементы структуры урожая и качественные показатели полученного зерна. Доказано, что существует тенденция повышения урожайности на 1,1 и 3,2% при обработке растений сои 1 и 3% раствором препарата «Опти Рост». *Ключевые слова:* соя, удобрение, забурьяненость, вредители, урожайность, качество зерна.

The effectiveness of use organic-mineral fertilizer "Opti Rost" on soybean crop. Grabovska T., Mazur T., Ternovyy Yu., Shushkivska N., Galaka O., Matviyenko Yu. The effect of organic-mineral fertilizer "Opti Rost" 1- and 3%-concentration on components of agrobiocenosis, qualitative and quantitative indices of the yield has been investigated. Amount of weeds in treated crops decreased. The distribution of insects on experimental and adjacent areas was studied. The elements of the crop structure and grain quality have been analyzed. It is proved that there is a tendency to increase yield on 1.1% and 3.2% of soybean when treating plants 1- and 3%-solution of "Opti Rost". *Key words:* soybean, fertilizer, weeds, pests, yield, grain quality.

Постановка проблеми й актуальність дослідження. Отримання високоякісної та водночас безпечної рослинної продукції нині є однією з найгостріших проблем сільського господарства. Виробництво екологічно безпечних харчових продуктів може бути досягнуте завдяки органічному землеробству, яке передбачає відмову від синтетичних мінеральних добрив, пестицидів та інших хімічних речовин. Використання біопрепаратів сприяє підвищенню продуктивності сільськогосподарської продукції та зменшує шкідливий вплив на довкілля. Тому триває пошук безпечних препаратів, які б давали змогу підтримувати оптимальний баланс живих організмів біоценозу в агроекосистемах і водночас підвищували якісні та кількісні показники продукції сільського господарства.

Правильне застосування біопрепаратів окремо і в комплексі дає змогу істотно знизити хімічне навантаження на екосистеми, значно поліпшити якість сільськогосподарської продукції та, зрештою, здоров'я людини [1].

Соя добре реагує на внесення біопрепаратів [2–5], які сприяють зростанню біометричних показників і продуктивності загалом. Гумінові кислоти, які є частиною органічних добрив, посилюють властивості імуно- та росторегуляції рослин, а також біосинтез захисних речовин, сприяють зростанню ауксинів і цитокінінів, покращують протікання фізіологічних процесів у клітинах [6].

Метою роботи було вивчення впливу органічно-мінерального добрива «Опті Рост» на компоненти агробіоценозу та продуктивність сої.

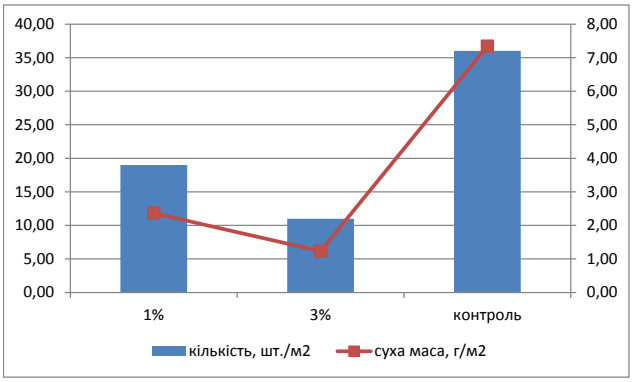
Матеріали та методи досліджень. Досліди проводили на Сквирській дослідній станції органічного виробництва ІАП НААН. Ґрунт – чорнозем малогумусний, крупнопилувато-середньосуглинковий за механічним складом на карбонатному лесі, вирізняється слабо вираженою, неміцною структурою. Реакція ґрунтового розчину слабокисла (pH 6,0–6,2).

Для досліджень використовували сорт сої Сузір'я, рекомендований для вирощування у Поліссі, лісостеповій і степовій зонах України. Рослини обробляли два рази по вегетації препаратом «Опті Рост» у концентрації 1 (робочий розчин 1%, або 100 мл на 10 л води) та 3% (робочий розчин 3%, або 300 мл на 10 л води). «Опті Рост» – органічно-мінеральне добриво, в склад якого входять структурована вода, мікроелементи, макроелементи, мікрогумати, фульвокислоти, метаболіти, амінокислоти, фосфомобілізуючі й азотофіксуючі мікроорганізми та ферменти. Технологія вирощування рослин включала закриття вологи, культивацію на глибину 10–12 см, передпосівну культивацію та інше (табл. 1). Площа кожної облікової ділянки 25 м^2, повторень чотири, попередник – пшениця озима. Спосіб сівби вузькорядний із шириною міжрядь 15 см і нормою висіву 180 кг/га.

Забур'яненість посівів визначали кількісно-ваговим методом. Комах відловлювали за методикою [7]. Обстеження проводили на початку липня. Аналіз елементів структури врожаю сої проводили за пробними снопами з 30 рослин, які відбирали у трьох місцях кожної ділянки за такими ознаками: кількість бобів на рослині, кількість насінин з однієї рослини, кількість насінин у бобі. Масу 1 000 зерен визначено за ГОСТ 10842–89 [8]. Якість зерна сої визначали у ТОВ «Сквирський комбінат хлібопродуктів» згідно з ДСТУ 4964:2008 [9; 10]. Статистичну обробку результатів досліджень проводили за Б.А. Доспєховим [11].

Виклад основного матеріалу. У всіх варіантах досліду траплялися *Amaranthus retroflexus* L., *Chenopodium album* L., *Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv., *Setaria viridis* (L.) P.Beauv., а також *Robinia pseudoacacia* L. Домінантом за кількістю та сухою масою був мишій зелений (до 24,0 шт./м^2 та 4,53 г/м^2 – у контрольному варіанті).

У посівах, де застосовувався препарат «Опті Рост», прослідковується зниження забур'яненості. У середньому кількість бур'янів за обробки 1% розчином препарату зменшилась майже у 2 рази, а за обробки 3% розчином – більше ніж у 3 рази (рис. 1). Для пояснення механізму цієї дії потрібні подальші дослідження. Суха маса бур'янів за обробки 1% та 3% розчином препарату була меншою порівняно до контролю на 4,98 та 6,11 г/м^2, але НІР$_{05}$ становила 6,9 шт./м^2, тому достовірної різниці на 95% рівні не спостерігалося, прослідковується лише тенденція.



НІР$_{05}$ для кількості = 16,8 шт./м^2;
НІР$_{05}$ для сухої маси = 6,9 г/м^2
Рис. 1. Забур'яненість дослідних ділянок сої

Зменшення кількості сегетальної рослинності в посівах із застосуванням органічно-мінерального добрива пов'язано із кращим розвитком культурних рослин сої на дослідних ділянках. Висота рослин сої сягала 69–70 см порівняно з іншими рослинами фітоценозу, висота яких була в межах 0,3–31,0; 0,5–24,5 та 23,0–45,7 см відповідно на дослідних ділянках із 1%, 3% розчином і контролю (табл. 2).

Отож культурні рослини сої перевищували бур'яни та пригнічували їх розвиток. Підвищення конкурентоздатності, ймовірно, відбулося завдяки більш поживному середовищу дослідних рослин, яке забезпечував препарат «Опті Рост».

В агробіоценозі соєвого поля виявлено 16 видів комах, які належать до 7 рядів: Hemiptera, Thysanoptera, Homoptera, Coleoptera, Diptera, Hymenoptera, Neuroptera (табл. 3). Найбільшою кількістю видів представлений ряд Hemiptera (Напівтвердокрилі),

Таблиця 1

Комплекс технологічних операцій у межах обробітку ґрунту

Вид робіт	Агрегат
Лущення стерні на глибину 6–8см	ЮМЗ-6Л
Оранка на глибину 23–25 см	Т-150 + ПНЯ-4-42
Закриття вологи	МТЗ-80+борони БЗТС-1
Культивація на глибину 10–12 см	МТЗ-80+ КС-4,2
Передпосівна культивація на глибину 6–8 см	John Deere + «Рубін»
Перед посівом ґрунт обробляли препаратом «Філазоніт»	МТЗ-82+ОП 600 15 л/га
Посів на глибину 3–4 см	МТЗ-80+СЗТ-3,6

частка яких становить 25%. Дещо менше було представників рядів Thysanoptera (Трипси) та Diptera (Двокрилі) – по 18,8%. Інші ряди представлені поодинокими видами, що становить 37,4% від загальної кількості виявлених комах. Загалом, ентомофауна агробіоценозу сої була представлена багатоїдними комахами, які мають кормові зв'язки з багатьма рослинами. Серед них масовими були Ligus s. Str. Hahn., *Adelphocoris lineolatus* Goeze. (ряд Hemiptera, родина сліпняки Miridae).

Таблиця 2

Висота рослин фітоценозу, см

Назва рослини	1%	3%	Контроль
Glycine max (L.) Merr.	70±2,5	70±3,5	69,0±5,0
Amaranthus retroflexus L.	–	0,5±0,1	27,5±1,0
Chenopodium album L.	7,3±0,6	2,2±0,3	23,0±2,2
Echinochloa crus-galli (L.) P.Beauv.	30,8±3,0	23,5±1,7	45,7±2,8
Setaria viridis (L.) P.Beauv.	31,0±2,3	24,5±1,3	44,0±2,0
Robinia pseudoacacia L.	0,3±0,1	3,8±0,4	–

Таблиця 3

Комахи в посівах сої за обробки препаратом, екз./10 п.с.

Назва комахи українською	Назва комахи латиною	обробка			Лісосмуга	Кормова спец.
		контр.	1 %	3 %		
Ряд Рівнокрилі						
Цикадка шестикрапкова	*Macrosteles laevis* Rib.	1			1	поліфаг
Попелиця горохова	*Acyrthosiphon pisum* Harr.	5	3	2		фітофаг
Попелиця	Aphis sp.	1	5	6		фітофаг
Ряд Трипси						
Трипси	*Tmetothrips* sp.	2	1	1	1	поліфаг
Трипс бобовий	*Odontothrips intermedium*		1	1	1	пошкоджує бобові
Трипс хижий	*Aeolothrips fasciatus* L.	1		1	1	зоофаг
Ряд Напівтвердокрилі						
Щитник смугастий	*Graphocoma lineatum* L.			1	1	поліфаг
Клоп ягідний	*Dolycoris baccarum* L.			1	3	поліфаг
Клоп люцерновий	*Adelphocoris lineolatus* Goeze.	1	1		4	поліфаг
Клопи польові	*Ligus s.* Str. Hahn.	3	2	3		поліфаг
Ряд Твердокрилі						
Довгоносик бульбочковий	*Sitona* sp.	2	3	1		бобові
М'якотілка сільська	*Cantharis rustica* Fall.	1			1	зоо-, фітофаг
Ряд Перетинчастокрилі						
Андрена звичайна	*Andrena flavipes* Panz.	1			1	запилювач
Ряд Двокрилі						
Мінер багатоїдний	*Phytomyza atricornis*	1				поліфаг
Городній мінер	*Phytomyza hrticola* Goureau.	1			1	поліфаг
Росткова муха	*Delia platura*	1				поліфаг
Ряд Сітчастокрилі						
Золотоочка	*Chrysopa carnea* Steph.		1		1	ентомофаг

Таблиця 4

Врожайність сої залежно від обробки препаратом

Показники структури врожаю	1%	3%	Контроль
Кількість бобів на рослині, шт.	39,2±1,6	40,5±2,7	38,7±2,9
Кількість насінин на рослині, шт.	108±3	109±2	106±4
Маса 1 000 зерен, г	124,7±3,5	127,3±2,2	123,4±3,0
Врожайність, ц/га	26,2±0,4	26,6±0,8	25,4±0,7

Таблиця 5

Показники якості зерна сої

Варіант	Масова частка олії на суху речовину,%	Масова частка білка на суху речовину,%	Масова частка вологи зерна,%
Обробка 1% розчином	20,6	42,6	13,1
Обробка 3% розчином	20,4	42,4	13,0
Контроль	20,8	41,3	13,1
$НІР_{05}$	0,6	2,1	0,2

Серед спеціалізованих шкідників бобових культур домінували бульбочкові довгоносики (Sitona sp.) (ряд твердокрилі Coleoptera, родина Curculionidae). У посівах сої виявлено хижу комаху – золотоочку *Chrysopa carnea* Steph. (ряд сітчастокрилі Neuroptera, родина Chrysopidae). Хижаками є личинки та імаго. Основна здобич – попелиці.

Отже, кількість шкідливих комах у посівах сої на дослідних ділянках і контрольному варіанті була в межах, що не перевищують економічний поріг шкідливості (ЕПШ). Виявлено вплив суміжної екосистеми (лісосмуги) на видовий склад ентомокомплексу досліджуваної агроекосистеми (посіви сої). Інсектицидна дія препарату «Опті Рост» не простежується, оскільки органічний агробіоценоз мав задовільний фітосанітарний стан.

За обробки рослин 1% та 3% концентрацією препарату «Опті Рост» прослідковується тенденція до зростання елементів структури врожаю. Кількість бобів на рослині за обробки рослин добривом збільшилась на 1,3 та 4,7% відповідно до зростання концентрації препарату «Опті Рост» (табл. 4). Маса 1 000 зерен зросла на 1,1 та 3,2% відповідно. Врожайність сої на дослідних ділянках була 26,2 та 26,6 ц/га відповідно за обробки 1% та 3% концентрацією препарату.

Важливою характеристикою якості насіння сої є вміст олії та білка в перерахунку на суху речовину. Вони визначають харчову й кормову цінність сої. Якісні показники не відрізнялися достовірно за варіантами. Масова частка білка у всіх досліджуваних варіантах була понад 40%, що вказує на високу цінність цих рослин, особливо для органічного виробництва. Дослідні варіанти з обробкою препаратом мали тенденцію щодо зростання цього показника (табл. 5).

Головні висновки. Застосування біопрепарату «Опті Рост» у посівах сої в концентраціях 1 та 3% має тенденцію до зменшення сухої маси бур'янів, порівняно до контролю на 4,98 та 6,11 г/м^2 загальна кількість бур'янів за обробки 1% розчином препарату зменшилась майже у 2 рази, а за обробки 3% препаратом – більше ніж у 3 рази.

В агроценозі сої траплялися представники 7 рядів комах у незначній кількості, яка не перевищувала ЕПШ. Крім шкідників посівів були знайдені ентомофаги та поліфаги. Різниці між дослідними ділянками та контролем не спостерігали.

Урожайність сої за дії препарату «Опті Рост» мала тенденцію до зростання зі збільшенням концентрації робочого розчину на 1,1 та 3,2% порівняно з контрольним варіантом. Якісні показники насіння сої за обробки препаратом достовірно не відрізняються від контрольних, є тільки тенденція до зростання масової частки білка, що важливо для органічного землеробства за відмови від синтетичних мінеральних добрив.

Література

1. Гончар Н.В., Каменєв І.В., Клочко В.С. Мікробні препарати як один із елементів технології вирощування сільськогосподарських культур. *Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки*: матер. X Міжнар. наук.-практ. конф. Кіровоград: КНТУ, 2015. С. 61–62.
2. Шувар І.А., Іванишин В.В., Сендецький В.М., Бунчак О.М. Агроекологічні основи поліпшення родючості ґрунтів для сталого функціонування агроекосистем, виробництва екологічно чистої продукції та охорони довкілля в сучасному землеробстві. *Актуальні проблеми підвищення родючості ґрунтів та застосування агрохімічних засобів в агрофітоценозах*: матер. Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференції, присв. Міжнар. Дню агрохіміка (7–9 червня 2017 р.). Львів, 2017. С. 255–264.
3. Бобро М.А., Огурцов Є.М., Міхеєв В.Г. Урожайність сої залежно від застосування біологічних препаратів. *Корми і кормовиробництво*. 2006. Вип. 58. С. 231–236.
4. Шевніков М.Я., Кулібаба М.Ю. Урожайність та якість насіння сої залежно від строків сівби і використання біопрепаратів. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2013. № 3. С. 41–44. URL: https://doi.org/10.31210/visnyk2013.03.06.

5. Білявська Л.Г., Білявський Ю.В. Взаємодія сучасних сортів сої з біопрепаратами комплексної дії та її вплив на урожайність. *Мікробіологічний журнал.* 2016. Т. 78. № 3. С. 61–68. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/MicroBiol_2016_78_3_8.
6. Гумінові речовини – безпечні регулятори екосистем / В.У. Ящук, А.П. Корецький, Р.В. Ковбасенко, О.П. Дмитрієв, В.М. Ковбасенко. К.: Національна академія аграрних наук України, 2016. 89 с.
7. Фітосанітарний моніторинг / М.М. Доля, Й.Т. Покозій, Р.М. Мамчур та ін. К.: ННЦ ІАЕ, 2004. 294 с.
8. ГОСТ 10842–89 Методы определения массы 1000 зерен или 1000 семян. Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур. М.: «Стандартинфарм», 2009. С. 1–3.
9. ГОСТ 10842–91 Зерно и продукты его переработки. Методы определения белка. М.: «Стандартинфарм», 2009. С. 1–8.
10. ДСТУ 4964:2008. Методи визначення якості зернових і зернобобових культур. К., 2008. С. 12–19.
11. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: «Агропромиздат», 1985. 350 с.

UDC 574: 504.064.37:502.51-044.3(477)=111
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-1-24-1-16

EVALUATION OF EUTROPHICATION THE DNIEPER RIVER IN THE CITY OF KYIV WITH USE MEANS ARCGIS 10.4.1 AND LANDSAT 8

Lapyga I.V.
M.P. Dragomanov National Pedagogical University
9, Pirogov Str., 01601, Kyiv
espritfort@yahoo.com

The research results of spatial-temporal eutrophication the Dnieper River coastal areas within of the Kiev city during 2017–2018 whit using the fluorescence methods, facilities of satellite channel Landsat 8 and the applied computer program ArcGis 10.4.1 are presented. The flowering maximum intensity of the water surface in August was revealed, which is typical mainly for the places of water discharge from industrial enterprises. Water surface bloom maximum intensity in August was revealed, which is typical mainly for the places of water discharge from industrial enterprises. Obtained data using, chlorophyll-*a* concentration from the satellite channel Landsat 8 showed a high correlation of 0,87 ($p \leq 0,05$) with the data measured by the fluorometric method, which indicates prospectively of the satellite channel use for accuracy evaluation improve of the trophical condition Dnieper's and other rivers of Ukraine, especially in areas that are difficult to reach or where military operations take place. *Key words:* eutrophication, trophic state in rivers, chlorophyll, Landsat 8, multispectral images, ArcGis.

Оцінювання евтрофікації річки Дніпро в межах міста Києва із застосуванням засобів ArcGis 10.4.1 та Landsat 8. Лапига І.В. Наведено результати дослідження просторово-часової евтрофікації прибережних ділянок річки Дніпро в межах міста Києва впродовж 2017–2018 років із застосуванням методів флуорометрії, засобів супутникового каналу Landsat 8 та прикладної комп'ютерної програми ArcGis 10.4.1. Виявлено максимальну інтенсивність цвітіння водної поверхні в серпні, характерну переважно для місць надходження стічних вод із промислових підприємств. Використання отриманих даних концентрації хлорофілу-*a* із супутникового каналу Landsat 8 показало високу їх кореляцію (0,87 ($p \leq 0,05$)) з даними, що виміряні методом флуорометрії, що вказує на перспективність використання засобів супутникового каналу для підвищення точності оцінювання трофічного стану Дніпра та інших річок в Україні, особливо у важкодоступних районах або там, де здійснюються бойові дії. *Ключові слова:* евтрофікація, трофічний стан річки, хлорофіл, Landsat 8, мультиспектральні зображення, ArcGis.

Оценивание эвтрофикации реки Днепр в пределах города Киева с применением средств ArcGis 10.4.1 и Landsat 8. Лапыга И.В. Приведены результаты исследования пространственно-временной эвтрофикации прибрежных территорий реки Днепр в пределах города Киева на протяжении 2017–2018 годов с применением методов флуоресценции, средств спутникового канала Landsat 8 и прикладной компьютерной программы ArcGis 10.4.1. Выявлена максимальная интенсивность цветения водной поверхности в августе, характерная в основном для мест поступления сточных вод с промышленных предприятий. Использование полученных данных концентрации хлорофилла-а со спутникового канала Landsat 8 показало высокую их корреляцию (0,87 ($p \leq 0,05$)) с данными, измеренными методом флуорометрии, что указывает на перспективность использования средств спутникового канала для повышения точности оценивания трофического состояния Днепра и других рек Украины, особенно в тяжело доступных районах либо там, где осуществляются боевые действия. *Ключевые слова:* эвтрофикация, трофическое состояние реки, хлорофилл, Landsat 8, мультиспектральные изображения, ArcGis.

Problem statement. Eutrophication is one of the pressing environmental problems that covers lakes, rivers and seas around the world and is accompanied by flowering and deterioration water quality [1]. The results of numerous studies provided grounds to believe that this is due to an increase in the amount of blue-green algae due to an increase the amount of phosphorus, nitrogen and other pollutants with which wastewater is enriched, especially near large industrial cities and agricultural lands [2]. This problem is also current for the Dnieper River.

Currently, in the many of environmental projects aimed at studying and solving the problem of river eutrophication, traditional methods of mathematical modeling are used: the nutrient load model [3], the ecological model of phytoplankton [4; 5], the dynamic model [6–8] and others.

The construction of such models is carried out on the data obtained basis by direct sampling of water at specialized observation stations and at other selected places (points) of river. The impossibility of simultane-

ous measurement of the studied indicators of the entire points set on a large area of the river leads to the problem of the accuracy of monitoring, further calculations, generalizations and, accordingly, decision making. The use of efficient satellite and computer automation tools for assessing the ecological status of water resources, along with traditional methods of environmental monitoring, will help improve the accuracy of monitoring and the implementation of priority areas of environmental management activities of the Ukraine Government, in particular, improving the ecological status of the Dnieper River, which share about 80% [9].

Research relevance is the need in introduce automated methods to improve the evaluation accuracy of the condition and spatial-temporal tendency eutrophication of the Dnieper coastal areas within the city of Kyiv, that will contribute to the realization of tasks the International program of Global Climate Observing System (GCOS), in particular, of the implementation activities of automation methods and improving the water condition resources assessment accuracy.

Relation of author's rework with important scientific and practical tasks. The study results, disclosed in the article, reflect the current trend in the Dnieper River eutrophication, as well as expanding representation of possibilities of using satellite and computer automation tools to improve the accuracy of estimating the trophic state and to study other rivers. The complexly use traditional method fluorescence and modern satellite facilities with computer software Arc GIS 10.4.1 contributes not only to solving the accuracy of the trophic state assessment of the rivers studied, but also to implement the state concept of the national ecological Ukraine policy for the period up to 2020. In particular, this can contribute to improving the efficiency of environmental activities, which includes not only the implementation of relevant event, but also the use of effective methods for automating the assessment of the water resources ecological status of rivers.

Analysis of recent research and publications. Analysis of the recent studies results and publications showed, that increasing the intensity of eutrophication water bodies is a global problem. The need to improve the water resources quality is emphasized in many scientific papers [10; 11], in particular Clarc at. al. [12] brings examples of the documented deterioration of water quality in water bodies on every continent such as the Baltic Sea in Europe [13], Lake Victoria in Africa [14], Lake Taihu in Asia [15], Lake Erie in North America [16], Murray River in Australia [17], several reservoirs in South America [18], and even Antarctica [19]. This problem is also current for the Dnieper river reservoirs [20]. The solution of this problem largely depends on the measured data accuracy, therefore, to improve for accuracy of predicting the chlorophyll *a* (Chl-*a*) in water concentration, it is offered mandatory to build models [21] based on the integrated use a not only of laboratory data, but also satellite data. Such an approach will contribute to solving the tasks of the Global Climate Observing System, in particular, unlocking the using potential of satellite facilities to improve for monitoring water resources accuracy [22].

Highlight of the earlier unresolved parts of the general problem, to which the article is devoted. One from urgent problems Dnieper River ecological status of the within Kyiv is the deterioration of water quality due to an increase in the number of blue-green algae. The solution to this problem, usually, provides for mandatory monitoring of the chlorophyll concentration in water. When using only traditional fluorometry method with direct water sampling in separate selected river points, the problem of the measured data accuracy and distribution of this sample values to entire river points set remains unresolved, which reduces the evaluations' accuracy trophic state of the river accordingly.

Based from above, the purpose of this work was to identify the trend of spatio-temporal eutrophication of the Dnieper River coastal sections within of the city Kyiv using the fluorometry traditional method, as well as the satellite channel Landsat 8 and the application program ArcGis 10.4.1.

Researches originality lies in the integrated application methods of fluorometry, computerized facilities of ArcGis 10.4.1 and the satellite channel Landsat 8 to improve the evaluation accuracy of the condition and spatial-temporal tendency of the Dnieper river eutrophication within of the city Kyiv, with order of assistances the strategies development for the restoration of water resources in conditions of increasing anthropogenic load.

Methodological or general scientific value. The methodological or general scientific value consists in disclosing the advantages of the simultaneous integrated use of satellite channel Landsat 8 facilities, geographic information systems and the traditional of fluorimeter method for evaluating the Dnieper River eutrophication within of the city Kyiv. The active use of traditional and modern satellite channel facilities and ArcGIS tools will contribute to improving the environmental monitoring system, improving the accuracy of assessing the trophic condition of river water resources in industrial cities, as well as integrating EU environmental requirements into the state environmental policy of Ukraine.

Materials and methods. In the within city of Kiev, during April – October 2016–2017, the eutrophication of the Dnieper river was investigated from indicator of the biomass of blue-green and green algae in the surface layer of the aquatic environment. Quantitative values of the algae biomass were determined by two methods from the concentration of Chl-*a* in water. In the first method, as in our other experiments [23; 24], a "SpectroVis Plus" fluorometer (Vernier, USA) was used with such a sequence of actions. Water samples were taken at arbitrarily selected points (with GPS coordinates fixation) at a distance of 0,5–5,0 m from the coast and filtered with a vacuum pump in a vacuum of 45 GPa.

With the target of prevent Chl-*a* destruction, before filtering of solution, the filters were treated with a suspension of $MgCO_3$, prepared by adding 1g of milled $MgCO_3$ to 100 ml of distilled water. To extract the pigments, the filter with the precipitate was placed in a glass test tube, filled with 90% acetone solution to a volume of 10 ml and kept for 10–15 minutes in the dark at a temperature of +21°C. Thereafter, the extract was centrifuged for 10 minutes at 4000 rpm. The resulting clear extract was poured into fluorometry cuvettes. The optical density of the chlorophyll extract and control solution (90% acetone) in the cuvettes was measured with a fluorometer at wavelengths of 430, 664, 647, 630 nm [25]. Based on the optical density measured values of extract, the Chl-*a* concentration was calculated by the formula [26]:

$$\text{Chl-}a = 11.85(\text{OD } 664) - 1.54(\text{OD } 647) - 0.08(\text{OD } 630).$$

In the second method, with tools of "Landsat 8" satellite channel United State Geological Survey (USGS) obtained multispectral cartographic digitized images of the studied river sites. From the aggregate of the obtained graphic files only formats were used, in which the pixels' color hues are capable of displaying the Chl-*a* concentration at each point studied. These are files with the spectra "Green (B3)" and "NIR (B5)", based on which, using a tool "Raster Calculator" in program

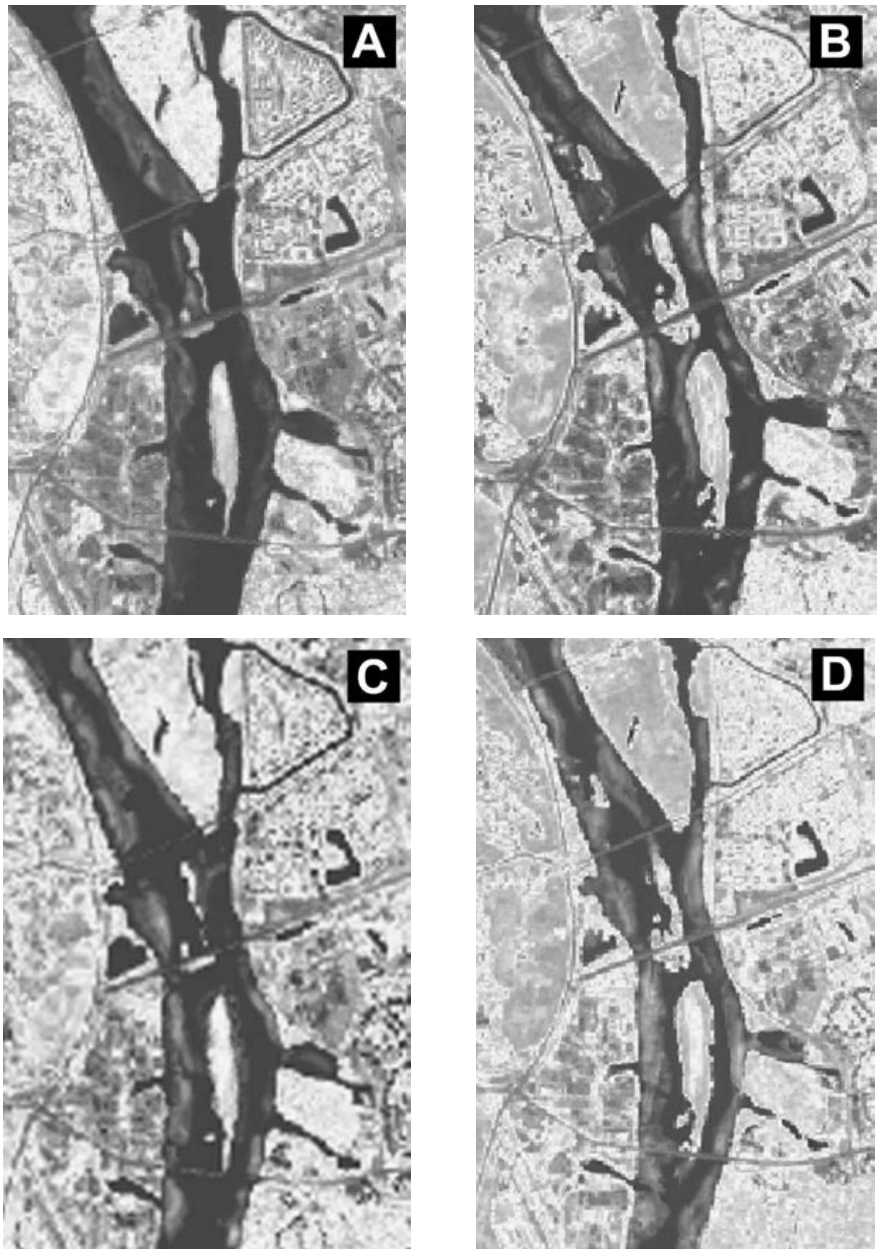


Fig. 1. Changes in TSI Chl-a on the surface of the Dnieper River within the city of Kyiv: A, B – in April, August (2017) C, D – in April, August (2018) (used thermographic images from Landsat 8 satellite channel, USGS)

ArcGIS 10.4.1 was calculated for each pixel the values Normalized Difference Water Index (NDWI) [27]:

$$NDWI = (Green – NIR) / (Green + NIR).$$

The pixel index NDWI values calculated of the were stored for subsequent analysis in tabular form in an electronic database.

Based on the data, obtained by the two methods mentioned above, the type of Dnieper river trophic state within the city of Kyiv was determined. Eutrophication was assessed with using threshold values, which was determined for trophical states index (TSI) by Carlson for water objects. For this used the formula [28]:

$$TSI\ Chl\text{-}a = 10\ (6 – ((2{,}04 – (0{,}68 \ln (Chl\text{-}a)) / \lg 2)),$$

compared them with the TSI scale [28]. On this scale, the trophic condition was considered oligotrophic, with concentration < 2 μg/L, mesotrophic from 2 to 7μg/L, eutrophic from 7 to 30μg/L, hypertrotrophic at >30 μg/L.

The pigment index (PI) calculated by the formula [25]:

$$PI = OD\ 430 / OD\ 664.$$

Statistical indicators were processed using Statistica 12.0.

Statement of the main material. The indicator role of phytoplankton is determined not only by the presence or absence of certain species in the reservoir, but also by the indicators of their quantitative development. The identification of phytoplankton quantitative indicators allows us to predict its development and possible tendency trophic state of water body. Among the methods of obtaining quantitative phytoplankton indicators, the greatest interest determination volume of pigments in him. The main for quantitative content in phytoplankton cells and the most the best indicator him of photosynthetic activity considering Chl-*a*, since it is a component of all plant cells, in unlike to chlorophylls b and c. According values pigment index it is possible to determine the phytoplankton aging intensity and the level of reservoir pollution [25].

In our study, for the period 2017–2018 from April to September, significant differences were found in the dynamics of TSI Chl-*a* in the Dnieper River. In particular, the minimum values of this indicator, respectively, 1,81 and 2,49 μg/L were recorded in the spring, when the flow river speed was increased due to the inflow of significant volumes of water as a snow melting result. The maximum values of the indicator, respectively, 64,17 and 76,34 μg/L, covered August, when the flow river speed and water level in the river decreased.

A similar pattern of increasing the TSI Chl-*a* in the summer period was also found earlier in the res-

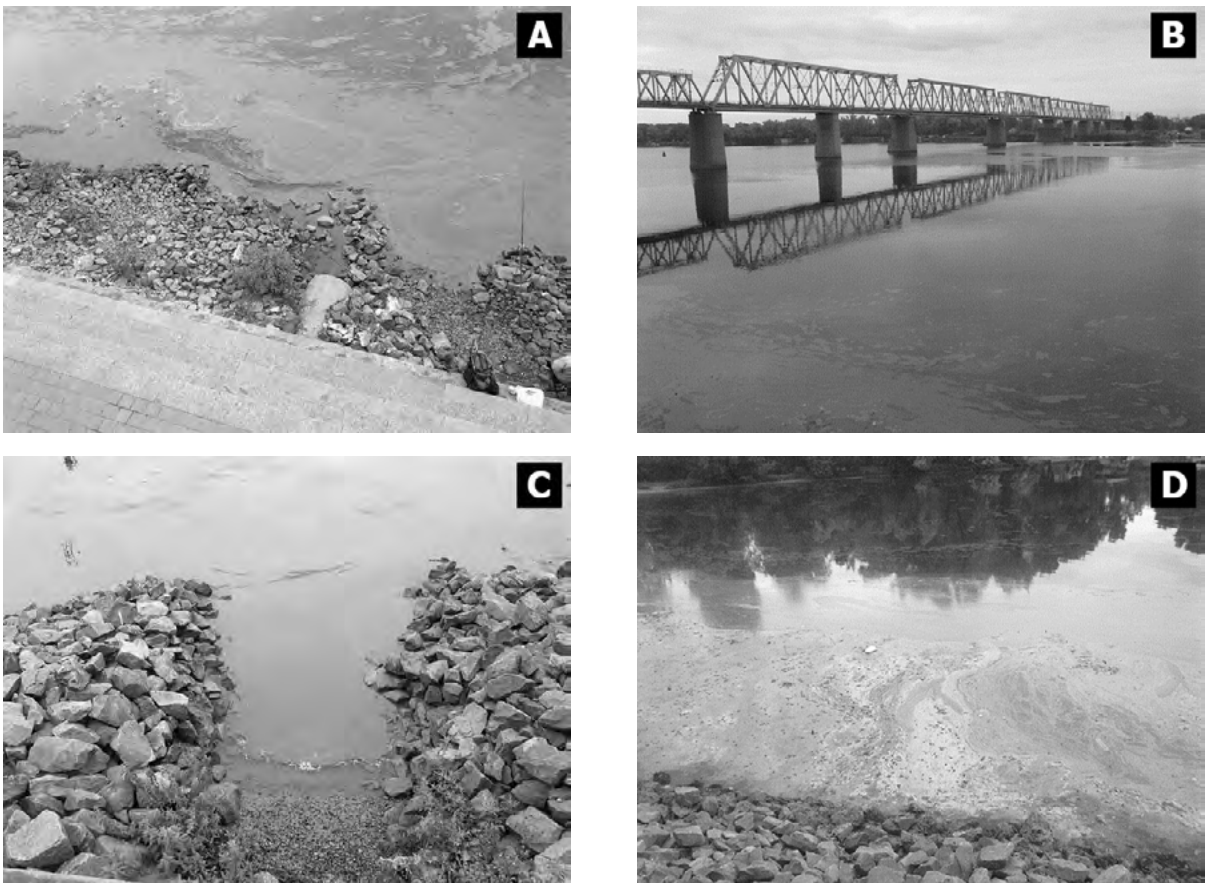


Fig. 2. View of water surface at individual points of wastewater discharge into the Dnieper River within the city of Kyiv: A, B – in August (2017) C, D – in August (2018)

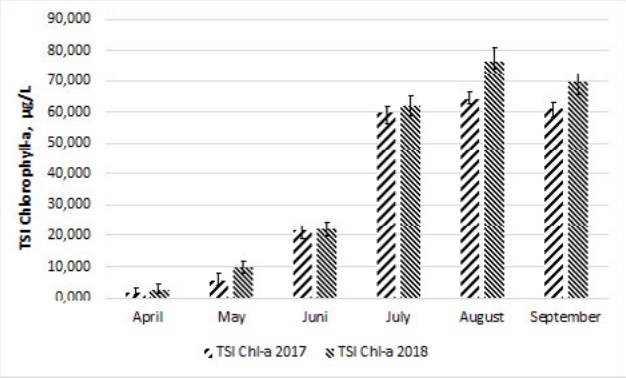


Fig. 3. The TSI Chl-a indicator dynamics in the surface layer of the Dnieper River within the city of Kiev during 2017–2018 (used "SpectroVis Plus" fluorometer, Vernier, USA)

ervoirs of the Dnieper cascade, in particular, in the work of Pichura [20] it was shown that the maximum values of this indicator occurred in August and changed within the Kyiv reservoir 1,0–15,1 µg/dm^3, Kanevsky 0,2–17,3 µg/dm^3, Kremenchug 0,5–31,7 µg/dm^3, Dneprodzerzhinsky 0,5–17,5 µg/dm^3, Dniprovsky 0,5–18,2 µg/dm^3 and Kakhovsky 0,4–17,4 µg/dm^3. Based on the available data, an increase in Chl-*a* concentration in the summer period can be considered characteristic for the Dnieper River. In this regard, the assumption of the relationship the TSI Chl-*a* is to the temperature and water pollution intensity may be true.

The results of our study showed that the flowering maximum intensity of the water surface in the Dnieper River within Kyiv was in August (Fig. 1). This was particularly especially manifested in the 25-meter coastal zone, where under conditions of exposure to elevated air temperature, the water warmed up more compared to the deep-sea areas.

In particular, during the years 2017–2018, in August, TSI Chl-*a* in shallow and stagnant water sampling sites from the Dnieper River (Fig. 2) was 1,3 and 1,6 times higher, respectively, compared to non-stagnant areas, where the temperature of the surface water layer was below. Within the sites where industrial wastewater was discharged into the Dnieper River in 2017, TSI Chl-*a* averaged 78,47 µg/L, and in 2018 this index reached 96,92 µg/L, which is 26,9% higher compared to areas remote from them (Fig. 3).

A Revealed significant increase of TSI Chl-a in places of industrial wastewater discharge during 2017 (Fig. 2A, B) and 2018 (Fig. 2 C, D) in the Dnieper River, compared to places remote from them, indicates the presence of links between increasing the intensity of water pollution and the nutrients' accumulation in water.

The pigment index like TSI Chl-a, also changed, the average value of which in 2018 was 8,1% higher than the previous year.

The measuring TSI Chl-*a* in the Dnieper within the city of Kyiv showed that the satellite images data differed slightly from indicators obtained by the fluorometer directly, as indicated by the calculated correlation coefficient of 0,87 ($p \leq 0,05$).

Conclusions. Based on the results of the study, we believe, that there are no enough convincing facts, that indicate the catastrophic state of the Dnieper River, however, the tendency of increasing Chl-a concentration in water detected, within boundaries of Kyiv can in a short time may result to a significant acceleration of the river eutrophication. The integrated use of ground-based measuring instruments and satellite channels in ecological studies will help improve the monitoring accuracy the trophic status of the Dnieper River, the effectiveness of decision-making, aimed at preventing deterioration of water quality, and will also contribute solution tasks of the International Program of Global Climate Observing System in particular, of ensure methods for assessing threats to aquatic ecosystems.

Prospects of using research results. We believe, that the study results can be used to create environmental projects aimed at improving the condition of the Dnieper River, as well as to improve the accuracy of monitoring eutrophication and other natural water objects of Ukraine. The integrated use of the ArcGIS 10.4.1 computer program and the Landsat 8 satellite channel allows remotely identifying tendency and patterns in the trophic development of water bodies not only within the city of Kiev, but also in any other region of Ukraine, which is actual for hard-to-reach areas, especially which where are the fighting action. In addition, the computerized GIS tools active use in practice will contribute to the improvement of nationwide strategies for the development of environmental reforms and solving the tasks of the International climate observation program of Global Climate Observing System.

References

1. Schindler D.W., Vallentyne J.R. The algal bowl: overfertilization of the world's freshwaters and estuaries. Edmonton, Canada : University of Alberta Press, 2008. 334 p.
2. Atmospheric carbon dioxide: its role in maintaining phytoplankton standing crops / D.W. Schindler, G.J. Brunskill, S. Emerson et al. Science. 1972. Vol. 177. № 4055. P. 1192–1194.
3. Smith V.H., Schindler D.W. Eutrophication science: where do we go from here? Trends in ecology & evolution. 2009. Vol. 24. № 4. P. 201–207.
4. Franks P.J.S. NPZ models of plankton dynamics: their construction, coupling to physics, and application. Journal of Oceanography. 2002. Vol. 58. № 2. P. 379–387.
5. Chen Q., Mynett A.E. Integration of data mining techniques and heuristic knowledge in fuzzy logic modelling of eutrophication in Taihu Lake. Ecological Modelling. 2003. Vol. 162. № 1–2. P. 55–67.
6. Re-eutrophication of Lake Erie: correlations between tributary nutrient loads and phytoplankton biomass / D.D. Kane, J.D. Conroy, R. Peter Richards et al. Journal of Great Lakes Research. 2014. Vol. 40. № 3. P. 496–501.
7. Jorgensen S.E. Structural dynamic model. Ecological Modelling. 1986. Vol. 31. № 1–4. P. 1–9.
8. Study on mechanism experiments and evaluation methods for water eutrophication / J. Yu, Z. Wang, X. Wang et al. Journal of Chemistry. 2017. Vol. 2017. P. 1–7.
9. Мультидисциплінарний аналіз аерокосмічної і наземної інформації при оцінці стану водних екосистем на основі методів системного аналізу / О.Д. Федоровський, А.В. Хижняк, О.В. Томченко та ін. Український журнал дистанційного зондування Землі. 2015. № 7. С. 27–42.
10. A novel earth observation based ecological indicator for cyanobacterial blooms / S. Anttila, V. Fleming-Lehtinen, J. Attila et al. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. 2018. Vol. 64. June. P. 145–155.
11. Relationships among nutrients, chlorophyll-, and dissolved oxygen in agricultural streams in Illinois / A.M. Morgan, T.V. Royer, M.B. David, L.E. Gentry. Journal of Environment Quality. 2006. Vol. 35. № 4. P. 1110.
12. Satellite monitoring of cyanobacterial harmful algal bloom frequency in recreational waters and drinking water sources / J.M. Clark, B.A. Schaeffer, J.A. Darling et al. Ecological Indicators. 2017. Vol. 80. № 4. P. 84–95.
13. Kahru M., Savchuk O., Elmgren R. Satellite measurements of cyanobacterial bloom frequency in the Baltic Sea: interannual and spatial variability. Marine Ecology Progress Series. 2007. Vol. 343. P. 15–23.
14. History and timing of human impact on Lake Victoria, East Africa / D. Verschuren, T.C. Johnson, H.J. Kling et al. Proceedings of the Royal Society. B: Biological Sciences. 2002. Vol. 269. № 1488. P. 289–294.
15. Two-decade reconstruction of algal blooms in China's Lake Taihu / H. Duan, R. Ma, X. Xu et al. Environmental Science & Technology. 2009. Vol. 43. № 10. P. 3522–3528.
16. Interannual variability of cyanobacterial blooms in Lake Erie / R.P. Stumpf, T.T. Wynne, D.B. Baker, G.L. Fahnenstiel. PLoS ONE. 2012. Vol. 7. № 8. P. 11.
17. Community composition, toxigenicity, and environmental conditions during a cyanobacterial bloom occurring along 1,100 kilometers of the Murray River / J. Al-Tebrineh, C. Merrick, D. Ryan et al. Applied and Environmental Microbiology. 2012. Vol. 78. № 1. P. 263–272.
18. Microcystins in south American aquatic ecosystems: occurrence, toxicity and toxicological assays / F.A. Dörr, E. Pinto, R.M. Soares, S.M. Feliciano de Oliveira e Azevedo. Toxicon. 2010. Vol. 56. № 7. P. 1247–1256.
19. Toxin production in cyanobacterial mats from ponds on the Mcmurdo Ice Shelf, Antarctica / B.C. Hitzfeld, C.S. Lampert, N. Spaeth et al. Toxicon. 2000. Vol. 38. № 12. P. 1731–1748.
20. Пічура В.І. Просторово-часові тенденції зміни трофічного стану водосховищ річки Дніпро. Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. 2016. Вип. 4(76). С. 3–21.
21. Modeling chlorophyll-a and dissolved oxygen concentration in tropical floodplain lakes (Paraná River, Brazil) / R.R.A. Rocha, S.M. Thomaz, P. Carvalho et al. Brazilian Journal of Biology: Revista brasleira de biologia. 2009. Vol. 69. № 2 Suppl. P. 491–500.
22. Petteri Taalas. The global observing system for climate: implementation needs gcos-200. Ecuador, 2016. 250 p.
23. Lapyga I. Condition photosynthetic apparatus of Acer platanoides L. and Acer tataricum L. on the territory of sanitary-protective zone's "Kovalska RCS" in the city of Kyiv. Brno : Baltija Publishing, 2018. 110 p.
24. Lichman V.P., Lapyga I.V. Status of photosynthetic apparatus Prunus Armeniaca l. at changes of lights intensity on the territories whith higest buldings in the city of Kyiv. Суми : ФОП Цьома С.П., 2018. 150 с.
25. Абакумов В.А. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. Ленинград : Гидрометеоиздат, 1983. 239 с.
26. Selecting the best band ratio to estimate chlorophyll-a concentration in a tropical freshwater lake using sentinel 2a images from a case study of Lake Ba Be (Northern Vietnam) / N.T.T. Ha, N.T.P. Thao, K. Koike et al. ISPRS International Journal of Geo-Information. 2017. Vol. 6. № 9. P. 290.
27. Water feature extraction and change detection using multitemporal landsat imagery / K. Rokni, A. Ahmad, A. Selamat, S. Hazini. Remote Sensing. 2014. Vol. 6. № 5. P. 4173–4189.
28. Herger L.G., Leinenbach P.T., Hayslip G.A. Ecological condition of lakes in Idaho, Oregon, and Washingtons. Seattle, Washington, USA : U.S. Environmental Protection Agency, Region 10, 2011. 66 p.

УДК 556.06:504.05
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-1-24-1-17

ФОРМУВАННЯ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОГО РЕЖИМУ ПІДЗЕМНИХ ВОД У ЗОНІ ВПЛИВУ РОЗРОБЛЕННЯ РОДОВИЩА ВАПНЯКІВ

Загриценко А.М.
Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»
пр. Дмитра Яворницького, 19, 49005, м. Дніпро
alinanik@bigmir.net

Наведено результати оцінки змін складників водного балансу в зоні впливу гірничих робіт, що виконана шляхом створення двошарової геофільтраційної моделі з врахуванням природних і техногенних факторів формування гідродинамічного режиму підземних вод. Визначено критичні величини водовідбору для періоду маловодних і повноводних років. *Ключові слова:* математичне моделювання, фільтраційні та ємнісні параметри, інфільтрація, верховодка.

Формирование природно-техногенного режима подземных вод в зоне влияния разработки месторождения известняков. Загриценко А.Н. Приведены результаты оценки изменений составляющих водного баланса в зоне влияния горных работ, выполненной с помощью создания двухслойной геофильтрационной модели с учетом природных и техногенных факторов формирования гидродинамического режима подземных вод. Определены критические величины водоотбора для периода маловодных и полноводных лет. *Ключевые слова:* математическое моделирование, фильтрационные и емкостные параметры, инфильтрация, верховодка.

Formation of the natural and man-made groundwater regime in the influence zone of the limestone deposit mining. Zahrytsenko A. The results of the assessment of changes in the components of water balance in the influence zone of mining, performed by creating the two-layer groundwater flow model taking into account the natural and man-made factors of the groundwater regime formation are given. The critical values of groundwater extraction for the period of low and high water years are determined. *Key words*: mathematical modeling, hydraulic permeability, storage, infiltration, perched aquifer.

Постановка проблеми, актуальність, аналіз останніх досліджень і публікацій. Україна є другою за площею території держава в Європі, що володіє досить обмеженими водними ресурсами, які формуються переважно завдяки транзитному (75%) і місцевому (відповідно 25%) стоку. За запасами місцевих водних ресурсів належить до малозабезпечених регіонів, де на одного жителя припадає близько 1 000 м^3 води на рік, тоді як у Швеції та Німеччині – 2 500, Франції – 3 500, Великої Британії – 5 000, Європейській частині Росії – 5 900 м^3 .

Актуальність проблеми забезпеченості водними ресурсами зростає в умовах кліматичних змін і під впливом антропогенних факторів різного масштабу. Одним із наймасштабніших джерел впливу є діяльність гірничо-промислових підприємств, що пов'язана з геофільтрацією в зоні гравітаційно навантажених ділянок хвостосховищ і відвалів гірських порід [1], забрудненням поверхневих і підземних вод [2], а також значним виснаженням підземних вод внаслідок осушення шахт і кар'єрів [3].

Оцінки впливу відкритих гірничих робіт на навколишнє середовище поділяють на дві групи [4]: економічні та ресурсні. Економічні критерії ґрунтуються переважно на врахуванні збитку, завданого навколишньому середовищу, а ресурсні – на кількості відходів виробництва та обсягів споживання природних ресурсів. Застосовується також бальна оцінка забруднення районів, які прилягають до місць розроблення корисних копалин.

Складність достовірної оцінки впливу відкритих гірничих робіт на навколишнє середовище полягає у врахуванні великої кількості чинників. Ранжування їх за ступенем і масштабом негативного впливу дасть змогу правильно вибрати шляхи для зменшення техногенного навантаження та заходи раціонального водокористування. Тому метою дослідження є кількісна оцінка змін гідродинамічного режиму високих терас із вапняковими покладами в зоні впливу кар'єру методом математичного моделювання геофільтрації. Останній дає змогу врахувати як особливості природних умов (геолого-гідрогеологічні, кліматичні), так і чинники антропогенного характеру.

Виклад основного матеріалу. Ріст дефіциту підземних вод, що використовується для господарсько-питних цілей, спостерігається в селищі Новосілка Тернопільської області, де ведеться інтенсивне розроблення родовища вапняків (рис. 1, а). Проте родовище згідно з гідрогеологічною класифікацією розташоване в межирічному масиві гірських порід із відносно високими абсолютними позначками, вищими за місцевий базис ерозії та під час його

а) *б)*

Рис. 1. Оглядова карта району досліджень (а) та її апроксимація сіткою (б): 1–4 контрольні водопункти в першому розрахунковому шарі, свред. 1, 2 – свердловини, пробурені на другий водоносний горизонт, 1–1 – лінія розрізу)*

розробленні кар'єром не має водопритоків, а, відповідно, і ускладнень, пов'язаних із водовідведенням.

Ґрунтові ж води алювіально-делювіального водоносного горизонту, розвинені в долині р. Кирилівка, живляться завдяки інфільтрації атмосферних опадів і сніготалих вод, кількість яких має сезонну і багаторічну циклічність.

Оцінка змін складників водного балансу району досліджень виконана за допомогою створення двошарової геофільтраційної моделі, де відображені природні та техногенні фактори формування гідродинамічного режиму підземних вод, а саме інфільтрація атмосферних опадів, гірничі роботи та водовідбір.

В основі моделювання геофільтраційних процесів покладено кінцево-різницеву апроксимацію потоку в просторі і часі, за якого безперервне фільтраційне поле замінюється фіктивною сітковою ділянкою, що характеризується величинами напорів у всіх вузлових точках сітки на ряд моментів часу.

Тому реальне фільтраційне поле площею 3000×2000 м (рис. 1, а), що включає селище Новосілку та кар'єр вапняків, апроксимується сіткою розміром 60×40 блоків із шагом 50 м (рис. 1, б).

У вертикальному перетині область фільтрації схематизована двошаровою водоносною товщею (рис. 2), де перший розрахунковий шар відображує таке:

– водоносний горизонт алювіальних та еолово-делювіальних відкладів заплави р. Кирилівка, що літологічно представлений суглинками (*Qal-dl*);

– водоносний горизонт вапняків із прошарками глин неогенової системи баденського ярусу, майже не обводнений (N_1b);

– локально поширені ґрунтові води верховодки в четвертинних суглинках вододільної ділянки (*Q*).

Другий шар моделі – це напірний водоносний горизонт силурійських вапняків і доломітів лудловського ярусу (S_2ld) з прошарками аргілітів, мергелів.

Водоносні горизонти мають гідравлічний зв'язок через розділяючий слабопроникний шар невивітрилих вапняків.

Для створення масивів вихідної інформації використані карти гіпсометрії поверхні землі, дані буріння гідрогеологічних свердловин, регіональні гідрогеологічні карти, геологічні і гідрогеологічні розрізи, дані щодо фільтраційних параметрів водоносних товщ, відомості щодо натурного обстеження водопунктів, величини інфільтраційного живлення та ініт.

Вхідні значення коефіцієнтів фільтрації, гравітаційної та пружної водовіддачі силурійської водоносної товщі приймались за результатами дослідно-фільтраційних відкачок і роботи водозаборів, четвертинного – за опублікованими даними.

Фільтраційні та ємнісні параметри водоносних товщ, а також параметри перетікання коригувались у процесі вирішення обернених ідентифікаційних завдань.

Вирішення *обернених* завдань являє собою послідовний багатоваріантний ряд розрахунків у стаціонарній і нестаціонарній постановці, де оцінюється вплив на рівневий режим підземних вод змін коефіцієнта фільтрації порід, водовіддачі, інфільтраційного живлення, параметра взаємозв'язку суміжних водоносних горизонтів, гідродинамічної недосконалості водотоків та інше. За результатами факторно-діапазонного аналізу обґрунтовуються масиви вхідних даних, що дає змогу збалансувати модель та отримати положення рівня, близьке до фактичного. Контрольними даними під час вирішення завдань ідентифікації є результати дослідно-фільтраційних робіт і режимних спостережень.

На моделі відтворений квазістаціонарний режим фільтрації, а об'ємні рівневі поверхні підземних вод відображені на рисунку 3.

Варто зазначити, що у виділеному горизонті неогенових відкладів (див. рис. 3) в зоні впливу кар'єра

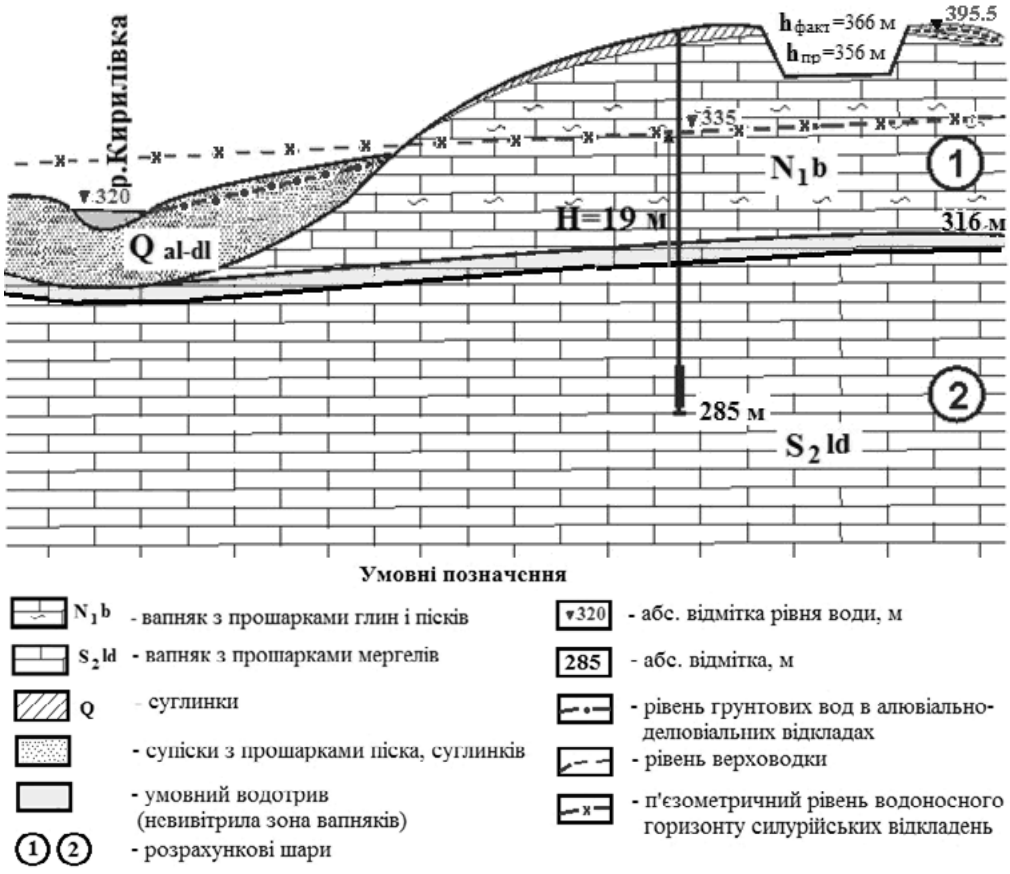


Рис. 2. Схематичний розріз моделі

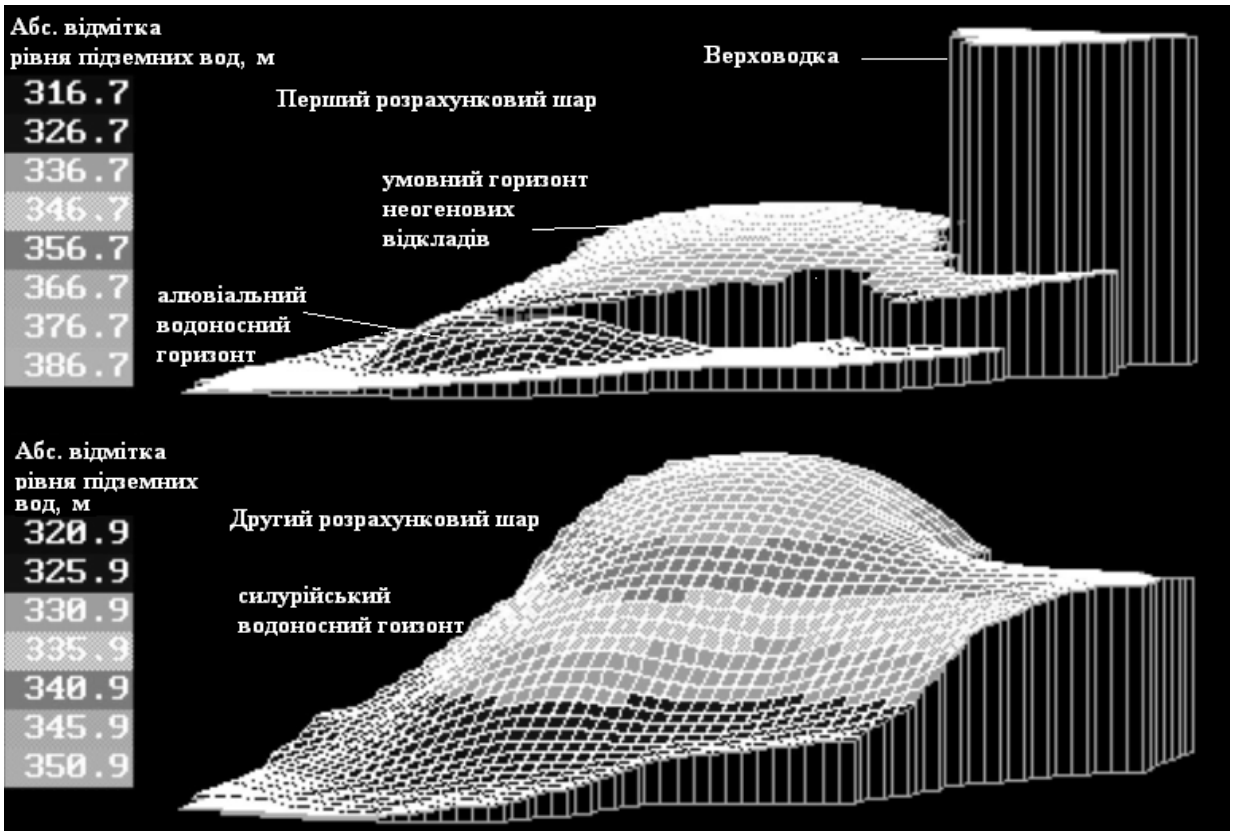


Рис. 3. Двошарова фільтраційна модель

формується купол підземних вод через додаткове живлення й інфільтрацію з кар'єру атмосферних опадів, бо кар'єр є зоною їх зосередженого накопичення.

Контрольними даними щодо положення рівня води в алювіально-делювіальному водоносному горизонті, що використовується для водопостачання, є точки спостереження 1…3 (рис. 1). Фактичний рівень води у верховодці зафіксований в точці 4 (каплиця). Результати співставлення рівня на моделі і фактичні наведені в таблиці 1.

Фільтраційні та ємнісні параметри першого водоносного комплексу і силурійського водоносного горизонту, а також розділяючих шарів коригувались під час відтворення на моделі динаміки відкачок зі свердловин 1 і 2. Відповідно до цього параметри водоносних горизонтів мають такі значення (табл. 2).

За вказаних параметрів гідродинамічна модель території досліджень збалансована в її гідродинамічних межах (табл. 3).

Етап калібрування та ідентифікації моделі за положенням рівня підземних вод і динамікою пробних відкачок завершений із похибкою в балансі моделі 0,03–0,005%, в положенні рівня 0,5–2,5 м (0,15–0,8%), що дає змогу перейти до виконання прогнозних розрахунків.

Введення в експлуатацію кар'єра та розроблення родовища вапняків на моделі відтворено зниженням абсолютних відміток поверхні землі відповідно до плану ведення гірничих робіт. Фактична відмітка дна кар'єра $h_{факт}$ = 366 м, максимальна проектна $h_{пр}$ = 356м, що вище залягання рівня підземних вод. Тому на моделі виїмка гірських порід призводить до зменшення повних напружень у мінеральному скелеті неогенових і силурійських вапняків. Проте для тріщинуватих порід це позначається у зниженні рівня підземних вод силурійських відкладень до 0,1 м. Порівняно із сезонними коливаннями (1,5–2 м) це значення не є режимоутворюючим.

Таблиця 1

Контрольні точки спостереження в першому розрахунковому шарі

Точка спостереження	Абсолютна відмітка рівня води на 23 квітня 2017 р., м		
	фактична	на моделі	похибка, м (%)
1	323,0	322,0	1,0 (0,3%)
2	325,0	327,5	2,5 (0,8%)
3	323,5	323,0	0,5 (0,15%)
4	395,6	395,0	0,6 (0,15%)

Таблиця 2

Фільтраційні та ємнісні параметри водоносних горизонтів

Фільтраційні та ємнісні параметри	1 розрахунковий шар			2 розрахунковий шар (S_2ld)
	al-dl	N_1b	*Q*	
коефіцієнт фільтрації (k), м/доб	1	0,001	0,1	0,0034 - 0,026
гравітаційна водовіддача (μ)	0,1	0,001	0,1	0,001
пружна водовіддача (μ)	10^{-3}			10^{-5}

Таблиця 3

Баланс підземних вод моделі на період до 2017 року

Прибуткові елементи балансу, м³/доб		Витратні елементи балансу, м³/доб	
Розрахунковий шар 1			
Інфільтраційне живлення завдяки атмосферним опадам	152,8	Розвантаження в річку	146,4
		Випаровування	0,95
Приток на зовнішньому контурі	137,6	Перетік через підошву	53,5
Перетік через підошву	14,4	Розподілений водовідбір	109,9
Ємнісний складник	34,9,1	Ємнісний складник	28,79
Разом:	**339,7**	**Разом:**	**339,6**
Нев'язка балансу,%	**0,005**		
Розрахунковий шар 2			
Приток на зовнішньому контурі	70,8	Розвантаження на зовнішньому контурі	0,06
Приток через покрівлю	53,5	Перетік через покрівлю	14,4
Ємнісний складник	0,03	Витрати свердловин	110
		Ємнісний складник	0
Разом:	**124,33**	**Разом:**	**124,46**
Нев'язка балансу,%	**0,03**		

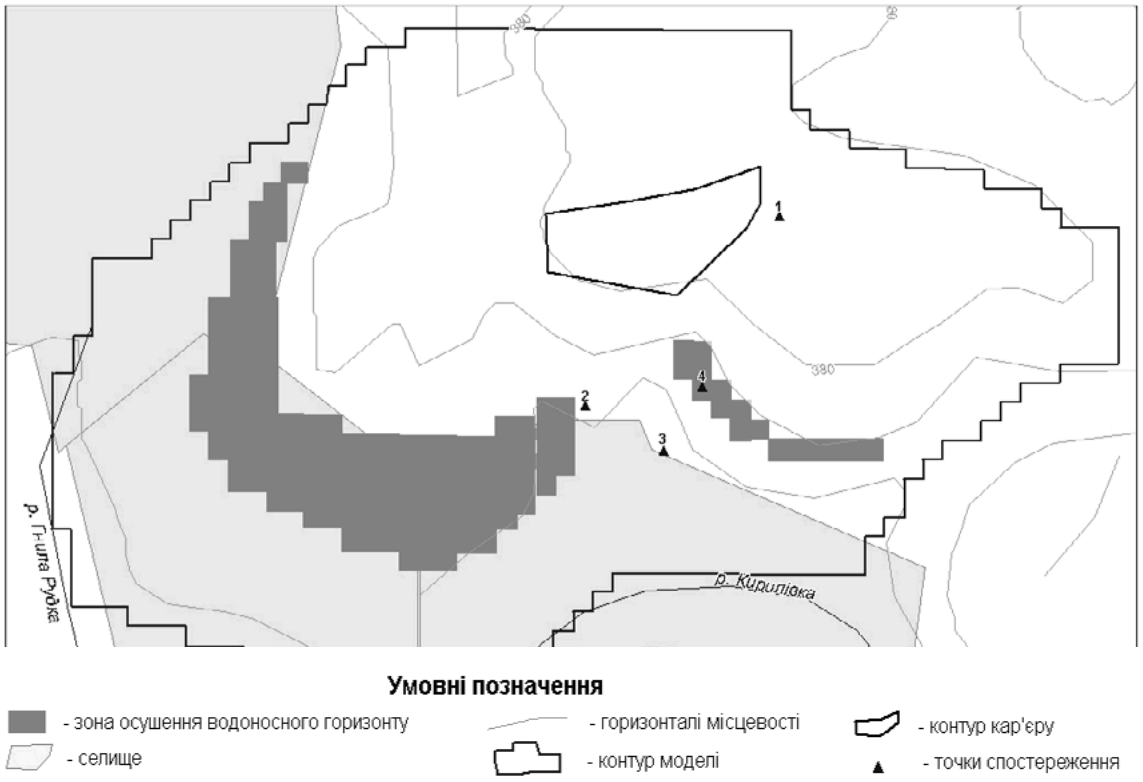


Рис. 4. Площа осушення водоносного горизонту в маловодний рік

Основне живлення алювіально-делювіального водоносного горизонту відбувається завдяки атмосферним опадам і перетоку із силурійського водоносного горизонту (табл. 3). Основним від'ємним складником балансу є водовідбір із колодязів (перший шар) та експлуатація свердловин (другий шар).

Тому *прогнозні завдання* орієнтовані на визначення оптимальної величини водовідбору в маловодний і повноводний роки, оскільки кількість атмосферних опадів і сніготалих вод має сезонну та багаторічну циклічність.

Для маловодного року з величиною опадів 450–500 мм/рік водовідбір з алювіально-делювіального водоносного горизонту в кількості більш ніж 25 м^3/доб є критичним, перебільшення якого призводить до осушення водоносного горизонту (рис. 4). Складники балансу цього періоду наведено в таблиці 4.

Сумарний водовідбір із витратою 110 м^3/доб максимально припустимий у повноводний рік із величиною атмосферних опадів близько 700–750 мм/рік.

Оскільки в останні роки спостерігається загальна тенденція до зниження кількості атмосферних опадів, особливо в літній період, коли водоспоживання максимальне, то нестачу водних ресурсів треба пов'язувати саме з цією причиною.

Запаси підземних вод верховодки (точка спостереження 4), що має локальне і спорадичне поширення, цілком залежать від зовнішнього живлення атмосферними опадами й талими водами. Тому може спостерігатися закономірне коливання рівня до 1,5–2,5 м залежно від сезону року. Води верховодки не можуть використовуватися для систематичного водовідбору, а їх витрата в кількості більш ніж 10 м^3/доб призведе до осушення.

Вплив кар'єрау і дренування підземних вод верховодки може бути лише у разі просування фронту відкритих гірничих робіт у східному напрямі, що за проектом розвитку не передбачено.

Головні висновки. За результатами досліджень встановлено, що розроблення родовища вапняків, розташованого в межиріччі з абсолютними позначками вищими за місцевий базис ерозії, впливає на зменшення повних напружень у мінеральному скелеті неогенових і силурійських відкладень і проявляється у зниженні рівня до 0,1 м, отже, не є режимоутворюючим у формуванні техногенного режиму підземних вод. Тобто головним фактором, що визначає дефіцит підземних вод, є зростаюча потреба у водовідборі для водопостачання та сезонна й багаторічна циклічність опадів і сніготалих вод.

У природних коливаннях рівнів і витрат є тенденція до чергування серій маловодних і багатоводних років. Перехід від періодів із низькою водністю до років із високою водністю протікає більш повільно в підземних водах і розтягується на роки. На це явище треба зважати під час планування раціональних форм експлуатації підземних вод.

Література

1. Тимощук В.И., Шерстюк Е.А. Закономерности геофильтрации в зоне гравитационно нагруженных участков хвостохранилищ и отвалов горных пород. *Науковий вісник Національного гірничого університету*. 2012. № 4. С. 30–36.
2. Sadovenko, I., Zagrytsenko, A., Podvigina, O., Dereviagina, N. Assessment of environmental and technical risks in the process of mining on the basis of numerical simulation of geofiltration. *Mining of Mineral Deposits.* 2016. № 10(1). P. 37–43. URL: http://dx.doi.org/10.15407/mining10.01.037.
3. Загриценко А.Н. Параметрическая основа водорегулирования при ведении горных работ в сложных гидродинамических условиях Западного Донбасса. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: «Технічні науки»*. 2018. Т. 29 (68). № 1. Ч. 2. С. 122–128.
4. Просандєєв М.І., Козлова Л.М. Основні шляхи адаптації технологій відкритих гірничих робіт до вимог сталого розвитку суспільства. *Екологія і природокористування*. 2011. Вип. 14. С. 143–160.

УДК 504.064
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-1-24-1-18

ПЛАНУВАННЯ ІНТЕГРОВАНОГО УПРАВЛІННЯ БАСЕЙНОМ РІЧКИ СІВЕРСЬКИЙ ДОНЕЦЬ

Рацлав В.В.
Донбаська державна машинобудівна академія
вул. Академічна (Шкадінова), 72, 84313, м. Краматорськ
vvratslav@gmail.com

Здійснено статистичний аналіз проблем екологічного й економічного використання водних ресурсів Донбасу з метою поліпшення екологічної ситуації, зроблено спробу визначити можливість інтегрованого планування управління басейном річки Сіверський Донець, що сприятиме прийняттю екологічних та економічних зважених оперативних і стратегічних рішень, які призведуть до поліпшення екологічної ситуації в країні. *Ключові слова:* інтегроване управління, водні ресурси, водопостачання, водокористування, стічні води, водоресурс, антропогенне навантаження, водоресурсний потенціал України, геоінформаційні системи.

Планирование интегрированного управления бассейном реки Северский Донец. Рацлав В.В. Осуществлен статистический анализ проблем экологического и экономического использования водных ресурсов Донбасса с целью улучшения экологической ситуации, сделана попытка определить возможность интегрированного планирования системы управления бассейном Северского Донца, что будет способствовать принятию экологических и экономических взвешенных оперативных и стратегических решений, направленных на улучшение экологической ситуации в стране. *Ключевые слова:* интегральное управление, водные ресурсы, водоснабжение, водопользование, сточные воды, водоресурсы, антропогенная нагрузка, водоресурсный потенциал Украины, геоинформационные системы.

Planning the integrated management of the river Sivers'kyi Donets basin. Ratslav V. The statistic analysis of the problems of ecological and economic use of Donbas water resources with the aim of improving the ecological situation, was fulfilled; the attempt to define the possibilities of planning the integrated management of river Sivers'kyi Donets basin, was made. It would surely contribute to the adoption of ecologically and economically considered operative and strategic decisions and lead to the improvement of ecological situation in the country. *Key words:* integrated management, water resources, water supply, water use, sewage, anthropogenic loading, water-resourceful potential of Ukraine, geoinformative systems.

Постановка проблеми. Військовий конфлікт на Сході України призвів до низки небезпечних подій та наслідків:

– забруднення довкілля і впливів на ґрунти та ландшафти;

– погіршення стану поверхневих і підземних вод;

– надання шкоди рослинному і тваринному світу.

За час конфлікту неодноразово визначено порушення водопостачання та водовідведення на території Донбасу, які супроводжувались скидами забруднювальних речовин у басейни річок та водосховищ, що показали результати проведених досліджень Сіверсько-Донецьким басейновим управлінням водних ресурсів (далі – БУВР), які зафіксували підвищенні концентрації азоту й фосфору у воді річок Сіверський Донець, Клебан-Бик, Кальміус, Бахмутка і Кальміус [2; 12].

На замовлення Управління ООН із координації гуманітарних питань (далі – УКГП ООН) швейцарські фахівці провели польову оперативну експрес-оцінку небезпеки можливих аварій уздовж лінії зіткнення та комплексний аналіз стану діяльності компанії «Води Донбасу» і джерел ризику щодо водопостачання регіону [3; 23].

Сіверський Донець є головною водною артерією Сходу України, що забезпечує потреби у воді населення, сільське господарство та промисловий комплекс Луганської, Донецької та Харківської областей. Суббасейн Сіверського Дінця (згідно з прийнятим гідрографічним районуванням у межах країни) – це унікальна екологічна система, що характеризується складним водогосподарським комплексом зі значним різноманіттям ландшафтів на унікальній території, де розташований національний парк «Святі Гори», в якому є унікальні види рослин та тварин. Стан довкілля річки є важливішим водним ресурсом Донбасу – найбільш техногенно навантаженого регіону України.

Загальна площа басейну річки Сіверський Донець – 98,9 тис.км^2, зокрема на території України – 54,5 тис.км^2. Довжина річки становить 1 053 км, по Україні 723 км, зз яких у Харківській області – 375 км, Донецькій – 95 км, Луганській – 253 км.

Сіверський Донець має розгалужену мережу приток, серед яких є 11 середніх та 247 малих річок. У басейні нараховується 679 озер (площа водного дзеркала – 5 620 га), 149 водосховищ загальним обсягом 1 997,1 млн. м^3, два канали (довжиною 263 км

і 131.6 км) і 5 великих водоводів, а також 2 679 ставків (загальним обсягом 295.9 млн. м^3).

Моніторинг якісного стану поверхневих водних об'єктів басейну р. Сіверський Донець постійно здійснюється Сіверсько-Донецьким БУВР у межах державної системи моніторингу довкілля. Екологічний стан поверхневих вод у створах річки на основі інтегрального показника якості води належать переважно до ІІІ класу якості 4 категорії (задовільні, слабо забруднені), ІІ клас якості 3 категорії (добрі, досить чисті) визначаються лише у верхів'ї у створах на межі Бєлгородської та Харківської областей та Печенізькому водосховищі. Найбільш забрудненими притоками є річки Казенний Торець і Бахмутка (Донецька область), Верхня Біленька і Нижня Біленька (Луганська область), які відповідають ІІІ класу як 5 категорія (посередні, помірно забруднені).

Критичною не лише сьогодні, але й на початку військового конфлікту, є екологічна ситуація на території, яка межує з непідконтрольною територією, що все далі стає катастрофічною. Через закриття та підтоплення шахт, що використовуються як сховища відходів, вибухи боєприпасів та використання військової техніки, забруднюється не лише ґрунт, але й водні ресурси. Постала проблема зменшення та очищення забруднення поверхневих та підземних вод, які є водними ресурсами не тільки Донбасу, а і країни в цілому.

За оцінкою експертів, у 2017 році на запит Міністерства екології та природних ресурсів Україна Координатор проектів ОБСЄ в Україні розпочав проект «Визначення шкоди, заподіяної довкіллю на Сході України», завданням якого став моніторинг впливу конфлікту на природне середовище. У зв'язку з прийняттям постанови Кабінету Міністрів від 19.09.2018 №758 «Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод», із 1 січня 2019 року встановлюються нові вимоги до організації здійснення державного моніторингу вод, взаємодії центральних органів виконавчої влади в процесі його здійснення та забезпечення органів державної влади й органів місцевого самоврядування інформацією для ухвалення рішень щодо стану вод.

Несприятлива обстановка, що склалася в галузі водовикористання та водопостачання, пов'язана з цілим комплексом питань, що мають місце на всіх стадіях водогосподарської діяльності: забору води з природних водних джерел, втрати води під час транспортування, а також упровадження заходів щодо запобігання шкідливої дії поверхневих і підземних вод, захисту водних ресурсів тощо. Так, особливого значення набуває проблема не лише екологічного та економічного використання водних ресурсів, а й планомірного та інтегрованого управління водним басейном річки Сіверський Донець. Питання державного управління водними ресурсами, на жаль, розглядаються фрагментарно, не повністю, здебільшого в контексті екологічних й економічних проблем та у відриві від теоретичних засад сучасного державного управління.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблеми ефективного державного управління водними ресурсами, природокористуванням та охороною природного середовища досліджувались у наукових працях М. Хвесика, В. Голяна, Б. Данилишина, С. Дорогунцова, І. Драгана, Т. Іванової, В. Сташука, А. Яцика, О.Яроцької, Т. Клауссена та інших. Питаннями управління водними ресурсами басейну р. Сіверський Донець займається Сіверсько-Донецьке БУВР, перед яким стоять основні завдання:

– управління річковим басейном та експлуатація водогосподарського-меліоративного комплексу в Донецькій області;

– соціально-економічний розвиток річкового басейну;

– охорона й екологічне оздоровлення річкового басейну та механізми їх фінансування.

Метою статті є виявлення теоретичних методологічних положень щодо можливого державного інтегрованого управління водними ресурсами регіону. Актуальність дослідження зумовлена необхідністю наукового пошуку напрямів і механізмів удосконалення водокористування в межах окремо взятого Донбаського регіону басейну річки Сіверський Донець із метою покращення ефективності використання водних джерел і захисту від надмірного антропогенного навантаження через визначення основних завдань, підходів, принципів, які необхідно враховувати на практиці під час обґрунтування ефективних механізмів планування інтегрованого державного управління водними ресурсами.

Мета державного інтегрованого управління водними ресурсами пов'язана із забезпеченням економічного та екологічного збалансованого розвитку водоресурсного потенціалу країни, яка сформульована в положенні про «Мету в загальнодержавній цільовій програмі розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення басейну річки Дніпро на період до 2021 року», у якій записано, що державна водна політика полягає в задоволенні потреби населення та галузей економіки у водних ресурсах, збереженні й відтворенні водних ресурсів, упровадженні системи інтегрованого управління водними ресурсами за басейновим принципом [1; 3].

Виклад основного матеріалу. Екологічні та економічні проблеми водних ресурсів Донбасу накопичувалися не одне століття, але останніми роками негативні явища можуть призвести до непоправних наслідків. Небезпечний рівень забруднення водних ресурсів Донецької та Луганської областей пов'язаний із великим об'ємом стічних вод, кількість яких близько 2 млрд.м^2 щорічно скидається в річки регіону. Особливо гострою проблемою водних запасів є забруднення підземних водоносних горизонтів викидами вугільного виробництва, яке відбувається

від закриття та затоплення шахт, що не працюють. Унаслідок чого відбувається виснаження поверхового водотоку, який гідравлічно зв'язаний із водоносним горизонтом. Отже, відбувається забруднення та зневоднення всієї території Донбасу. Шахтні води, забруднені домішками гірської породи, не відкачуються на поверхню, де вони б акумулювалися у водоймищах, відстоювалися та ставали більш прозорими, що б призводило до меншого забруднення. Останнім часом за вмісту значної частки мінералізації та іонів тяжких металів такі води непридатні для питного та технічного водопостачання. Для попередження масштабної катастрофи необхідно ввести екологічний, економічний, політичний та інші принципи регулювання щодо охорони та відтворення водних запасів регіону. Обнадійливим є природоохоронний проект, розроблений державним управлінням охорони довкілля в Донецькій області на 2013–2020 роки. Мета проекту – забезпечити екологічну небезпеку, звівши до мінімуму негативні явища людини на довкілля. Заплановано спонсорувальні заходи цього проекту з екологічних фондів довкілля, державного бюджету та коштів підприємств.

Для створення інтегрованого плану управління басейну річки Сіверський Донець необхідно використати основні аспекти водного менеджменту (ВАМП), які мають визначити три важливих аспекти:

– моніторити забруднення органічними та неорганічними речовинами;

– виявити кількість поживних та небезпечних сполук;

– визначити міру гідроморфологічних змін басейну.

Щоб адаптувати управлінські цілі для басейну р. Сіверського Дінця до аспектів ВАМП, необхідно розробити бачення та управлінські цілі щодо питань якості й кількості води, а саме:

– описати заходи, які вживатимуть для скорочення чи припинення наявних істотних тисків у масштабі басейну і суббасейнів для кожного ВАМП і підземних вод;

– покращити зв'язок між заходами на державному рівні та координації на басейновому та суббасейному рівнях для досягнення загальних природоохоронних цілей водній рамковій директиві (далі – ВРД).

На рисунку 1 показано схему взаємозв'язків якісного та кількісного аспектів водного менеджменту басейнів річок. Підсумовуючи відповідно до принципів інтегрованого управління водними ресурсами

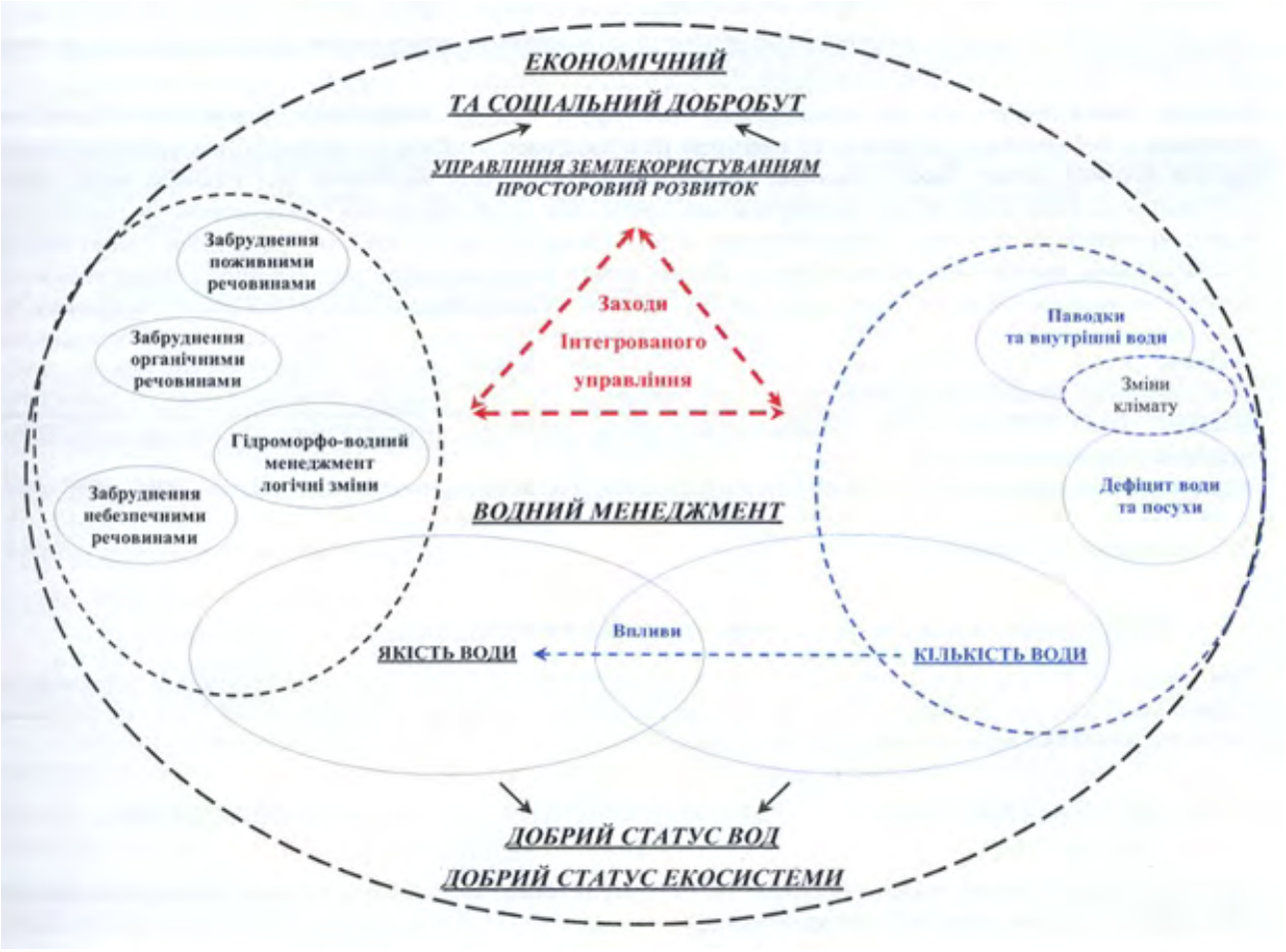


Рис. 1. Взаємозв'язки між якісним та кількісним аспектами водного менеджменту [7; 19]

(далі – ІУВР), передбачається координований розвиток та управління водними, земельними та пов'язаними з ними ресурсами для максимального результату економічного й соціального благополуччя без завдання шкоди життєво важливим екосистемам. Для цього необхідна повна статистична інформація про стан водних ресурсів.

Водний кодекс передбачає державний облік водокористування поверхневих і підземних вод. Облік та аналіз стану водних ресурсів здійснюється через подання водокористувачами до державних органів водного господарства звітів про водокористування за встановленою формою. Водокористуванням і водовідведенням займається статистика водних ресурсів, яка є частиною екологічної статистики. Об'єктами статистики є:

– водокористувачі водних джерел;
– використання води підземних горизонтів;
– зворотні (стічні) води.

Така статистична інформація збиралася за даними Сіверсько-Донецького басейного управління водних ресурсів державного обліку водокористування за формою 2ТП-водгосп. У 2017 році до поверхневих водних об'єктів басейну р. Сіверський Донець здійснювали скид 173 підприємства, усього було скинуто 412,6 млн.м^3 зворотних вод. Найбільший об'єм скиду здійснюється до басейну р. Уди 193,7 млн.м^3 (47% від загального по басейну), русла р. Сіверський Дінець – 95,15 млн.м^3 (23%) та басейну р. Казенний Торець – 86,97 млн.м^3 (21%).

Загалом, у басейні основний відсоток скиду стічних вод здійснюється КБО «Диканівський» та «Безлюдівський» (КП «Харківводоканал» очисні споруди м. Харкова) – 138,92 та 51,03 млн.м^3 відповідно (46% від загального по басейну). Відповідно до цього, частка скиду сольових показників (сухий залишок) цих підприємств у загальному скиді складає 66% (таблиця 1).

Зауважимо, що з 2016 року підприємства, які здійснюють скид шахтно-кар'єрних вод, надають звіт без урахування інгредієнтів, тому визначити вплив цих підприємств, зокрема вугільної промисловості, на якісний стан водних об'єктів не є можливим.

У 2017 році вздовж водотоку р. Сіверський Донець концентрація органічних показників варіює по $БСК_5$ щодо ГДК від 0,8 до 1,3; у гирлах приток від 0,9 до 1,5. Підвищений уміст органічних речовин у поверхневих водних об'єктах басейну пов'язаний з активною господарською діяльністю та скидом забруднених стічних та зворотних вод. Помічаємо перевищення концентрацій нафтопродуктів у створах нижче впадіння р. Уди – 2,8-4 ГДК та у гирлах приток 1,1-4 ГДК.

Концентрації органічних речовин в усіх пунктах спостережень уздовж водотоку р. Сіверський Дінець та в гирлах основних приток майже на рівні минулого року (коливання в межах 0,1–6%) та незначно варіює в межах середньо багаторічних значень. За даними державного обліку водокористування, за формою 2ТП-водгосп до поверхневих водних об'єктів басейну було скинуто 131,3 тис. т органічних речовин (за ХСК), найбільший скид здійснюється до басейну р. Уди – 73%, басейну р. Казенний Торець – 12% та русла р. Сіверський Донець – 10%. Загалом,

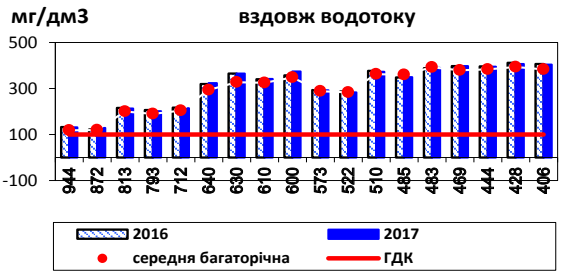
Таблиця 1

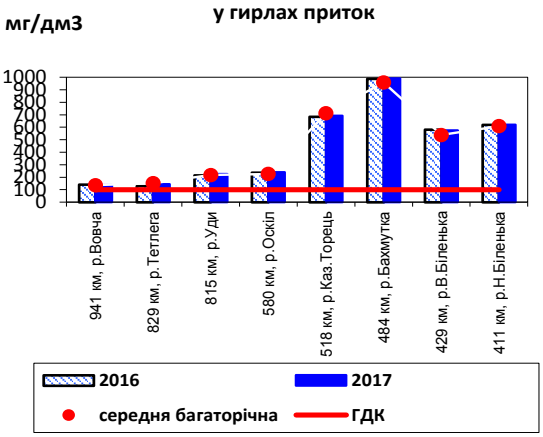
Показники скиду сольових речовин до поверхневих водних об'єктів басейну р. Сіверський Донець

Водні об'єкти	Забруднювальні речовини				
	кальцій, кг	магній, кг	сульфати, тон	сухий залишок, тон	хлориди, тон
р. Сіверський Донець (русло)	66640		5663,1	20785,5	2975,9
басейн р. Лугань			1060,6	2138,9	178,3
басейн р. Айдар			121,2	561,3	126,7
басейн р. Нижня Біленька			32,1	101,1	17
басейн р. Верхня Біленька			311,5	1303,2	428,4
басейн р. Красна			63	353	106,5
басейн р. Бахмутка			1091,4	4013,2	758,8
басейн р. Казенний Торець			12599,6	42341,4	8139,5
басейн р. Оскіл			339,3	1692,3	588,9
басейн р. Берека			97,7	366,5	66,8
басейн р. Середня Балаклейка			120	479	65,4
басейн р. Мжа			68,3	372,2	63,3
басейн р. Уда	7681,3	3011,7	40221,7	151620	21271
басейн р. Тетлега			10,7	28	9,4
басейн р. Великий Бурлук			13,8	16,7	7,5
басейн р. Розрита			1	5,7	0,6
басейн р. Вовча			73,9	324,5	55,4
Всього по басейну	**74321,3**	**3011,7**	**61888,9**	**226502,5**	**34859,4**

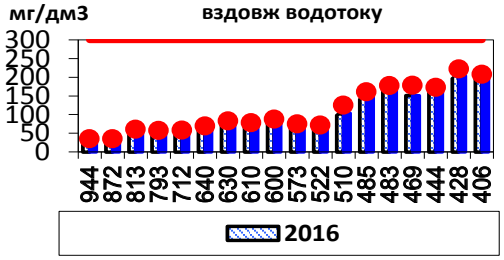
Сольові показники та жорсткість

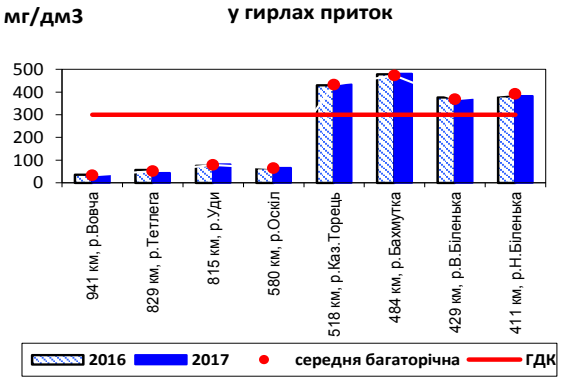
Сульфати



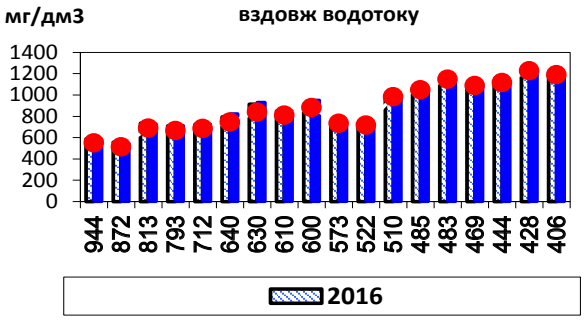


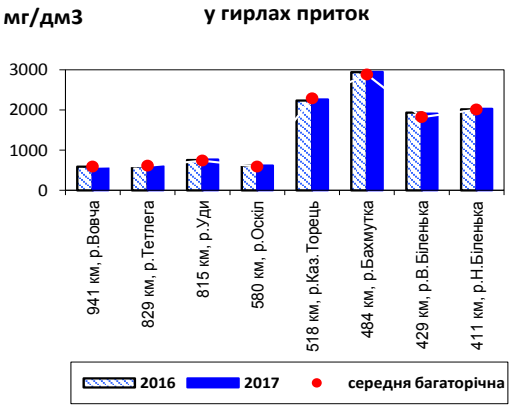
Хлориди



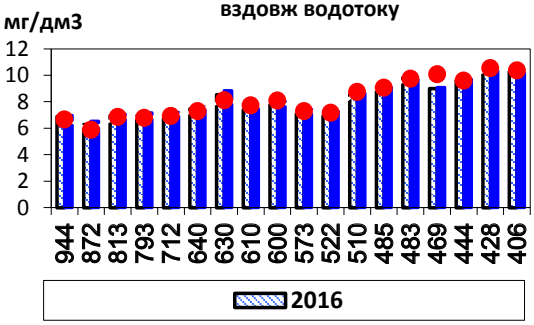


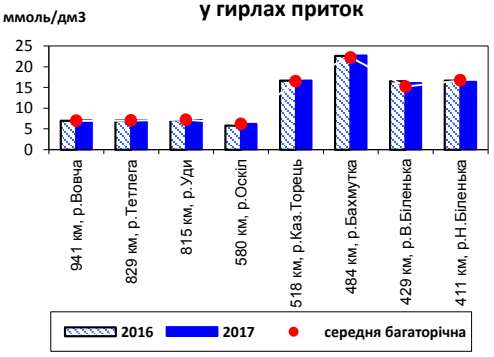
Мінералізація (сухий залишок)



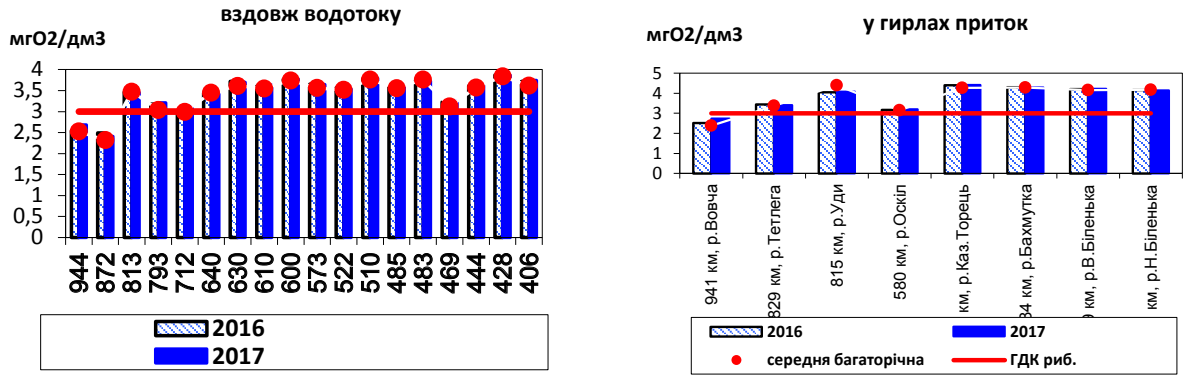


Жорсткість

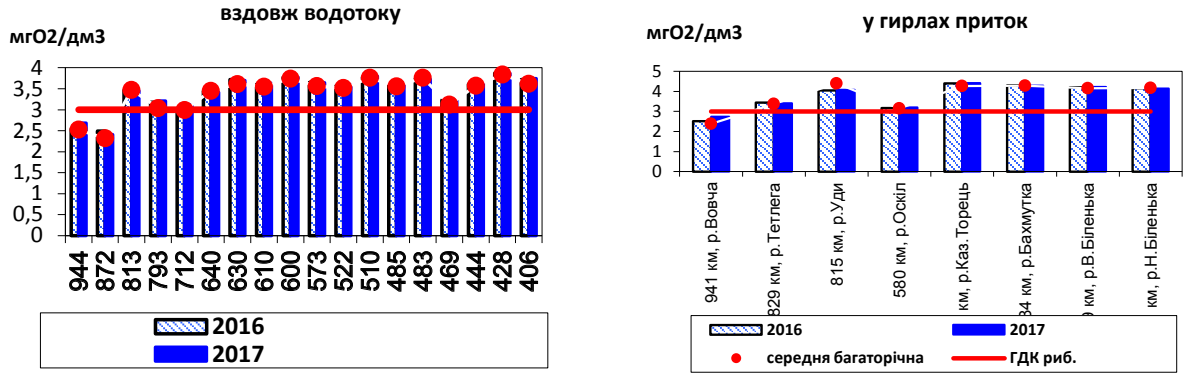




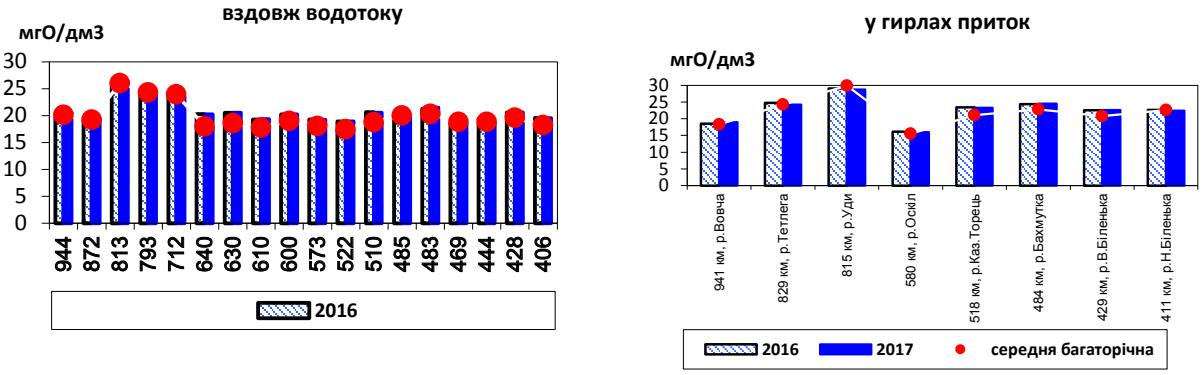
Органічні показники



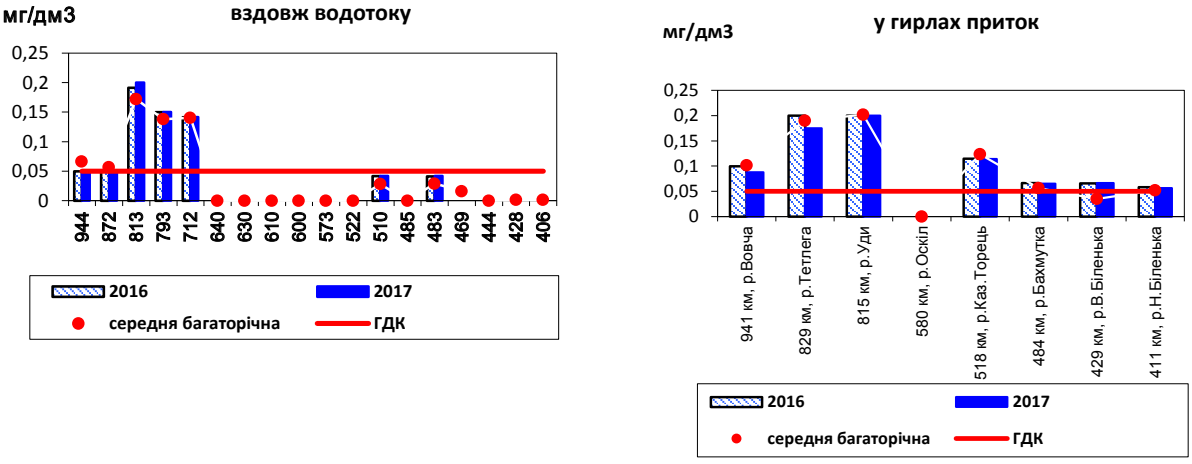
БСК-5



ХСК



Нафтопродукти



концентрація біогенних речовин майже на рівні попереднього року (коливання в межах 0,3–10%) та середніх багаторічних значень. Уміст біогенних речовин значно підвищується після впадіння р. Уди, що пов'язано зі скидами з очисних споруд м. Харкова КП «Харківводоканал» (КБО «Безлюдівський та «Диканівський»). За даними державного обліку водокористування, за формою 2ТП-водгосп цими підприємствами скидається 75% біогенних речовин від загального скиду по басейну [6].

Ще гірші справи в південній частині Донецької області, куди воду постачають по каналу Сіверський Донець-Донбас. Свіжа вода з каналу використовується підприємствами металургійної та вугільної промисловості, енергетики та комунального господарства. Основна частина забруднень доводиться на річки Приазов'я, де скидання забруднень складає понад 20 відсотків. Використання значних обсягів водних ресурсів на виробничі потреби, неякісне очищення каналізаційних стоків та сільськогосподарські відходи заподіює невиправну шкоду водним ресурсам Донбасу. Наслідки забруднення води надзвичайно шкідливі для людини, тоді як головним чинником забруднення є людино-антропогенний чинник. За тим, як забруднюються річки, найбільше виділяються річки Кальміус, Казенний Торець, Самара, Солона, Бик та Вовча. Незважаючи на зменшення обсягів водоспоживання, останніми роками (порівняно з 1990 р. – удвічі) інтенсивність використання водних ресурсів у Донецькій області залишається найбільшою по Україні. На жаль, суспільство недооцінює негативні наслідки змін якості та кількості показників водних ресурсів.

Майже 30% нефільтрованих стічних вод, які кожен рік потрапляють у водоймища країни, належать Донецькій області. Так, область посідає перше місце в країні за скиданням не фільтрованих стокових вод. На відповідальне водокористування, охорону й відтворення водних ресурсів басейну та регіоні передбачено 60 заходів на суму 525 млн. грн. На жаль, значний потенціал управлінських, виробничих, наукових і проектних підрозділів діє розрізнено, цінна інформація багато в чому не враховується й не узагальнюється, не доводиться до відома й використання зацікавленими організаціями та підприємствами, що не сприяє ефективному розв'язанню питань охорони й раціонального використання водних ресурсів. Тому для того, щоб спробувати розв'язати цю проблему, треба провести екологічну діагностику, яка дозволить зробити укладення про стан середовища. Головне на цей час – створити реальний науковий інструментарій, який дозволить провести діагностику досліджуваного об'єкта, виявити причини погіршення екологічного стану та знайти шляхи їх розв'язання.

Економічні проблеми водних ресурсів свідчать про те, що необхідно розв'язати безліч питань комплексного використання водних ресурсів: упровадження оптимальних норм витрати води, упровадження прогресивних технологічних процесів виробництва та прогресивних систем очищення стічних вод, опріснення мінералізованих вод, відтворення запасів прісних підземних вод, витягання корисних компонентів зі стічних вод і низку інших питань ефективного використання водних ресурсів, тому для цього необхідно зробити план інтегрованого управління басейном річки Сіверський Донець. У зв'язку з екологічною ситуацією, що склалася в області та в цілому по Україні, пріоритетними напрямами поліпшення стану водних ресурсів Донецької області є:

– зменшення негативних наслідків під час закриття шахт, а також фільтрації шкідливих речовин у шахтах, що діють;

– будівництво нових, розширення та реконструкція чинних систем господарчо-побутової каналізації (Білозерську, Бахмуті, Добропіллі, Дружківці, Макіївці, Маріуполі тощо);

– демінералізація шахтних вод;

– будівництво систем зливової каналізації з очищенням поверхневого стоку з території міст і виробничих промислових майданчиків, постачання виробничих стічних вод;

– розчищення малих річок і водойм області;

– упорядковування водозахисних зоні прибережних захисних смуг.

Із метою охорони й раціонального використання водних ресурсів у довгостроковій перспективі було прийнято Програму науково-технічного розвитку Донецької області на період до 2020 р., у якій передбачено:

– здійснити оцінку сучасного стану прогнозних ресурсів й експлуатаційних запасів підземних питних вод Донецької області з виявленням джерел забруднення;

– здійснити розробку принципової схеми водопостачання Донецької області підземними водами та створити конкретні схеми водопостачання окремих міст і районів;

– здійснити розробку й забезпечити виконання регіональних цільових програм проти дії підтоплення територій;

– здійснити будівництво й реконструкцію наявних очисних споруд промислових, господарчо-побутових стоків і каналізаційних ліній;

– забезпечити впровадження у виробництво передових світових маловодних і безводних технологій, систем повторного використання стічних вод;

– здійснити перехід на замкнуті системи водопостачання технологічних процесів;

– забезпечити розробку і впровадження новітніх технологій із розширення використання мінералізованих підземних і шахтних вод на технологічні потреби;

– удосконалити технологічні процеси на виробництві;

– здійснити розробку дієвих заходів із недопущення аварійних ситуацій.

Із метою впровадження цих принципів необхідно внести зміни до законодавчих актів та впровадити використання геоінформаційних систем басейнів річок з уведенням кадастрової інформації щодо поверхневих вод, підземних вод, водокористування та результатів моніторингу стану навколишнього природного середовища, розробити нормативно-правову та методичну базу сталого функціонування водогосподарських систем та відповідної інфраструктури в басейнах річок. Розв'язати проблему оптимального управління водогосподарським комплексом можна через системну реалізацію державної політики в галузі водного господарства, через використання ресурсів держави та регіонів із метою забезпечення інноваційно-інвестиційного розвитку водного господарства, що уможливить підвищення ефективності державного управління водними ресурсами на регіональному рівні [4; 8]. Ураховуючи вищевикладене, реалізацію заходів пропонують упровадити через:

– удосконалення нормативно-правової бази щодо забезпечення інноваційного та інвестиційного розвитку водного господарства на регіональному рівні;

– упровадження ефективного, обґрунтованого та збалансованого механізму використання, охорони та відтворення водних ресурсів, забезпечення сталого розвитку регіональної системи моніторингу довкілля, зокрема водних ресурсів;

– підвищення технологічного рівня водокористування, упровадження маловодних та безводних технологій, розроблення більш раціональних нормативів водокористування, будівництва, реконструкції та модернізації систем водопостачання та водовідведення;

– удосконалення стандартів і нормативів щодо використання водних ресурсів та лімітів забору води й скидання забруднювальних речовин у водні об'єкти та прямого водообліку й технології розподілу води на водогосподарських системах;

– розроблення регіонального інтегрованого плану програм розвитку водного господарства та регіональних схем комплексного протипаводкового захисту;

– реалізації водо- та енергозберігальних технологій, які забезпечать підвищення функціонування водогосподарського комплексу.

Головні висновки. Виконання запропонованих заходів дасть змогу:

– задовольнити потребу населення та галузей економіки в якісних водних ресурсах;

– зменшити обсяг споживання та відведення води;

– забезпечити ефективний захист територій та населення від шкідливої дії вод;

– удосконалити галузеву структуру водокористування, насамперед у комунальному господарстві, хімічній промисловості;

– знизити рівень водоємності промислового виробництва;

– підвищити ефективність та забезпечити екологічну безпеку водокористування;

– зменшити залежність вирощування сільськогосподарських культур від несприятливих погодних умов;

– зробити план інтегрованого управління басейном річки Сіверський Донець.

Із метою поліпшення екологічної ситуації на Донбасі необхідно вжити науково обґрунтованих заходів, які мають завершуватись реалізацією на практиці. На цьому етапі дуже важливим буде обговорення на басейнових і міжвідомчих радах із залученням обласних і районних державних адміністрацій, органів місцевого самоврядування, територіальних органів міністерств та відомств, водокористувачів, наукових закладів та громадських організацій. Така практична взаємодія дасть змогу ще на етапі інтегрованого планування усунути низку непорозумінь методичного й прикладного характеру.

Література

1. Загальнодержавна цільова програма розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення басейну річки Дніпро на період до 2021 року: Закон України від 24.05.2012 р. № 4836-VI.: http://zakon4.rada.gov.ua.
2. Сіверський Донець: Басейн Здоров'я – людям життя! Київ, ВАІТЕ, 2018. 30с.
3. Оцінка екологічної шкоди та пріоритети відновлення довкілля на сході України. К.: ВАІТЕ, 2017. 88 с.
4. Водний Кодекс України. *ВВР України*. 1995. № 213/95.
5. Вострікова Н.В. Аналіз стану законодавчої бази щодо інтегрованого управління водними ресурсами в Україні. *Державне будівництво*. 2014. № 1. С. 45–50.
6. Бідоцерківська Н.О., Сидоренко І.В. Якісний аналіз вод басейну р. Сіверський Донець за гідрохімічними показниками. *Водне господарство*. 2018. № 5.
7. План інтегрованого управління басейном річки Тиса: Міжнародна комісія із захисту річки Дунай. URL: www.icpdr/org. 122 с.

УДК 622:504.4.054
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-1-24-1-19

ОЦІНКА ЯКІСНОГО СТАНУ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ, ЩО ПЕРЕБУВАЮТЬ ПІД ВПЛИВОМ СКИДУ ШАХТНИХ ВОД

Кулікова Д.В.
Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»
пр. Дмитра Яворницького 19, 49005, м. Дніпро
kisaalisa@i.ua

Визначено якісний стан водних об'єктів, які перебувають під впливом скиду шахтних вод, на прикладі підприємств вугільної промисловості Західного Донбасу за сукупністю показників екологічних індексів. Установлено, що з трьох блокових індексів, які характеризують якісний стан поверхневих вод на досліджуваних ділянках спостереження, найбільший внесок у сумарне забруднення зробили компоненти сольового складу, а найменший – показники специфічних речовин токсичної дії. Підтверджено, що якість поверхневих вод унаслідок скиду вугледобувними підприємствами шахтних вод на жодній ділянці спостереження не відповідає нормативам екологічної безпеки. *Ключові слова:* забруднення гідросфери, шахтні води, гідрохімічні показники, якість води, поверхневі води.

Оценка качественного состояния водных объектов, находящихся под влиянием сброса шахтных вод. Куликова Д.В. Определено качественное состояние водных объектов, находящихся под влиянием сброса шахтных вод на примере предприятий угольной промышленности Западного Донбасса по совокупности показателей экологических индексов. Установлено, что из трех блоковых индексов, характеризующих качественное состояние поверхностных вод на исследуемых участках наблюдения, наибольший вклад в суммарное загрязнение вносят компоненты солевого состава, а наименьший – показатели специфических веществ токсического действия. Подтверждено, что качество поверхностных вод в результате сброса угледобывающими предприятиями шахтных вод ни на одном участке наблюдения не соответствует нормативам экологической безопасности. *Ключевые слова:* загрязнение гидросферы, шахтные воды, гидрохимические показатели, качество воды, поверхностные воды.

Assessment of the quality of water bodies under the influence of mine water discharge. Kulikova D. The qualitative state of water bodies affected by influence of mine water discharge by the example of the coal industry enterprises in Western Donbass, based on a complex of environmental indicators are determined. It was established that among the three complex indices characterizing the qualitative state of surface waters in the studied districts, the components of the salt composition make the largest contribution to the total pollution, and the indicators of specific substances of toxic action make the smallest contribution. It has been confirmed that the quality of surface waters, as a result of mine water discharge by coal mining enterprises, does not meet the standards of environmental safety at any studied districts. *Key words:* hydrosphere pollution, mine water, hydrochemical indicators, water quality, surface water.

Постановка проблеми. Погіршення стану водних ресурсів у техногенно навантажених регіонах в останні десятиріччя є однією з найважливіших екологічних проблем. Незважаючи на величезну роль поверхневих водойм, у багатьох процесах, що відбуваються у навколишньому середовищі, сучасний стан оцінюється як «критичний». Основними причинами забруднення поверхневих вод України є скид неочищених або ще не достатньо очищених промислових і комунально-побутових стічних вод безпосередньо у водні об'єкти, а також надходження до водойм забруднювальних речовин разом із поверхневим стоком та сільськогосподарськими угіддями.

Вагомий внесок у забруднення водних екосистем уносять скиди шахтних вод вугледобувних підприємств, що призводить до підвищення рівня екологічної небезпеки природно-територіальних комплексів. Унаслідок різкого погіршення якості води у водних об'єктах, які перебувають під впливом скиду шахтних вод, природні водойми втрачають здатність до самоочищення.

Басейн річки Самара є одним із найбільш екологічно напружених районів України. Надмірне техногенне навантаження протягом останніх десятиріч призвело до катастрофічного виснаження та забруднення басейну річки Самара. Більшість водних об'єктів басейну непридатна для питного водопостачання, рибного господарства, відпочинку населення та використання в сільськогосподарських цілях.

Актуальність дослідження. У сучасний період загострення багатьох екологічних проблем, пов'язаних із забрудненням природних вод, особливого значення набувають питання дослідження якості водних ресурсів. Проблема оцінки якості поверхневих вод сьогодні є актуальною не лише для екологів, але й для широкого кола споживачів води, вимагає постійної уваги у зв'язку зі зростальним антропогенним навантаженням на водні об'єкти.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження впливу скиду шахтних вод вугледобувних підприємств на формування гідрохімічного режиму басейну Самари, існування та розвиток ком-

понентів гідроекосистеми річок за окремими групами організмів проводилися, починаючи з моменту інтенсифікації шахтного водовідливу. Питанням оцінки забрудненості вод річок басейну Самари присвячено багато робіт, серед яких слід відзначити праці Б.О. Барановського, О.О. Бобильова, А.І. Горової, Г.П. Евграшкіної, Н.І. Загубіженко, В.М. Кочета, Г.А. Кроїк, А.Ф. Кулік, В.І. Оніщенка, О.О. Христова та ін.

Більшість із цих праць присвячено питанням оцінки екологічного стану р. Самара та її приток за допомогою гідробіологічних методів дослідження. Так, у роботі [1] наведено матеріали з порівняльної характеристики екологічного стану водойм басейну р. Самара з використанням даних фіторізноманіття макрофітів. У роботах [2; 3] оцінка рівня впливу шахтних вод на екосистему р. Самари проводилася з використанням індикативних можливостей угруповань риб з акваторій різного ступеня віддаленості від зон надходження шахтних вод. У роботі [4] наведено підсумки досліджень макрозообентосу р. Самари та водойм-накопичувачів шахтних вод Західного Донбасу, розглянуто якісний та кількісний розвиток донної фауни під впливом антропогенних чинників.

Проте слід зазначити, що гідробіологічні методи оцінки якісного стану поверхневих вод є дуже складними для використання в інженерній практиці. Вони призводять до суттєвого ускладнення робіт з оцінки стану водойм, вочевидь, не враховують гідрологічних характеристик водного об'єкта і неоднозначно пов'язані з гідрохімічними показниками, тоді як саме вони змінюються під впливом господарської діяльності.

Крім того, необхідно враховувати той факт, що чимало водних організмів мають здатність адаптуватися або бути стійкими до зовнішніх впливів і навантажень. Це зумовлено тим, що водна екосистема за антропогенного впливу може досить тривалий проміжок часу протистояти зовнішньому впливу, що проявляється в зміні параметрів гідрохімічного режиму водного об'єкта.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Систематизація якісного стану природних водойм на основі певних критеріїв викликає необхідність розробки різних класифікацій оцінки рівня забрудненості поверхневих вод. Найчастіше під час визначення якісного стану водних об'єктів здійснюють зіставлення отриманих величин концентрацій забруднювальних речовин із відповідними нормативними значеннями, що встановлюються для кожного класу якості.

Основний недолік багатьох класифікацій полягає в тому, що кількісні значення критеріїв, які приведені для одних і тих же класів забруднення, не узгоджені між собою, що призводить до непридатності застосування на практиці. Тобто кількісні значення критеріїв визначаються або на розсуд авторів, або вводяться в систему з інших класифікацій. Безпосередня комбінація критеріїв, узятих із різних класифікацій, не дає бажаних результатів унаслідок різних принципів побудови окремих класифікацій.

Проаналізувавши різні підходи до методів визначення оцінки якісного стану поверхневих вод, у роботі було використано найбільш ефективний метод – визначення інтегрального екологічного індексу якості води. Ця методика є найбільш досконалою, вона дає змогу розглянути зміни хімічного складу поверхневих вод та більш точно визначити якість води з екологічних позицій, а також дає можливість отримати інформацію про стан водних об'єктів або окремих ділянок.

Зважаючи на вищевикладене, метою роботи є проведення оцінки якісного стану поверхневих вод басейну р. Самара, яка перебуває під впливом скиду шахтних вод підприємствами вугільної промисловості Західного Донбасу, за сукупністю показників екологічних індексів та встановлення відповідності фактичних значень концентрацій гідрофізичних і гідрохімічних показників якості води до нормативів екологічної безпеки.

Новизна. Уперше на основі аналітичних досліджень проведено оцінку якісного стану водних об'єктів, які перебувають під впливом скиду шахтних вод на прикладі підприємств вугільної промисловості Західного Донбасу за трьома блоками показників: сольовим складом води, еколого-санітарними критеріями та специфічними речовинами токсичної дії.

Методологічне або загальнонаукове значення. Вивчення екологічного стану природних вод має вагоме значення для наукових досліджень і практичних потреб, оскільки дає змогу раціонально використовувати водні об'єкти та забезпечити охорону від забруднення.

Виклад основного матеріалу. Екологічна оцінка якісного стану поверхневих вод басейну річки Самара, яка перебуває під впливом скиду шахтних вод підприємств вугільної промисловості Західного Донбасу, виконана за середньорічними значеннями гідрофізичних і гідрохімічних показників якості води відповідно до вимог «Методики екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями» [5], яка на основі єдиних екологічних критеріїв дозволяє порівнювати якість води на окремих ділянках водних об'єктів.

Аналіз якісного стану поверхневих вод басейну річки Самара на території промислової зони Західно-Донбаського регіону виконувався на основі офіційних систематичних даних спостережень лабораторією аналітичного контролю та моніторингу поверхневих вод Державного управління охорони навколишнього природного середовища в Дніпропетровській області [6].

Серед пунктів спостереження за якісним станом поверхневих вод басейну річки Самара на території

промислової зони Західно-Донбаського регіону було обрано такі ділянки: I – р. Самара, на вході в промислову зону; II – р. Самара, нижче скиду зі ставка-накопичувача шахтних вод у балці Косьмінна; III – р. Самара, вище скиду із ставка-накопичувача шахтних вод у балці Свидовок; IV – р. Самара, нижче скиду зі ставка-накопичувача шахтних вод у балці Свидовок; V – р. Самара, на виході з промислової зони.

Для кожної ділянки спостереження за якісним станом самарської води визначалися середні значення для трьох блокових індексів якості води, зокрема забруднення компонентами сольового складу (I_A), еколого-санітарних показників (I_B), специфічних показників токсичної дії (I_C), що віддзеркалюють широкий спектр гідрофізичних, гідрохімічних, гідробіологічних та інших показників водних екосистем.

Значення індексів за окремими гідрофізичними або гідрохімічними показниками визначалися на підставі порівняння середньорічних величин кожного з показників із відповідними критеріями якості води, представленими у додатках Б.1–Б.5 [5].

На основі проведеного зіставлення середньорічних значень для кожного гідрохімічного або гідрофізичного показника окремо визначалися категорії та клас якості води. Зіставлення середніх значень та визначення класів і категорій якості води за окремими гідрохімічними або гідрофізичними показниками виконувалося в межах відповідних блоків екологічної класифікації. За значеннями блокових індексів визначалася приналежність до певного класу та категорії якості води.

Помітним і суттєвим є переважання значень блоку оцінки якісного стану самарської води на території промислової зони Західно-Донбаського регіону за критеріями сольового складу над рештою блоками показників на всіх ділянках спостереження. Результати обчислень середніх значень для індексу забруднення поверхневих вод компонентами сольового складу наведено в табл. 1.

За показниками сольового блоку вода р. Самара на території промислової зони Західного Донбасу майже на всіх ділянках спостереження належить до IV класу якості за екологічною класифікацією. При цьому якість води за станом характеризується як «погана», а за ступенем чистоти – «брудна». Виняток становить ділянка р. Самара після скиду шахтної води зі ставка-накопичувача в балці Свидовок. На цій ділянці поверхневі води р. Самара належать до V класу якості та оцінюються як «дуже погані» за станом і «дуже брудні» за ступенем чистоти.

За даними розрахунку, в сольовому блоці показників вагомий внесок у забруднення самарської води вносить підвищений уміст хлоридів.

За вмістом сульфатів якість самарської води на вході в промислову зону Західно-Донбаського регіону та перед скидом зі ставка-накопичувача в балці Свидовок оцінюється за станом як «посередня», а за ступенем чистоти – «помірно забруднена». На виході з промислової зони якість води за зазначеними критеріями оцінюється як «задовільна» і «забруднена слабко» відповідно. На цих трьох ділянках спостереження самарська вода за екологічною класифікацією належить до III класу якості. Після скиду шахтних вод зі ставків-накопичувачів, що розташовані в балках

Таблиця 1

Оцінка якісного стану поверхневих вод р. Самара за компонентами сольового складу

Показники	Значення індексу забруднення та класу якості води на обраних ділянках спостереження:				
	I	II	III	IV	V
Мінералізація	4,9 (III)	5,3 (IV)	5,14 (IV)	6,12 (V)	4,6 (III)
Хлориди	6,15 (V)	7 (V)	7 (V)	7 (V)	7 (V)
Сульфати	4,68 (III)	5,15 (IV)	4,8 (III)	5,32 (IV)	3,54 (III)
Значення індексу I_A	5,24 (IV)	5,81 (IV)	5,65 (IV)	6,15 (V)	5,05 (IV)

Таблиця 2

Оцінка якісного стану поверхневих вод р. Самара за показниками еколого-санітарного блоку

Показники	Значення індексу забруднення та класу якості води на обраних ділянках спостереження:				
	I	II	III	IV	V
Завислі речовини	3,69 (III)	4,05 (III)	4,29 (III)	4,18 (III)	3,21 (III)
Азот амонійний	4,32 (III)	4,26 (III)	4,21 (III)	3,11 (III)	4,11 (III)
Азот нітритний	5,31 (IV)	5,31 (IV)	6,18 (V)	5,55 (IV)	6,67 (V)
Азот нітратний	6,4 (V)	6,6 (V)	6,87 (V)	6,93 (V)	6,33 (V)
Фосфати	7 (V)	5,8 (IV)	6,6 (V)	7 (V)	7 (V)
Біхроматна окислюваність	2,98 (II)	3,06 (III)	3,12 (III)	3,06 (III)	5,25 (IV)
$БСК_5$	6,83 (V)	7 (V)	6,85 (V)	7 (V)	6,74 (V)
Значення індексу I_B	5,22 (IV)	5,15 (IV)	5,45 (IV)	5,26 (IV)	5,62 (IV)

Косьмінна та Свидовок, якість води за вмістом сульфатів погіршується. Води належать до IV класу якості.

За середніми значеннями показників еколого-санітарного блоку (табл. 2) води р. Самари на території промислової зони Західно-Донбаського регіону на всіх ділянках спостереження було віднесено до IV класу якості за екологічною класифікацією та оцінено за станом як «погані» і за ступенем чистоти як «брудні».

Згідно зі здійсненими розрахунками, для визначення класу якості самарської води за показниками еколого-санітарного блоку встановлено, що на погіршення якісного стану води найбільше впливають такі забруднювальні речовини, як азот нітрітний і нітратний, фосфати та показник $БПК_5$.

За середніми значеннями специфічних показників токсичної дії (табл. 3), самарська вода на території промислової зони Західно-Донбаського регіону на всіх пунктах спостереження належить до III класу якості та оцінюється як «посередня» за станом і «помірно забруднена» за ступенем чистоти. Найбільш серед блоку цих показників на якість самарської води впливають мідь, нікель, кадмій та нафтопродукти. Згідно зі здійсненими розрахунками на всіх ділянках спостереження, самарська вода за цими гідрохімічними показниками належить до IV–V класу якості.

Для проведення комплексної екологічної оцінки якісного стану поверхневих вод басейну річки Самара на території промислової зони Західно-Донбаського регіону розраховувалися величини інтегрального екологічного індексу (I_E), який визначався як середнє арифметичне значення від трьох блокових індексів. Результати розрахунку інтегрального екологічного індексу якості самарської води на території промислової зони Західно-Донбаського регіону наведено у табл. 4.

За отриманими значеннями інтегрального екологічного індексу (I_E), якість самарської води на території промислової зони Західно-Донбаського регіону майже на всіх ділянках спостереження належить до IV класу за екологічною класифікацією. Виняток становить ділянка на вході в промислову зону Західно-Донбаського регіону, де якість самарської води належить до III класу і оцінюється як «посередня» за станом і «помірно забруднена» за ступенем чистоти. Найгірші показники інтегрального екологічного індексу спостерігаються на ділянках річки Самара після скиду шахтної води зі ставків-накопичувачів, які розташовані в балках Косьмінна та Свидовок, що свідчить про значний вплив вугледобувної діяльності на компоненти навколишнього середовища.

Слід зауважити, що з трьох блокових індексів, які характеризують якісний стан поверхневих вод

Таблиця 3

Оцінка якісного стану поверхневих вод р. Самара за показниками специфічних речовин токсичної дії

Показники	Значення індексу забруднення та класу якості води на обраних ділянках спостереження:				
	I	II	III	IV	V
Залізо	4,65 (III)	4,83 (III)	4,6 (III)	4,65 (III)	4,6 (III)
Мідь	5,79 (IV)	5,93 (IV)	5,93 (IV)	5,86 (IV)	5 (III)
Цинк	1 (I)	1 (I)	1 (I)	1 (I)	2,4 (II)
Хром	4 (III)	4,5 (III)	4,75 (III)	5 (III)	5 (III)
Марганець	2,8 (II)	2,93 (II)	3 (II)	3,04 (III)	3,71 (III)
Свинець	3 (II)	3,25 (III)	3,5 (III)	3,75 (III)	3,5 (III)
Нікель	5,07 (IV)	5,17 (IV)	5,24 (IV)	5,17 (IV)	5,07 (IV)
Кадмій	5,89 (IV)	6,03 (V)	6,24 (V)	6,18 (V)	6,18 (V)
Нафтопродукти	7 (V)	7 (V)	7 (V)	7 (V)	7 (V)
Значення індексу I_C	4,36 (III)	4,52 (III)	4,58 (III)	4,63 (III)	4,72 (III)

Таблиця 4

Комплексна оцінка якісного стану поверхневих вод р. Самара за інтегральним екологічним індексом IE

Ділянка спостереження	Значення екологічних індексів якості води (категорія/клас)				Стан якості води за індексом I_E	Ступінь чистоти води за індексом I_E
	I_A	I_B	I_C	I_E		
I	5,24/IV	5,22/IV	4,36/III	4,94/III	посередня	помірно забруднена
II	5,81/IV	5,15/IV	4,52/III	5,16/IV	погана	брудна
III	5,65/IV	5,45/IV	4,58/III	5,23/IV	погана	брудна
IV	6,15/V	5,26/IV	4,63/III	5,35/IV	погана	брудна
V	5,05/IV	5,62/IV	4,72/III	5,13/IV	погана	брудна

на досліджуваних ділянках р. Самара, найбільший внесок у сумарне забруднення річкової води належить компонентам сольового складу (I_A), а найменший – показникам специфічних речовин токсичної дії (I_C).

Головні висновки. На підставі проведених досліджень отримано такі результати:

– розраховано величину інтегрального екологічного індексу, що дає підставу віднести поверхневі води р. Самара, яка перебуває під впливом скиду підприємств вугільної промисловості Західного Донбасу, до IV класу якості та охарактеризувати їх як «погані» за станом і «брудні» за ступенем чистоти;

– установлено, що з трьох блокових індексів, які характеризують якісний стан поверхневих вод р. Самара на досліджуваних ділянках спостереження, найбільший внесок у сумарне забруднення річкової води зробили компоненти сольового складу, а найменший – показники специфічних речовин токсичної дії;

– доведено, що найгірші значення екологічних індексів якості води спостерігаються на ділянках річки Самара після скиду шахтної води зі ставків-накопичувачів, які розташовані в балках Косьмінна та Свидовок;

– підтверджено, що якість поверхневих вод річки Самара на території промислової зони Західно-Донбаського регіону (внаслідок скиду вугледобувними підприємствами шахтних вод) на жодному з досліджених пунктів спостереження не відповідає нормативам екологічної безпеки.

Перспективи використання результатів дослідження. Визначення якісного стану поверхневих вод р. Самара має велике значення для оцінки екологічної ситуації басейну р. Дніпро, який є головною водною артерією України. Також результати дослідження можуть бути використані для визначення основних напрямів водоохоронної діяльності щодо оздоровлення екологічної стану кожного водного об'єкта або його окремої ділянки, оцінки ефективності проведених природоохоронних заходів.

Література

1. Барановський Б.О. Фітоіндикаційна оцінка екологічного стану водойм басейну р. Самара. Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель. 2009. Вип. 38. С. 52–58.
2. Кочет В.М. Використання індикативних можливостей угруповань риб для оцінки рівня впливу шахтних вод на екосистему р. Самари. *Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія.* 2004. Вип. 12. Т. 1. С. 76–80.
3. Замятіна А.В., Бобильов Ю.П., Христов О.О. Оцінка динаміки змін екологічного стану річки Самара та її заплавних озер упродовж 2004–2010 рр. Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель. 2011. Вип. 40. С. 109–119.
4. Загубиженко Н.И. Донные биоценозы р. Самары и водоемов-накопителей шахт Западного Донбасса. *Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія*. 2000. Вип. 17. С. 109–113.
5. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / А.В. Гриценко, О.Г. Васенко, Г.А. Верніченко та ін. Харків: УкрНДІЕ, 2012. 37 с.
6. Экологический паспорт Днепропетровской области / під ред. Р.О. Стрілець. Дніпропетровськ: Департамент екології та природних ресурсів облдержадміністрації, 2015. 229 с.

УДК 504.4.054
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-1-24-1-20

ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ТА ЕКОЛОГІЧНОЇ НАДІЙНОСТІ ПОНИЗЗЯ РІЧКИ ДНІПРО

Шахман І.О.
ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет»
вул. Стрітенська 23, 73006, м. Херсон
shakhman.i.a@gmail.com

Виконана оцінка екологічного стану вод за методикою розрахунку комплексних показників екологічного стану для пониззя річки Дніпро відповідно до рибогосподарських нормативів за період спостережень 2013–2016 років. Проведений аналіз здатності водної екосистеми пониззя Дніпра до саморегуляції і самовідновлення (екологічна надійність) в часі та просторі (за довжиною річки). *Ключові слова:* комплексний показник, оцінка екологічного стану, екологічна надійність, рибогосподарське використання.

Оценка экологического состояния и экологической надёжности низовья реки Днепр. Шахман И.А. Выполнена оценка экологического состояния вод по методике расчёта комплексных показателей экологического состояния для низовья реки Днепр в соответствии с рыбохозяйственными нормативами за период наблюдений 2013–2016 годов. Проанализирована способность водной экосистемы низовья Днепра к саморегуляции и самовосстановлению (экологическая надёжность) во времени и в пространстве (по длине реки). *Ключевые слова:* комплексный показатель, оценка экологического состояния, экологическая надёжность, рыбохозяйственное использование.

Assessment of ecological state and ecological reliability of the Lower section of the Dnieper River. Shakhman I. Ecological state of the lower section of the Dnieper River was estimated by method of calculation of integrated index on the basis of monitoring over the years 2013–2016. Self- purification potential and capability of restoration in time and space (along the river stream) of the aquatic ecosystem of the lower section of the Dnieper River was established. *Key words:* integrated index, assessment of ecological state, ecological reliability, fishery use.

Постановка проблеми. Інтенсивне господарське використання водних ресурсів посилює антропогенне навантаження на водні об'єкти, що призводить до змінення водного балансу динамічних характеристик і гідрофізичних властивостей водних мас та донних відкладень. Ці зміни настільки потужні, що впливають на біологічні компоненти гідроекосистем. Часті випадки, коли змінення навіть деяких елементів гідрологічного режиму природних водних об'єктів зумовлюють помітну, а під час і корінну трансформацію окремих ланцюгів або водних екосистем у цілому [1].

Оцінка, прогнозування стану гідроекосистем та розроблення механізмів раціонального їх використання є одним з найважливіших завдань сучасних гідроекологічних досліджень, які обов'язково повинні ґрунтуватися на комплексній оцінці стану водних екосистем за гідрологічними, гідрохімічними та гідробіологічними показниками.

Актуальність дослідження. Екологічний стан природних вод залежить від їхньої здатності до самоочищення. Разом із гідрологічними факторами важлива роль у процесі самоочищення належить фізико-хімічним та біологічним процесам. Хімічні процеси в природних водах тісно пов'язані з біологічними, і часто важко сказати, де закінчується один процес, і починається інший. Вирішальну роль у цьому комплексі відіграють біологічні процеси, але фізико-хімічні процеси будуть домінуючими, якщо у воді є високотоксичні забруднюючі речовини або для життєдіяльності тваринних і рослинних організмів сформовані негативні умови, за яких біологічні процеси зводяться до мінімуму. Отже, самоочищення водотоку або водойми залежить від багатьох факторів: об'єму річкового стоку, швидкості й турбулентності потоку, хімічного складу і температури води, об'ємів і ступеню забрудненості стічних вод [2].

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Проголошення Україною курсу на євроінтеграцію стало потужним стимулом для використання європейського досвіду в реалізації водної політики на території нашої країни. Стратегічні напрями водної політики країн Європейського Співтовариства визначає Директива 2000/60/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 23 жовтня 2000 року щодо визначень меж дій Співтовариства у сфері водної політики (Directive 2000/60/EC) [3].

На вирішення проблем, пов'язаних з екологічним оздоровленням басейну Дніпра, спрямований закон України «Про затвердження Загальнодержавної цільової програми розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення басейну річки Дніпро на період до 2021 року» [4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасний досвід науковців дозволяє на основі аналізу процесів водообміну та формування якості води [5–7] прогнозувати наслідки розвитку органічної речовини [8] і можливості самовідновлення водної екосистеми [9]. Задача фахівців-гідроекологів – використовуючи моделі залежностей якості води і біопродуктивності від водообміну, оперативно реагувати на змінення стану водної екосистеми та управляти якістю вод на зарегулюваних річках для зниження або ліквідації антропогенного забруднення водних об'єктів [6; 7].

Застосування математичних моделей для дослідження гідроекологічних проблем продемонстроване під час виконання оцінки якості води поверхневих вод Нижнього Дніпра (2013–2015 рр.) в межах Херсонської області за різними методиками і за гідрохімічними показниками відповідно до діючих нормативів якості поверхневих водних ресурсів рибогосподарського призначення [10]. Встановлено, що віднесення басейну Нижнього Дніпра до водного об'єкту рибогосподарського призначення на сьогодні пов'язано з певними екологічними ризиками.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Виконана оцінка екологічної надійності пониззя річки Дніпро для сучасного рівня антропогенного навантаження.

Новизна. Виконана оцінка екологічного стану пониззя річки Дніпро за методикою узагальнення інформації про екологічний стан водних об'єктів за допомогою комплексного показника, який пов'язує параметри води з гранично допустимими показниками.

Методологічне або загальнонаукове значення. Використання сучасної розрахункової методики оцінки якості поверхневих вод за гідрохімічними показниками [11], яка враховує ефект сумації, дозволило виконати оцінку екологічного стану пониззя річки Дніпро (екологічної стійкості та надійності) відповідно до рибогосподарських норм як найбільш чутливих до змінення екологічного стану водного об'єкту.

Виклад основного матеріалу. Комплексна оцінка якості поверхневих вод використовується у випадках, коли необхідно простежити тенденцію просторово-часової зміни стану вод під впливом природних і антропогенних процесів, та може бути використана для порівняння стану водного середовища різних водних об'єктів.

Для оцінки екологічного стану вод пониззя Дніпра були використані дані аналітичного контролю поверхневих вод Херсонського управління водних ресурсів по створам: 1 – р. Дніпро – смт. Нововоронцовка-Ушкалка, Каховське вдсх. (195 км від гирла), 2 – р. Дніпро – н/б'єф Каховської ГЕС (92 км від гирла), 3 – р. Дніпро – м. Херсон, 1 км вище міста (40 км від гирла), 4 – р. Дніпро – с. Кізомис, рукав Рвач (0 км від гирла).

Оцінка екологічного стану пониззя річки Дніпро виконана за комплексним показником екологічного стану (КПЕС) [11], середнє значення якого розраховується за формулою:

$$КПЕС_{сер} = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} КПЕС_i, \qquad (1)$$

де m – кількість блоків показників якості вод (значень $КПЕС_i$).

З m блоків показників якості вод до першого входять показники, які не мають ефекту спільної дії, до інших блоків входять показники, які мають цей ефект.

Для першого блоку комплексний показник розраховується за формулою:

$$КПЕС = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} ПЕС_i, \qquad (2)$$

де n – кількість показників у першому блоці; $ПЕС_i$ – показник екологічного стану, розрахований для i-го показника якості.

Значення $ПЕС_i$ для i-го показника розраховуються за формулами:

$$ПЕС_i = a_i(H_i - П_i)/H_i, \qquad (3)$$

$$ПЕС_i = a_i(П_i - H_i)/H_i, \qquad (4)$$

де α_i – коефіцієнт вагомості i-го показника; $П_i$, H_i – значення показника (концентрація речовини) і його норматив.

Формула (3) використовується під час обмеження значень показника зверху. Для показників, обмежених знизу (O_2), використовується формула (4). У разі нормування показника (pH) у вигляді допустимого інтервалу $\left[H_{\min} < П_i < H_{\max}\right]$ значення $ПЕС_i$ розраховується за формулою (3), якщо значення показника перевищує H_{max}; якщо значення показника нижче за H_{min}, то $ПЕС_i$ розраховується за формулою (4). Якщо показник знаходиться в середині інтервалу, то розрахунок виконується за формулами (3) і (4), а в якості $ПЕС_i$ береться мінімальне з отриманих значень.

Коефіцієнт вагомості α_i-го показника пов'язаний із класом небезпеки. Якщо ступінь небезпеки зростає зі збільшенням номера класу ($кл$), то $\alpha_i = кл$; якщо ступінь небезпеки зменшується зі збільшенням номера класу, то $\alpha_i = 1/кл$. Якщо клас небезпеки не вказано, то береться клас на один розряд нижче від мінімально небезпечного класу.

Для блоків із показниками якості, які мають ефект спільної дії (ефект сумації), $КПЕС$ розраховується за формулою:

$$КПЕС = 1 - \sum(П_i / H_i), \qquad (5)$$

За санітарними нормами ефект сумарної дії мають показники 1 і 2 класів небезпеки з однаковими лімітуючими показниками шкідливості ($ЛПШ$), за рибогосподарськими – з однаковими $ЛПШ$ без урахування класу небезпеки.

Екологічний стан водного об'єкта класифікується таким чином:

при $КПЕС_{мін} < 0$ і $КПЕС_{сер} < 0$ – стан нестійкий;
при $КПЕС_{мін} > 0$ і $КПЕС_{сер} > 0$ – стан стійкий;
при $КПЕС_{мін} < 0$ і $КПЕС_{сер} > 0$ – стан стійкий з ознаками нестійкості.

У разі кваліфікації екологічного стану за двома першими пунктами необхідно проведення природозахисних заходів в екосистемі.

Екологічна надійність (*ЕН*) – здатність стану екосистеми відносно повно самовідновлюватися і саморегулюватися. За наявності сукупності вимірювань у різних місцях річки або в різні моменти часу і за можливості розгляду цієї сукупності як випадкового статистичного ряду, отримані значення $КПЕС_{сер}$ можна використовувати для аналізу ймовірності сталого стану річки, тобто ймовірності перевищення $КПЕС_{сер}$ нульового значення, відповідного межі стійкості. Ймовірність стійкого стану річки називається екологічною надійністю (*ЕН*), яку визначають за формулою:

$$ЕН = 1 - \chi^2 / (2N - M + 0{,}5\chi^2), \qquad (6)$$

де χ^2 – значення функції «хі-квадрат» за довірчої ймовірності, яка приймається рівною 0,9 [12]; N – загальне число значень $КПЕС_{сер}$; M – число значень $КПЕС_{сер}$, менших критичного, нульового значення.

Розподіл імовірностей «хі-квадрат» прийнято у зв'язку з тим, що зазвичай кількість ділянок річки, що досліджуються, невелика. За великого значення N розподіл «хі-квадрат» зводиться до нормального розподілу. Якщо розрахунок за формулою (6) дає від'ємне значення, то екологічна надійність приймається рівною нулю. З огляду на те, що складні технічні системи вважаються доволі надійними в разі рівня надійності 0,90–0,95, використовується така кваліфікація рівнів надійності за довірчої ймовірності 0,9: рівень високий ($ЕН \geq 0{,}9$), рівень задовільний ($0{,}9 > ЕН \geq 0{,}8$), рівень низький ($ЕН < 0{,}8$) [11].

Виконаний розрахунок комплексних показників екологічного стану вод пониззя Дніпра за рибогосподарськими нормативами за період спостережень у 2013–2016 рр. Приклад оцінки екологічного стану водного об'єкту у створі р. Дніпро – с. Кізомис, рукав Рвач (0 км від гирла) за 2016 рік спостережень за рибогосподарськими нормами наведений у таблиці 1.

Зведені результати оцінки екологічного стану в часі та просторі (за довжиною річки) представлені в таблиці 2.

Для розрахункового періоду 2013–2016 рр. виконана оцінка екологічної надійності (*ЕН*) в часі та просторі (за довжиною річки). Отримані показники екологічної надійності (ЭН = 0,77) відповідають низькому рівню саморегуляції та самовідновлення.

Відновлення процесів самоочищення пониззя річки Дніпро можливо завдяки оптимізації режиму попусків Каховської ГЕС-1 [1; 5–7] та/або будів-

Таблиця 1

Оцінка якості води р. Дніпро – с. Кізомис (рукав Рвач) за 2016 р.

ЛПШ	**Показники**	C_i, *мг/дм³*	$ГДК_i$, *мг/дм³*	$ГДК_i - C_i$	*ПЕС*	*КПЕС*
Загально-санітарний	Завислі речовини	5,0	20,0	15,0	0,75	
	$БСК_5$	1,63	3,0	1,37	0,46	
	pH	7,91	6,5–8,5	0,59	0,07	
	Розчинений кисень	10,0	6,0	–4,0	–0,67	
∑					0,61	0,15
Токсико-логічний	Амоній	0,12	0,50	–	0,24	
	Нітрити	0,03	0,08	–	0,38	
	АПАР	0,01	0,50	–	0,02	
	Залізо	0,12	0,10	–	1,2	
	Мідь	0,01	0,001	–	10,0	
	Нікель	0,05	0,01	–	5,0	
∑					16,84	–15,84
Санітарно-токсико-логічний	Хлориди	82,0	300	–	0,27	
	Сульфати	68,4	100	–	0,68	
	Кальцій	48,0	180	–	0,27	
	Нітрати	0,93	40,0	–	0,02	
	Хром	0,001	0,001	–	1,00	
	Магній	18,3	40,0	–	0,46	
∑					2,70	–1,70
Рибогосподарський	Нафто-продукти	0,3	0,05	–	6,00	–5,00
$КПЕС_{СЕР} = (0{,}15 - 15{,}84 - 1{,}70 - 5{,}00)/4 = -5{,}6$; $КПЕС_{МІН} = -15{,}8$; (екологічний стан об'єкта нестійкий)						

Таблиця 2

Оцінка екологічного стану пониззя річки Дніпро

Створ	Комплексний показник екологічного стану (*КПЕС*)							
	мін.	сер.	мін.	сер.	мін.	сер.	мін.	сер.
	екологічний стан водного об'єкту							
	2013		2014		2015		2016	
1	–2,2	–0,6	–3,7	–1,0	–16,2	–5,7	–17,2	–5,9
	нестійкий		нестійкий		нестійкий		нестійкий	
2	–2,2	–0,5	–4,2	–1,1	–17,1	–5,1	–16,8	–5,8
	нестійкий		нестійкий		нестійкий		нестійкий	
3	–2,1	–0,5	–2,9	–0,8	–16,2	–5,6	–15,7	–5,5
	нестійкий		нестійкий		нестійкий		нестійкий	
4	–2,3	–0,7	–3,5	–1,3	–16,0	–4,8	–15,8	–5,6
	нестійкий		нестійкий		нестійкий		нестійкий	

ництва Каховської ГЕС-2 [13]. За розрахунками Інституту гідробіології НАН України приблизно у два рази збільшуються за проектом (у разі витрати води 5100 м^3/с) швидкості течії в головному руслі і рукавах Дніпра. Посилиться зовнішній водообмін руслової мережі – період її зовнішнього водообміну зменшиться з 11,4–17,2 до 5,8–8,8 діб (величини наведено для 6 і 4-годинних попусків відповідно) [13; 14].

Головні висновки. За період спостережень 2013–2016 рр. екологічний стан пониззя р. Дніпро в часі та просторі (за довжиною річки) оцінюється як нестійкий. Динаміка кількісних показників середніх і мінімальних коефіцієнтів демонструє погіршення якості води річки в часі та просторі, що вказує на посилення негативних наслідків антропогенного навантаження і необхідності впровадження природоохоронних заходів, направлених на повернення здатності водної екосистеми до саморегуляції та самовідновлення і покращення умов існування біоресурсів у річці.

Перспективи використання результатів дослідження. Результати наукових досліджень, викладені в цій статті, можуть бути основою для встановлення тенденцій змін екологічного стану поверхневих вод пониззя Дніпра, прогнозування наслідків впливу антропогенного навантаження на екосистеми водних об'єктів, оцінки змінення якості водних ресурсів, інформування громадськості про стан гідроекосистем, вирішення економічних і соціальних питань, пов'язаних із раціональним використанням природних ресурсів та забезпеченням охорони навколишнього середовища.

Література

1. Екологічна гідрологія водойм України : монографія / В.М. Тімченко. Київ : Державне науково-виробниче підприємство Видавництво «Наукова думка» НАН України, 2006. 383 с.
2. Інженерна екологія. Ч. 2. Гідросфера : навч. посіб. / Б.А. Шелудченко та ін. ; за ред. Б.А. Шелудченко. Житомир : Вид-во «Волинь», 2000. 220 с.
3. Directive 2000/60/ES of the European Parlament of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. *Official journal the European Communities*. 2000. L. 327. 72 p.
4. Про затвердження Загальнодержавної цільової програми розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення басейну річки Дніпро на період до 2021 року. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4836-17 (дата звернення: 10.02.2019).
5. Timchenko V., Oksiyuk O. Ecosystem condition and water quality control at impounded sections of rivers by the regulated hydrological regime. *Ecohydrology and Hydrobiology.* Poland. 2002. Vol. 2. P. 259–264.
6. Timchenko V., Oksiyuk O., Gore J. A model for ecosystem state and water quality management in the Dnieper River delta. *Ecological Engineering.* UK. 2000. Vol. 16. № 1. P. 119–125.
7. Timchenko V.M., Oksiyuk O.P. Ecosystem condition and water quality control at impounded sections of rivers by the regulated hydrological regime. *Ecohydrology and Hydrobiology.* Poland. 2002. Vol. 2. № 1. P. 259–264.
8. Dubnyak S., Timchenko, V. Ecological role of hydrodynamic processes in the Dnieper reservoirs. *Ecological Engineering.* UK. 2000. Vol. 16. № 1. P. 181–188.
9. Shakhman I.A., Bystriantseva A.N. Assessment of Ecological State and Ecological Reliability of the Lower Section of the Ingulets River. *Hydrobiological Journal.* USA. 2017. Vol. 53. Issue 5. P. 103–109.
10. Пічура В.І., Шахман І.О, Бистрянцева А.М. Просторо-часова закономірність формування якості води в річці Дніпро. *«Біоресурси і природокористування».* 2018. Том 10. № 1–2. С. 44–57.
11. Тимченко З.В. Водные ресурсы и экологическое состояние малых рек Крыма. Симферополь : Доля, 2002. 152 с.
12. Гмурман В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятности и математической статистике. Москва : Высшая школа, 1979. 400 с.
13. Виконання проектних робіт, розробка розділу «Оцінка впливу на навколишнє середовище». Техніко-економічне обґрунтування. Заключний звіт. 1606-69-Т7. 2015. 133 с.
14. Timchenko, V.M. et al. Dynamics of environmentally significant elements of hydrological regime of the lower Dnieper section. *Hydrobiological Journal*. USA. 2015. Vol. 51. Issue 6. P. 75–83.

УДК 664.1-047.37:551.510.42
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-1-24-1-21

КІНЕТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ НІТРИФІКАЦІЇ У ВОДОЙМІ – ДЖЕРЕЛІ ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

Юрченко В.О.[1], Радіонов М.П.[2], Мельнікова О.Г.[1]
[1]Харківський національний університет будівництва та архітектури
вул. Сумська, 40, 61002, м. Харків
yurchenko.valentina@gmail.com, mikhoksana82@gmail.com
[2]Український науково-дослідний інститут екологічних проблем
вул. Бакуліна, 6, 61166, м. Харків
radionov.nikita@ukr.net

За результатами обробки багаторічних даних про вміст неорганічних сполук азоту в воді р. Сіверський Донець на ділянці водозабору, експериментальних хімічних і біохімічних досліджень води і донних відкладень на цій ділянці встановлено показники процесу нітрифікації та рівня її загроз екологічній безпеці водойми й питного водопостачання м. Харкова. *Ключові слова:* нітрифікація, вміст нітритів, константи швидкості, біокінетичні константи, концентрація нітрифікуючих бактерій.

Кинетические характеристики нитрификации в водоеме – источнике питьевого водоснабжения. Юрченко В.А., Радионов Н.П., Мельникова О.Г. По результатам обработки многолетних данных содержания неорганических соединений азота в воде р. Сиверский Донец на участке водозабора, экспериментальных химических и биохимических исследований воды и донных отложений на этом участке установлены показатели процесса нитрификации и уровня ее угрозы экологической безопасности водоема и питьевого водоснабжения г. Харькова. *Ключевые слова:* нитрификация, содержание нитритов, константы скорости, биокинетические константы, концентрация нитрифицирующих бактерий.

Kinetic parameters of nitrification in water basin which is a potable water source. Yurchenko V., Radionov M., Melnikova O. As a result of longitudinal data processing of inorganic nitrogen compounds contents in the riv. Siv. Donets water, in the area of water intake, experimental chemical and biochemical investigations of water and bottom sediments were established indicators of nitrification and the rate of its threat to ecologic safety of the water basin and Kharkiv potable water supply. *Key words:* nitrification, nitrite content, velocity constants, bio kinetic constants, nitrifying bacteria concentration.

Постановка проблеми. Нітрифікація в спорудах водопідготовки – екологічно небезпечний процес, який може спричинити підвищення концентрації нітритів у воді питного призначення до небезпечного рівня (ризик метгемоглобінії й мутагенезу), підвищення забору природної води та скиду в природні водойми некондиційної технічної води, негативно вплинути на ефективність роботи технологічного обладнання [1; 2]. Нітрифікуючі бактерії потрапляють в споруди водопідготовки з природних водойм – джерел питного водопостачання й одержують певні переваги для активного розвитку: наявність носіїв із розвинутою поверхнею для іммобілізації (засипку фільтрів), сприятливі кисневі умови та постійне надходження живильних речовин (NH_4^+).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Наявність у природних водах неорганічних сполук азоту в окиснених формах свідчить про те, що у водному середовищі йдуть процеси «самоочищення» шляхом нітрифікації – реакцій циклу азоту в біосфері, які здійснюються хемолітоавтрофними нітрифікуючими бактеріями [4; 5]. Нітрифікатори I фази (амонійокислюючі бактерії) здійснюють окислення амонію до нітриту, нітрифікатори II фази (нітритокислюючі бактерії) – окислення нітритів до нітратів. «Самоочищення» природних водойм від сполук азоту екологічно безпечніше за умови рівності швидкостей першої та другої фаз нітрифікації. На деяких ділянках водойм швидкість II фази нітрифікації нижча, ніж I фази, що спричиняє накопичення нітритів [5–9]. Підтримання низьких концентрацій нітритів у природних водних системах є серйозною проблемою (нітрит – дуже токсична речовина для біоти), особливо гострою для водойм, що використовують як джерела питного водопостачання [5; 10].

У США в системах водопідготовки з хлорамонізацією (знезараженням води введенням хлораміну, або амонію й хлору) та в розподільчій мережі водопровідної води було зазначено масовий розвиток нітрифікуючих бактерій (головним чином амонійокислюючих). Життєдіяльність цих бактерій зумовила цілий ряд негативних явищ: вторинне забруднення води питного призначення нітритами до екологічно небезпечних концентрацій; підвищення концентрації гетеротрофних бактерій, у т. ч. і бактерій групи кишкової палички; розкладення хлораміну і зниження ефекту пролонгованої дії цього дезінфектанту [2; 3].

Актуальність дослідження. У м. Харкові використовують два джерела питного водопостачання:

р. Сіверський Донець (75% загального об'єму) та Краснопавлівське водосховище (25% загального об'єму). Дослідження показників нітрифікації в цих водоймах на ділянках водозабору не виконували, а їх значення для забезпечення екологічної безпеки питного водокористування мегаполісу з населенням більше ніж 1,5 млн людей надзвичайно важливе.

Мета роботи – встановлення кінетичних, мікробіологічних і біохімічних показників нітрифікації в р. Сіверський Донець на ділянці водозабору, необхідних для опосередкованої оцінки ступеню ризику накопичення нітритів у цій водоймі та в пов'язаних із нею спорудах водопідготовки.

Попередні дослідження наявності процесів нітрифікації в р. Сіверський Донець на ділянці водозабору виконали на підставі аналізу багаторічних даних щоденного контролю концентрації азотовмісних сполук. Визначення хімічних і біологічних констант нітрифікації у природній водоймі виконували в лабораторних експериментах за методикою, викладеною в [9]. Для лабораторних дослідів із р. Сіверський Донець на ділянках водозаборів відбирали проби води (5,5 дм^3) і донних відкладень. У день відбору визначали вміст у воді мінеральних форм азоту ($N\text{-}NH_4$, $N\text{-}NO_2$, $N\text{-}NO_3$) й азоту органічного. У першому варіанті досліду воду (2,5 дм^3) інкубували без додавання реагентів. У другому варіанті в воду додавали 1,5 см^3 розчину хлориду амонію (0,1 г/дм^3), тобто здійснювали провокацію субстратом нітрифікації. Експозицію обох варіантів виконували протягом 31 доби у темному місці за температури 19ºС у нещільно закоркованому посуді для забезпечення доступу кисню. Через певні проміжки часу з кожного варіанта відбирали проби та визначали концентрацію сполук азоту. Дані за варіантом без провокації NH_4Cl характеризували дійсний стан нітрифікації у водоймі, а за варіантом із провокацією NH_4Cl – потенційну здатність до нітрифікації.

На підставі одержаних експериментальних даних розраховували хімічні кінетичні константи амоніфікації й нітрифікації I та II фаз за формулами, наведеними в [9], за допомогою розробленої математичної програми мовою програмування С++ з використанням фреймворка Qt. Значення біокінетичних констант (константи Міхаеліса K_m, та максимальної швидкості біохімічної реакції V_{max}) визначили за допомогою лінеаризації отриманих експериментальних даних методом Уокера – Шмідта [11].

Швидкість нітрифікації в донних відкладеннях визначали біохімічним методом [12] за активністю ферменту реакції хемотрофного окиснення амонію – гідроксиламіноксидоредуктази. Гідрохімічний аналіз водних середовищ ($N\text{-}NH_4$ – колориметрично з реактивом Неслера, $N\text{-}NO_2$ – колориметрично з α-нафтиламіном, $N\text{-}NO_3$ – колориметрично з саліцилатом натрію, $N_{орг.}$ – після мокрої мінералізації титрометрично) проводили за стандартними методиками згідно з вимогами нормативних документів України [13]. Статистичну обробку даних виконували в комп'ютерній програмі MicrosoftExcel.

Виклад основного матеріалу. Як видно з рис. 1, у р. Сіверський Донець на ділянці водозабору концентрація амонійного азоту у динаміці 5-річного періоду варіюється, а азоту нітратів – переважно знижується.

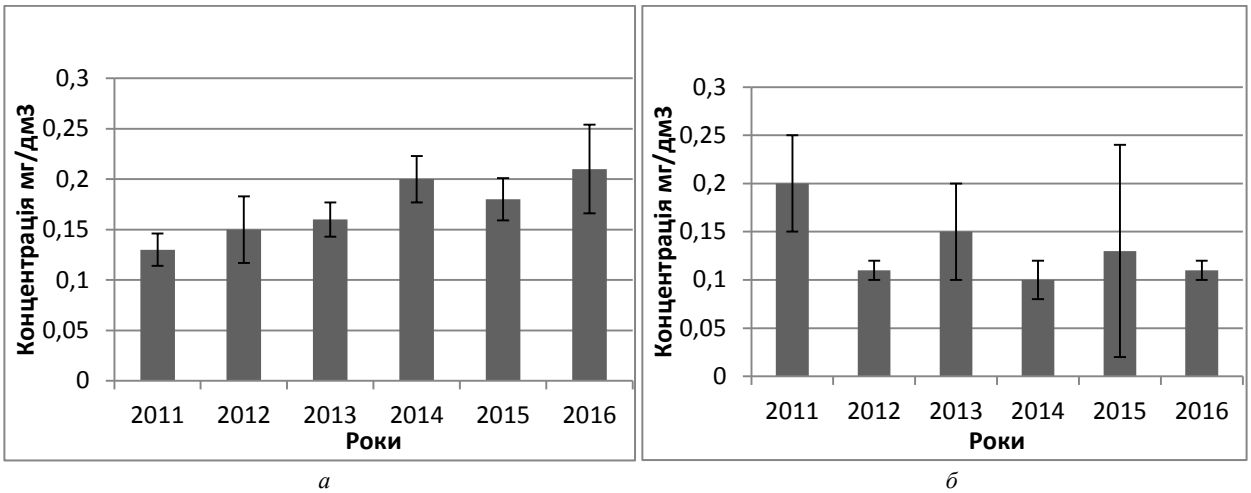
Індекс нітрифікації ($I_{нітр.}$) води (рис. 2) визначали за формулою, рекомендованою науковою літературою [8]:

$$I_{\text{нітр}} = C_{NO_3}/(C_{NO_3} + C_{NH_4} + C_{NO_2}) \quad (1),$$

де C_{NO3}, C_{NH4}, C_{NO2}– концентрація азоту нітратів, амонію і нітритів відповідно.

Індекс нітрифікації в р. Сіверський Донець на ділянці водозабору з 2012 р. стабільно знижувався. Проте середньорічна концентрація NO_2^- у воді протягом 2011–2016 рр. становила 0,04 мг/дм^3, тобто була екологічно безпечною.

Послідовність досліджуваних у лабораторних експериментах біохімічних перетворень сполук азоту можна представити таким чином:



а *б*

Рис. 1. Динаміка середньорічної концентрації амонійного азоту (а) й азоту нітратів (б) у воді р. Сіверський Донець

$$N_{\text{орг}} \xrightarrow{k_1} NH_4^+ \xrightarrow{k_2} NO_2^- \xrightarrow{k_3} NO_3^+ \quad (2),$$

де k_1 – константа швидкості амоніфікації,

k_2 – константа швидкості першої фази нітрифікації,

k_3 – константа швидкості другої фази нітрифікації.

Для розрахунку констант швидкостей реакцій амоніфікації та першої фази нітрифікації використовували метод [8], який враховує, що ці реакції послідовні та мають перший порядок. Ця система з двох рівнянь виглядає таким чином:

$$[N_{\text{ам}}]_{\text{макс}} - [N_{\text{ам}}]_0 = [N_{\text{орг}}]_0 \left(\frac{k_2}{k_1}\right)^{\frac{k_2}{k_1 - k_2}} \quad (3),$$

$$t_{\text{макс}} = \frac{\ln \frac{k_2}{k_1}}{k_2 - k_1}$$

де $[N_{\text{орг}}]_0$ – початкова концентрація органічного азоту, мг/дм^3;

$[N_{\text{ам}}]_{max}$ – максимальна концентрація амонійного азоту, мг/дм^3;

$[N_{\text{ам}}]_0$ – початкова концентрація амонійного азоту, мг/дм^3;

t_{max} – час досягнення максимальної концентрації амонійного азоту, діб.

Константу швидкості другої фази нітрифікації розраховували за формулою:

$$[NO_2^-]_{\text{макс}} - [NO_2^-]_0 = k_1 k_2 [N_{\text{орг}}]_0 \left[\frac{e^{k_1 t}}{(k_1 - k_2)(k_3 - k_1)} \frac{e^{k_2 t}}{(k_1 - k_2)(k_3 - k_2)}\right] \quad (4),$$

де $[NO_2^-]_{\text{макс}}$ – максимальна концентрація нітритів, мг/дм^3;

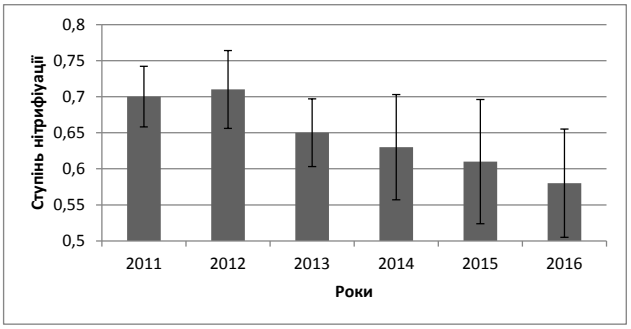


Рис. 2. Динаміка середньорічного індексу нітрифікації (2011–2016 рр.) у воді р. Сіверський Донець

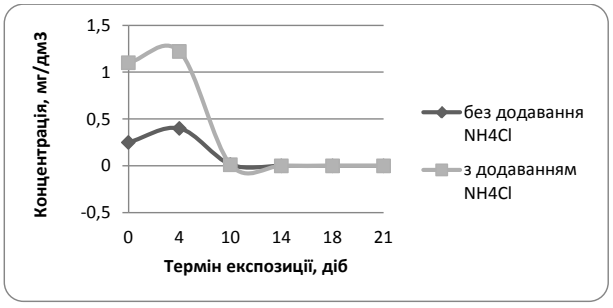
$[NO_2^-]_0$ – початкова концентрація нітритів, мг/дм^3;

t – час досягнення максимальної концентрації нітритів, діб.

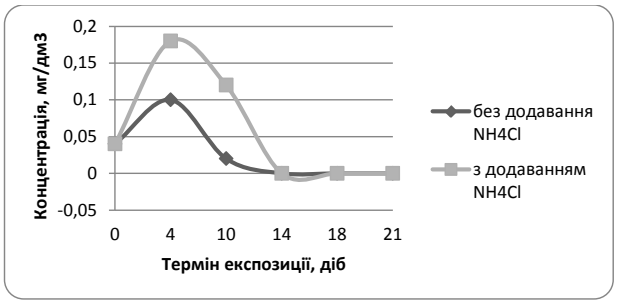
Динаміка концентрацій сполук азоту в пробах представлена на рис. 3.

Одержані результати порівняли з даними науково-технічної літератури (табл. 1). Наведені дані показали, що в воді р. Сіверський Донець на ділянці водозабору швидкість II фази нітрифікації майже в 2 рази перевищувала швидкість I фази. Це відповідає літературним даним [5; 7; 9] і пояснює той факт, що у природних водах концентрація $N–NO_2$ залишається на низькому рівні. Лімітуючою ланкою ланцюгу мікробіологічних перетворень азотовмісних сполук є амоніфікація.

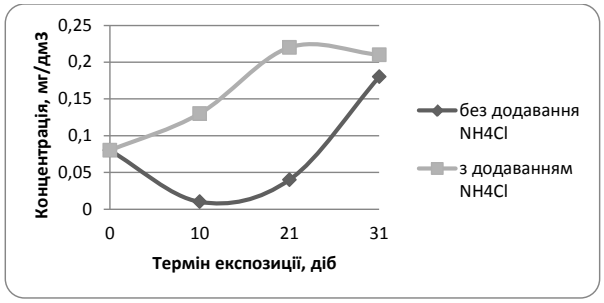
Лінеаризація даних експериментів для визначення K_S і V_{max} (варіант без додавання NH_4Cl) представлено на рис. 4, а розраховані значення цих біокінетичних констант – у табл. 2.



а



б



в

Рис. 3. Динаміка концентраціїамонійного азоту (а), азоту нітритів (б) та азоту нітратів (в) у процесі експозиції води з р. Сіверський Донець

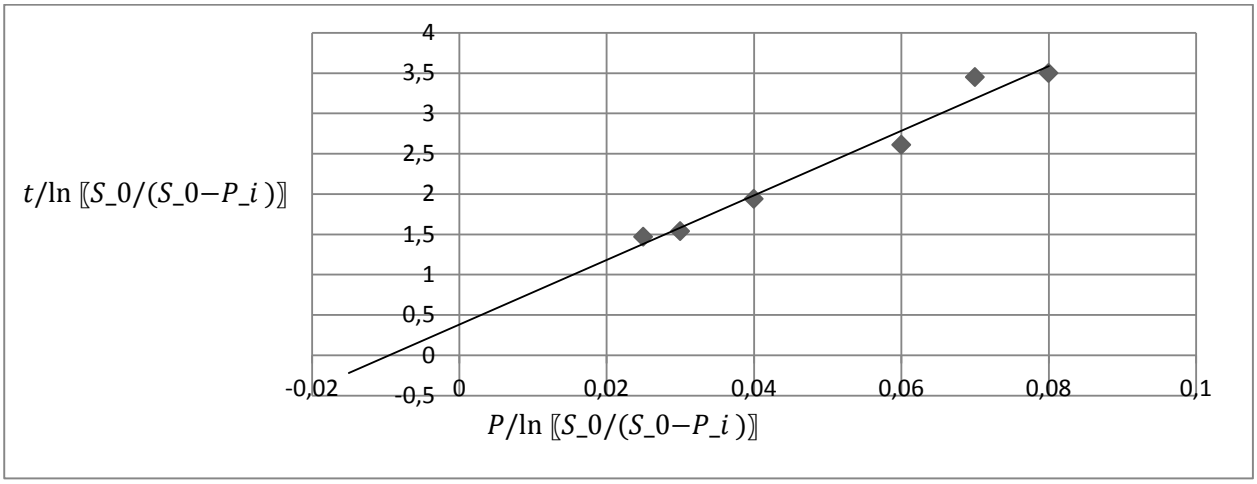


Рис. 4. Лінеаризація даних експерименту без додавання NH_4Cl

Розрахунки біокінетичних показників (табл. 2) показали, що одержані дані кореспондуються з даними досліджень інших природних водойм і біологічних очисних споруд. Відносна різниця в значеннях K_S нітрифікації в воді р. Сіверський Донець і в очисних спорудах узгоджувалася з різницею в концентрації $N\text{-}NH_4$ в цих об'єктах. Швидкість нітрифікації в р. Сіверський Донець на ділянці водозабору була в 2,5 рази вища, ніж в північній європейській р. Лососинка (Карелія) [9], що відповідає зниженню активності розвитку мікробіологічних процесів у холодних кліматичних зонах.

За встановленою швидкістю нітрифікації можна розрахувати концентрацію нітрифікуючих (амонійокислюючих) бактерій (кінетичне визначення), виходячи з даних [6]: швидкість окислення NH_3 однією

Таблиця 1

Кінетичні характеристики амоніфікації та нітрифікації у природних водоймах

Водойма	Константи швидкості амоніфікації, I та II фаз нітрифікації (k_1, k_2, k_3), доба$^{-1}$		
	k_1	k_2	k_3
р. Сіверський Донець	0,13	0,43	0,94
р. Лососинка [9]	0,03	0,23	2,35

Таблиця 2

Біокінетичні показники нітрифікації в різних водних об'єктах

Нітрифікуючий мікробіоценоз	Константа Міхаеліса, мг/дм^3	V_{max} нітрифікації першої фази, мг/(дм^3 добу)
р. Сіверський Донець	0,03	0,05
р. Лососинка [9]		0,016
Біологічні очисні споруди [14]	0,15–0,35	

Таблиця 3

Концентрація бактерій нітрифікаторів I фази у водному середовищі р. Сіверський Донець на ділянці водозабору

Вода з	Концентрація нітрифікуючих бактерій I фази (кл/см^3) у різних варіантах досліду	
	без провокації NH_4Cl	із провокацією NH_4Cl
р. Сіверський Донець	$0{,}4\cdot10^3$	$1{,}2\cdot10^3$
Озера нижнього Амура [15]	(0,166–1,466) 10^3	

Таблиця 4

Біохімічні характеристики донних відкладень у р. Сіверський Донець на ділянці водозабору

Донні відкладення з	Активність гідроксиламіноксидоредуктази, мкг формазана/($г_{сухр.}$·год)	Швидкість нітрифікації I фази, мг $N\text{-}NH_4$/ ($г_{сухр.}$ год)
р. Сіверський Донець	1,69	0,006
Активний мул [12]	22–50	0,35–0,77

клітиною амонійокислюючих бактерій складає 2,83–484 *f*моль NH_3/год. Результати розрахунків концентрації нітрифікуючи бактерій у воді р. Сіверський Донець на ділянці водозабору (табл. 3) кореспондуються з даними інших досліджень.

За даними науково-дослідної літератури [6;7;9;15], основний внесок у нітрифікацію у природних водоймах робить життєдіяльність нітрифікуючих бактерій, що іммобілізуються у верхньому шарі донних відкладень. Результати визначення нітрифікуючої здатності верхнього шару донних відкладень за даними біохімічного аналізу представлені в табл. 4. За одержаними даними розрахували потенційну швидкість першої фази нітрифікації за формулою [12]:

$$y = 0{,}011\,x + 0{,}006 \qquad (5),$$

де y – швидкість першої фази нітрифікації, мг $N\text{-}NH_4$/ ($г_{сухр.}$·год);

x – активність гідроксиламіноксидоредуктази, мкг формазана·($г_{сухр.}$·хв)$^{-1}$.

Як видно, порівняно з активним мулом швидкість нітрифікації в донних відкладеннях досить низька. Проте шар таких відкладень площею 1 дм^2 та глибиною 1 см (у більш глибоких шарах нітрифікація утруднена), тобто об'ємом 0,1 дм^3, має вагу (з урахуванням питомої ваги супесі 0,27 кг/дм^3) 0,27 кг, або 270 г. Він здатен нітрифікувати близько 1,62 мг $N\text{-}NH_4$ щогодини (38,9 мг/добу), отже, набагато більше, ніж нітрифікуюча мікрофлора водної товщі (0,025 мг/(дм^3 добу)). Враховуючи таку швидкість нітрифікації, концентрація нітрифікуючих бактерій у донних відкладеннях р. Сіверський Донець на ділянці водозабору (з урахуванням питомої швидкості нітрифікації однією клітиною 484 *f*моль NH_3/год) становить 0,93·10^{6}кл/г.

Головні висновки. Дані регулярного багаторічного контролю вмісту сполук азоту у воді р. Сіверський Донець на ділянці водозабору свідчать, що в дослідженій екосистемі відбувається нітрифікація I та II фаз, проте концентрація нітритів у ній екологічно безпечна. Як показали результати досліджень води та донних відкладень р. Сіверський Донець на ділянці водозабору, активність процесів нітрифікації набагато вища в донних відкладеннях, ніж у водній товщі, що кореспондується з даними досліджень інших науковців. Визначені на підставі результатів лабораторного експериментування кінетичні характеристики перетворень азотовмісних сполук свідчать, що швидкість II фази нітрифікації у водній товщі переважає швидкість I фази, а це суттєво знижує ризик накопичення нітритів у водоймі й опосередковано – у водоочисних спорудах на водозаборі.

Література

1. Nitrate in drinking water and bladder cancer riskins pain / N. Espejo-Herrera et al. *Environmental Research.* 2015. № 137. P. 299–307.
2. Nitrate and Nitrite in Drinking: A Toxicological Review / Water California Environmental Protection Agency. Oakland, CA, USA, 2011. P. 139–145.
3. Соловьева Ю.А., Кумани М.В. Особенности сезонной динамики растворенных форм азота в малых и средних реках Центрального Черноземья. *Вода: химия и экология.* 2013. № 3. С. 17–22.
4. Nitrogen Cycle Bacteria in the Waters of the River Drwęca / I. Gołaś et al. *Polish J. of Environ. Stud*. 2008. Vol. 17. № 2. P. 215–225.
5. Carini S.A., Joye S.B. Nitrification in Mono Lake, California: Activity and community composition during contrasting hydrological regimes. *Limnol. Oceanogr*. 2008. № 53(6). P. 2546–2557.
6. Polak J. Nitrification in the Surface Water of the Włocławek Dam Reservoir. The Process Contribution to Biochemical Oxygen Demand (N-BOD). *Polish Journal of Environmental Studies.* 2004. Vol. 13. № 4. P. 415–424.
7. Злывко А.С., Чесноков аС.М., Трифонова Т.А .Оценка предельно-допустимого воздействия на процессы самоочищения в экосистеме маловодотока. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2014. Т. 16. № 1 (4). С. 967–971.
8. Рыжаков А.В. Кинетические характеристики трансформации азотсодержащих соединений в природной воде. *Экологическая химия.* 2012. № 21 (2). С. 117–124.
9. Modelling the fate of nitrite an urbanized riverusing experimentally obtained nitrifier growth parameters / M. Raimonet et al. *Water Research, IWA Publishing*. 2015. № 73. P. 373–387.
10. McGuire M.J, Lieu N.I., Pearthree V.S. Using chlorite on to control nitrification. *Journal American Water Association*. 1999. Vol. 91. № 10. P. 52–62.
11. Клесов А.А., Березин И.В. Ферментативный катализ : в 2 ч. Москва, 1984.
12. Юрченко В.А. Развитие научно-технологических основ эксплуатации сооружений канализации в условиях биохимического окисления неорганических соединений : дисс. … докт. техн. наук : 05.23.04. Харьков, 2007. 426 с.
13. Унифицированные методы исследования качества вод. Методы химического анализа вод. Москва, 1987. 662 с.
14. Очистка сточных вод. / под ред. Хенце М., Армоэс П., Ля-Кур-Янсен Й., Арван Э. Москва. 2004. 480 с.
15. Особенности биогеохимического цикла азота в воде и донных отложениях припойменных озер нижнего Амура / Н.К. Фишер и др. *Регионы нового освоения: Современное состояние природных комплексов и вопросы их охраны*: материалы междунар. конф. (11–14 октября 2015 г., Хабаровск). Хабаровск, 2015. С. 247–250.

УДК 593.192.6:616.936
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-1-24-1-22

СУЧАСНІ БІОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗБУДНИКА ТРИДЕННОЇ МАЛЯРІЇ

Павліченко В.І.
Запорізький державний медичний університет
пр. Маяковського 26, 69000, м. Запоріжжя
pavlichenko.victor@gmail.com

У статті наведено дані глобальної захворюваності на vivax-малярію, її поширеність та можливу реінтродукцію в країнах, де вона була ліквідована. Аналіз сучасних генетичних, епідеміологічних та екологічних досліджень Plasmodium vivax пояснює його унікальні біологічні характеристики та взаємодію з хазяїном і вектором, що можна використати для розробки антималярійних вакцин. *Ключові слова:* Plasmodium vivax, vivax–малярія, геном, гіпнозоїт, рецидив, реінтродукція.

Современные биологические исследования возбудителя трехдневной малярии. Павличенко В.И. В статье приведены данные глобальной заболеваемости на vivax-малярию, ее распространение и возможную реинтродукцию в странах, где она была ликвидирована. Анализ современных генетических, эпидемиологических и экологических исследований Plasmodium vivax объясняет его уникальные биологические характеристики и взаимоотношения с хозяином и вектором, что можно использовать при разработке антималярийных вакцин. *Ключевые слова:* Plasmodium vivax, vivax–малярия, геном, гипнозоит, рецидив, реинтродукция.

Modern biological research of Plasmodium vivax malaria pathogen. Pavlichenko V. The article presents the global vivax-malaria incidence, its prevalence and possible reintroduction in countries where it was eliminated. The analysis of modern genetic, epidemiological and ecological studies of Plasmodium vivax explains its unique biological characteristics and interaction with the host and vector that can be used to develop anti-malaria vaccines. *Key words:* Plasmodium vivax, vivax-malaria, genome, hypnozoites, recurrence, reintroduction.

Постановка проблеми. Серед шести видів плазмодіїв, що викликають різні клінічні форми малярії людини, збудник триденної малярії (Plasmodium vivax), завдяки своїм унікальним біологічним характеристикам, займає найбільший ареал, на якому він безперервно адаптується до регіональних людських популяцій, місцевих видів та популяцій переносників і «тиску» антималярійних препаратів, становлячи загрозу реінтродукції в регіони помірних кліматичних зон [1–3].

Зважаючи на це, важливим є проведення аналізу сучасних молекулярно-генетичних, екологічних та біологічних досліджень взаємодії різних стадій розвитку плазмодії з хазяїном (людиною) та переносником (малярійним комаром).

Актуальність дослідження. В останньому Світовому звіті з малярії, який оприлюднила ВООЗ у листопаді 2018 р., констатовано 219 млн. випадків захворювання у 87 країнах та 435 000 випадків смертності [4]. Найбільший тягар смертності несе Африканський регіон, де захворюваність у 2017 р. становила 92%, а смертність – 93% з усіх випадків. Загалом, за одного рівня смертності у 2016 та 2017 рр. кількість випадків малярії у 2017 р. збільшилась на 2 млн. За даними ВООЗ, у 2017 р. на території Африки, Південно-Східної Азії, Східного Середземномор'я та західної частини Тихого океану домінував збудник тропічної малярії P. falciparum (62,8–99,7%), а в Південній та Центральній Америці – P. vivax (74,1%).

Проте у 2015 р. P. vivax у багатьох районах Азії, Океанії, у Південній та Центральній Америці спричинив близько 16 млн. випадків клінічної малярії, що становить приблизно 50% захворюваності поза межами Африки [4].

Як відомо, на 68-й сесії Всесвітньої Асамблеї охорони здоров'я було ухвалено Проект глобальної технічної стратегії з ліквідації малярії на 2016–2030 рр., де акцентовано розробку шляхів боротьби зі збудником vivax-малярії, який вивчений значно менше, ніж збудник falciparum-малярії, але здатний до відродження у країнах, звільнених від нього [1].

Так, Греція була гіперендемічною з малярії, але завдяки інтенсивним заходам, проведеним у 1946–1960 рр., ця хвороба була ліквідована і

в 1975 р. країна оголошена вільною від неї [3]. Але у 2006–2012 рр. в Грецію поступово прибували мігранти (близько 200 000) з індійського континенту, серед яких були хворі на малярію. Детальні дослідження 2009–2013 рр. виявили vivax-малярію у 139 мігрантів та 76 місцевих мешканців. Це свідчить про реінтродукцію в Греції триденної малярії.

Подібна ситуація склалася і в Південній Кореї, яка була оголошена вільною від малярії у 1979 р, а вже у 2000 р. в країні відбулося її відродження [3].

Наведені факти мають стати застереженням для країн, у яких була ліквідована vivax-малярія, зокрема країн зони помірного клімату (і для України), що у 19–20 столітті мала низку ендемічних осередків малярії з високим рівнем захворюваності та смертності.

Ґрунтовне ретроспективне дослідження захворюваності на малярію населення України у 1900–1945 рр. свідчить про те, що в країні епідемію викликав здебільшого P. vivax (95,1%), призводячи до 1 901,7 випадків захворюваності на 10 000 населення (1934 р.) та до 14,3% смертності (1944–1945 рр.) [5].

Наведені дані підкреслюють, що малярія все ще залишається глобальною проблемою людства.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вагомим доробком вітчизняних науковців, клініцистів та педагогів О.А. Голубовської, А.В. Шкурби, Л.А. Колос [6] та В.П. Малого [7] стали фундаментальні монографії з малярії, в яких автори всебічно висвітлюють медичні аспекти хвороби.

Заслуговує на увагу також медико-біологічне дослідження А.М. Бондаренко [5] щодо аналізу, розповсюдження і патогенезу в Україні vivax-малярії до її ліквідації та загрози її відродження.

Огляд популяційно-генетичних та еколого-фауністичних досліджень малярійних комарів Європи і України, створений В.І. Павліченко, О.Б. Приходько, Т.І. Ємець і Г.Ю. Малєєвою [8], показав, що для зниження ризику реінтродукції триденної малярії необхідно запровадити регіональний моніторинг переносників її збудників.

Наразі без сучасних генетичних, епідеміологічних та екологічних досліджень збудника, хазяїна та переносника, контролювати малярію, особливо малярію-vivax (а тим паче ліквідувати її) навряд чи можливо.

Саме на цих питаннях ми зосереджуємо свій аналіз у цій роботі.

Виклад основного матеріалу. Суттєві генетичні дослідження збудників малярії, насамперед P. falciparum, було опубліковано у 2003 р. в 4 випуску «PlasmoDB» – інтегрованої бази даних генома Plasmodium [9]. У ньому було анотовано гени всіх 14 хромосом P. falciparum: 9 хромосом секвенували в Інституті Сенгера (США), 4 – в Інституті геномних досліджень (США) та 1 – в Стенфордському геномному центрі (США). Зауважимо, що в останньому 41 випуску «PlasmoDB» від 13 грудня 2018 р. анотовано геноми, зокрема P. falciparum, із 15 ізолятів. Водночас вивчались геноми інших плазмодіїв, але головна увага та грантова підтримка завжди приділялись збуднику тропічної малярії.

Секвенування та попередні характеристики генома («забутого та нехтуваного» P. Vivax) показали, що 77% генів із 5 500 є ортологічними з іншими плазмодіями, але вони мають екстремальні відмінності у розташуванні низки нуклеотидів [10]. Так, уміст G+C у хромосомах P. vivax становить близько 42,3%, а у P. falciparum – 19,4%. Також установлено наявність 10-ти поверхневих білків у мерозоїта, які забезпечують інвазування еритроцитів людини, ідентифіковано 346 генів VIR, здатних генерувати безліч антигенних варіацій, змінюючи фенотип збудника та ухиляючись від імунної відповіді хазяїна, підтверджено участь апікопласта у біосинтезі рослинноподібних ліпідів і жирних кислот, вплив на які може бути перспективним у боротьбі з малярією [10; 11].

Подальші дослідження з'ясували, що для P. vivax характерні значні регіональні відмінності фенотипів: тривалість бімодальних стадій розвитку в гепатоцитах, резистентність до лікарських засобів та ступінь тяжкості захворювання, що спонукало до створення високоякісного, на думку авторів, еталонного геному PvPO1 [12]. Проте чи може існувати такий геном у природі, коли збудник на такому великому ареалі має постійно пристосовуватись до різних генотипів/фенотипів людей, різних генотипів/фенотипів переносників, різних кліматичних умов? [13].

Як відомо, для життєвого циклу малярійних плазмодіїв характерні три інвазивні стадії: спорозоїт і тканинний мерозоїт, що проникають у гепатоцити та еритроцити людини, та ооциста – в епітеліальні клітини шлунку малярійного комара. Кожній стадії властивий певний комплекс антигенів та молекулярних механізмів, необхідних для вторгнення у клітини-хазяїна та виходу з них, установлення яких може забезпечити розробку антималярійних вакцин, моніторинг, профілактику та ліквідацію цієї хвороби [1].

Для P. vivax, на відміну від P. falciparum, розвиток спорозоїтів у гепатоцитах людини можна розділити на тахизоїти, які негайно розвиваються в тканинні шизонти, і брадиспорозоїти, що перетворюються на гіпнозоїти, розвиток яких у південних широтах відбувається протягом тижнів, а в помірних зонах, зокрема в Україні, протягом років, допоки активація не призведе до рецидиву. Доведено, що у Південно-Східній Азії та західній частині Тихого океану близько 80–90% випадків захворювання на малярію викликано саме рецидивами [14].

Подібна картина спостерігається і в перуанській Амазонці, де більшість паразитемій є результатом рецидивів, що виникають через кожні 3–10 тижнів [15]. Така безсимптомна паразитемія підтримує передання збудника триденної малярії у значно більших масштабах, ніж це вважається, отож, коли загальний рівень захворюваності на малярію змен-

шується, то частка випадків, пов'язаних із P. vivax, зростає [16; 17]. Щоб запобігти цьому, необхідною є розробка вакцин, орієнтованих на різні етапи життєвого циклу, насамперед екзоеритроцитарних видових вакцин, які успішно блокуватимуть інвазію гепатоцитів спорозоїтами. Наразі в стані розробки продукту на вакцини з блокування спорозоїтів тестуються 14 кандидатів, в еритроцитарному проекті – 15 та ще 2 для гальмування гаметоцитогенезу збудника, причому в цих проектах тільки 1 кандидат на вакцину проти збудника vivax-малярії, інші – проти P. falciparum [18].

Із метою вивчення гіпнозоїтів створено химерну модель миші, яка не мала імунокомпетентних клітин та у печінку якої трансплантували гепатоцити людини [19]. Установлено, що розвиток спорозоїтів до тканинних мерозоїтів відбувається суто в гепатоцитах людини за 9–10 днів, а латентні стадії, гіпнозоїти завжди були менших розмірів та складали на 5–7 день інвазії 40% від загальної кількості паразитів печінки і зберігались у межах експерименту до 21-го дня. Застосування примахіну повністю знищувало всі стадії розвитку збудника, а дія атоваквону впливала лише на спорозоїти та мерозоїти. Таким чином, химерних мишей можна використовувати як модель рецидивувальної малярійної інвазії та платформи для тестування антималярійних препаратів нового покоління [19].

Отримано молекулярно-генетичні дані щодо надшвидкого розвитку гаметоцитів P. vivax, які показують, що вже після першого еритроцитарного циклу збудника починається гаметоцитогенез, але мерозоїти інвазують лише ретикулоцити, які складають близько 1% еритроцитів, що призводить до низької паразитемії у периферичному кровообігу та безсимптомному перебігу хвороби [17]. Такі носії збудника не звертаються за медичною допомогою і можуть довго сприяти його передачі до переносника.

Дослідження населення в ендемічних районах Колумбії, де P. vivax реєструється від 77,2% до 94,8% випадків, виявило 56% безсимптомних носіїв, що були інвазивними для лабораторних комарів Anopheles albimanus [20]. У таких пацієнтів за допомогою світлової мікроскопії збудники не діагностувались. Такі результати підтверджують думку, що стратегію боротьби з vivax-малярією також слід спрямувати на безсимптомні інвазії.

У Перу та інших регіонах Амазонії P. vivax відповідає за 80% малярійних інвазій [20]. Тут домінувальним вектором передачі збудника є Anopheles darlingi, який може інвазуватися від 9% до 42% його носіїв.

У цьому ж регіоні інша група дослідників [21] вивчала продукцію спорозоїтів колонізованими комарами A. darlingi, яких годували кров'ю пацієнтів хворих на vivax-малярію. Розчленування більше 52 000 особин дозволило встановити наявність великої кількості спорозоїтів на одного комара у діапазоні від 57 до 98 6000.

Велика спільнота науковців проводить також протеомні дослідження, але дотепер експериментально відомими є близько 50 структур (1%) P. vivax, які можуть бути використані для розробки нових лікарських засобів, тому дослідники з Оксфорда створили комплексне структурне сховище «PvaxDB», де пропонується збирати та аналізувати протеом збудника триденної малярії, що дозволить вивчити безліч його біологічних функцій [22] і зрозуміти його іноді важкі клінічні наслідки. Про це відомо було ще 30 років тому, коли було затверджено Міжнародну класифікація хвороб 10-го перегляду, де окремо виділено нозоформу B51.0 – «Малярію, спричинену Plasmodium vivax, ускладнену розривом селезінки». Варто зазначити, що високий ризик цього ушкодження мають пацієнти з низьким імунітетом до малярії, а в населення України такий імунітет відсутній.

Важкі наслідки vivax-малярії детально описують у своєму огляді дослідники з Бразилії [23].

Головні висновки. Унікальні біологічні особливості збудника триденної малярії забезпечують його домінантне поширення на території Південної та Центральної Америки і в Азійсько-Тихоокеанському регіоні, пристосованість до широкого спектра векторних видів, здатність генерувати безліч антигенних варіацій та ухилятися від імунної відповіді хазяїна, тривалість бімодальних стадій розвитку в гепатоцитах та резистентність до лікарських засобів.

Незважаючи на слабку грантову підтримку, дослідницька спільнота з вивчення геномів Plasmodium створила інтегровану базу даних «PlasmoDB» та комплексне структурне сховище з вичення протеомів «PvaxDB», які можуть бути використані для розроблення нових лікарських засобів.

Значні міграції населення призводять до реінтродукції триденної малярії в країнах, звільнених від неї, а для того, щоб запобігти цьому, необхідно запровадити регіональний ентомологічний моніторинг, виявлення та лікування хворих.

Література

1. World Health Organization: World malaria report. 2015.
2. Howes R.E. et al. Global Epidemiology of Plasmodium vivax. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene.* 2016. Dec 28.95(6 Suppl):15–34. DOI: 10.4269/ajtmh.16–0141. Epub 2016 Jul 11.
3. Spanakos G., Snounou G., Pervanidou D., Alifrangis M., Rosanas-Urgell A., Baka A., et al. Genetic spatiotemporal anatomy of Plasmodium vivax malaria episodes in Greece, 2009–2013. *Emerging Infectious Diseases.* 2018. Mar. 24. (3): 541–548. DOI: 10.3201/eid2403.170605
4. World Health Organization: World malaria report. 2018.
5. Бондаренко А.М. Можливість формування ендемічних зон тропічних хвороб – реальна загроза екобезпеці України. *Інфекційні хвороби.* 2010. № 2. С. 88–100.
6. Голубовская О.А., Шкурба А.В., Колос Л.А. Малярия: монография. Киев, 2015. 288 с.
7. Малый В.П. Малярия – диагностика, лечение, профилактика: монография. Харьков, 2015. 324 с.
8. Павліченко В.І., Приходько О.Б., Ємець Т.І., Малєєва Г.Ю. Біологічні аспекти малярії: переносники. *Питання біоіндикації та екології.* 2017. Вип. 22. № 2. С. 130–143.
9. Bahl A., Brunk B., Crabtree J. et al. PlasmoDB: the Plasmodium genome resource. A database integrating experimental and computational data. *Nucleic Acids Research.* 2003 Jan 1; 31(1): 212–215. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC165528/citedby/.
10. Carlton J.M., Adams J.H., Silva J.C., Bidwell S.L., Lorenzi H., Caler E. et al. Comparative genomics of the neglected human malaria parasite Plasmodium vivax. *Nature.* 2008. 455. 757–763. doi: 10.1038/nature07327.
11. Carlton J.M., Sina B.J., Adams J.H. Why Is Plasmodium vivax a Neglected Tropical Disease? *PLoS Neglected Tropical Diseases*. 2011. 5(6): e1160. doi:10.1371/journal.pntd.0001160.
12. Auburn S., Böhme U., Steinbiss S. et al. A new Plasmodium vivax reference sequence with improved assembly of the subtelomeres reveals an abundance of *pir* genes [version 1; referees: 2 approved]. *Wellcome Open Research.* 2016. 1:4 Last updated: 11 JAN 2017. 12 p. doi: 10.12688/wellcomeopenres.9876.1/.
13. Carlton J.M., Sullivan S.A. A Feast of Malaria Parasite Genomes. *Cell Host & Microbe.* 2017. 21. March 8. 310–312. http://dx.doi.org/10.1016/j.chom.2017.02.019.
14. White M., Amino R., Mueller I. Theoretical Implications of a Pre-Erythrocytic Plasmodium vivax Vaccine for Preventing Relapses. *Trends in Parasitology*. 2017. Volume 33, Issue 4. Pages 260-263. https://doi.org/10.1016/j.pt.2016.12.011.
15. Carrasco-Escobar G., Gamboa D., Castro M.C., et al. Micro-epidemiology and spatial heterogeneity of *P. vivax* parasitaemia in riverine communities of the Peruvian Amazon: A multilevel analysis. *Scientific Reports*. 2017. 7: 80–82. doi: 10.1038/s41598-017-07818-0.
16. Adapa S.R., Taylor R. A., Wang C. et al., Plasmodium vivax readiness to transmit: implication for malaria eradication. *BMC Systems Biology*. 2019. 13:5. 12 p. https://doi.org/10.1186/s12918-018-0669-4.
17. Birkett A.J. Status of vaccine research and development of vaccines for malaria. *Vaccine*. 2016. 34 (26): 2915–2920. http://dx.doi.org/10.1016/j.vaccine.2015.12.074.
18. Mikolajczak S.A., Vaughan A.M., Kangwanrangsan N., Roobsoong W., Fishbaugher M., Yimamnuaychok N., et al. Plasmodium vivax liver stage development and hypnozoite persistence in human liver-chimeric mice. *Cell Host Microbe.* 2015. 17(4): 526–535. doi:10.1016/j.chom.2015.02.011.
19. Vallejo A.F. et al. Plasmodium vivax gametocyte infectivity in sub-microscopic infections. *Malaria Journal.* 2016**.**15:48. https://doi.org/10.1186/s12936-016-1104-1.
20. Rovira-Vallbona E, Contreras-Mancilla JJ, Ramirez R, GuzmaÂn-GuzmaÂn M, Carrasco-Escobar G, Llanos-Cuentas A, et al. Predominance of asymptomatic and sub-microscopic infections characterizes the Plasmodium gametocyte reservoir in the Peruvian Amazon. *PLoS Neglected Tropical Diseases.* 2017. 11(7):18p. e0005674. https://doi.org/10.1371/ journal.pntd.0005674.
21. Moreno M., Tong-Rios C., Orjuela-Sanchez P., Carrasco-Escobar G. et al. Continuous Supply of Plasmodium vivax Sporozoites from Colonized Anopheles darlingi in the Peruvian Amazon. *ACS Infectious Diseases* 2018. Apr 13;4(4):541-548. doi: 10.1021/acsinfecdis.7b00195.
22. Singh A., Kaushik R., Kuntal H., Jayaram B. PvaxDB: a comprehensive structural repository of Plasmodium vivax proteome. Database. Volume 2018. 1 January 2018. bay021,https://doi.org/10.1093/database/bay021.
23. Elizalde-Torrent A., Val F., Azevedo I.C.C., et al. Sudden spleen rupture in a Plasmodium vivax-infected patient undergoing malaria treatment. *Malaria Journal.* 2018. 17: 79. Published online 2018 Feb 13. doi:10.1186/s12936-018-2228-2.

УДК 616.45:612.017-092.9:502
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-1-24-1-23

ФУНКЦІОНАЛЬНІ ПЕРЕБУДОВИ ГІПОФІЗАРНО-НАДНИРКОВОЇ ТА ГІПОФІЗАРНО-ГОНАДНОЇ СИСТЕМИ ЩУРІВ СТАРЕЧОГО ВІКУ ЗА УМОВ ЗАГАЛЬНОГО ЗНЕВОДНЕННЯ ОРГАНІЗМУ

Гринцова Н.Б.
Медичний інститут
Сумського державного університету
вул. Санаторна, 33, 40018, м. Суми
natalia.gryntsova@gmail.com

Вода є джерелом життя на нашій планеті, основою внутрішнього середовища організму. Гомеостаз водно-електролітного балансу є обов'язковою умовою життєдіяльності організму. У процесі розвитку людської цивілізації потреба у воді стала різко зростати. Питання патогенезу, діагностики та корекції водно-електролітних порушень є однією з важливих проблем сьогодення. Сьогодні відсутні роботи щодо дослідження функціональних показників структурних компонентів гіпофізарно-надниркової та гіпофізарно-гонадної системи щурів-самців старечого віку за умов експериментального загального зневоднення організму. Експеримент проведений на 12 білих щурах-самцях старечого віку з початковою масою 262–285 г, віком 22 місяці. Щурам експериментальної групи моделювали середній ступінь загального зневоднення. У сироватці периферійної крові дослідних тварин (методом ІФА) визначали кількісні показники та оптичну щільність АКТГ (пг/мл), COR (нмоль/л), ЛГ (мМОд/мл), ФСГ (мМОд/мл), прогестерону (нмоль/л), естрадіолу (пмоль/л), загального (нмоль/л) та вільного (пг/мл) TES. Порушення водно-сольової рівноваги в організмі експериментальних щурів старечого віку (загального зневоднення середнього ступеня) негативно впливає на функціональний стан ендокринних механізмів регуляції гомеостазу, а саме – гіпофізарно-надниркову та гіпофізарно-гонадну системи. Механізми ендокринної регуляції водно-сольового гомеостазу за середнього ступеня загального зневоднення у старих тварин працюють завдяки активації репродуктивної ланки організму щурів. Вичерпання можливостей кортизолу, тестостерону та прогестерону, попередника тестостерону та кортизолу, зумовлює підвищення рівня естрадіолу (гіперестрогенія) в сироватці крові піддослідних тварин. Це, безперечно, зумовлено неспецифічними, антистресорними властивостями цього стероїдного гормона. *Ключові слова:* вода, загальна дегідратація, гіпофіз, наднирники, гонади.

Функциональные перестройки гипофизарно-надпочечниковой и гипофизарно-гонадной системы крыс старческого возраста при общем обезвоживании организма. Гринцова Н.Б. Вода является источником жизни на нашей планете, основой внутренней среды организма. Гомеостаз водно-электролитного баланса является обязательным условием жизнедеятельности организма. В процессе развития человеческой цивилизации потребность в воде стала резко расти. Вопросы патогенеза, диагностики и коррекции водно-электролитных нарушений являются одной из важных проблем современности. На сегодняшнее время отсутствуют работы по исследованию функциональных показателей структурных компонентов гипофизарно-надпочечниковой и гипофизарно-гонадной системы крыс-самцов старческого возраста в условиях экспериментального общего обезвоживания организма. Эксперимент проведен на 12 белых крысах-самцах старческого возраста с начальной массой 262–285 г в возрасте 22 месяца. Крысам экспериментальной группы моделировали среднюю степень общего обезвоживания. В сыворотке периферической крови подопытных животных (методом ИФА) определяли количественные показатели и оптическую плотность АКТГ (пг/мл), COR (нмоль/л), ЛГ (мМОд/мл), ФСГ (мМОд/мл), прогестерона (нмоль/л), эстрадиола (пмоль/л), общего (нмоль/л) и свободного (пг/мл) TES. Нарушение водно-солевого равновесия в организме экспериментальных крыс старческого возраста (общего обезвоживания средней степени) отрицательно влияет на функциональное состояние эндокринных механизмов регуляции гомеостаза, а именно – гипофизарно-надпочечниковую и гипофизарно-гонадную системы. Механизмы эндокринной регуляции водно-солевого гомеостаза при средней ступени общего обезвоживания у старых животных работают за счет активации репродуктивного звена организма крыс. Исчерпание возможностей кортизола, тестостерона и прогестерона, предшественника тестостерона и кортизола, вызывает повышение уровня эстрадиола (гиперэстрогения) в сыворотке крови подопытных животных. Это, определенно, вызвано неспецифическими, антистрессорными свойствами этого стероидного гормона. *Ключевые слова:* вода, общая дегидратация, гипофиз, надпочечники, гонады.

Functional restructuring of the pituitary-adrenal and pituitary-gonadal system of older rats with general dehydration. Hryntsova N. Water is the source of life on our planet, the basis of the internal environment of the body. Homeostasis of water and electrolyte balance is a prerequisite for the life of the organism. In the process of development of human civilization, the need for water began to grow sharply. Issues of pathogenesis, diagnosis and correction of water-electrolyte disorders is one of the important problems of our time. At present, there are no studies on the functional indicators of the structural components of the pituitary-adrenal and pituitary-gonadal systems of male-aged rats under conditions of an experimental general dehydration of the organism. The experiment was conducted on 12 white male rats of old age with an initial weight of 262–285 g at the age of 22 months. Experimental rats were modeled with an average degree of total dehydration. In the serum of peripheral blood of experimental animals (ELISA method) quantitative indicators and optical density of ACTH (pg/ml), COR (nmol/l), LH (mMOD/ml), FSH (mMOD/ml), progesterone (nmol/l) were

determined, estradiol (pmol/l), total (nmol/l) and free (pg/ml) TES. Disruption of water-salt balance in the body of experimental rats of old age (general moderate dehydration) negatively affects the functional state of the endocrine mechanisms of homeostasis regulation, namely, the pituitary-adrenal and pituitary-gonadal systems. The mechanisms of endocrine regulation of water-salt homeostasis with an average degree of general dehydration in old animals work by activating the reproductive link of the rat organism. The exhaustion of the possibilities of cortisol, testosterone and progesterone, the precursor of testosterone and cortisol, causes an increase in the level of estradiol (hyperestrogenism) in the blood serum of experimental animals. This is definitely caused by the non-specific, anti-stress properties of this steroid hormone. *Key words:* water, total dehydration, pituitary, adrenal glands, gonads.

Постановка проблеми. Загальновідомо, що вода є джерелом життя на нашій планеті, основою внутрішнього середовища організму. У тому чи іншому вигляді вода бере участь практично у всіх екологічних процесах і є життєво необхідним ресурсом. Вміст води у дорослої людини становить у середньому 60% маси тіла. Вона необхідна для здійснення більшості життєво важливих функцій організму [1]. У процесі розвитку людської цивілізації потреба у воді стала різко зростати. Вода необхідна для життєдіяльності людини, існування інших живих організмів, у розвитку виробництва. На прісні води припадає близько 2% гідросфери, використовувана частина (річковий стік, озерна вода) становить менше 1% від загального обсягу вод гідросфери. Відмінною рисою XX ст. є швидкий ріст водоспоживання за найрізноманітнішими напрямами. На перше місце за обсягом споживання води вийшло сільськогосподарське виробництво.

Актуальність дослідження. Для того щоб забезпечити продуктами харчування все зростаюче населення Землі, необхідні витрати величезної кількості води в землеробстві. Ресурси вологи і тепла та їх співвідношення визначають природну біологічну продуктивність у різних природно-кліматичних зонах світу. На жаль, збільшується не тільки витрата води, але і ступінь забруднення водних ресурсів. Вода та екологія нерозривно пов'язані між собою: фактично одним із головних показників екологічної ситуації на планеті є стан водних ресурсів. Саме тому треба приділяти найбільшу увагу екології водойм, збереженню водних ресурсів. Тому актуальною проблемою екологічної морфології є, на наш погляд, вплив загального зневоднення організму на стан різних ланок ендокринної системи організму, зокрема у віковому аспекті.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Робота виконана відповідно до плану наукових досліджень Медичного інституту Сумського державного університету та є частиною планової наукової теми кафедри морфології «Морфофункціональні аспекти гомеостазу організму» (№ держ. реєстрації 0118U006611) та патологічної анатомії «Морфогенез загальнопатологічних процесів» (№ держ. реєстрації 013U003315), «Закономірності вікових і конституціональних морфологічних перетворень за умов впливу ендо- і екзогенних чинників і шляхи їх корекції» (№ 0113U001347).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Супутником багатьох патологічних станів організму є порушення водно-електролітного балансу. Дегідратаційні порушення можуть бути зумовлені посиленими тривалими фізичними навантаженнями, трудовою діяльністю в гарячих цехах [2], глибоких шахтах, відсутністю питної води, а також у регіонах із спекотним кліматом. Питання патогенезу, діагностики та корекції водно-електролітних порушень є однією з важливих проблем сьогодення. Під час дегідратації організму порушуються або зовсім припиняються синтетичні, видільні, дезінтоксикаційні функції клітин органів, а надалі нерідко все це призводить до тяжких функціональних розладів і визначає тяжкість перебігу захворювання [3–5]. Сьогодні вивчено проблему впливу різних видів зневоднення організму на стан екзокринних залоз [5], дисоційованої імунної системи [2], скелетних м'язів[4], кісток[6], стан головного мозку[7] та наднирників [8]. Загальновідомо, що підтримка водно-сольового балансу регулюється завдяки нервовим і гуморальним механізмам.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Згідно з результатами пошуку літературних джерел, відсутні роботи щодо дослідження функціональних показників структурних компонентів гіпофізарно-надниркової та гіпофізарно-гонадної системи щурів-самців старечого віку за умов експериментального загального зневоднення організму.

Новизна. Уперше на експериментальному матеріалі проведено аналіз взаємовідносин між гіпофізарно-надниркoвим і гіпофізарно-гонадним комплексами ендокринної системи щурів-самців старечого віку в умовах загального зневоднення організму середнього ступеня.

Методика. Експеримент проведений на 12 білих щурах-самцях старечого віку з початковою масою 262–285 г, віком 22 місяці, що були розподілені на контрольну та експериментальну групи. Щурам експериментальної групи загальне зневоднення моделювали за методикою А.Д. Соболевої (1973) в модифікації В.М. Творка. Середній ступінь загальної дегідратації досягався протягом 6 днів досліду, коли дефіцит вологи становив щодо контролю 6–10% Забір крові у щурів проводили шляхом пункції хвостової вени безпосередньо перед декапітацією в ранковий час, з 6 до 8 години, в осінньо-зимовий період. Кров забирали в пробірки, центрифугували 20 хв за +4 °С (1000 g), після чого здійснювали від-

Таблиця 1

Результати визначення гормонів і показників оптичної щільності гормонів у сироватці крові експериментальних і контрольних тварин (M±m), n=6

Вміст гормонів у сироватці крові	Досліджувані групи тварин	
	Контрольні тварини	Експериментальні тварини
АКТГ (пг/мл)	157,15 ± 1,52	80,9 ± 2,3***
COR (нмоль/л)	56,45 ± 2,88	42,1± 1,95**
Вільний TES (пг/мл)	8,31 ± 1,15	3,78± 0,4**
Заг. TES (нмоль/л)	5,7± 5,0	4,16± 4,18
DHS (умоль/л)	< 0, 407	< 0, 407
Опт. щільність DHS (у.о.)	30,299± 0,22	31,617± 4,31
ЛГ (мМОд/мл)	< 0, 1	< 0, 1
Опт. щільність ЛГ (у.о.)	35,542± 0,2	89,23±1,38***
ФСГ (мМОд/мл)	< 0, 1	< 0, 1
Опт. щільність ФСГ (у.о.)	82,721± 0,9	79,50±1,15
Прогестерон (нмоль/л)	18,1± 1,7	15,2±1,22
Естрадіол (пмоль/л)	65,0± 1,1	73,4±0,81***

Примітка: різниця між показниками контролю та експерименту * p≤0,05; ** p≤0,01; *** p≤0,001.

бір сироватки. Усі зразки були проаналізовані у двох повторах. У сироватці периферійної крові дослідних тварин (методом ІФА) визначали кількісні показники та оптичну щільність таких гормонів: адренокортикотропного АКТГ(пг/мл), кортизолу COR (нмоль/л), лютеїнізуючого (ЛГ) (мМОд/мл), фолікулостимулюючого (ФСГ) (мМОд/мл), прогестерону (нмоль/л), естрадіолу (пмоль/л), загального (нмоль/л) та вільного (пг/мл) тестостерону (TES). Використовували наборів реагентів фірми Siemens на автоматичному імунохемолюмінісцентному аналізаторі Immulite 1000 Siemens Healtheare Global. Статистична обробка даних здійснювалася в пакеті програм «Statistica 8.0», з використанням критерію Стьюдента-Фішера. Значущими вважали відмінності за p≤0,05.

Виклад основного матеріалу. Унаслідок дії загального зневоднення на організм піддослідних тварин старечого віку концентрація АКТГ знизилася у 1,9 разів (p<0,001, t = 27,65805), а рівень кортизолу зменшився на 25,4% (p<0,01, t = 4,125864) порівняно з показниками інтактних тварин. Дослідження репродуктивної панелі щурів-самців базувалося на аналізі функціональної активності гонадотропоцитів аденогіпофіза, ендокриноцитів сітчатої зони кори надниркових і клітин Лейдіга сім'яників. Аналізуючи функціональний резерв репродуктивної панелі гіпофізарно-наднирникової та гіпофізарно-тестикулярної системи та її чутливості до порушень водно-сольового балансу в організмі встановлено, що рівень ЛГ та ФСГ у сироватці крові піддослідних та інтактних щурів залишався практично незмінним і мав результат < 0,1 мМОд/мл. Однак показники оптичної щільності цих гормонів все ж зазнали змін. Наприклад, показник оптичної щільності ЛГ збільшився у 2,5 разів (p<0,001, t = 38,5021), а ФСГ зазнав незначного недостовірного зниження на 4% (p≥0,05, t = 2,205699) порівняно з показниками контрольних тварин. Рівень прогестерону знизився на 16% (p≥0,05, t = 1,385927), а естрадіолу, навпаки, підвищився у 1,1 разів (p<0,001, t = 6,149104). Показник загального та вільного TES знизився, відповідно, на 27% (p≥0,05, t = 0,236302) та у 2,2 разів (p<0,01, t = 3,720496) порівняно з показниками контрольних тварин. Рівень статевого гормона DHS залишався практично незмінним і мав показники <0,407 умоль/л у сироватці крові як піддослідних, так і інтактних щурів. Але показник оптичної щільності цього гормона недостовірно підвищувався на 4,3**%** (p≥0,05, t = 0,305403) порівняно з показниками контрольних тварин (табл. 1).

Головні висновки. Отже, порушення водно-сольової рівноваги в організмі експериментальних щурів старечого віку (загального зневоднення середнього ступеня) негативно впливає на функціональний стан ендокринних механізмів регуляції гомеостазу, а саме – гіпофізарно-надниркову та гіпофізарно-гонадну системи. Дисфункція в одній із ланок потребує включення резервних можливостей в інших ланках. Дефіцит вологи упродовж 6 днів досліду викликає в експериментальних щурів розвиток загального адаптаційного синдрому, стадії виснаження до дії пошкоджуючого агента. Результатом стрес-реакції є глибокий дисбаланс у роботі гіпофізарно-наднирникової та репродуктивної панелі ендокринної системи щурів [9–12]. Різке зниження секреторної активності кортикотропоцитів аденогіпофіза зумовлює суттєву активацію гонадотропоцитів щодо виділення ЛГ.

Механізми ендокринної регуляції водно-сольового гомеостазу за середнього ступеня загального зневоднення працюють завдяки активації репродуктивної ланки організму щурів. Насамперед спостерігається значне вичерпання резервних можливостей

андрогенної ланки репродуктивної панелі ендокринної системи щурів. Ці регуляторні механізми не є ефективними в боротьбі зі стресорним агентом, можливо завдяки перебуванню більшої частини тестостерону у неактивному, з'єднаному з білками стані [9; 11; 13]. Зниження концентрації у плазмі крові піддослідних тварин тестостерону, основного стероїду чоловічої статевої системи, прогестерону, що є попередником тестостерону та кортизолу, спричиняє, на нашу думку, включення інших резервів гіпофізарно-гонадної системи щурів. Підвищення рівня естрадіолу (гіперестрогенія) в сироватці крові піддослідних тварин зумовлена неспецифічними, антистресорними властивостями цього стероїдного гормона. Адже під час стресу саме естрадіол, а не андрогени, найбільш реактивний і чинить модулюючий ефект на секрецію стрес-гормонів, зокрема кортизолу, рівень якого в експерименті зменшується.

Отже, гормони гіпофізарно-гонадної системи ендокринної регуляції, крім своєї основної функції, пов'язаної з репродукцією, відіграють важливу роль у забезпеченні відповіді на порушення водно-сольового балансу та адаптації організму.

Перспективи використання результатів дослідження базуються на проведенні подальших морфологічних та імуногістохімічних досліджень ендокринних залоз щурів в умовах порушення водно-сольового балансу організму.

Література

1. Гончаренко И.В., Трофименко А.Л., Кучин В.Д. Вода – это жизнь. *Перший незалежний науковий вісник*. 2015. № 1. С. 23–26.
2. Jacklich B. NIOSH criteria for a recommended standard: occupational exposure to heat and hot environments / B. Jacklich, J. Williams, C. Musolin, A. Koka, J.-H. Kim, N. Turner et al. // John Howard, MD. 3 ed. Cincinnati, Ohio: U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, 2016. 192 p. P. 106.
3. Гусейнов Т.С., Гусейнова С.Т. Анатомия лимфоидных узелков и лимфатического русла тонкой кишки при дегидратации и коррекции физиологическим раствором и перфтораном. Махачкала: «Наука плюс», 2010. 144 с.
4. Мосендз Т.М., Мицкан Б.М. Структура скелетного м'яза при терморобочій дегідратації організму. *Морфологія*. 2012. Т. 1 (94). С. 150–153.
5. Білецький Д.П. Морфологічна перебудова привушної слинної залози щурів молодого віку при порушенні водно-електролітного балансу організму/ Д.П. Білецький, О.О. Устянський, Г.Ф. Ткач, В.З. Сікора, А.М. Буштрук, Л.І. Кіптенко, О.С. Максимова // *Буковинський медичний вісник*. 2017. Т. 21. № 2 (82). С. 7–11.
6. Бумейстер В.І. Морфофункціональна характеристика кісткового регенерату в умовах дегідратаційних порушень водно-сольового обміну: автореф. дис. … д-ра біолог. наук: спец. 14.03.01 – «Нормальна анатомія». Луганськ, 2010. С. 1–38.
7. Савин И.А., Горячев А.С. Водно-электролитные нарушения в нейрореанимации. НИИ Нейрохирургии им. Бурденко РАМН, Москва, 2015.
8. Гринцова Н.Б., Романюк А.М. Морфологічні перебудови судинного русла наднирників статевозрілих щурів за умов експериментальної позаклітинної дегідратації середнього ступеня. *Світ медицини та біології.* Полтава, 2018. № 3 (65). С.140–143.
9. Поллов М.К. Введение в репродуктивную эндокринологию. Москва: ЗАО «Рош Москва». С. 3–71.
10. Медведев В.В., Волчек Ю.З. Клиническая лабораторная диагностика / Под ред. В.А. Яковлева. СПб.: «Гиппократ», 2006. 360 с.
11. Назаренко Г.И., Кишкун А.А. Клиническая оценка результатов лабораторных исследований. Москва: ОАО«Издательство «Медицина»». 543 с.
12. Патофизиология курс лекций / Под. ред. Г.В. Порядина. Москва: Издательская группа «ГЭОТАР-Медиа», 2014. С. 4–591.
13. Романюк А.М., Москаленко Ю.В. Морфологічні особливості становлення ендокринного компонента сім'яників щурів у ранньому постнатальному онтогенезі в умовах впливу сполук важких металів. *Журнал клінічних та експериментальних медичних досліджень.* 2014. № 2 (2). С. 224–236.

ЕКОЛОГІЧНА ОСВІТА

УДК 655.531, 004.01
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-1-24-1-24

ЗЕЛЕНІ ТЕХНОЛОГІЇ У НАВЧАЛЬНО-ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ

Василенко І.А.[1], Скиба М.І.[1], Іванченко А.В.[2], Бєлянська О.Р.[2]
[1]ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»
пр. Гагаріна, 8, 49005, м. Дніпро
InnaV@i.ua, margaritaskiba88@gmail.com;
[2]Дніпровський державний технічний університет
вул. Дніпробудівська, 2, 51918, м. Кам'янське
ivanchenkodgtu@gmail.com, belyans@ukr.net

У статті розглянуто актуальне екологічне питання вирубування лісів. Обґрунтовано раціональне використання деревини. Запропоновано впровадження безпаперових технологій в освітній процес. На реальному прикладі доведено доцільність використання електронної документації. На підставі виконаної роботи зроблено висновки про необхідність широкого впровадження електронного сервісу для проведення наукових заходів – «Організатор конференцій». *Ключові слова:* зелені технології, електронний документ, безпаперові технології, конференція, освіта.

Зеленые технологии в учебно-образовательном процессе. Василенко И.А., Скиба М.И., Иванченко А.В., Белянская А.Р. В статье рассмотрен актуальный экологический вопрос вырубки леса. Обосновано рациональное использование древесины. Предложено внедрение безбумажных технологий в образовательный процесс. На реальном примере доказано целесообразность использования электронной документации. На основании выполненной работы сделаны выводы о необходимости широкого внедрения электронного сервиса для проведения научных мероприятий – «Организатор конференций». *Ключевые слова:* зеленые технологии, электронный документ, безбумажные технологии, конференция, образование.

Green technologies in educational-educational process. Vasylenko I., Skiba M., Ivanchenko A., Belyanska A. The pressing ecological question of disafforestation is considered in the article. The rational use of wood is reasonable. Introduction of paperless technologies offers in an educational process. On the real example expediency of the use of electronic documentation is well-proven. On the basis of the executed work drawn conclusion about the necessity of wide introduction of e-service for realization of scientific events is "Organizer of conferences". *Key words:* green technologies, electronic document, paperless technologies, conference, education.

Постановка проблеми. Зелені технології – це інновації, що засновані на принципах стійкого розвитку, повторному використанні сировини та економії природних ресурсів. Людство перебуває зараз на такому етапі розвитку, що нам вкрай необхідно діяти раціонально і у нас є всі можливості жити у гармонії з природою. Отже, зелені технології знайшли своє застосування в будь-яких галузях людської діяльності та стрімко розвиваються. Особливу увагу після численних підтоплень привертає до себе вирубка лісу. Там, де раніше зростала велика кількість дерев, – гола земля, а кожна злива або весняне танення снігу перетворюється на стихійне лихо. Вода, що раніше затримувалась рослинним покривом, змиває все на своєму шляху, руйнує споруди. Тому ця проблема повинна бути вирішена і будь-яка ідея або внесок в зменшення використання деревини наблизить нас до виправлення ситуації, що склалась.

Деревину широко використовують як паливо, будівельні матеріали, сировину для виготовлення меблів і паперу. Освітній процес вимагає великої кількості паперу – це численні звіти, навчальні матеріали, підручники та багато іншого. Тому постає питання: а чи можна якось скоротити використання паперу, зробити його більш раціональним? Варто замислитись над такими даними:

1. Одне середнє дерево переробляється у близько 12 500 аркушів офісного паперу (25 стандартних пачок паперу).

2. За рік на папір зрубують 768 мільйонів дерев.

3. Об'єми вирубання лісу перевищують можливості його природного поновлення.

4. 45 % паперових документів утилізуються протягом 24 годин після їх створення [1].

Актуальність дослідження. Отже, особливої уваги потребують раціональне споживання паперу, пошук альтернативних методів роботи з документацією в освітньому просторі, широке впровадження і трансформація наявних технологій під кожен конкретний вид діяльності. Питанню

скорочення витрати офісного паперу приділяється багато уваги [2; 3]. Дослідження і впровадження електронного документообміну охоплює сфери діяльності органів державного управління, підприємств державної та приватної форми власності, навчальних закладів.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями полягає у розробленні ефективної системи роботи з документацією в електронному вигляді, що дасть змогу повністю або частково виключити використання паперових носіїв інформації, підвищити зручність оброблення даних і ефективність роботи згідно з витратами робочого часу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. 24 жовтня офіційно визнане Міжнародним днем без паперу – це міжнародна соціальна акція, що закликає людей і компанії всього світу поділитися досвідом і знаннями в галузі безпаперових технологій. Організатором акції є Міжнародна Асоціація з питань управління інформацією та зображеннями – Association for Information and Image Management, AIIM. Це об'єднання професіоналів у галузі електронного документообігу й управління інформацією, що працює у більш ніж 150 країнах світу та залучає до співпраці більше 70 000 фахівців. Масштабна екологічна акція проходить під девізом – «Пора використовувати папір раціонально!» [1]. Експерти стверджують, що повністю відмовитись від використання офісного паперу неможливо, але можна значно скоротити його застосування і переважно користуватись можливостями електронного документообміну, тому що впровадження СЕД (системи електронного документообміну) має ряд переваг: більш узгоджена та організована робота структурних підрозділів організації; спрощена і ефективна процедура роботи з документами; підвищення продуктивності праці завдяки скороченню часу з документами; підвищення оперативності доступу до інформації, а також обмеження її використання [3].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Колектив авторів активно займається наукою і постійно бере участь у наукових конференціях як учасники або оргкомітет. Тому, беручи до уваги досвід проведення таких заходів і власні ідеї, було створено електронний сервіс для проведення наукових конференцій – «Організатор конференцій» (http://orgconf.com). Більш детальна інформація про цей ресурс наведена у статті [4]. Також там вказані переваги сервісу, що, перш за все, стосуються зручності використання для учасників та організаторів, економічного складника проведення заходу. Але питання екологічного характеру, а саме економії паперу, що відбувається під час оброблення електронної документації, не було розглянуте. Можливо, воно стане ще однією перевагою та зацікавить до широкого впровадження зазначеної розробки.

Новизна. Визначення екологічної ефективності від впровадження сервісу для проведення наукових заходів на основі даних конференцій (всеукраїнських, міжнародних, методичних), що були успішно оброблені із застосуванням зазначеної електронної системи.

Методологічне або загальнонаукове значення. Провести розрахунки економії офісного паперу і надати рекомендації щодо широкого впровадження сервісу у процес проведення наукових конференцій або інших наукових заходів.

Виклад основного матеріалу. Проведення наукової конференції (очної та заочної) потребує значних ресурсів. Насамперед – велику кількість офісного паперу, що використовується для друку інформаційних повідомлень, статей авторів, заявок на участь, квитанцій про сплату організаційного внеску, програм конференції, збірників і сертифікатів учасників, документів для виконавчого оргкомітету тощо. Деякі документи друкуються кілька разів, що зумовлено виявленням помилок і неточностей. Для наочної демонстрації використання паперового ресурсу було здійснено розрахунок на прикладі III Всеукраїнської шкільної конференції «Крок у науку», що успішно відбулась 15–16 січня 2018 року. У ній брали участь 298 авторів, які надали до друку 207 наукових робіт.

Паперові витрати складаються з таких основних статей (табл. 1):

1. Рекламна інформація про захід. Наша робота організована так, що вся необхідна для авторів інформація розміщена на сайті, розсилається в електронному вигляді на e-mail, надається додатково в телефонному режимі та у приватній переписці по e-mail або Viber. Усе зазначене скорочує використання паперу близько на 100 аркушів. Друкована інформація надається у мінімальній кількості для структурних підрозділів і становить 10 аркушів.

2. Статті від авторів, що надані для рецензування і перевірки до оргкомітету, – 1100 аркушів офісного паперу формату А4. Якщо конференція проводиться у звичайному форматі, то вони підлягають роздрукуванню для подальшого опрацювання. За допомогою сервісу «Організатор конференцій» всі роботи приймаються та обробляються виключно в електронному вигляді. Кожен член оргкомітету має персональний доступ до матеріалів і може опрацьовувати роботи безпосередньо зі свого комп'ютера або планшета. Отже, маємо значну економію паперу.

3. Заявки-анкети авторів публікацій, що містять контактні дані та інші необхідні відомості про авторів, становлять 298 аркушів паперу. За допомогою СЕД всі заявки приймаються і обробляються в електронному вигляді, підлягають сортуванню згідно з даними та виводяться у необхідному для оргкомітету форматі.

4. Квитанції про сплату оргвнеску – 207 аркушів. Завантажуються та обробляються без друку.

5. Макет збірника конференції виготовляється у форматі А5. У цьому випадку було сформовано 2 томи збірника, що у перерахунку на А4 становить 275 аркушів. Якщо планується видання збірника у друкованому вигляді, то необхідно здійснити його попередній перегляд і перевірку. Тому ця стаття витрат характерна для обох форматів проведення наукового заходу.

6. Програма проведення заходу друкується для кожного автора з метою надання інформації про конференцію (час, місце проведення, план виступу учасників, інформація про обідні перерви, готелі, екскурсійні програми тощо). «Організатор конференцій» передбачає застосування мобільного додатку кожним автором, що містить зазначену інформацію. У разі друку 1 програми формату А5 застосовують близько 3-х аркушів паперу А4, а це близько 867 аркушів для всіх учасників заходу.

7. Друкований сертифікат учасника конференції для кожного автора окремо – 298 аркушів. Ми пропонуємо кожному учаснику вибір між електронним і друкованим документом. 123 учасники зробили вибір у бік друкованого зразка, а 175 – обрали електронний варіант. У розрахунку цього пункту опускається, що для виготовлення сертифіката використовується папір підвищеної міцності. В одній зі статей компанії «DirectumClub» було зазначено: «Чи замислювались Ви коли-небудь, скільки дерев потрібно

Таблиця 1

Витрати паперу (кількість аркушів) на проведення ІІІ Всеукраїнської шкільної конференції «Крок у науку»

№	Статті витрат офісного паперу формату А4	Звичайний формат	«Організатор конференцій»
1	Рекламна інформація про захід	100	10
2	Статті на перевірку і рецензування	1100	–
3	Заявки-анкети авторів публікацій	298	–
4	Квитанції про сплату оргвнеску	207	–
5	Макет збірника конференції	275	275
6	Програма проведення заходу	867	–
7	Друкований сертифікат учасника	298	123
8	Друкований збірник праць	40975	14713
9	Документація для виконавчого оргкомітету	100	–
10	Документи з помилками або неточностями	200	–
	ВСЬОГО	44420	15121

Таблиця 2

Витрати офісного паперу (стандартна пачка 500 аркушів) з моменту впровадження сервісу «Організатор конференції»

№	Науковий захід	Звичайний формат	«Організатор конференцій»
1	І Всеукраїнська наукова шкільна конференція від збірника наукових і творчих досягнень школярів «Крок у науку» (218 робіт)	93,5	31,8
2	ІІ Всеукраїнська наукова шкільна конференція «Крок у науку» (187 робіт)	80,2	27,3
3	ІІІ Всеукраїнська наукова конференція студентів «Наукова Україна» (93 роботи)	39,9	13,5
4	ІІІ Міжнародна науково-технічна конференція «Комп'ютерне моделювання та оптимізація складних систем» (126 робіт)	54,0	18,4
5	ІІІ Всеукраїнська наукова шкільна конференція «Крок у науку» (207 робіт)	88,8	30,2
6	Комп'ютерні науки та інформаційні технології (10 робіт)	4,3	1,5
7	ІІІ Науково-методична конференція «Новаторський підхід у сучасному освітньому просторі» (25 робіт)	10,7	3,6
8	ІV Всеукраїнська наукова шкільна конференція «Крок у науку» (93 роботи)	39,9	13,5
9	ІV Всеукраїнська наукова студентська конференція «Наукова Україна» (з міжнародною участю) (70 робіт)	30,0	10,2
10	ІV міжнародна науково-технічна конференція «Комп'ютерне моделювання та оптимізація складних систем» (112 робіт)	44,2	17,1
	ВСЬОГО	485,5	167,1

зрубати для «красивої картонки» сертифіката, яку можна повісити на стіну?.. З лютого 2013 року ми відмовились від друку сертифікатів про статус сертифікованих спеціалістів. Тепер сертифікати після успішної атестації надсилаються на e-mail в електронному вигляді, у зручному для пересилки і перегляду форматі… Це лише перші кроки до збереження нашої тендітної природи, але ми рухаємось у заданому напрямі. Приєднуйтесь!» [5].

8. Друкований збірник наукових праць є специфічною літературою, що призначена для вузького кола читачів. Отже, 107 учасників обрали друковані збірники, а 191 віддали перевагу електронному варіанту, який завжди доступний на сайті конференції та будь-який зацікавлений читач може його завантажити. Отже, витрати паперу становили 14 713 аркушів проти 40 975 аркушів за 100% друкування збірників.

9. Документація для виконавчого оргкомітету успішно замінена мобільним додатком у планшеті або ноутбуці, що дає змогу легко працювати та не використовувати потрібні для цього близько 100 аркушів паперу.

10. Передрукування матеріалів у разі виявлення помилок або неточностей може стосуватись будь-якого з вищезазначених пунктів. Якщо документи обробляються за допомогою СЕД, то витрати паперу не відбувається. Для звичайного формату проведення – близько 200 аркушів.

З огляду на дані таблиці 1 маємо суттєвий ефект від впровадження електронного сервісу для проведення наукових заходів. Лише за одну конференцію маємо економію у 29 299 аркушів офісного паперу формату А4, або 58,6 стандартних пачок, що становлять 500 аркушів кожна. Згідно з даними про використання деревини [1] – це більше двох середніх дерев. З моменту створення «Організатора конференцій» було проведено 10 наукових заходів різного рівня, економія паперу становила майже 319 пачок (табл. 2). Тобто електронний сервіс виконує важливу екологічну місію та вже врятував близько 13 дерев.

Головні висновки. Проведенням конференцій займаються майже всі навчальні та наукові установи, але лише не значна їх частина використовує електронні сервіси для роботи з документами. Спираючись на результати розрахунку, можна вказати на доцільність широкого впровадження «Організатора конференцій», що має переваги не лише у зручності використання, але й в екологічному плані. Сервіс вносить вклад у збереження лісу та долучається до системи електронного документообміну.

Перспективи використання результатів досліджень. Беручи до уваги висновки роботи [4] та наведені результати, планується не лише подальше активне використання електронної системи, але й залучення партнерів до використання «Організатора конференцій». Нині сервісом користуються кафедра технології неорганічних речовин та екології та кафедра інформаційних систем ДВНЗ УДХТУ, коледж ракетно-космічного машинобудування ДНУ імені Олеся Гончара, а також наші партнери співорганізатори з навчальних установ Дніпра, Кам'янського, Кривого Рогу, с. Бронниці (Вінницька обл.).

Література

1. Eco-boom Все про жизнь в стиле «эко». URL: http://eco-boom.com/24-oktyabrya-mezhdunarodnyj-den-bez-bumagi/.
2. Хранова Е.С., Петрова Е.С. Электронный документооборот как инструмент повышения эффективности деятельности органов государственного управления. *Системное управление*. 2009. № 2. С. 325–340.
3. Роль системы электронного документооборота для современного предприятия. URL: http://edrj.ru/article/38-05-17.
4. Василенко І.А., Ляшенко А.О., Куманньов С.О. Розробка online-сервісу для організації наукових заходів. *Молодий вчений.* 2017. № 4. С. 519–522.
5. А сколько деревьев в год на бумагу «рубите» вы? URL: https://club.directum.ru/post/635.

УДК 378.1:574(075)
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-1-24-1-25

ОСОБЛИВОСТІ ІНТЕГРУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ ОСВІТИ В НАВЧАЛЬНИЙ ПРОЦЕС ЗАКЛАДІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Степова О.В., Рома В.В.
Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка
пр. Першотравневий 24, 36011, м. Полтава
alenastepovaja@gmail.com

Проаналізовано сучасний стан та зміни, характерні для сфери екологічної освітньої діяльності в Україні. Досліджено рівень екологічної обізнаності студентів Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка та розроблено рекомендації щодо вдосконалення робочих програм навчальних дисциплін екологічного спрямування з метою внесення пропозицій до корегування шляхом уведення тем прикладного характеру. *Ключові слова:* екологічна освіта, заклади вищої освіти, навчальний процес.

Особенности интегрирования экологического образования в учебный процесс высших учебных заведений. Степовая Е.В., Рома В.В. Проанализировано современное состояние и изменения, характерные для сферы экологической образовательной деятельности в Украине. Исследован уровень экологической осведомленности студентов Полтавского национального технического университета имени Юрия Кондратюка и разработаны рекомендации по совершенствованию рабочих программ учебных дисциплин экологического направления с целью внесения предложений корректировки путем введения тем прикладного характера. *Ключевые слова:* экологическое образование, высшие учебные заведения, учебный процесс.

Features of integration of ecological education in the educational process of higher educational institutions. Stepova O., Roma V. The current state and changes characteristic for the sphere of ecological educational activity in Ukraine are analyzed. The level of environmental awareness of the students of Yuri Kondratyuk Poltava National Technical University has been researched and recommendations for improvement of the working programs of educational disciplines of ecological direction with the purpose of making suggestions for their correction by introducing into them the applied nature are developed. *Key words:* ecological education, institutions of higher education, educational process.

Постановка проблеми. Основною метою екологічної освіти є формування екологічної культури окремих осіб і суспільства в цілому, фундаментальних екологічних знань та свідомості. Вирішення цих питань має забезпечити формування «нового» екологічного мислення, яке сьогодні є необхідним для ухвалення екологічно-обґрунтованих економічних рішень на рівні підприємств, галузей, регіонів, країни загалом. Екологічна освіта, з одного боку, має бути самостійним елементом загальної системи освіти, а з іншого – виконувати інтегративну роль у всій системі освіти.

Сьогодні рівень екологічної зрілості більшості людей є початковим. Екологічна культура українського суспільства залишається також низькою, а тому всі спроби екологічних організацій поліпшити стан природного середовища здебільшого є марними.

Вирішити проблему екологічного виховання значно складніше, ніж удосконалити систему екологічної освіти.

Актуальність дослідження. Важливим кроком для України стало розроблення й ухвалення Концепції екологічної освіти України (затверджена Колегією МОН України, протокол № 13 / 6-19 від 20.12.2001 р), відповідно до якої екологічна освіта розглядається як цілісне культурологічне явище, що вміщує процеси навчання, виховання, розвитку особистості, які мають впливати на формування екологічної культури, будучи складником системи національного і громадського виховання всіх верств населення України [1].

Екологічна освіта, як і сама наука «екологія», переформувалась у міждисциплінарну освітньо-наукову сферу. Підкреслимо, що сьогодні пріоритетність біологічної, хімічної, технічної підготовки екологів досі є предметом гострих дискусій між представниками різних напрямів академічної науки. Але цитуючи відомого еколога Н.Ф. Реймерс про те, що «... екологія перетворилася на значний цикл знання...», можна з упевненістю констатувати, що сучасна екологічна освіта має вміщувати не тільки фундаментальні основи природоохоронного, а й інші прикладні сфери науки про охорону навколишнього середовища та природокористування [2; 3].

Концепція екологічної освіти України особливу увагу приділяє саме професійній вищій екологічній освіті, яка має стати диференційованою, різноплановою, охоплювати всі рівні професійної підготовки з урахуванням потреб особистості, регіонів і держави. Розвиток цих процесів викладено в Законі України «Про вищу освіту» (2014 р.) [4]. Методи

практичної реалізації положень цього Закону орієнтують одночасно на зміну структури навчальних програм, які мають забезпечити міждисциплінарний характер навчання, а також на зміну методів викладання в бік збільшення обсягу самостійної роботи і кількості індивідуальних занять. Ці та інші концептуальні документи, що стосуються питань екологічної освіти, передбачають уведення в навчальні плани і процеси професійної підготовки різних спеціальностей та обов'язкових дисциплін з основ екологічних знань. Однак для вишів технічного профілю, крім базових екологічних знань, актуальним є введення в робочі навчальні програми, окрім основ теоретичної екології (забезпечують розуміння місця предметної сфери у загальній системі знань про природу), прикладних аспектів екології (забезпечують здатність реалізувати права і обов'язки як члена суспільства), які формуються з урахуванням вимог часу, дійсних стандартів і міжнародних принципів, профілю і можливостей вишів, специфіки промислово-господарської діяльності та потреб регіонів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основною метою екологічної освіти є формування екологічної культури окремих осіб і суспільства в цілому, фундаментальних екологічних знань та свідомості. Вирішення цих питань має забезпечити формування «нового» екологічного мислення, яке сьогодні так необхідне для ухвалення екологічно-обґрунтованих економічних рішень на рівні підприємств, галузей, регіонів, країни загалом. Екологічна освіта, з одного боку, має бути самостійним елементом загальної системи освіти, а з іншого – виконувати інтегративну роль у всій системі освіти.

Екологічна освіта має базуватися на таких принципах, як масштабність (розповсюдження на всі верстви населення), комплексність, неперервність. Останній принцип передбачає, що на кожному етапі розвитку особистості відбувається поглиблення і доповнення екологічних знань. Якщо хоча б один із принципів порушується, то екологічна освіта поступово втрачає свою ефективність.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Формування ефективної системи екологічної освіти і виховання є досить не простим процесом, але водночас надзвичайно важливим, адже лише змінивши людську свідомість можна відвернути жахливі екологічні наслідки.

Метою статті є вдосконалення робочих навчальних програм дисциплін екологічної підготовки фахівців технічного спрямування в Полтавському національному технічному університеті імені Юрія Кондратюка шляхом уведення в навчальну програму тем, пов'язаних із прикладними аспектами екології, розробки сучасних та результативних форм навчання.

Для досягнення поставленої мети в роботі було поставлено та вирішено такі завдання:

– проаналізувати сучасний стан та зміни, характерні для сфери екологічної освітньої діяльності в Україні;

– проаналізувати робочі програми навчальних дисциплін екологічного спрямування з метою внесення пропозицій до корегування шляхом уведення в них тем прикладного характеру;

– проаналізувати найбільш актуальні напрями діяльності громадських екологічних організацій на різних рівнях;

– дослідити рівень екологічної обізнаності студентів Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка;

– розробити рекомендації щодо вдосконалення робочих програм навчальних дисциплін екологічного спрямування.

Виклад основного матеріалу. Одним зі стратегічних напрямів розвитку сучасної системи освіти у нашій країні є формування екологічної культури особистості, виховання у людей позитивного ставлення до навколишнього світу. Метою екологічної освіти і виховання є формування системи наукових знань, поглядів і переконань, які закладають основи відповідального та дієвого ставлення до навколишнього природного середовища. Основою екологічної культури є елементарні знання про природу, орієнтування у найближчому природному оточенні, усвідомлення необхідних потреб живих істот в умовах існування, ознайомлення з елементарними відомостями про взаємозв'язки живої і неживої природи, її значення в житті людини.

Отже, екологічна культура проявляється у свідомості, мисленні, поведінці та діяльності особистості.

Мета виховання екологічної особистості досягається поетапним шляхом вирішення освітніх, виховних та розвивальних завдань:

– сформувати розуміння сучасних проблем довкілля й усвідомлення актуальності для всього людства, своєї країни, рідного краю;

– розвиток особистої відповідальності за стан довкілля на національному і глобальному рівнях;

– зосередження уваги на аналізі власної поведінки, почутті обов'язку перед близькими людьми, співвітчизниками, світовим співтовариством у галузі охорони природи;

– залучення молоді до активної природоохоронної діяльності на основі набутих знань і ціннісних орієнтацій.

У системі безперервної екологічної освіти виділяють такі основні ланки:

– дошкільну (на цьому етапі мають закладатись основи світогляду людини, її ставлення до довкілля);

– шкільну екологічну (від шкільної освіти сучасне суспільство потребує забезпечення максимального розвитку інтелектуальних здібностей і формування загальнолюдських якостей особистості), яка здійснюється за такими двома напрямами,

як викладання курсу «Основи екологічних знань» та екологізація навчальних дисциплін;

– екологічну освіту у ЗВО, що є продовженням попередніх етапів екологічної і має більш високий рівень у системі безперервної багатоступеневої екологічної освіти.

Вихідне положення вищої екологічної освіти – це продовження базової середньої освіти на наступному, більш високому рівні з метою формування у студентів високої екологічної культури, глибоких екологічних знань та екологічного світогляду, підготовка бакалаврів, спеціалістів і магістрів у всіх сферах екологічної, практичної, управлінської, освітньої та наукової діяльності. ВНЗ має виховувати у студентів почуття високої відповідальності за збереження та примноження природних багатств, бережливе використання, охорону природного середовища та довкілля.

Екологічна освіта у закладах вищої освіти реалізується через нормативну базову дисципліну для фахівців усіх спеціальностей (на молодших курсах), екологізацію всього навчального процесу – природничих і гуманітарних дисциплін, проведення виробничої і невиробничої практики студентів, а також виховного процесу як в аудиторний, так і в позааудиторний час, а також через фахову екологічну освіту на відповідних кафедрах вищих навчальних закладів.

Основним напрямом реформування екологічної освіти є зміна спрямування зусиль із формування знань та умінь на формування компетенцій.

Екологічна освіта і виховання мають орієнтуватись на активну взаємодію людини з природою, побудовану на науковій основі, на оцінюванні людини як частини природи. Екологічні знання, доповнені ціннісними орієнтаціями, мають стати основою екологічної культури і екологічного мислення. Вони мають сприяти усвідомленню цінностей, допомагати вирішенню комплексних екологічних проблем, що стоять перед людством, забезпечити комфортність його проживання у майбутньому, зберегти та примножити унікальну різноманітність усієї біоти, зокрема рослинного та тваринного світу.

Отже, аналіз сучасного стану екологічної освіти свідчить про недостатню реалізацію її структури і змісту, не дивлячись на ухвалення відповідних нормативних документів. Окрім того, необхідно забезпечити екологічну підготовку фахівців неекологічних спеціальностей кадрів із метою формування активної громадської позиції щодо вирішення проблем захисту навколишнього середовища і сталого розвитку.

У період загострення екологічної кризи питання якості підготовки фахівців-екологів безпосередньо стосується більше випускних кафедр, які і відповідають за якість підготовки. Але слід приділити увагу питанням екологічної освіти у ВНЗ в цілому, де предмет «Основи екології» є і має бути загальною навчальною дисципліною, оскільки формування екологічної культури населення, особливо управлінського персоналу, є одним із ключових аспектів екологічної безпеки держави на сучасному етапі соціально-економічного розвитку.

Предметом навчальної дисципліни «Основи екології» є вплив антропогенної діяльності на стан навколишнього природного середовища (далі – НПС), а також управлінські, правові, економічні та технологічні аспекти екологічної безпеки як складника національної безпеки України. Метою навчальної дисципліни «Основи екології» є визначення оптимальних шляхів координації гармонійного збалансованого розвитку біосфери і суспільства, формування екологічної культури особистості і суспільства в цілому, виховання почуття відповідальності у людини до вирішення екологічних проблем.

Основні завдання курсу «Основи екології» спрямовані на формування компетентності студентів щодо:

– ознайомлення із системою наукових знань (уявлень, понять, закономірностей), які відображають природничо-наукові, правові, економічні, культурно-освітні та техніко-технологічні аспекти охорони навколишнього природного середовища та раціонального використання природних ресурсів;

– набуття знань зі сфери антропогенного впливу на довкілля та його нормування, раціонального природокористування та охорони НПС, моніторингу, організаційних аспектів екологічної безпеки та правового захисту довкілля, економічного механізму управління природокористуванням та охороною НПС;

– формування навичок аналізу та визначення економічної ефективності впровадження природоохоронних заходів та оцінки економічних збитків у результаті забруднення НПС;

– вивчення екологічних проблем держави та можливих шляхів вирішення, міжнародного досвіду і співробітництва в галузі охорони НПС і раціонального природокористування.

Отже, у сучасному світі екологічні знання є необхідними не самі по собі, а для розв'язання важливих життєвих проблем, для використання у процесі діяльності, тому недостатня увага до екологічної освіти майбутніх фахівців різних напрямів може призвести до появи прошарку населення, яке буде недооцінювати важливість та актуальність екологічних проблем, до поглиблення екологічної кризи та порушення стану природної динамічної рівноваги екосистем і, як наслідок, до погіршення стану здоров'я населення.

Становлення України в міжнародній спільноті передбачає якісні зміни у змісті і методах освіти, що має орієнтуватись на пріоритети збалансованості сталого розвитку. Основну роль у вирішенні цього завдання відіграє вища освіта. У «Програмі дій» із реалізації положень Болонської декларації в системі вищої освіти і науки України наголошено на створенні системи визначення рівня компетент-

ності випускників вищих навчальних закладів та розробленні методів об'єктивної оцінки рівня компетентності фахівців певних освітньо-кваліфікаційних рівнів в Україні. Особливу роль у виконанні цього завдання відіграють університети, оскільки у них створюються необхідні умови для вільного розвитку, формування стійкої екологічної позиції та професійної компетентності студента.

Натепер українська освіта тільки починає оперувати поняттям компетентності в тому сенсі, який пропонують європейські країни. Усі труднощі, які виникають під час запровадження компетентнісного підходу в Україні, спонукають до створення системи моніторингу рівня якості й ефективності української системи освіти, постійного вдосконалення результативних механізмів установлених освітніх концепцій Болонського процесу.

Формування екологічних знань є особливо важливим для підготовки всіх фахівців. Із метою оцінки рівня екологічної обізнаності та компетенції на стадії початку вивчення дисципліни «Основи екології» було проведено опитування студентів, які навчаються на технічних спеціальностях Полтавського національного університету імені Юрія Кондратюка. Методом опитування було обрано анкетування. Тематика питань спрямована на дослідження рівня екологічної обізнаності студентів технічних спеціальностей Полтавського національного технічного університету імені Ю. Кондратюка. Завдяки анонімності й особисто значущим для студентів питанням анкетування є найбільш інформативним та найбільш оперативним способом дослідження. Респондентами стали студенти, що навчаються на технічних спеціальностях та ще не вивчали курсу дисципліни «Основи екології».

Умовно анкету можна розділити на такі різні компетенції, як комунікації, знання і розуміння, застосування знань і розумінь, формування суджень, екологічна діяльність.

Для дослідження рівня екологічної обізнаності було опитано 47 осіб студентів технічного напряму підготовки, які ще не вивчали в університеті дисципліни екологічного спрямування. За місцем проживання респонденти поділились на дві групи: 68% – жителі міст та 32% – сільської місцевості.

На питання про достатність отримання інформації про екологічні події світового та державного масштабу 26 осіб (55%) серед опитаних відповіли, що отримують достатню кількість інформації, 14 студентів (30%) указували на недостатню проінформованість, а 7 (15%) – узагалі не цікавляться екологічними подіями.

Водночас на питання щодо отримання інформації про екологічні події місцевого рівня 18 осіб (38%) відповіли позитивно, 13 опитаних (28%) зазначили, що отримують недостатню кількість інформації, 6 студентів (13%) не отримують інформації та 10 осіб (12%) взагалі не цікавляться цією темою.

Під час визначення рівня обізнаності українських стандартів у сфері екології, охорони навколишнього середовища та збалансованого природокористування (питання 4) тільки 12 осіб (25%) відповіли ствердно, 27 (58%) – знають частково та 8 (17%) – не знайомі зі стандартами.

Більшість опитуваних (33 особи (70%)) підтвердили свою участь у екологічних акціях (питання 7), однак 14 осіб (30%) ніколи не брали участі в таких акціях, а відповідаючи на питання про бажання долучитися до участі в екологічних акціях (питання 8), 27 осіб (57%) висловились про небажання долучатися до таких ініціатив. При цьому більшість респондентів (47 осіб (96%)) усвідомлює необхідність і обов'язковість екологічної освіти (питання 9), а також бачать необхідність у періодичній підготовці підвищення кваліфікації з питань екології та охорони навколишнього середовища (питання 10) 32 особи (68%), 13 осіб (28%) уважають, що вистачить профільних фахівців.

На питання про сфери господарської діяльності, які найбільше впливають на стан навколишнього середовища м. Полтава (питання 12), 27 осіб (57%) відповіли, що ними є промислові підприємства, автомобільний транспорт та комунальні служби. 20 осіб (43%) покладають цю проблему на безвідповідальність мешканців міста.

На питання про найбільш значні екологічні проблеми регіону студенти обрали такі пункти:

1) забруднення ґрунтів і втрата якості;
2) погіршення санітарної ситуації в місцях мешкання людей;
3) якість продуктів харчування;
4) зменшення кількості лісів і об'єктів природно-заповідного фонду навколо міста;
5) підвищення захворюваності людей під впливом екологічних чинників;
6) збільшення кількості сміттєвих звалищ;
7) забруднення води в річках (ставках, водосховищах);
8) забруднення атмосферного повітря;
9) погіршення якості питної води;
10) безгосподарне ставлення до відходів, нераціональний збір.

Проаналізувавши результати тестування за всіма компетенціями, можна дійти висновку, що опитані студенти мають певний багаж знань, але основною проблемою є відсутність бажання цікавитися актуальною інформацією у сфері екології та неготовність до вдосконалення професійних навичок завдяки науковій діяльності чи екологічній активності. На жаль, більша частина студентів не бачить своєї причетності до формування позитивних екологічних змін у різних екологічних інституціях міста чи області.

Для підвищення рівня екологічної обізнаності та компетентності студентів Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка було розроблено такі рекомендації:

– використання особистої зацікавленості в екологічних проблемах, отримання знань для створення спільного наукового екологічного проекту, сприяння активній участі майбутніх фахівців у заходах щодо захисту навколишнього середовища, в екологічних рухах, громадських проектах;

– запровадження у навчальний процес сучасних і результативних форм проведення навчання шляхом виконання індивідуальних завдань, які безпосередньо стосуються спеціальності, проведення так званих «круглих столів», тренінгів, екскурсій, зменшення перевантаження теоретичним матеріалом за рахунок збільшення кількості практичних та інтерактивних занять, що сприятиме кращому засвоєнню необхідних теоретичних екологічних знань;

– обговорення актуальних екологічних тем, що забезпечує обмін інформацією і сприяє зацікавленості у вивченні освітніх дисциплін, формування вміння відокремлювати корисну, якісну інформацію, яка може істотно вплинути на ухвалення професійних рішень і здійснення вибору оптимального варіанта серед альтернативних.

Література

1. Про концепцію екологічної освіти в Україні// Інформаційний збірник Міністерства освіти і науки України. Рішення колегії міністерства освіти і науки України N 13/6-19 від 20.12.2001 року.
2. Реймерс Н.Ф. Экология: теории, законы, правила, принципы и гипотезы. Москва: Россия молодая, 1994. 367 с.
3. Степаненков С.Н. О современном состоянии и перспективах развития высшего экологического образования в Украине / Збірник матеріалів навчально методичного семінару «Сучасний стан навчально-методичного забезпечення підготовки екологів». Херсон, 2014. С. 3−10.
4. Закон України «Про вищу освіту» від 01 липня 2014 г. № 1556-VII. *Голос України* від 06.08.2014 р. № 148.

УДК 911.3:929.6:504
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-1-24-1-26

СЕМАНТИКА ПРИРОДИ Й ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ В ГЕРАЛЬДИЦІ КРАЇН СВІТУ

Шевченко Р.Ю.
Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, 03035, м. Київ
azimut90@ukr.net

У статті проведений аналіз гербів країн світу на наявність семантики навколишнього середовища, а саме природних і техногенних об'єктів. Проведено класифікацію об'єктів довкілля та їх статистичний аналіз. Визначені складники екологічної семантики, об'єкти природно-територіального комплексу. Детально класифіковані країни залежно від відображення на їх гербах флори та фауни, фізико-географічних об'єктів та особливостей кліматичного поясу, унікальних орографічних об'єктів на їх території. Робота містить складену карту географічної типізації гербів країн світу. Проведена кореляція між відображенням екологічних складників на гербі й екополітикою уряду відповідної країни та її політико-географічним положенням. Дослідження має еколого-просвітницький характер і дозволятиме найбільш широко вивчати екологічне та природоохоронне країнознавство, біогеографію й особливості територіальної організації унікальних об'єктів природно-заповідного фонду світу. *Ключові слова:* екологічна семантика, флора, фауна, географічне положення, екологічна складова частина, об'єкт природи, техногенний об'єкт.

Семантика природы и экологической безопасности в геральдике стран мира. Шевченко Р.Ю. В статье проведен анализ гербов стран мира на наличие семантики окружающей среды, а именно природных и техногенных объектов. Проведена классификация объектов окружающей среды и их статистический анализ. Определены составляющие экологической семантики, объекты природно-территориального комплекса. Подробно классифицированы страны в зависимости от отражения на их гербах флоры и фауны, физико-географических объектов и особенностей климатического пояса, уникальных орографических объектов на их территории. Работа содержит составленную карту географической типизации гербов стран мира. Проведена корреляция между отображением экологических составляющих на гербе и экополитикой правительства соответствующей страны и ее политико-географическим положением. Исследование имеет эколого-просветительский характер и позволит наиболее широко изучать экологическое и природоохранное страноведение, биогеографию и особенности территориальной организации уникальных объектов природно-заповедного фонда мира. *Ключевые слова:* экологическая семантика, флора, фауна, географическое положение, экологическая составляющая, объект природы, техногенный объект.

The semantics of nature and environmental safety in the heraldry of the states of the world. Shevchenko R. The article analyzes the emblems of the world for the presence of semantics of the natural environment, namely: objects of nature and man-made objects. The classification of environmental objects has been carried out, their statistical analysis has been carried out. The components of ecological semantics, objects of the natural-territorial complex are determined. Details of classified countries on the issue of displaying flags and fauna on their emblems, physical and geographical objects and climatic zones, unique orographic objects in their territory. The work contains a composite map of the geographical typography of the emblems of the world. A correlation was made between the reflection of the ecological components on the emblem and the ecopolitics of the government of the country and its political and geographical position. The research has an ecological and educational character and will allow the most extensive study of ecological and environmental research in the region, biogeography and the peculiarities of the territorial organization of unique objects of the nature reserve fund of the world. *Key words:* ecological semantics, flora, fauna, geographical position, ecological component, object of nature, technogenic object.

Постановка проблеми. На початок 2019 р. на політичній карті світу налічується 193 країни, а з урахуванням невизнаних країн і залежних територій кількість державних утворень сягає 300. Кожна з них має свою державну або територіальну символіку, яка зазвичай відображає фізико-географічні особливості та історичні події, пов'язані з державою. Значна кількість країн має еколого-географічну та природно-техногенну семантику. Семантика – це змістовна частина емблеми, герба або будь-якого графічного зображення, що несе смислову інтерпретацію у відкритому або закодованому вигляді. Вона представлена на будь-яких зображеннях, у т. ч. картографічних і геральдичних, які мають державне або комерційне значення.

Актуальність дослідження. В еколого-освітньому просвітництві наукове дослідження семантики актуальне як виявлення об'єктів природи й екологічної безпеки на гербах офіційно визнаних країн світу. Семантичні складники гербів дають еколого-географічну характеристику особливостям флори та фауни, ексклюзивним промислово-антропогенним комплексам, що відіграють ключову роль в економіці будь-якої країни, та екологічній політиці урядів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Наукові публікації з проблем семантики в україн-

ській бібліографії відсутні, а на географічних сайтах представлена лише описова частина гербів країн світу [1–4].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Ще не розроблена наукова класифікація гербів країн світу, зокрема відображення природних і техногенних об'єктів, сакральних гір, ендемічної чи зниклої флори та фауни, еколого-туристичних антропогенних дестинацій.

Мета статті – вивчити семантику 193 країн світу та на основі аналізу провести її класифікацію за схемою:

– об'єкти природи: флора, фауна, фізико-географічні особливості території;

– типізація гербів за семантикою природних і техногенних об'єктів;

– кореляція еколого-географічної, природно-техногенної складової частини герба з фізико-еколого-географічними зонами, кліматичними поясами, розташуванням відносно геодезичних особливостей країни на земній кулі;

– зв'язок між насиченістю еколого-географічних об'єктів на гербі й екогеополітикою, яку проводить уряд країни, рівнем екологічної безпеки або небезпеки території, місцем проживання населення;

– карта класифікацій і типів еколого-техногенної семантики гербів країн світу.

Виклад основного матеріалу. Все у світі має сенс, значення та інтерпретацію і закладається в геометричні, кольорові та просторові знаки. Ф Ніцше писав, що держава повинна уважно ставитися до своїх символів, емблем і знаків, які будуть віддзеркаленними у філософії нації та закладатимуться в асоціативне уявлення про внутрішню та зовнішню політику, зокрема й екологічну [5].

Герб – це не просто символ країни, а своєрідне вираження історико-географічних особливостей місцевості. Багато гербів різних країн містять інформацію про природу. Це герби країн Африки, Азії та Латинської Америки, тобто країн, що розвиваються. У символіці розвинених країн (наприклад, країн Європи) частіше зустрічаються геральдичні символи, які не належать до природи.

Найчастіше зображують на гербах і прапорах географічне положення, рослини та тварин, символічність яких визнана з давніх часів. Їх вважали захисниками та визначали символами народи та країни. Рідше зустрічаються зображення ґрунтів, рельєфу й особливостей населення.

За результатами досліджень державних гербів близько 300 державних утворень на планеті ми виявили, що семантика природи й екологічної безпеки має таку статистику:

А) природні об'єкти:

– окремо рослини на гербах – 8,6%;
– поєднання декількох рослин – 6,7%;
– поєднання рослини та тварини – 3,5%;
– тварина – 18,6%;
– декілька тварин – 12,5%;
– людина – 2,4%;
– фізико-географічні об'єкти – 5,4%;
– явища природи – 1,8%.

Б) об'єкти екологічної безпеки:

– транспортна інфраструктура – 2,8%;
– промислові об'єкти – 2,8%;
– пам'ятки історії, науки та техніки – 1%.

Отже, гіпотеза про те, що на гербах країн сучасного світу міститься екоінформація, яка відображає не тільки історичні, а й географічні особливості країни, повністю підтвердилася.

Основні фігури, що використовуються для складання гербів, поділяються на природні, штучні та фантастичні. Природними фігурами в геральдиці називають зображення, котрі відображають усе різноманіття світу природи. Природні фігури поділяються на основні групи:

– астрономічні об'єкти – сузір'я, навігаційні зірки та інші космічні тіла;
– сакральні природні об'єкти;
– стихійні явища природи;
– тварини та рослини;
– об'єкти та предмети промислового виробництва;
– пам'ятки історії, науки та техніки, мандрівництва.

До найдавніших гербових прикрас можна віднести рослини. Спочатку список дозволених до зображення рослин був обмежений, і кожна з них мала чітко певний сенс. Наприклад, лілія означала чистоту, троянда – надію та радість. Квіти (рослинні зображення) в геральдиці країн – це найдавніший семантичний елемент герба. Найбільш популярна – біла троянда, що є символом любові та віри, наприклад, на гербі Фінляндії. Троянда нині трансформувалася у символ картографії та географії й отримала назву «рози вітрів» із багатьма пелюстками. Так, на державному гербі Японії є шістнадцятипелюсткова хризантема. Завдяки довгому періоду цвітіння хризантема втілює щастя та довголіття. Не так давно в геральдиці молодих тропічних країн з'явилися зображення орхідеї, «вікторії-регії» – гігантського латаття (Гайана). Кактуси, що конструктивно представлені на гербі Мексики, мають особливе значення в економіці країни.

Іншим природним символом у геральдиці країн світу є дерева. Вони зазвичай зображуються з явними ознаками свого природно-кліматичного поясу. Натуралістично знаки природного середовища можуть зображуватися цілком або частинами. Популярні такі види дерев: дуб, сосна, ялина, клен, береза, олива, пальма, лавр, яблуко, баобаб. На гербі Барбадосу зображений бородатий фікус (а також орхідеї та цукрова тростина), що свідчать про різноманіття тропічної рослинності цієї країни. На гербі Гамбії зображена пальма – символ довговічності

та перемоги. На гербі Гаїті можна побачити капустяну пальму, що символізує свободу народу цієї країни.

Гілки дерев і кущів у геральдиці країн світу є старовинними геральдичними символами. Переважають лаврові й оливкові гілки: символи тріумфу, перемоги та миролюбства. На державних гербах більшості країн, зазвичай, вони зображуються разом у вигляді вінка. Прикладами є герби Греції, Італії, Мальти. Герби Аргентини та Сальвадора оточені гірляндою благородного лавра, який є символом перемоги. Герби Уругваю, Гватемали, Гвінеї-Бісау, Кіпру облямовують оливкові гілки, що означає мир, спокій, стійкість, щедрість і витонченість.

Плоди дерев у геральдиці також присутні. Вони можуть зображуватися групою, наприклад, у «розі достатку», або вплетеними у вінок, а можуть бути представлені будь-яким одним видом. Із класичних «геральдичних» плодів слід виділити виноград, помаранч, горіхи, гранат, яблуко, грушу, а також жолуді, шишки ялини та сосни, малину та качан кукурудзи, які в емблематиці належать до розряду плодів. Із плодів, введених до геральдики країн світу останнім часом, зазначаються: апельсин, лимон, ананас, кокос, банан, мускатний горіх. Вони зображені на гербах ряду тропічних острівних держав, наприклад, Ямайки. На гербі Анголи – національні символи цієї країни: кукурудза, кава та бавовна, відображаються також індустріальна та сільськогосподарська продукція. Бавовна та кава зустрічаються на гербах африканських країн.

Наступний природний символ у геральдиці – колосся. Воно виділяється в особливу групу через своє велике значення, особливо для держав, що виникли в XX ст. Зображення колосків переважно стилізуються або даються умовно. Зі злаків зазвичай зображують жито, пшеницю, просо (гаолян) і рис (на гербах держав Азії). Колосся може зображуватися окремо або групуватися у вінки, поєднуватися та чергуватися (різні види злаків) або зображуватися в снопах. На гербах Таджикистану й Узбекистану представлені колосся пшениці та стебла з розкритими коробочками бавовни, що характеризують головне природне багатство цих країн.

Отже, географічно рослини (флора) на гербах країн світу територіально класифікуються за такими територіальними ознаками:

Ананас: Ямайка, Антигуа та Барбуди.

Банан: Домініка, Гренада, Фіджі.

Баобаб: Сенегал, Екваторіальна Гвінея.

Бодяк: Велика Британія, Канада.

Виноград: Вірменія, Грузія, Туркменістан, невизнане Придністров'я.

Дуб: Гондурас, Італія, Куба, Литва, Мексика, Перу, Сан-Марино, Франція.

Кактус: Мальта, Мексика.

Кедр ліванський: Ліван (ендемік).

Клен цукровий: Канада.

Кавове дерево: Бразилія, Танзанія.

Латаття біле: Гайана.

Кукурудза: Ангола, Гренада, Замбія, Кабо-Верде, Кенія, Мозамбік, невизнане Придністров'я.

Лавр: Алжир, Болівія, Бразилія, Венесуела, Гватемала, Греція, Домініканська Республіка, Заїр, Кіпр, Колумбія, Куба, Мексика, Парагвай, Перу, Сан-Марино, Тонга, Філіппіни, Франція, Еквадор.

Льон: Білорусь.

Горіх мускатний: Гренада.

Пальма: Багамські Острови, Венесуела, Гаїті, Гамбія, Домініканська Республіка, Західне Самоа, Катар, Кот-д'Івуар, Куба, Ліберія, Мавританія, Мальдівська Республіка, Парагвай, Перу, Сан-Томе і Прінсіпі, Саудівська Аравія, Сейшельські Острови, Сурінам, Сьєрра-Леоне, Тринідад і Тобаго, Фіджі, Еквадор.

Пшениця: Білорусь, Болгарія, Угорщина, Йорданія, Північна Македонія.

Рис: В'єтнам, Камбоджа, КНДР, Лаос.

Троянда: Велика Британія, Канада, Фінляндія.

Сосна: Гондурас.

Тютюн: Бразилія.

Трилисник: Білорусь, Ірландія.

Тростина цукрова: Фіджі.

Хінне дерево: Перу.

Хлібне дерево: Болівія.

Бавовна: Азербайджан, Ангола, Киргизія, Пакистан, Таджикистан, Танзанія, Туркменістан, Уганда, Узбекистан.

Унікальні й ексклюзивні рослини відображені на гербах таких країн:

Аруба – пара лаврових листків, які є традиційним символом миру, в лівій частині герба зображено алоє – головний експортний продукт і джерело доходу країни.

Бангладеш – у центрі герба – емблема латаття, обрамлена колоссям рису. Латаття є національною квіткою Бангладеш.

Габон – дерево, що знаходиться вгорі геральдичного щита, символізує торгівлю деревиною.

Гаїті – капустяна пальма, що символізує свободу.

Гана – в лівому нижньому кутку геральдичного щита зображено дерево какао, яке є символом сільськогосподарського багатства.

Гватемала – на геральдичному щиті зображено вінок з оливкових гілок, що символізує перемогу.

Гренада – на геральдичному щиті зображено сім троянд, які символізують сім спільнот Гренади.

Італія – оливкова гілка, що символізує внутрішній і зовнішній світ, а також дубова гілка як сила та достаток італійських людей.

Кіпр – оливкова гілка, яка символізує мир.

Китай – на геральдичному щиті зображені колоски пшениці, що символізують революцію.

Колумбія – оливкова гілка, яка символізує порядок.

Куба – королівська пальма, що символізує незламний характер кубинських людей.

Нова Зеландія – сніп пшениці, який символізує сільське господарство.

Саудівська Аравія – пальма як головне дерево.

У ході дослідження герби всіх країн світу проаналізовані та поділені на групи, що відображають той чи інший географічний компонент: географічне положення, рельєф, клімат, ґрунти, рослини, тварин, релігійні символи, населення, господарську діяльність.

Встановлено, що географічне положення на своєму гербі відбили 19 країн. Це Антілья, Антигуа та Барбуда, Аруби, Багамські острови, Бермудські острови, Віргінські острови, Кірібаті, Колумбія, Косово, Коста-Ріка, Куба, Мадагаскар, Північна Македонія, Нікарагуа, Сальвадор, Сейшели, Сьєрра-Леоне, Чад, Екваторіальна Гвінея. Наприклад, на гербі Мадагаскару зображена схематична карта острова, зображення контуру країни присутній на гербі Косово та Білорусі. На гербах Гондурасу (рис. 1), Колумбії і Словенії – океани та моря, які омивають ці країни.

Зображення рельєфу виявлені на 19 гербах. Це Алжир, Вірменія, Аруби, Болівія, Гондурас, Киргизія, Коста-Ріка, Куба, Непал, Нікарагуа, Сан-Марино, Словенія, Сомалі, Судан, Сьєрра-Леоне, Таджикистан, Тринідад і Тобаго, Уругвай, Еквадор, Північна Македонія. На цих гербах зображені гори, вулкани та горбисті області, гори Атлас, Арарат, Еверест, вулкан Кіліманджаро.

Клімат відбили у своїй символіці 8 країн: Кірібаті, Замбія, Ліберія, Танзанія, Алжир, Гондурас, Коморські острови, Уганда. Оскільки ці країни мають спекотний клімат, на їхніх гербах зображено тропічне сонце, яке символізує субекваторіальний та екваторіальний кліматичні пояси.

У 3 країн на гербі відображені особливості ґрунту – Нігерії, Танзанії, Мавританії. Ґрунти позначені кольором та означають родючість. Основне призначення цього символу – показати родючість ґрунту – позначене кольором: зеленим, жовтим, чорним, червоним.

На гербах 25 країн можна знайти різних тварин: Австралія – лев, кенгуру та страус ему, Бенін – пара леопардів, Болівія – альпака, Ботсвана – дві зебри, Лесото – крокодил.

Особливо цікаве те, що деякі країни відобразили на своїх гербах напрями господарської діяльності. На гербі Анголи – мачете та мотика, символи сільського господарства, зубчасте колесо представляє промисловість, вінок із кукурудзи, кави та бавовни – кавову та бавовняну культури. Два очеретяні стебла позначають важливість цукрової промисловості Барбадосу. Гана – золотий рудник, символ багатства корисних копалин. Нова Зеландія – два молоти, що символізують гірничу промисловість.

Поєднані природно-техногенні й еколого-географічні об'єкти є на гербі Білорусі. Контур Білорусі в центрі символізує територіальну цілісність країни. Зображення Землі та Сонця відображають стародавні традиції. Достаток і родючість втілена у вінку зі стиглих житніх колосків. Вінок прикрашений квітками конюшини, льону й оповитий стрічкою. Всі елементи символізують працю та багатство. Жито, конюшина та льон – традиційні складники сільського господарства.

Країни, на гербах яких представлена фауністична семантика:

Австралія – зображений лев, який символізує штат Тасманія, а також ендеміки материка – кенгуру та страус ему.

Аруба – лев на вершині геральдичного щита, символізує силу.

Багами – марлін і фламінго.

Бенін – щит оточений із двох боків парою леопардів – національними тваринами Беніну.

Болівія – зверху геральдичного щита зображена альпака, що є національною твариною цієї країни.

Ботсвана – дві зебри, зображені на гербі, є важливою частиною живої природи Ботсвани; на геральдичному щиті зображена голова бика, яка символізує високе значення худоби для Ботсвани.

Рис. 1. Герб Гондурасу (фізико-географічна тематика)

Рис. 2. Герб Багамських островів (фауністична тематика)

Рис. 3. Герб Лаосу (техногенна складова частина)

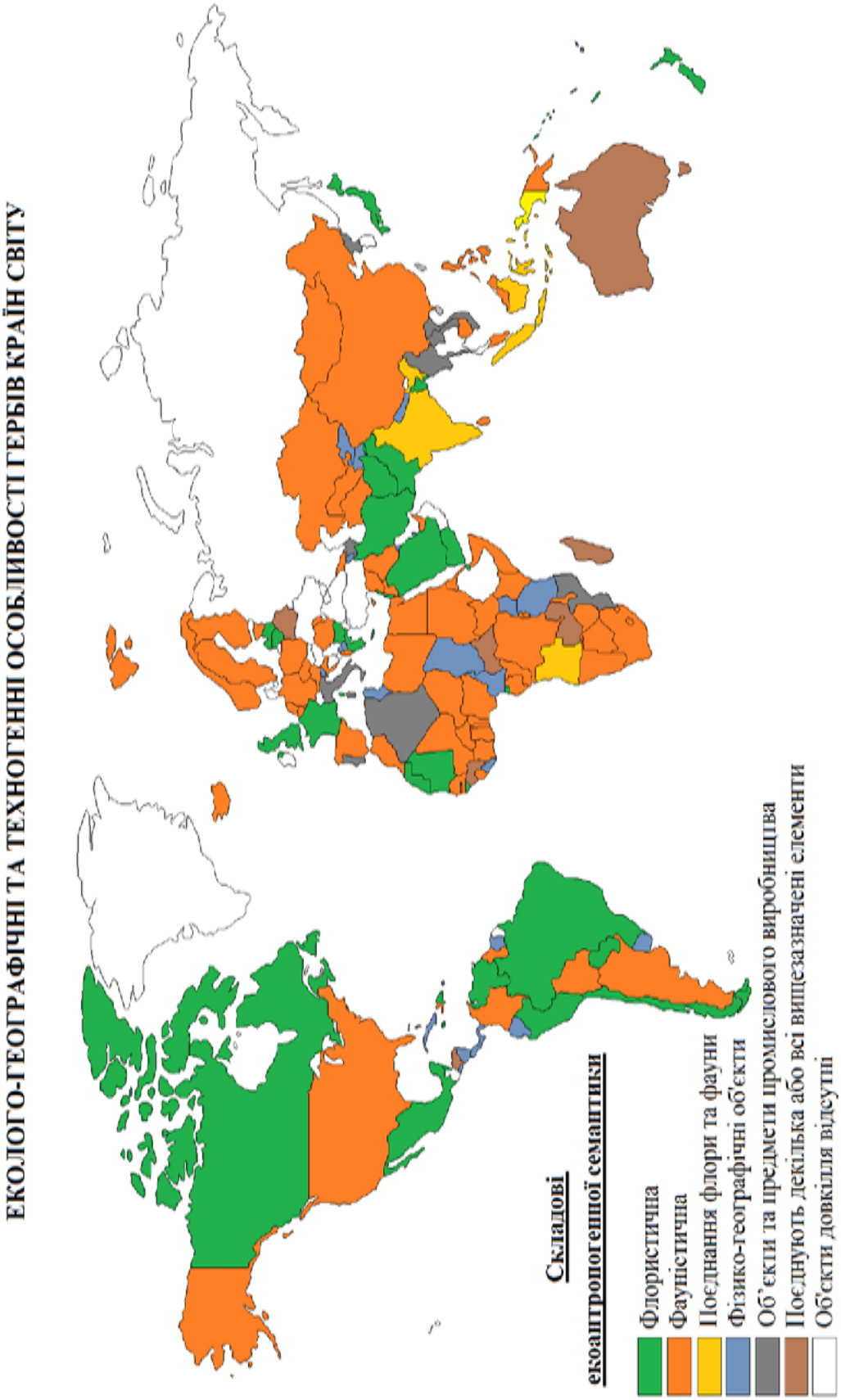


Рис. 4. Типи екосемантики гербів країн світу

Габон – дві пантери, що символізують пильність і хоробрість президента, котрий захищає націю.

Замбія – орел, який символізує свободу.

Зімбабве – дві лісові антилопи, що уособлюють єдність різних етнічних груп у Зімбабве; Зімбабвійський птах, який символізує національну самобутність.

Кайманові острови – лев як символ Великої Британії.

Колумбія – великий кондор, що символізує свободу.

Кот-д'Івуар – на геральдичному щиті зображена голова слона, яка вказує на джерело торгівлі – слонову кістку.

Лесото – крокодил, що символізує творчу націю Лесото.

Ліберія – білий голуб як знак миру.

Перу – коричнева вікунья, що символізує фауну Перу.

Особливо цікавим є те, що деякі країни відобразили на своїх гербах природні ресурси, тобто ті багатства природи, які людина може використовувати у своїй господарській діяльності:

Габон – золоті диски (візантін) у центрі щита символізують багатство країни на корисні копалини.

Гана – золотий рудник, який демонструє багатство природних копалин у Гані.

Замбія – природні ресурси Замбії: корисні копалини, гірська промисловість, сільське господарство і дика природа.

Кіпр – мідно-жовтий фон герба означає великі поклади мідної руди.

Нова Зеландія – два молоти, що символізують гірничу промисловість.

Сьєрра-Леоне – зелений колір на гербі вказує на сільськогосподарські та природні ресурси.

Танзанія – золота частина на геральдичному щиті символізує корисні копалини.

Трінад і Тобаго – два птахи колібрі символізують багатство природи островів.

Деякі країни як символи держави вирішили відобразити на своєму гербі національні символи: всесвітньо відомі промислово-антропогенні об'єкти та пам'ятки історії, науки та техніки:

Зімбабве – Велике Зімбабве (сіра будова в центрі щита), що символізує історичну спадщину нації.

Китай – «Небесна брама спокою» – вхід у «Заборонене місто» з площі Тяньаньмень у Пекіні.

Лаос – дамба на р. Нам Нгун (рис. 3).

Північна Корея (КНДР) – гідроелектростанція в гірському масиві Пектусон.

Тувалу – в центральній частині герба знаходиться зображення хатини.

Португалія – армілярна астрономо-картографічна сфера, що є символом мандрівництва та мореплавання у цій країні.

Білорусь – глобулярна картографічна проекція Землі.

Колір умовних позначень на гербах також відображає еколого-географічну складову частину. Так, на прапорі Мексики зелена смуга символізує достаток гарного ґрунту.

Природні багатства країн відображені гамою кольорів:

Аруба – одна зі смужок жовтого кольору символізує мінеральні багатства.

Замбія – зелений колір вказує на природні багатства країни; помаранчевий – на багатство країни мінеральними ресурсами (насамперед міддю).

Кіпр – мідний колір уособлює поклади міді.

Еритрея – жовтий колір символізує багатства мінеральних ресурсів країни.

Головні висновки. На рис. 4 представлена авторська комплексна (синтетична) карта світу із демонстрацією еколого-географічних і техногенних особливостей країн світу. За нею проведено кореляційний аналіз: у світі є лише 15 країн, що не мають екологічної складової частини в своїй державній символиці – Україна, Російська Федерація, Туреччина, Сербія, Чорногорія, Боснія та Герцеговина, Швейцарія, Чехія, Угорщина, Ірландія, Оман, Південна Корея, Ефіопія та деякі залежні території. У цих країнах найменше, окрім Кореї, реалізується екоцентрична політика та спостерігається недбале ставлення до навколишнього природного середовища. Більшість країн світу надають у геральдиці перевагу домінантним у своєму довкіллі представникам флори та фауни.

За гербом можна визначити назву країни, оскільки ці символи відображають характерні екологічні та природно-техногенні особливості держави.

Близько 80% гербів і прапорів містять інформацію про природу – це прапори країн Африки, Азії і Латинської Америки, тобто країн, що розвиваються. У символіці розвинених країн (наприклад, країн Європи) частіше зустрічаються геральдичні символи, які не стосуються природи. Як наслідок, екополітика країн другого та третього світів більш екоцентрична, ніж промислово розвинених. Найчастіше зображується на гербах семантика географічного положення, рослини та тварини, рідше використовуються зображення ґрунтів, рельєфу й особливостей населення.

Література

1. Агибалова Е.В. Екологічна географія. Львів, 2018. 214 с.
2. Велибок Г., Медведев М. Геральдичний альбом. 2018. № 378. С. 12–47.
3. Соколовський А.В. Символи державного суверенітету. Дніпро, 2015. 289 с.
4. Країни світу : довідник. Київ, 2018. 841 с.
5. Ніцше Ф. Людське, надто людське. Львів, 2018. 450 с.

ТЕОРЕТИЧНА ЕКОЛОГІЯ

УДК 582.677
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-1-24-1-27

ПРОДИХОВІ КОМПЛЕКСИ ЛИСТКІВ ПРЕДСТАВНИКІВ ЛИСТОПАДНИХ МАГНОЛІЄВИХ ЯК МАРКЕРИ ТЕРМОРЕГУЛЮЮЧОЇ ТА МІКРОКЛІМАТОФОРМУЮЧОЇ ЗДАТНОСТІ РОСЛИН

Демченко М.К.[1], Футорна О.А.[1], Баданіна В.А.[1], Смірнов О.Є.[1], Ольшанський І.Г.[2], Таран Н.Ю.[1]
[1]Київський національний університет імені Тараса Шевченка
вул. Володимирська, 64/13, 01601, м. Київ
oksana_drofa@yahoo.com
[2]Інститут ботаніки імені М.Г. Холодного
Національної академії наук України
вул. Терещенківська, 2, 01004, м. Київ
olshansky1982@ukr.net

За допомогою методів світлової та сканувальної електронної мікроскопії досліджено ультраструктуру поверхні листків *Liriodendron tulipifera* L. та чотирьох видів роду *Magnolia* L.: *M. tripetala* (L.) L., *M. denudata* Desr., *M. liliiflora* Desr. та *M. salicifolia* (Siebold & Zucc.) Maxim. З'ясовано, що за ультраструктурою поверхні листкових пластинок, за обрисами та проекціями основних епідермальних клітин *Liriodendron tulipifera* відрізняється від досліджуваних видів магнолій. Згідно з результатами досліджень як маркерні показники для визначення адаптації представників магнолієвих до нових умов місцезростання можна використовувати продиховий індекс, кількість і площу продихів як найбільш константні показники. За вказаними показниками *Magnolia liliiflora* віднесено до висококліматоформуючих рослин. *Ключові слова*: скануючий електронний мікроскоп, епідерма, трихоми, продихи, Liriodendron, Magnolia.

Устьичные комплексы листьев представителей листопадных магнолиевых как маркеры терморегулирующей и микроклиматоформирующей способности растений. Демченко Н.К., Футорна О.А., Баданина В.А., Смирнов А.Е, Ольшанский И.Г., Таран Н.Ю. С помощью методов световой и сканирующей электронной микроскопии исследована ультраструктура поверхности листьев *Liriodendron tulipifera* L. и четырех видов рода *Magnolia* L.: *M. tripetala* (L.) L., *M. denudata* Desr., *M. liliiflora* Desr. и *M. salicifolia* (Siebold & Zucc.) Maxim. Выяснено, что по ультраструктуре поверхности листовых пластинок, по очертаниям и проекциям основных эпидермальных клеток *Liriodendron tulipifera* отличается от исследуемых видов магнолий. По результатам исследований в качестве маркерных показателей для определения адаптации представителей магнолиевых к новым условиям произрастания можно использовать устьичный индекс, количество и площадь устьиц как наиболее константные показатели. По указанным показателям *Magnolia liliiflora* отнесена к высококлиматоформирующим растениям. *Ключевые слова:* сканирующий электронный микроскоп, эпидерма, трихомы, устьица, Liriodendron, Magnolia.

Stomata complexes of leaves of leaf-declining representatives of Magnoliaceae as a marcers of a thermoregulatory and microclimate-forming ability of plants. Demchenko N., Futorna O., Badanina V., Smirnov O., Olshanskyi I., Taran N. The ultrastructure of the surface of leaves of *Liriodendron tulipifera* L. and four species of Magnolia L.: *M. tripetala* (L.) L., *M. denudata* Desr., *M. liliiflora* Desr., *M. salicifolia* (Siebold & Zucc.) Maxim. were studied by means of light and scanning electron microscopy. It is shown that the ultrastructure of the surface of the puff pastry, in terms of outlines and projections of the main epidermal cells of *Liriodendron tulipifera* differs from the studied magnolia species. According to the results of the research, as a marker indicator for determining the adaptation of the magnolia representatives to the new conditions of location, the breathing index, the number and area of stomata can be used as the most constant indicators. According to these indicators *Magnolia liliiflora* is classified as highly climate-forming plants. *Key words:* scanning electron microscopy, epidermis, trichomes, stomata, Liriodendron, Magnolia.

Постановка проблеми. Унаслідок господарської діяльності людини на величезних площах змінені покриви (зокрема, через зведення лісів, розорювання, прокладання доріг тощо). Уже доведено, що існує тісний зв'язок між поверхневою вологістю, тепловими потоками та опадами. Тому зміни властивостей наземних поверхонь впливають на потоки тепла й вологи в межах граничного шару планети та на конвективно доступну потенційну енергію. Відповідно, зміни відбулися також у формуванні хмар та опадів [1].

Так, з 1990-х рр. в Україні в теплий період спостерігається значна тенденція до збільшення середньої

температури та вмісту вологи в тропосфері, які зумовили зростання конвективно доступної потенційної енергії атмосфери, швидкості висхідних потоків, підвищення рівня конденсації та рівня конвекції, а також привели до збільшення нестійкості атмосфери. Унаслідок таких змін в Україні зросла кількість та інтенсивність сильних злив, градів, шквалів, смерчів, збільшилася кількість днів із грозами [2; 3].

Актуальність дослідження. Тому необхідно проводити заходи для зменшення негативного впливу проявів кліматичних змін. Зокрема, посадка дерев є високоефективною стратегією для охолодження міського середовища, однак оскільки міста продовжують нагріватися, то придатність міських середовищ для деяких видів дерев змінюється. Очевидно, що температурні показники й надалі продовжуватимуть змінюватися, тому перелік видів, які нині широко культивуються, також необхідно змінювати. Для ефективної стратегії екологічного управління зеленою інфраструктурою необхідно визначити види дерев, які, імовірно, залишатимуться добре адаптованими до міського клімату тривалий час у майбутньому. Зокрема, це потрібно для пом'якшення негативного впливу міських островів тепла [4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проаналізувавши відсоток зменшення сонячного випромінювання, відносні зміни температури повітря та земної поверхні під деревами й на відкритому повітрі, C.L. Bueno-Bartholomei та L.C. Labaki [5] виявили відмінності в охолоджувальній здатності різних видів. Ці відмінності зумовлені специфічними характеристиками аналізованих видів, а також індивідуальними характеристиками дерев (таких як структура й густота крони, розмір, форма та забарвлення листя, вік дерева та стадія росту).

Наші дослідження також підтверджують, що різні види дерев мають неоднакову кліматоформуючу здатність [6].

Публікацію присвячено дослідженню особливостей поверхні листків представників родини магнолієвих у контексті їх кліматоформуючої здатності. Відповідно, **метою роботи** стало дослідження продихових комплексів листків листопадних представників магнолієвих як маркерів терморегулюючої та мікрокліматоформуючої здатності рослин.

Магнолієві привертали великий інтерес багатьох ботаніків. Ця родина вважається однією з базальних груп квіткових рослин та відіграє ключову роль у побудові моделей імовірних перших квіток. Викопні рештки свідчать про те, що родина має тривалу еволюційну історію в понад 100 мільйонів років. Родина Magnoliaceae Juss. об'єднує два роди – *Magnolia* L. (налічує близько 230 видів) та *Liriodendron* (2 види: *L. chinense* (Hemsl.) Sarg. і *L. tulipifera* L.). Ця родина є добре окресленою групою. До неї належать вічнозелені та листопадні дерева й кущі. Їхні листки з прилистками є простими, жилкування перисте, листорозміщення чергове; листкові пластинки нерозсічені або лопатеві. Квітки великі, яскраві, двостатеві (за окремими винятками), оцвітина не диференційована, андроцей складається із численних спірально розташованих тичинок, гінецей – з багатьох простих плодолистків, які спірально розташовані на витягнутій осі. Плоди апокарпні, зазвичай складаються із численних спірально розміщених простих плодиків. Більшість видів родини в наш час поширені в помірних і тропічних районах Південно-Східної Азії, також трапляються магнолієві Північній і Південній Америці. Найчастіше представники цієї родини ростуть у гірських лісах, хоча трапляються й на заболочених місцях, зокрема на торф'яних болотах. Завдяки своїй декоративності магнолієві часто культивуються в різних куточках планети. Також у господарській діяльності використовується деревина магнолієвих, а деякі види належать до лікарських рослин [7–10].

Види роду *Magnolia* – вічнозелені та листопадні дерева й кущі, поширені в Північній Америці та Східній Азії. У крейдяний і третинний періоди магнолії були широко поширені до сучасної Арктики. Рід відокремився в ті часи, коли перетинчастокрилих комах (зокрема, бджіл) ще не було, і магнолії пристосувалися до запилення жуками [11].

Рід *Liriodendron* представлений лише листопадними деревами, природний ареал *L. chinense* – це Азія (південь і схід Китаю та північ В'єтнаму), а *L. tulipifera* – Північна Америка (схід США). *Liriodendron tulipifera* інтродукований та широко культивується в регіонах із помірним кліматом, на північ поширений до широти Осло (Норвегія). А в південній півкулі його вирощують в Аргентині, Австралії, Чилі, Новій Зеландії, ПАР та Уругваї. Поза природним ареалом інвазійність не проявляє [12; 13].

В умовах глобальних змін клімату озеленення антропогенно трансформованих урболандшафтів потребує нового підходу до підбору стрес-толерантних високодекоративних рослин із представників аборигенних та інтродукованих видів. У цьому аспекті велика роль належить ботанічним садам, у яких зосереджені світові колекції рослин зі специфічними кліматоформуючими властивостями.

Матеріали та методи дослідження. Нами досліджено поверхню листків *Liriodendron tulipifera* та чотирьох видів роду *Magnolia*, які ростуть в умовах відкритого ґрунту в Ботанічному саду імені академіка О.В. Фоміна Київського національного університету імені Тараса Шевченка (див. табл. 1).

Для дослідження брали зрілі листки нижнього ярусу дерев. Для дослідження епідермальної тканини під світловим мікроскопом (далі – СМ) у парадермальній площині виготовляли тимчасові препарати з фіксованого матеріалу. Ультраструктуру поверхні вивчали за допомогою скануючого електронного мікроскопа CEM JSM-6060 LA. Для дослідження зразків під скануючим електронним мікроскопом

Таблиця 1

Список досліджених видів

Вид	Центр походження
Magnolia tripetala (L.) L.	Північна Америка
Magnolia denudata Desr.	Китай
Magnolia liliiflora Desr.	Китай
Magnolia salicifolia (Siebold & Zucc.) Maxim.	Японія
Liriodendron tulipifera L.	Північна Америка

(далі – СЕМ) сухі листки фіксували на столику та напилювали тонким шаром золота. Описи проводилися з використанням термінології, узагальненої в працях вітчизняних і зарубіжних учених [14–16].

До уваги брали такі параметри:

– типи продихового комплексу;
– стан продихів (відкриті чи закриті);
– ширину й довжину продихів;
– ширину продихової щілини;
– кількість і щільність продихів;
– кількість та щільність епідермальних клітин;
– продиховий індекс;
– площу продихів;
– коефіцієнт продихової поверхні;
– індекс потенціалу провідності;
– стиск продихів.

Вимірювання проводили в 30-кратній повторності за допомогою мікроскопа Bresser LCD Microscope. Вимірювання лінійних розмірів здійснювали з використанням програми Image Pro Premier 9.1 (USA).

Площу продихів вираховували за формулою площі еліпса:

$$S = \pi \times a \times b,$$

де S – площа еліпса; a – довжина великої півосі еліпса; b – довжина малої півосі еліпса.

Виклад основного матеріалу.

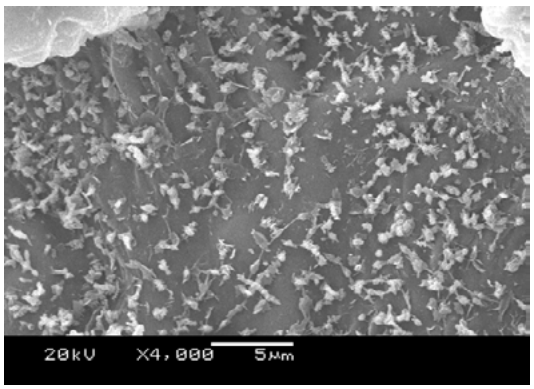
Ультраструктура поверхні листків *Liriodendron tulipifera* L. (див. рис. 1). Листки гіпостоматичні. На адаксиальній поверхні листкової пластинки межі клітин добре проглядаються. Основні епідермальні клітини ізодіаметричні, полігональні (чотири-, п'ятикутні), характеризуються прямими обрисами та багатокутними проекціями. Рельєф адаксиальної поверхні листкової пластинки злегка колікулярний. Зовнішні периклінальні стінки епідермальних клітин злегка випуклі, антиклінальні стінки не потовщені. На поверхні наявний добре розвинений віск. Кристалоїдний віск представлений потужними кірками.

На абаксиальній поверхні листкової пластинки добре помітні парацитні продихи, не орієнтовані своєю довшою віссю вздовж середньої жилки листка. Містяться нижче рівня основних клітин епідерми. Довжина продихів становить 108,13±0,27 мкм, ширина – 87,23±1,89 мкм. Антиклінальні стінки епідермальних клітин потовщені, периклінальні – впалі, містяться нижче рівня антиклінальних стінок. На відміну від адаксиальної епідерми, на абаксиальній наявна густа сітка папіл, які сформовані антиклінальними стінками епідермальних клітин, кожна клітина має декілька папіл. Наявний щільний шар воску. Віск представлений спірально закрученими паличками та нерівнокраїми пластинками.

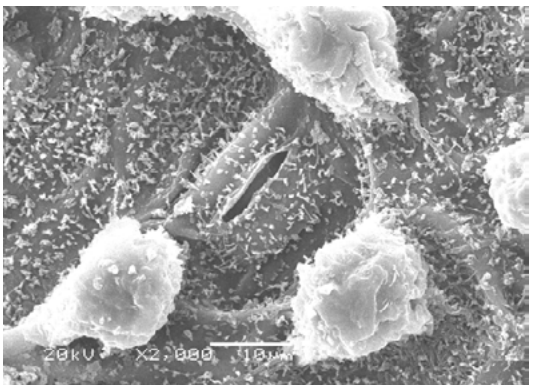
Ультраструктура поверхні листків *Magnolia tripetala* (L.) L. (див. рис. 2). Листки гіпостоматичні. На адаксиальній поверхні листкової пластинки межі клітин добре проглядаються. Клітини полігональні з прямими обрисами, багатокутними та витягнутими проекціями. Антиклінальні стінки епідермальної тканини потовщені, дещо припідняті. Зовнішні периклінальні стінки впалі, містяться значно нижче рівня антиклінальних стінок. Рельєф адаксиальної поверхні листкової пластинки ямчастий. На поверхні наявний добре розвинений віск. Кристалоїдний віск представлений гранулами, які формують потужний покрив.

Абаксиальна епідермальна поверхня характеризується розсіяним опушенням, яке сформоване трихомами двох типів: одноклітинними циліндричними трихомами та довгими багатоклітинними волосками. Останні складені із чотирьох клітин, у тому числі великої базальної та довгої дистальної клітини. Продихи парацитного типу наявні лише на абаксиальній поверхні листкової пластинки, добре помітні, не орієнтовані своєю довшою віссю вздовж середньої жилки листка. Містяться вище рівня основних клітин епідерми. Основні епідермальні клітини ізодіаметричні, полігональні. Характеризуються прямими обрисами та багатокутними проекціями. Антиклінальні стінки клітин епідерми потовщені, периклінальні стінки впалі, містяться нижче рівня антиклінальних стінок. Межі між сусідніми клітинами не проглядаються. Рельєф абаксиальної поверхні листкової пластинки сітчастий. Наявний щільний шар воску. Віск представлений спірально закрученими циліндричними паличками.

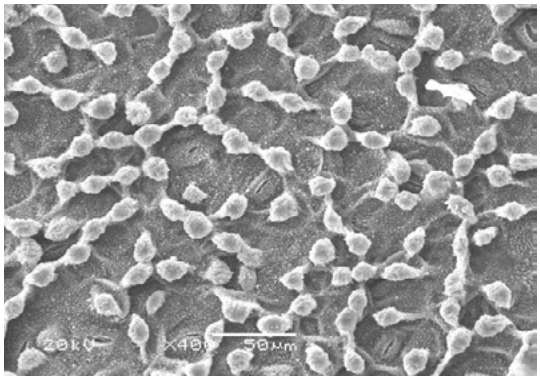
Ультраструктура поверхні листків *Magnolia liliiflora* Desr. (див. рис. 4). Листки гіпостоматичні. На адаксиальній поверхні листкової пластинки межі клітин не проглядаються. Клітини епідермальної тканини, як і в *M. denudata*, характеризуються звивистими обрисами та розпластаними проекціями. Антиклінальні стінки епідермальної тканини потовщені, містяться дещо вище рівня зовнішніх периклінальних стінок. Зовнішні периклінальні



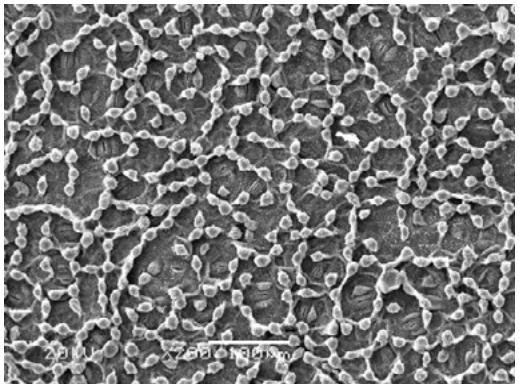
1



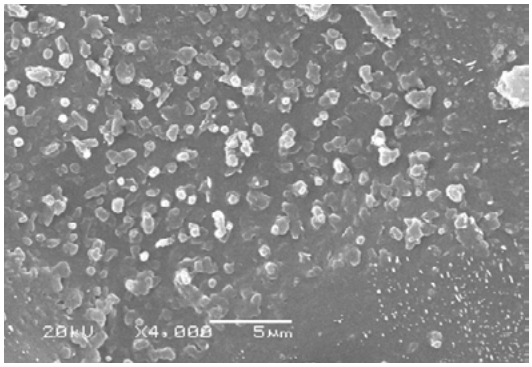
2



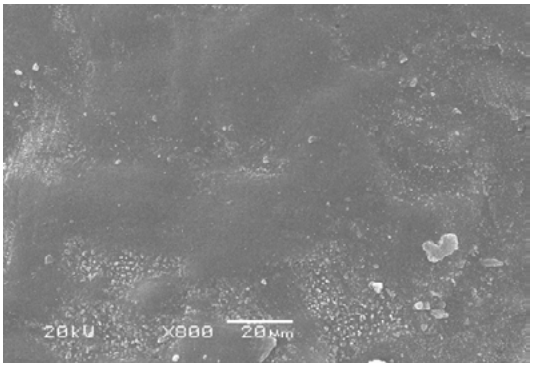
3



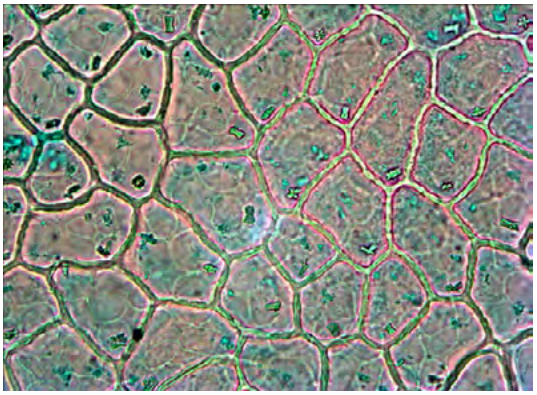
4



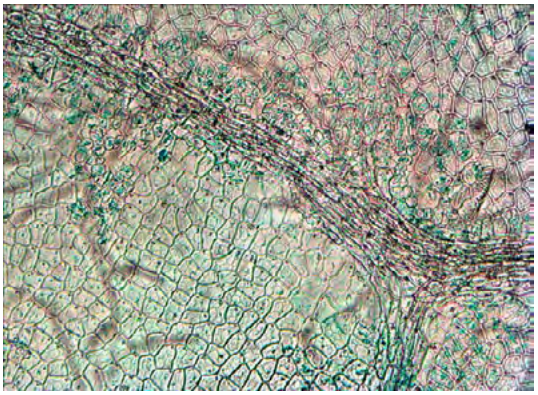
5



6

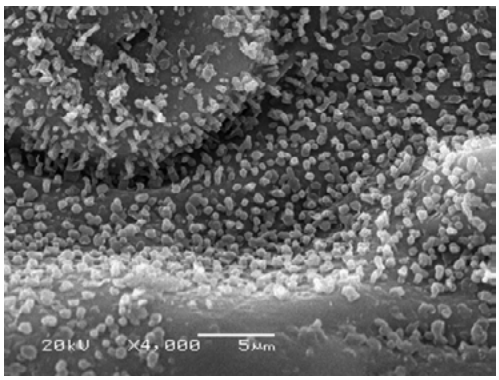


7

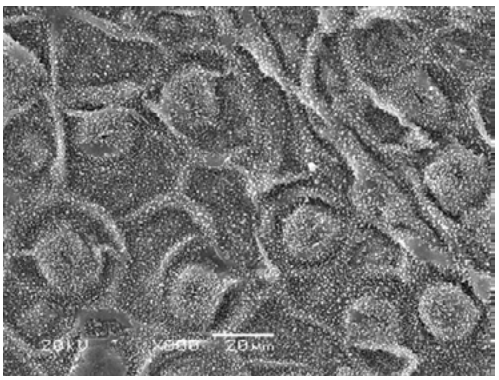


8

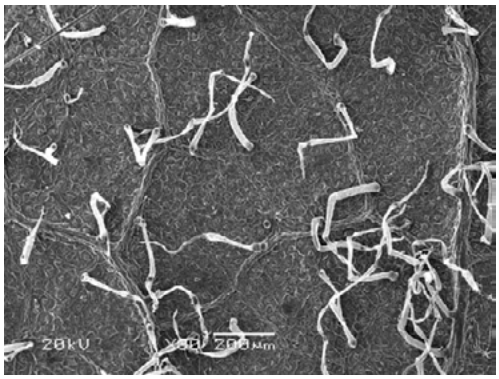
Рис. 1. Структура поверхні листкової пластинки Liriodendron tulipifera L.:
1–4 – структура абаксиальної епідерми під СЕМ; 5, 6 – структура адаксіальної епідерми під СЕМ;
7 – структура адаксиальної епідерми під СМ (Х400); 8 – структура абаксіальної епідерми під СМ (Х100)



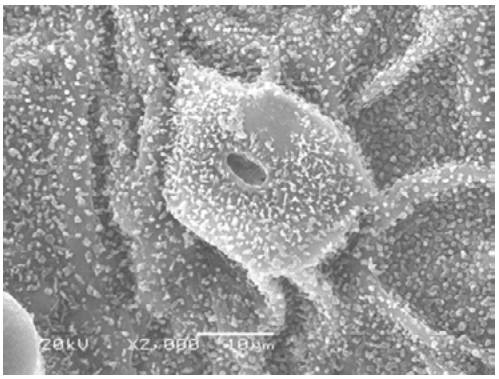
1



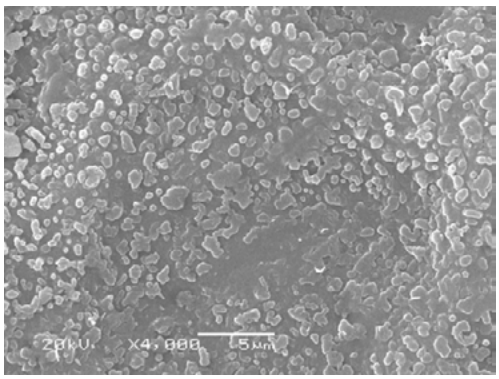
2



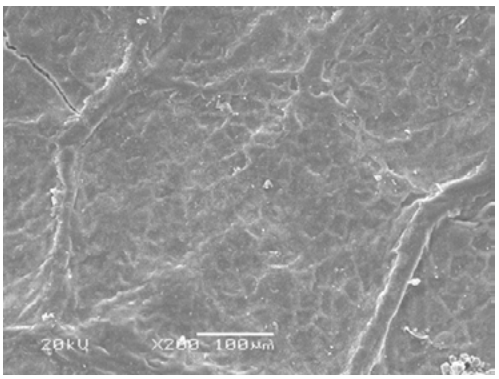
3



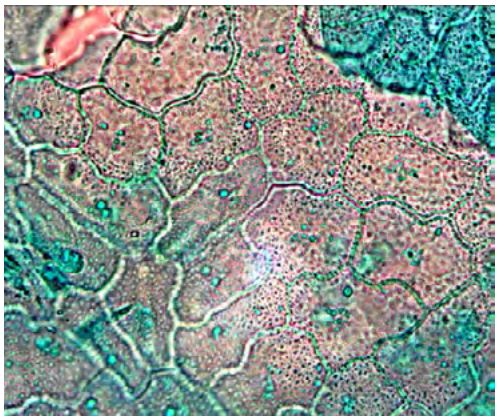
4



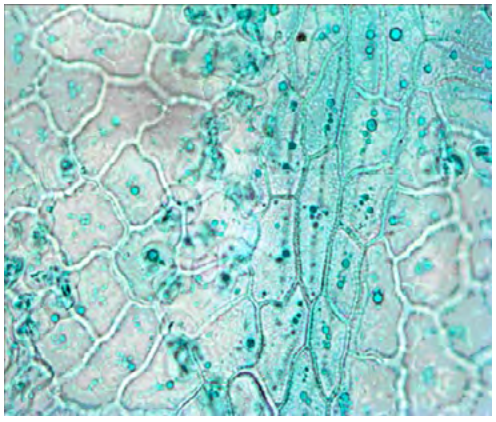
5



6

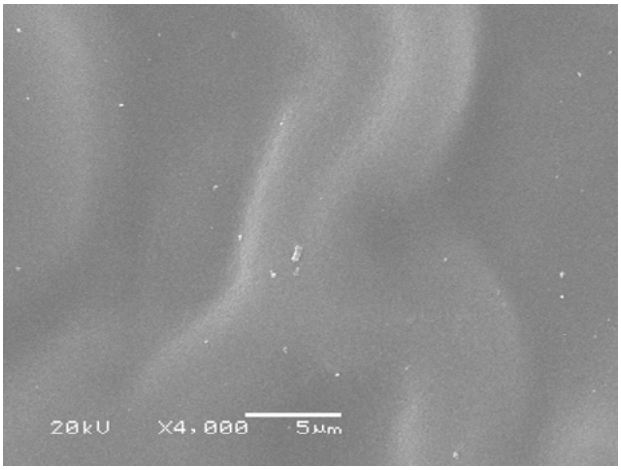


7

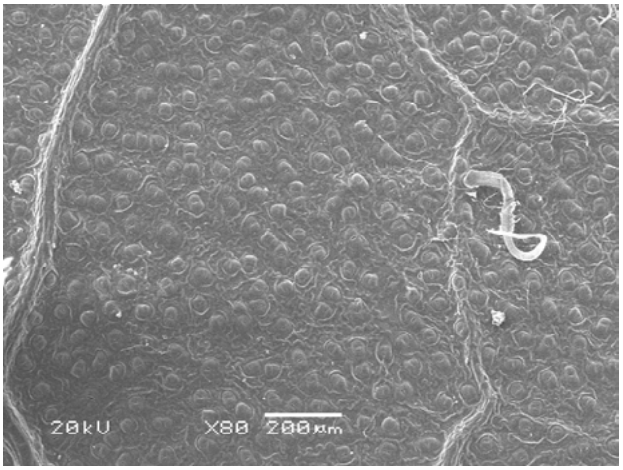


8

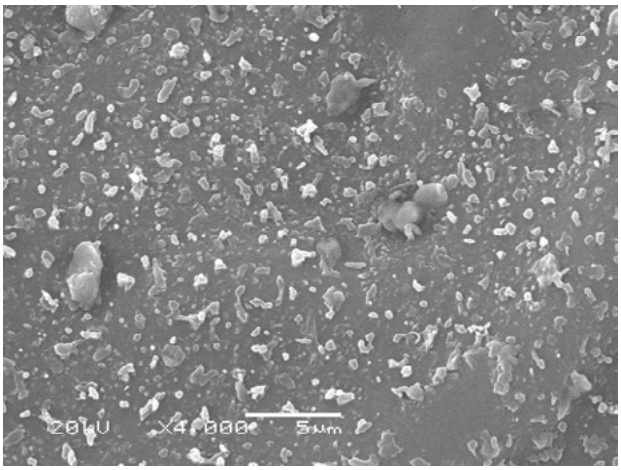
Рис. 2. Структура поверхні листкової пластинки Magnolia tripetala (L.) L.:
1–4 – структура абаксиальної епідерми під СЕМ; 5, 6 – структура адаксиальної епідерми під СЕМ;
7 – структура адаксіальної епідерми під СМ; 8 – структура абаксіальної епідерми під СМ



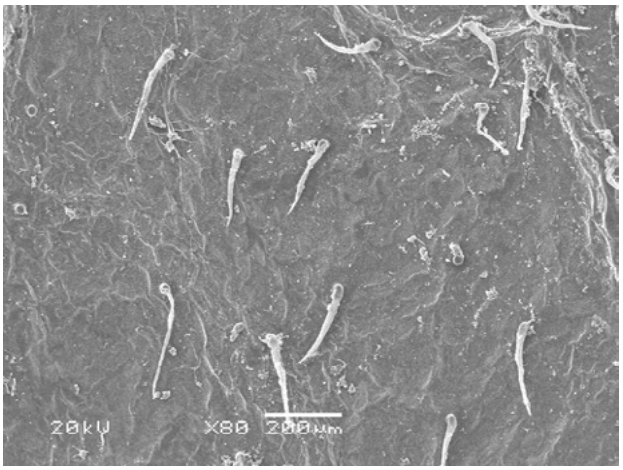
1



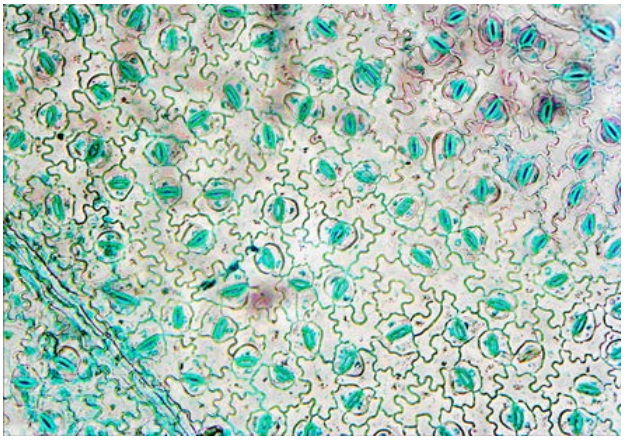
2



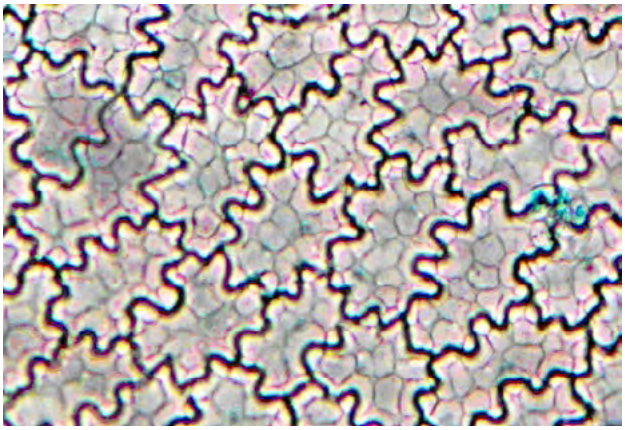
3



4

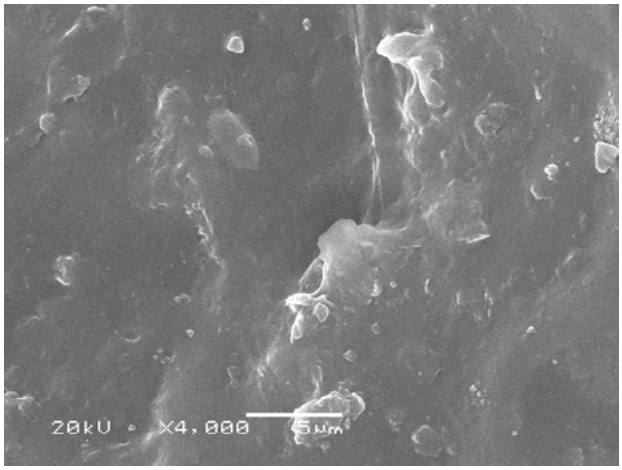


5

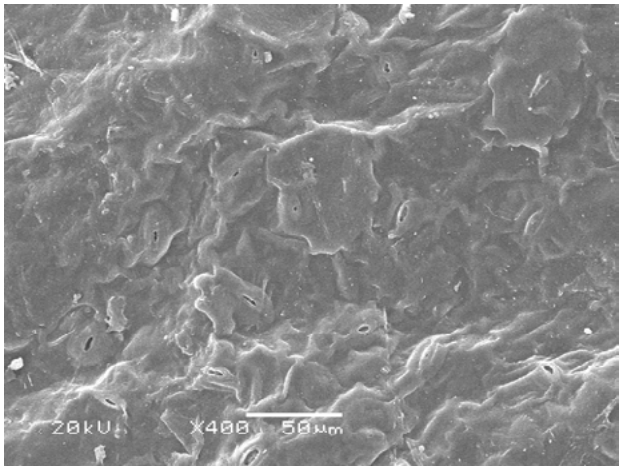


6

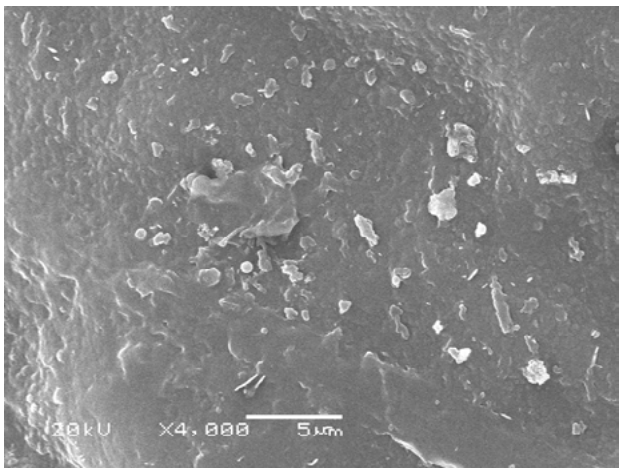
Рис. 3. Структура поверхні листкової пластинки Magnolia denudata Desr.:
1, 2 – структура абаксиальної епідерми під СЕМ; 3, 4 – структура адаксиальної епідерми під СЕМ;
5, 6 – структура поверхні під СМ



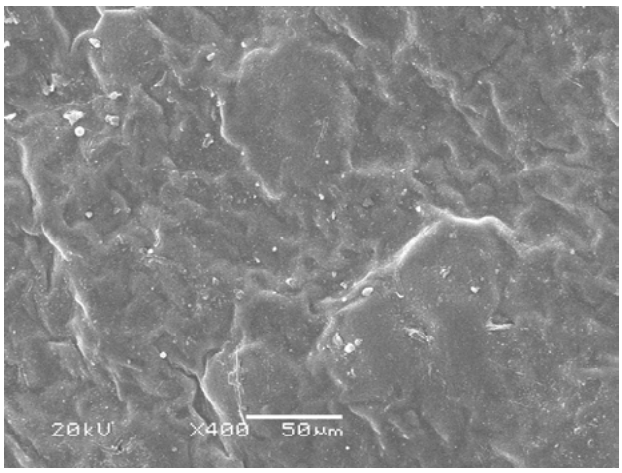
1



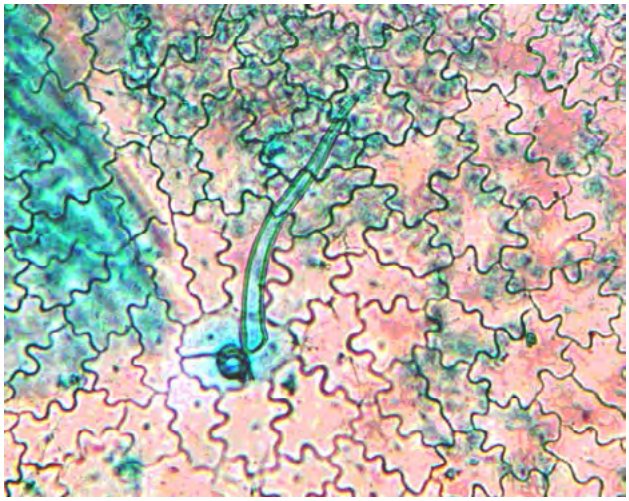
2



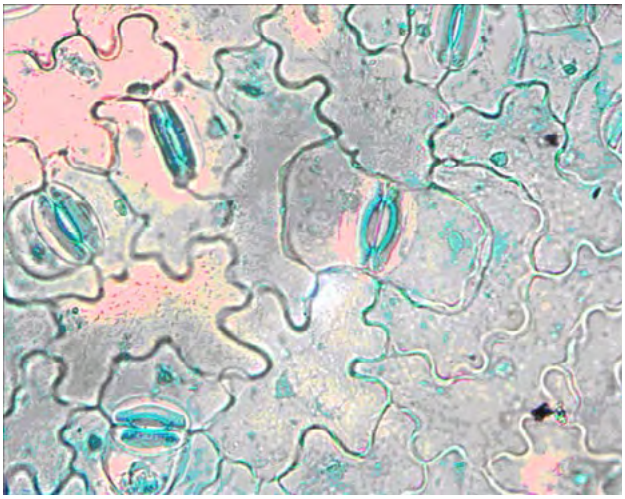
3



3

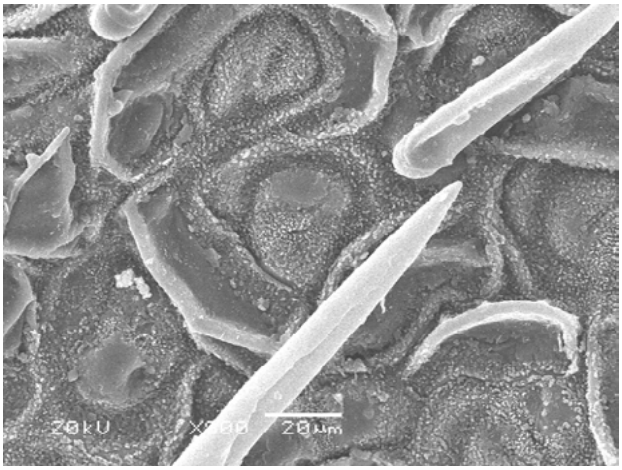


5

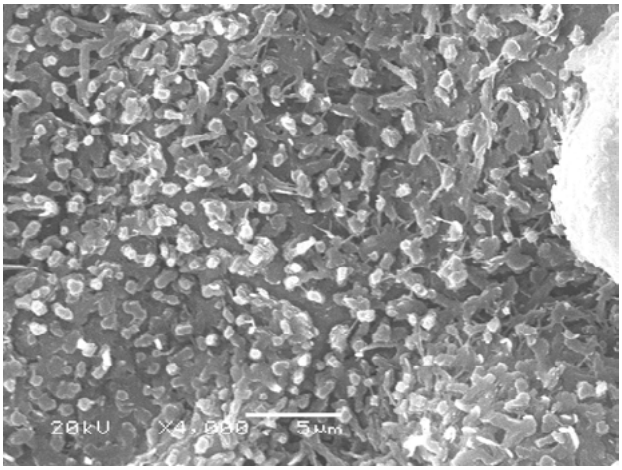


6

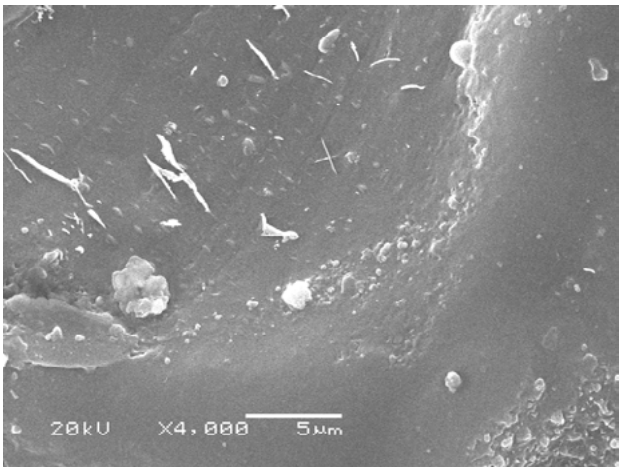
Рис. 4. Структура поверхні листкової пластинки Magnolia liliiflora Desr.:
1, 2 – структура абаксиальної епідерми під СЕМ; 3, 4 – структура адаксиальної епідерми під СЕМ;
5, 6 – структура поверхні під СМ



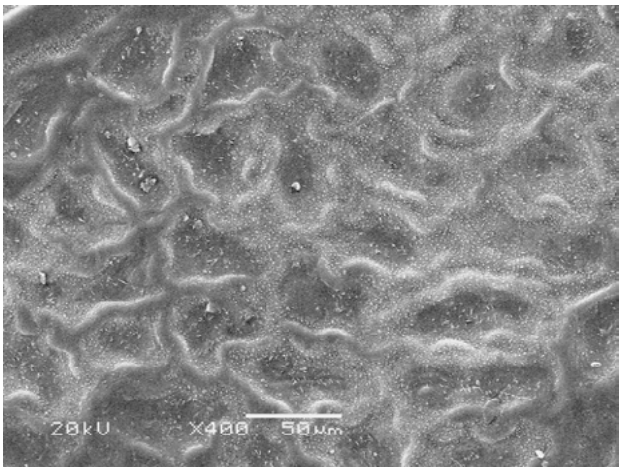
1



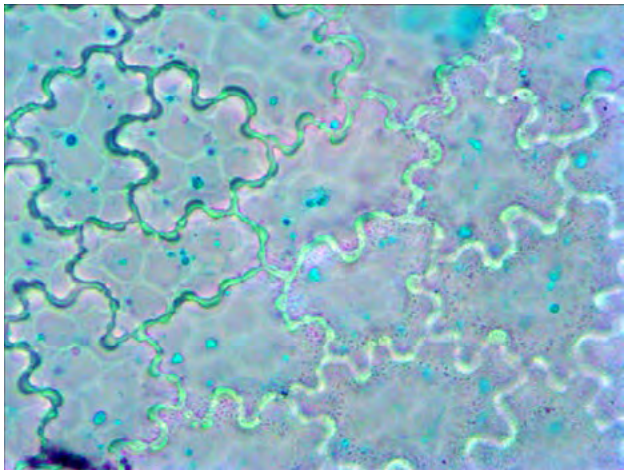
2



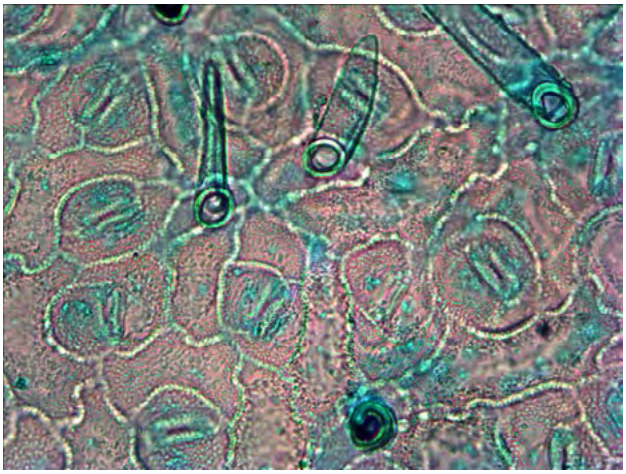
3



3



5



6

Рис. 5. Структура поверхні листкової пластинки Magnolia salicifolia (Siebold & Zucc.) Maxim.:
1, 2 – структура абаксиальної епідерми під СЕМ; 3, 4 – структура адаксиальної епідерми під СЕМ;
5, 6 – структура поверхні під СМ

Таблиця 2

Морфометричні показники епідермальної тканини досліджених видів листопадних представників родини *Magnoliaceae* Juss.

Вид	*Liriodenron tulipifera*	*Magnolia tripetala*	*M. liliflora*	*M. salicifolia*	*M. denudata*
Довжина продихів, мкм	108,13±0,27	94,38 ±1,12	81,35 ±0,83	82,49 ±0,76	91,15 ±0,38
Ширина, продихів мкм	87,23±1,89	78,46±2,67	80,89±2,82	82,36±1,08	88,21±1,49
Площа продихів, мкм^2	7475,56±83,45	5892,43±95,21	-5149,60±99,31	5342,71±121,21	6497,45±115,38
Кількість продихів на 1 мм^2	41±2	28±4	57±4	38±3	42±5
Відкриті продихи, шт.	38±4	25±3	48±4	33±7	39±8
Закриті продихи, шт.	1±0	1±1	3±1	1±0	2±1
Кількість епідермальних клітин, шт./на 1 мм^2	163±8	144±4	183±12	125±15	189±14
Стиск продихів	0,094	0,208	0,048	0,005	0,022
Ширина продихової щілини	13,08±1,08	9,36 ±1,31	14,12±1,52	14,73±1,68	12,50±1,23
Щільність продихів	46,0±2,8	31,4±2,6	61,8±3,3	42,1±2,8	48,3±2,1
Продиховий індекс	20,5±1,5	16,5±2,5	24,3±3,2	25,2±3,5	18,1±2,2
Коефіцієнт продихової поверхні	83,1±6,8	80,9±7,1	98,8±6,8	99,8±6,3	96,8±5,8
Індекс потенціалу провідності	51,32	27,72	45,93	28,91	39,88
Щільність епідермальних клітин	179,7±8,9	161,7±13,8	205,5±10,2	140,4 ±7,2	212,3±12,3

стінки пласкі. Рельєф адаксиальної поверхні листкової пластинки сітчасто-складчастий. На поверхні наявний добре розвинений віск. Кристалоїдний віск представлений плівками та кірками, які формують потужний шар.

Абаксиальна епідермальна поверхня характеризується наявністю продихів парацитного типу. Вони добре помітні, не орієнтовані своєю довшою віссю вздовж середньої жилки листка, містяться вище рівня основних клітин епідерми. Основні епідермальні клітини мають звивисті обриси та розпластані проекції. Антиклінальні стінки клітин епідерми потовщені, периклінальні стінки дещо впалі, містяться нижче рівня антиклінальних стінок. Межі між сусідніми клітинами не проглядаються. Рельєф абаксиальної поверхні листкової пластинки сітчасто-горбкуватий. Наявний щільний шар воску. Потужний шар воску представлений кірками та плівками.

Ультраструктура поверхні листків *Magnolia salicifolia* (Siebold & Zucc.) Maxim. (див. рис. 5). Листки гіпостоматичні. На адаксиальній поверхні листкової пластинки межі клітин не проглядаються. Клітини епідермальної тканини, як і в попередніх видів, характеризуються звивистими обрисами та розпластаними проекціями. Антиклінальні стінки епідермальної тканини потовщені, містяться вище рівня зовнішніх периклінальних стінок. Зовнішні периклінальні стінки впалі. Рельєф адаксиальної поверхні листкової пластинки сітчастий. На поверхні наявний добре розвинений віск. Кристалоїдний віск представлений гранулами та нерівнокраїми пластинками.

Абаксиальна епідермальна поверхня характеризується наявністю простого опушення, яке утворене двоклітинними трихомами (сформовані дископодібною базальною клітиною та довгою пірамідальною клітиною). Продихи парацитного типу. Вони добре помітні, не орієнтовані своєю довшою віссю вздовж середньої жилки листка, містяться вище рівня основних клітин епідерми. Основні епідермальні клітини мають звивисті обриси та розпластані проекції. Антиклінальні стінки клітин епідерми потовщені, периклінальні стінки дещо впалі, містяться нижче рівня антиклінальних стінок. Межі між сусідніми клітинами не проглядаються. Рельєф абаксиальної поверхні листкової пластинки сітчастий. Наявний щільний шар воску. Потужний шар воску представлений спірально закрученими циліндричними паличками та гранулами.

У *Magnolia denudata* та *Magnolia salicifolia* було виявлено продиховий апарат аномоцитного типу. У всіх інших видів – парацитний тип продихового апарату. Окрім того, виявлено відмінності за морфометричними показниками листків. Так, встановлено, що найбільша площа продихів у *Liriodendron tulipifera*, а найменша – у *Magnolia liliiflora* (див. табл. 2).

Згідно з отриманими результатами кількість продихів на 1 мм^2 варіює від 28 до 57. При цьому найбільша кількість продихів на 1 мм^2 спостерігається в *Magnolia liliiflora*, а найменша – у *Magnolia tripetala* (див. табл. 2). Відомо, що наявність великої кількості продихів на одиницю площі є ознакою ксероморфності, оскільки більша кількість продихів забезпечує вищу інтенсивність продихової транспірації та може бути достатнім терморегулюючим чинником [17].

Відповідно до наших досліджень кількість епідермальних клітин перебуває в межах від 125 до 189; стиск продихів варіює від 0,005 до 0,208 (див. табл. 2). Параметр стиску продихів дає змогу визначати форму продихів: чим менший цей показник, тим менша різниця між шириною та довжиною продихів, що вказує на більш округлу форму; і навпаки, чим більшим є значення цього показника, тим більш видовженими є продихи. Усі досліджувані види за параметром стиску продихів мають округлу форму продихів.

Показники щільності продихів перебувають у межах від 31,4 до 61,8. Встановлено, що найбільша щільність продихів у *Magnolia liliiflora*, а найменша – у *Magnolia tripetala* (див. табл. 2).

Продиховий індекс встановлено в межах від 16,5 до 25,2. З'ясовано, що найменший продиховий індекс серед досліджуваних видів має *Magnolia tripetala*, а найбільший – *Magnolia salicifolia* (див. табл. 2). Як відомо, зниження кількості продихів у межах одного виду свідчить про пристосованість рослини до посушливих умов навколишнього середовища.

Показник індексу потенціалу провідності продихів перебуває в межах від 28,91 до 51,32 (див. табл. 2). Встановлено, що найбільший показник індексу потенціалу провідності продихів спостерігається в *Liriodendron tulipifera*, а найменший – у *Magnolia salicifolia*.

Головні висновки. За результатами наших досліджень як маркерні (найбільш константні) показники для визначення адаптації представників магнолієвих до нових умов місцезростання можна використовувати кількість і площу продихів, продиховий індекс.

Наявність значної кількості дрібних продихів є ознакою ксероморфності листків, що в нашому випадку характерне для *Liriodendron tulipifera* та *Magnolia liliiflora*. Більша щільність розташування продихів на листках свідчить про ефективне поглинання CO_2 листками.

Отримані результати дають змогу віднести *Magnolia liliiflora* до висококліматоформуючих рослин.

Перспективи використання результатів дослідження. Результати досліджень будуть використані під час розроблення науково обґрунтованих рекомендацій щодо введення в систему озеленення міст високодекоративних видів кліматоформуючих деревних рослин, які є бар'єрними та стійкими до негативного впливу «міського острова тепла», техногенних навантажень і біопошкоджень.

Література

1. Pielke R.A. Influence of the spatial distribution of vegetation and soils on the prediction of cumulus convective rainfall. *Rev. Geophys*. 2001. 39. P. 151–177. URL: http://pielkeclimatesci.wordpress.com/files/2009/10/r-231.pdf.
2. Балабух В.О. Мінливість дуже сильних дощів та сильних злив в Україні. *Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту*. 2008. Вип. 257. С. 61–72.
3. Балабух В.А. Межгодовая изменчивость интенсивности конвекции в Украине. *Глобальные и региональные изменения климата* / ред. В.И. Осадчий. Киев : Ника-Центр, 2011. С. 150–159.
4. Lanza K., Stone B. Climate adaptation in cities: What trees are suitable for urban heat management. *Landscape and Urban Planning*. 2016. Vol. 153. P. 74–82. URL: http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.12.002.
5. Bueno-Bartholomei C.L., Labaki L.C. How much does the change of species of trees affect their solar radiation attenuation. *Fifth International Conference on Urban Climate*, Lodz, 1–5 September 2003. URL: http://meteo.geo.uni.lodz.pl/icuc^5/text/O_1_4.pdf.
6. Оценка перспективности использования модельных видов древесных растений для преодоления «городского острова тепла» по параметрам функционального состояния фотосинтетического аппарата / Н.Б. Светлова, В.А. Стороженко, О.А. Футорна, В.А. Баданина, О.В. Тыщенко, И.Г. Ольшанский, Н.Ю. Таран. *Международный научно-технический журнал «Проблемы управления и информатики»*. 2018. № 50(6). С. 132–141.
7. Тахтаджян А.Л. Происхождение и расселение цветковых растений. Ленинград, 1970. 147 с.
8. Тахтаджян А.Л. Система магнолиофитов. Ленинград, 1987. 439 с.
9. Phylogenetic relationships in family Magnoliaceae inferred from *ndhF* sequences / Kim Sangtae, Park Chong-Wook, Kim Young-Dong, Suh Youngbae. *American Journal of Botany.* 2001. Vol. 88(4). P. 717–728.
10. Feild T.S., Arens N.C. Form, function and environments of the early angiosperms: merging extant phylogeny and ecophysiology with fossils. *New Phytologist*. 2005. Vol. 166. P. 383–408. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2005.01333.x.
11. Жизнь растений : в 6 т., 7 кн. / А.Л. Тахтаджян, В.И. Грубов, И.В. Грушвицкий и др. Москва : Просвещение, 1980. Т. 5. Ч. 1. 430 с.
12. Rivers M.C. *Liriodendron tulipifera*. The IUCN Red List of Threatened Species. 2014. URL: http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2014-3.RLTS.T194015A2294401.en (access date: 07.02.2019).
13. Phan K.L. *Liriodendron chinense*. The IUCN Red List of Threatened Species. 2015. URL: http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-2.RLTS.T31284A2803363.en (access date: 07.02.2019).
14. Захаревич С.Ф. К методике описания эпидермиса листа. *Вестник Ленинградского университета*. 1954. № 4. С. 65–75.
15. Chakrabarty C., Mukherjee P.K. Studies on Bupleurum L. (Umbelliferae) in India II. SEM observations of leaf surfaces. *Feddes Repert*. 1986. Vol. 97. № 7–8. P. 489–496.
16. Classification and terminology of plant epicuticular waxes / W. Barthlott, C. Neithuis, D. Cytler et al. *Bot. J. Linn. Soc.* 1998. Vol. 126. № 3. P. 237–260.
17. Заленский В.Р. Материалы к количественной анатомии различных листьев одних и тех же растений. *Известия Киевского политехнического института*. 1904. Т. 4. Вып. 1. С. 1–209.

УДК 502.084: 615.9+616-001.17
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-1-24-1-28

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ ВПЛИВІВ НЕБЕЗПЕЧНИХ РЕЧОВИН

Петрук Р.В.[1], Петрук Г.Д.[2], Костюк В.В.[1]
[1]Інститут екологічної безпеки та моніторингу довкілля
Вінницького національного технічного університету
вул. Хмельницьке шосе 95, 21021, м. Вінниця
kostyukv88@gmail.com
[2]Вінницький державний педагогічний університет
вул. Острозького 32, 21100, м. Вінниця

Проведено аналіз методів розрахунків екологічних ризиків та запропоновано нову методику спрощених розрахунків екоризиків, що дозволить більш ефективно аналізувати екологічні загрози. *Ключові слова:* екологічні ризики, екотокс, розрахунок рівнів загроз, розподіл рівноваги.

Анализ методов оценки экологических рисков воздействия опасных веществ. Петрук Р.В., Петрук Г.Д., Костюк В.В. В работе проведен анализ существующих методов расчетов экологических рисков и предложена новая методика упрощенных расчетов екорисков, что позволит более эффективно анализировать существующие экологические угрозы. *Ключевые слова:* экологические риски, екотокс, расчет уровней угроз, распределение равновесия.

Analysis of methods of evaluation of environmental risks of effects of dangerous substances. Petruk R., Petruk G., Kostyuk V. The paper analyzes the existing methods of calculating environmental risks, and proposes a new method for simplified calculations of environmental risk, which will allow more efficiently analyze existing environmental threats. *Key words:* ecological risks, ecotoxicology, calculation of threat levels, distribution of equilibrium.

Постановка проблеми. На сучасному етапі сучасного розвитку суспільства людство вирішує екологічні проблеми за принципом «реагування та виправляння». Така концепція є досить примітивною й обмежує максимальні результати. Більш прогресивною є концепція «передбачення та попередження» екологічних проблем, але, на жаль, вона потребує потужного системного аналізу ризиків. Методології дослідження та розрахунку ризиків сьогодні є занадто складними, тому малоефективним. Складність методик зумовлює неможливість використання, оскільки для визначення елементарних ризиків довкіллю чи здоров'ю людини варто проводити складні наукові дослідження з використанням великого обсягу статистичних даних, хоча іноді більш ефективним може бути приблизний розрахунок значень ризиків. На жаль, сьогодні майже немає методик спрощених розрахунків ризиків, тому дослідження та розробка є досить актуальним завданням.

Для оцінки ймовірності реалізації загрози чи ризику використовують різні закони та складники теорії ймовірності, проте велика частина подій не може бути розглянута складниками теорії ймовірності. Це, як правило, події одиничні та неповторювані. Вони носять невизначений характер і належать до категорії «може відбутися, а може й не відбутися», до них поняття та методи теорії ймовірності не належать, тому є застосовуваними мало [1].

Під час виконання певного переліку умов *a* подія *A* має ймовірність *p* зводиться до пізнавального значення, оскільки воно вказує на наявність своєрідного зв'язку між комплексом умов *a* та подією *A*. Цей зв'язок чи залежність приймається як гіпотеза в теорії ризиків.

Наукове завдання дослідження ризиків полягає у виявленні цього зв'язку. Її вирішенню присвячено багато досліджень, однак вона є ще не вирішеною.

Імовірність випадкової події *A* називається відношенням подій, із яких складається *A* (тобто числа *m*), до всіх можливих елементарних подій (тобто числа *n*). Імовірність випадкової події *A* позначається умовно символом *P(A) і* визначається так :

$$P(A)= m/n.$$

На жаль, в екології таке визначення ймовірності реалізації загрози не використовується, оскільки воно стосується рівноймовірнісних елементарних подій (наприклад випадіння кульки одного кольору тощо). Оскільки ймовірності реалізації екологічних загроз різні, то варто використовувати інші шляхи розрахунку, які б уміщували більше факторів реалізації події, а тому мають більш складну залежність, проте класичне визначення ймовірності допомагає в розумінні поняття «ризик».

Відповідно до *теореми складання (суми) ймовірностей*, коли декілька подій окремо (*B,C і т. д.*)

призводять до реалізації події *A,* то отримаємо суму ймовірностей настання кожної з подій:

$$P(A) = P(B)+P(C).$$

Для екологічних ризиків ця теорема може бути використана під час розрахунку настання аварії у разі відмови обладнання *B, C* тощо чи розрахунку екологічного ризику отруєння токсикантами *B, C*. Знову ж таки варто знати часткові ймовірності настання подій *B, C*.

Судячи з визначення ризику реалізації загрози, можна зробити математичне визначення протилежному поняттю «безпеки» (Ā), коли:

$$P(\bar{A}) = 1 - P(A).$$

Для встановлення залежностей між причиною та наслідком події в екології можна використовувати формулу Байєса:

$$P(A|B) = \frac{P(B|A) \cdot P(A)}{P(B)}$$

де $P(A)$ – апріорна ймовірність гіпотези A (роз'яснення термінології далі), $P(A|B)$ – імовірність гіпотези A під час настання події B (апостеріорна ймовірність), $P(B|A)$ – імовірність настання події B за істинності гіпотези A, $P(B)$ – повна ймовірність настання події B.

Формула Байєса дозволяє «переставити причину і наслідок»: за відомим фактом події обчислити вірогідність того, що вона була викликана цією причиною.

Події, що відображають дію «причин», називають *гіпотезами*, оскільки вони є передбачуваними подіями, що їх спричинили. Безумовну ймовірність справедливості гіпотези називають *апріорною* (наскільки ймовірна причина взагалі), а умовну – з урахуванням факту події – *апостеріорною* (наскільки ймовірна причина виявилася з урахуванням даних про подію).

Приклад: Подія В – в баку немає бензину, подія А – машина не заводиться. Зауважимо, що ймовірність Р (А|В) того, що машина не заведеться, якщо в баку немає бензину, дорівнює одиниці. Так, імовірність Р (В) того, що в баку немає бензину, дорівнює добутку ймовірності Р (А) того, що машина не заводиться, на ймовірність Р (В|А) того, що причиною події А стала саме відсутність бензину (подія В), а не, наприклад, розряджений акумулятор.

Як бачимо, ця теорія може бути використана, але за умови наявності даних усіх перерахованих ймовірностей, для підрахунку яких знову ж таки треба володіти статистичною інформацією [2].

Зрозумілим стає те, що ця теорія має багато недоліків за спрощених розрахунків ризиків.

Для розрахунку ризиків варто вводити нові величини попереднього розрахунку. При цьому для розрахунку ризику настання небажаної події варто оперувати певними вихідними значеннями. Для екологічних систем, пов'язаних із хімічними речовинами, викидами, скидами і т.д., можна як основну базову одиницю використовувати кратність перевищення ГДК *i*-тої хімічної речовини ($C_{відн}$):

$$C_{відн} = \frac{C_{хім.реч}}{ГДК_{хім.реч}}.$$

Оскільки на ймовірність настання ризику впливає також і об'єм (площа, маса і т. д.) речовини з n-кратним перевищенням ГДК, то його теж варто враховувати. Тобто може бути забруднена велика територія з незначним перевищенням ГДК і незначна територія з багатократним перевищенням концентрації. У цьому прикладі кратність перевищення не показує об'єктивно реальних ризиків для довкілля [6; 7].

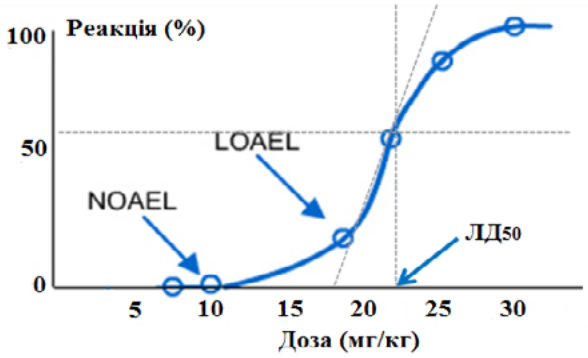


Рис. 1. Схематичне зображення відмінностей у концентраціях

В англомовних країнах (зокрема США) для вимірювання ризиків часто використовують систему NOAEL [8; 9] (No observed adverse effect level), яка дозволяє розрахувати рівень концентрації шкідливої речовини, за якого не спостерігається жодних ефектів. Цей рівень може бути використаний у процесі встановлення відносин «доза – реакція», що є фундаментальним кроком у більшості методологій оцінки ризиків. Також використовують систему значень LOAEL, що показує найнижчий рівень впливу чи концентрації речовин, за яких спостерігаються первинні реакції. Як правило, вони значно нижчі за $ЛД_{50}$ та за $ЛД_{30}$.

Як відомо, значення $ЛД_{50}$ використовуються за умов розрахунку ГДК, що містить певну невідповідність. $ЛД_{50}$ установлює межу гибелі 50 відсотків піддослідних організмів, а ГДК, що розраховується з неї, показує безпечну для людини межу. Для виявлення безпечної для людини межі більш доцільно використовувати значення NOAEL.

Натепер у Західноєвропейських країнах відмовляються від концепції ГДК із переходом до концепції ГДЕН (гранично допустимого екологічного навантаження), що враховує вплив на людину не окремих факторів, а сукупності, тобто враховує ефект сумації.

Також використовують такі одиниці вимірювання відношення «доза – ефект». Оскільки наведені нижче одиниці не мають україномовного аналогу, то вони наводяться мовою оригіналу (англ.):

1) T25. Потужність хронічної дози, яка дасть 25% пухлин тварин у конкретній тканині протягом усього життя. Визначення проводять на теплокровних тваринах. Цей вид доз використовується для визначення канцерогенності хімічних речовин чи фізичних факторів;

2) BMD10. Хронічна дозова оцінка, яка припускає, що 10% тварин будуть мати пухлини у конкретній тканині протягом життя.

Одиниці вимірювання T25 та BMD10 – мг/кг ваги /добу. Вони можуть бути використані для обчислення виведеного мінімального рівня експозиції, від якого рівень забруднення канцерогенів стає допустимим. Використовується лише для тварин, хоча вказані концентрації будуть мати приблизно схожі ефекти і в людському організмі;

3) EC50 (median effective concentration – середня ефективна концентрація) – це концентрація досліджуваної речовини, що призводить до 50-відсоткового скорочення росту водоростей (EbC50) або швидкості росту водоростей (ErC50). Їх часто отримують під час досліджень водного окиснення. Одиниці вимірювання EC50 – мг/л. Значення EC50 часто використовуються для класифікації гострої екологічної небезпеки водних об'єктів та розрахунку прогнозованої концентрації;

4) NOEC (No observed effect concentration). Концентрація, за якої відсутній спостережуваний ефект, є та, що міститься в складнику довкілля (вода, ґрунт тощо), нижче якої не буде спостерігатися неприйнятний ефект. Вона, як правило, отримується з хронічних досліджень токсичності води та досліджень наземної токсичності. Одиниці вимірювання NOEC – мг/л. Перевищення значень NOEC часто використовуються для класифікації небезпечних для навколишнього середовища факторів та для розрахунку прогнозованої концентрації без спостережень ефектів;

5) DT50 (degradation time). Період напіввиведення (DT50) визначається як час, протягом якого кількість небезпечної сполуки зменшується наполовину через розкладання у компонентах навколишнього середовища (вода, ґрунт, повітря тощо). Він використовується для вимірювання стійкості речовини. Одиниці вимірювання – дні. DT50 часто використовується для моделювання впливу на навколишнє середовище, щоб прогнозувати концентрацію речовини у компонентах довкілля протягом тривалого періоду часу.

Жодна з наведених характеристик хімічних речовин в Україні нормативно не закріплена, проте для визначення екотоксикологічних параметрів використовується лише ГДК, що розраховується з перерахунку $ЛД_{50}$.

Крім наведених параметрів, є низка інших, які регламентують характеристики речовин та вплив на шкіру, водні організми, ґрунтові організми тощо.

Кількісна оцінка ризиків. Для чітких і зрозумілих значень ризиків мають існувати прості формули розрахунку. Таких формул є дуже багато і немає чіткої системи, які з них більш ефективні в певних ситуаціях.

Наведемо декілька основних методів для різних об'єктів довкілля:

1) *екотоксів* [10; 11] який використовується в пострадянських країнах. Він базується на порівнянні токсичності речовини (зокрема агрохімікатів) з показниками токсичності пестициду ДДТ (уважається таким, що дорівнює одиниці). Розраховується за виразом:

$$E = \frac{P \times N}{ЛД_{50}}, \quad (1)$$

де P – період напівзникнення речовини з навколишнього середовища, тижні, N – середня норма витрати препарату, кг/га, $ЛД_{50}$ – середня смертельна доза за перорального надходження в організм щурів, мг/кг.

Загалом, ця формула досить удало показує відносні токсикологічні параметри агрохімікатів, але не є універсальною і не може бути використана до деяких промислових відходів, до газів і т.д., тому потребує вдосконалення з унесенням певних поправочних коефіцієнтів для інших забруднювальних речовин і впливів. Недоліком використання методики екотоксів є неможливість виявлення критичної межі впливу хімпрепарату;

2) *розподілу рівноваги* / Equilibrium Partitioning Method (EPM) для передбачення значень концентрації, що не викликає негативних наслідків (PNEC) [3–5].

За відсутності будь-яких екотоксикологічних даних для ґрунтових організмів, PNEC-ґрунт можна попередньо розраховувати з PNEC-води за допомогою методу рівноважного поділу (EPM). Цей метод може призвести до переоцінки або недооцінки токсичності та варто розглядати лише як метод для ідентифікації речовин, що потребують додаткових випробувань на ґрунтових організмах, тобто він дає розрахункову передбачувану оцінку токсичності з певною точністю.

При цьому EPM, як правило, не рекомендується використовувати для речовин, які можуть створювати потенціал для ґрунтових організмів (наприклад logKow / Koc> 5 та LC50 / EC50 до <1 мг / л для водних видів).

Нижченаведена формула свідчить про те, як можна обчислити PNEC-ґрунт із PNEC-води, використовуючи метод розподілу рівноваги (EPM):

$$PNECгрунт = \frac{К\,грунт - вода}{Щільність\,мокрого\,грунту} PNECвода \cdot 1000.$$

Підставивши дані у цю формулу, вона дещо спрощується до такого вигляду:

$$PNECгрунт = (0{,}1176 + 0{,}01764 \cdot Koc) \cdot PNECвода.$$

де Koc – коефіцієнт розподілу органічного вуглецю, виміряний або оцінений із логарифму Kow.

Таблиця 1

Приклад розрахунку екотоксу

Назва гербіциду	ОДК у ґрунті, мг/кг	Концентрація після внесення, мг/кг	Період напівзникнення речовини з навколишнього середовища, тижні	Екологічна небезпека (Е), екотокс
1. Гранстар голд	0,01	0,0035 мг/кг	4	72,8
2. Галера	0,1	0,0350 мг/кг	1,5	27,3
3. Мілагро	0,2	0,000125 мг/кг	1,5	0,04875

Вищенаведені методи розрахунку екоризиків складають лише малу частину від усіх методик. Підсумовуючи вищезазначене, можна зробити висновок про складність дійсних методик чисельних розрахунків. Крім того, значення ризиків від екологічно шкідливих впливів важко порівняти між собою через відсутність єдиного теоретичного підґрунтя, тому немає потреби рахувати точно ризики, які потім використовуються у вкрай вузькому колі наукових питань.

Наразі сформувалася потреба у спрощеному методі розрахунків ризиків екологічних впливів, що дозволяє чисельно порівнювати хімічні впливи на різні об'єкти довкілля.

Метод розрахунків екологічних ризиків має вміщувати основні токсикологічні параметри виявленої в довкіллі хімічної речовини та показники самовільного (чи біологічного) розщеплення сполуки в певному середовищі. Основними токсикологічними параметрами, безумовно, має бути концентрація компонента та дійсний норматив чи допустима межа цього компонента в довкіллі. Як уже зазначалося вище, межею може бути ГДК, ЛД50 для різних піддослідних тварин, середня ефективна концентрація та інші. Для різних складників довкілля означені параметри можуть використовуватися різні, зокрема орієнтовну допустиму концентрацію в ґрунті чи максимальну допустиму концентрацію у воді. Для спрощених розрахунків варто використовувати величини, які є легкодоступними, наприклад ГДК речовини. Уникати токсикологічних параметрів речовин, які існують вибірково лише для деяких хімічних речовин, наприклад канцерогеннність чи мутагенність.

Базисом для спрощених розрахунків нами пропонується використовувати методику екотоксів, запропоновану М.М Мельниковим [10], проте вона розрахована лише для ґрунтового середовища і порівнянь токсичності агрохімікатів. Під час доповнення і введення певних поправочних коефіцієнтів цю методику можна розширити для розрахунків екотоксичності у водному і ґрунтовому середовищі, в атмосфері тощо.

Для того, щоб одиниці розрахунку екотоскичності були безрозмірними, (а також для отримання даних екотоксів на певний проміжок часу (рік)) введено додатково поправочний коефіцієнт. Нижче запропоновано формулу спрощеного розрахунку екологічних ризиків (екотоксів):

$$E = 52\frac{P * C}{ДК}, \quad (2)$$

де P – період напізникнення хімічної речовини з довкілля за рахунок власного розкладання та біологічної деструкції мікроорганізмами, тваринами, рослинами і т.д. Одиниці вимірювання – тижні, C – концентрація хімічної речовини. Одиниці вимірювання такі: мг/кг для ґрунту, мг/дм^3 для води, та мг/м^3 для повітря; *ДК* – допустима концентрація хімічної речовини. Одиниці вимірювання: мг/кг для ґрунту (орієнтовна допустима концентрація), мг/дм^3 для води (максимальна допустима концентрація), мг/м^3 – для повітря (ГДК населених місць), 52 – це кількість тижнів у році.

Ця методика під час доповнення дозволяє також ураховувати поширення екотоксичності від точкового джерела хімічних компонентів. Для цього варто у формулу ввести:

– для водних об'єктів – дійсні математичні моделі розбавлення;

– для атмосфери – математичні моделі осідання, дифузії, вивітрювання;

– для ґрунтів – математичні моделі проникнення, просочування, вимивання з ґрунту.

Ця методика дозволяє враховувати ефект сумації декількох хімічних речовин (впливів) на певній території:

$$\sum E = E1 + E2 + En.$$

Відповідно до цього рівняння, за наявності певної сукупності впливів екотокси додаються.

Наведемо приклад розрахунку екотоксу під час унесення пестицидів для захисту озимої пшениці (табл. 1).

У результаті розрахунку можна зробити очевидний висновок про те, що пестицид «Грандстар» найбільш небезпечний для довкілля серед представлених. На практиці цю інформацію можна використати для заміни цього пестициду на більш безпечний, який має менший період напівзникнення чи вищі параметри ГДК.

Ця методика дозволяє порівнювати екологічну небезпеку різних хімічних впливів на довкілля, проте вона не містить певних допустимих значень екотоксу, тобто немає безпечної межі перевищень токсичного впливу на навколишнє середовище. При цьому будь який вплив, навіть мінімальний, несе навантаження на об'єкти довкілля, порушуючи екологічні зв'язки під час знищення бактерій, грибків,

комах, водних організмів чи теплокровних тварин, проте цю методику можна використовувати для визначення найбільш небезпечних впливів із метою мінімізації та усунення.

Головні висновки. Кожна з методик розрахунків екологічних ризиків має певні недоліки, основними з яких є відсутність вихідних даних для розрахунків, дороговизна, складність прикладних досліджень та експериментів. Проте запропонована методика спрощеного розрахунку екологічних ризиків дозволяє швидко й ефективно визначати відносну екологічну небезпеку різних хімічних впливів на довкілля, що дозволяє підбирати оптимальні механізми мінімізації шкідливих впливів.

Література

1. Гнеденко Б.В. Курс теории вероятностей. (Изд. 6-е, перераб. и доп. Москва: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988).
2. Башкин В.Н. Экологические риски: расчет, управление, страхование. Учебное пособие. Москва: Высшая школа, 2007. 360 с.
3. Sornette D., Maillart T., Kroger W. Exploring the limits of safety analysis in complex technological systems / Risk Center, Zurich, 2013. http://arxiv.org/pdf/1207.5674.pdf.
4. May R. and McLean A. Theoretical Ecology. Principles and Applications / Oxford University Press Inc., New York. 2007. 268 p.
5. Gillman, M. An introduction to mathematical models in ecology and evolution: time and space / A John Wiley & Sons, Ltd., 2nd ed. 2009. 167 p.
6. Марчук Г.И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды. Москва: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1982. 320 с.
7. Авдин В.В. Математическое моделирование экосистем: Учебное пособие. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ. 2004. 80 с.
8. Hayes K. R. Uncertainty and Uncertainty Analysis Methods. Final report for the Australian Centre of Excellence for Risk Analysis (ACERA) / CSIRO Division of Mathematics, Informatics and Statistics, Hobart, Australia. 2011. 130 p.
9. Plattner Th., Plapp T. and Hebel B. Integrating public risk perception into formal natural hazard risk assessment // Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 6, 471−483, 2006.
10. Мельников Н.Н. Пестициды. Химия, технология и применение. Москва: Химия. 1987. 712 с.
11. Мельников Н.Н. Пестициды. Химия, технология и применение. Москва: Химия. 1987. 712 с.

УДК 628.161.2:546.72:544.726
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-1-24-1-29

ЗНЕЗАЛІЗНЕННЯ ВОДИ ЗА ДОПОМОГОЮ СУМІШІ ІОНООБМІННИХ МАТЕРІАЛІВ

Твердохліб М.М., Гомеля М.Д.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
пр. Перемоги 37, 03056, м. Київ
madam.tverdohleb@yandex.ua, m.gomelya@kpi.ua

Вивчено процеси знезалізнення води із застосуванням сумішей іонообмінних матеріалів у процесі підготовки питної води. Досліджено процеси одночасної сорбції іонів жорсткості та заліза, а також їх взаємний вплив на сорбційну здатність сумішей іонітів. Підібрано оптимальний склад фільтрувальної суміші для задоволення нормативних показників очищеної води. *Ключові слова:* знезалізнення води, іонний обмін, катіоніт, аніоніт, окислення, фільтрування.

Обезжелезивание воды с помощью ионообменных материалов. Твердохлиб М.Н., Гомеля Н.Д. Изучены процессы обезжелезивания воды с применением смесей ионообменных материалов в процессе подготовки питьевой воды. Исследованы процессы одновременной сорбции ионов жесткости и железа, а также их взаимное влияние на сорбционную способность смесей ионитов. Подобран оптимальный состав фильтровальной смеси для удовлетворения нормативных показателей очищенной воды. *Ключевые слова:* обезжелезивание воды, ионный обмен, катионит, анионит, окисление, фильтрование.

Purification of water from iron using of ion-exchange materials. Tverdokhlib M., Gomelya M. The processes of water purification from iron using mixtures of ion-exchange materials in the preparation of drinking water are studied. The processes of sorption of hardness ions and iron ions were investigated. Their influence on the sorption capacity of mixtures of ion exchangers was determined. The optimal composition of the filter mixture was selected to meet the regulatory indicators of purified water. *Key words:* water iron removal, ion exchange, cation exchange, anion exchange, oxidation, filtration.

Постановка проблеми. На сьогоднішній день раціональне використання водних ресурсів в умовах дефіциту води, а також значне погіршення її якості є складною науково-технічною проблемою. Очищення природних вод за рахунок удосконалення технологій водопідготовки та розроблення нових ефективних ресурсозберігаючих методів стоїть на першому місці. Під час використання джерел водопостачання з підвищеним рівнем жорсткості та мінералізації води одним із найголовніших етапів підготовки питної води є пом'якшення та зменшення солевмісту. На ряду з цим, найбільш характерними проблемами під час підготовки її до пиття є видалення заліза, марганцю, солей жорсткості, нітратів, а в окремих випадках – також органічних сполук природного походження [1]. У природних водах сполуки дво- або тривалентного заліза можуть міститися у вигляді бікарбонатів, сульфатів, хлоридів або колоїдних сполук. У більшості випадків вміст заліза коливається в діапазоні 1–5 мг/дм^3. За нормами ДСанПіН 2.2.4-171-10 концентрація заліза для води питної якості не повинна перевищувати 0,3 мг/дм^3.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Зазвичай останнім часом у більшості випадків підготовка води для питного водоспоживання включає в себе очищення її від сполук заліза. До існуючих методів знезалізнення води можна віднести: окислення хімічними реагентами (сполуки озону, хлору, перманганату калію, перекису водню) [2-4], каталітичне окислення за рахунок фільтрувального завантаження [5–7], мембранні методи та іонний обмін [8; 9].

Високоефективним методом є іонний обмін, при цьому існує можливість одночасного вилучення як іонів заліза, так й інших катіонів у високих концентраціях без необхідності попереднього окислення [10–12]. На іонообмінному фільтрі може бути затримано залізо, що знаходиться в іонній формі:

$$Ca[Кат]_2 + FeSO_4 = Fe[Кат]_2 + CaSO_4, \qquad (1)$$

Проте на практиці використання катіонообмінних смол для видалення сполук заліза обмежене. Іонообмінні смоли досить чуттєві до наявності трьохвалентного заліза, яке забиває пори самої смоли та погано з неї вимивається, тому небажаним є присутність у воді окисленого заліза та розчинного кисню.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Беручи до уваги перспективність направлення іонного обміну для одночасного видалення заліза та інших сполук, головною задачею є підбір такої комбінації (багатокомпонентної фільтрувальної суміші), яка була б ефективною в досить широкому діапазоні заданих параметрів.

Метою досліджень була оцінка ефективності іонообмінного вилучення іонів заліза із води в присутності іонів жорсткості та створення фільтрувального завантаження, що забезпечує надійне знезалізнення води.

Методи та методика експерименту. Для очищення води від іонів заліза її фільтрували через суміш сильно- та слабокислотного катіонітів, та суміш катіоніту і низькоосновний аніоніт. У процесі дослідження використовували відповідно сильно- та слабокислотний катіоніти КУ-2-8 та Dowex MAC-3 у кислій та сольовій (Na^+ та Ca^{2+}) формах, високоосновний аніоніт АВ-17-8 в ClO_2^-, CO_3^{2-} та OH^- формах. Катіоніти в Na^+ форму переводили 10% розчином гідроксиду натрію, катіоніт у Ca^{2+} форму переводили 10% розчином хлориду кальцію. Аніоніти в ClO_2^- та CO_3^{2-} форму переводили 10% розчином $NaClO_2$ т 10% розчином Na_2CO_3 відповідно.

Для оцінки ефективності окиснення сполук заліза за рахунок дії лише окисних спроможностей іоніту та виключення впливу кисню розчин попередньо знекиснювали. Для цього водопровідну воду або модельний розчин пропускали через колонку, заповнену катіонітом КУ-2-8 у Fe^{2+} формі. Концентрація іонів заліза на виході з колонки становила 10–120 мг/дм³. При цьому в колонці відбувалося зв'язування кисню.

Для визначення параметрів, а саме жорсткості, концентрації іонів заліза, лужності, кислотності води, концентрації активного хлору, хлорат та перманганат аніонів використовували методики, приведені в довіднику [11].

Виклад основного матеріалу. У процесі знезалізнення води гідроліз іонів заліза є небажаним, тому що гідроксиди заліза (II) та заліза (III) нерозчинні у воді та призводять до отруєння (блокування пор) іоніту. Це суттєво погіршує процес як сорбції, так і регенерації іоніту, тому в разі вилучення заліза із водопровідної води в присутності іонів кальцію та магнію суттєво знижується ефективність роботи іонообмінних завантажень. При цьому відмічено проскок іонів заліза на рівні 0,05–0,15 мг/дм³. Дещо вищу ефективність з вилучення іонів заліза мають катіоніти в Na^+ формі в порівнянні з кислою. Це можна пояснити частковим окисленням та гідролізом заліза при підвищених pH середовища (pH=8,5–9,96 для КУ-2-8 у Na^+ формі та pH=9,82-11,25 для Dowex MAC-3 у Na^+ формі). Слід відмітити, що в разі використання катіонітів у кислій формі спостерігається повне вилучення карбонатів та гідрокарбонатів із води, а в разі використання їх в Na^+ формі лужність води практично не знижується. Тож, було проведено дослідження видалення іонів заліза в присутності іонів жорсткості на сумішах слабокислотного та сильнокислотного катіонітів (рис. 1).

У цьому випадку використовувалася суміш слабокислотного катіоніту Dowex MAC-3 в кислій формі об'ємом 5 см³ та сильно кислотного катіоніту КУ-2-8 у сольовій формі об'ємом 5 см³. При цьому в разі використання Dowex MAC-3 в кислій формі відбувається часткове підкислення води, а в разі використання КУ-2-8 в сольовій формі – її часткове підлуження. У результаті pH розчину була вища за 6,8, а залишкова жорсткість становила 0,5–0,6 мг-екв/дм³ до початку підвищення вмісту заліза. При цьому було пропущено 10 дм³ води. У перших 8 дм³ води вміст заліза не перевищував 0,25 мг/дм³, залишкова жорсткість очищеної води не перевищувала 0,75 мг-екв/дм³, а лужність – 2 мг-екв/дм³. Ємність суміші катіонітів по іонах жорсткості сягала 4172 мг-екв/дм³, а по іонах заліза – 1315 мг-екв/дм³. Суміш катіонітів добре регенерується розчином хлориду кальцію і соляної кислоти.

Також було вивчено процеси окислення іонів заліза(II) на аніоніті АВ-17-8 у ClO_2^- формі. Насамперед під час фільтрування води через такий іоніт повинно

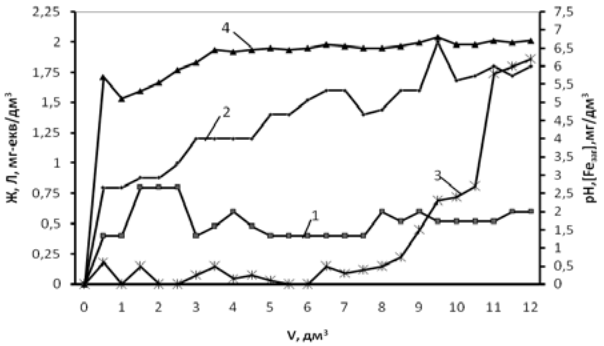


Рис. 1. Залежність жорсткості (1), лужності (2), концентрації іонів заліза (3) та pH (4) від пропущеного об'єму водопровідної води (Ж=5,2 мг-екв/дм³, Л=5,2 мг-екв/дм³, $[Ca^{2+}]$=4,0 мг-екв/дм³, $[Mg^{2+}]$=1,2 мг-екв/дм³, $[Fe_{заг}]$=34 мг/дм³) через суміш іонітів Dowex MAC-3 (V_i=5 см³) в H^+-формі та КУ-2-8 (V_i=5 см³) в Na^+-формі

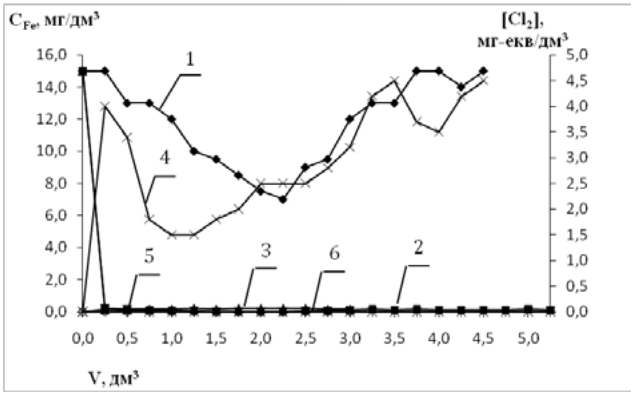


Рис. 2. Залежність концентрації іонів заліза (1;2;3) та вмісту окислених сполук хлору ((по Cl_2)(4;5;6)) від об'єму пропущеного розчину заліза у водопровідній воді (Ж – 4,40 мг-екв/дм³, $[Ca^{2+}]$ – 3,44 мг-екв/дм³, $[Mg^{2+}]$ – 0,96 мг-екв/дм³, Л – 4,08 мг-екв/дм³, C_{Fe} – 15 мг/дм³) під час пропускання розчину через аніоніт АВ-17-8 в ClO_2^- формі (1;4) та суміш катіоніту КУ-2-8 в Na^+ формі та аніоніт АВ-17-8 в ClO_2^- формі (2; 3; 5;6) до механічної промивки (2; 5) та після промивки (3; 6)

відбуватися її повне знезараження та досить ефективне окислення заліза. Проте внаслідок використання аніоніту в ClO_2^- формі результати виявилися незадовільними. Так, під час фільтрування водопровідної води з концентрацією заліза 15 мг/дм³ через аніоніт відбувалось зниження pH середовища до 4–5, що забезпечувало високу розчинність іонів як Fe^{2+}, так і Fe^{3+} у воді. Тому знезалізнення води практично не відбувалось або було малоефективним. Пояснити це можна розкладом ClO_2^- аніонів на аніоніті з дегазацією у вигляді Cl_2 або ClO_2, а також підкисленням води під час окиснення заліза за рахунок реакцій 2–4:

$$Cl_2 + H_2O \leftrightarrow HCl + HclO, \quad (2)$$

$$ClO_2 + H_2O \leftrightarrow HClO_2 + HClO_3, \quad (3)$$

$$4\ Fe^{2+} + ClO_2^- + 10\ H_2O = 4\ Fe(OH)_3 + Cl^- + 8H^+, \quad (4)$$

Підтвердженням цього є високі концентрації по окислювальним сполукам хлору, які визначали як вміст активного хлору у воді (рис. 2).

Вміст активного хлору сягав 1,5–4,5 мг-екв/дм³. У зв'язку з цим для підтримання нейтрального середовища використовували катіоніт КУ-2-8 у Na^+ формі в суміші з аніонітом АВ-17-8 у ClO_2^- формі за співвідношення об'ємів 3:1. Це забезпечило стабільність значень pH обробленої води на рівні 7,0–8,1 та практично повне вилучення іонів заліза за відсутності надлишку активного хлору у воді (рис. 2; 3). Як видно з рис. 3, поряд зі знезалізненням води відбувається її пом'якшення зі зниженням жорсткості до 0,12–0,20 мг-екв/дм³. Оскільки іони заліза затримувалися у вигляді нерозчинного гідроксиду $Fe(OH)_3$, то через певний час опір фільтруванню зростав. Після механічної промивки фільтруючого завантаження ефективність очистки води була на досить високому рівні.

У разі використання суміші лише аніоніту в ClO_2^- формі та CO_3^{2-} формі та суміші аніонітів в ClO_2^- формі та OH^- формі зі співвідношенням 1:10 ступінь вилучення іонів заліза сягав 98–100%. У випадку застосування суміші аніонітів у ClO_2^- формі та OH^- формі в початковий період спостерігалося підвищення pH середовища пропущеного розчину з поступовим зниженням з 11,5 до 7,5. До замулення фільтрувальної суміші та підвищення опору фільтрування було пропущено 4 дм³ води з початковою концентрацією по іонах заліза 15 мг/дм³, при цьому маса осаджених іонів заліза становила 59,61 мг. Через суміш аніонітів у ClO_2^- формі та CO_3^{2-} формі до промивки було профільтровано 4,5 дм³, pH розчину за весь час фільтрування був на стабільному рівні 8,5–8,2. Маса осаджених іонів заліза у цьому випадку становила 53,75 мг, за початкової концентрації C_{Fe}=12 мг/дм³ (рис. 4).

Як видно з графіку, вміст активного хлору сягав у випадку суміші аніоніту АВ-17-8 в ClO_2^- формі та CO_3^{2-} формі 0,75 мг-екв/дм³, а у випадку суміші аніоніту АВ-17-8 в ClO_2^- формі та OH^- формі – 0,4 мг-екв/

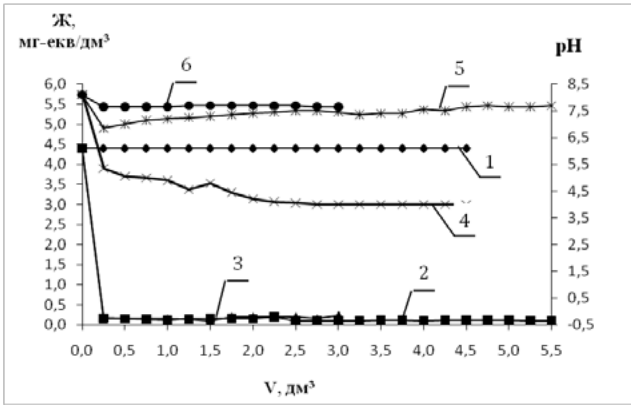


Рис. 3. Зміна жорсткості (1;2;3) водопровідної води та її pH (4;5;6) у залежності від пропущеного об'єму розчину заліза в ній (C_{Fe} – 15 мг/дм³) через аніоніт АВ-17-8 в ClO_2^- формі (1;4) та суміш катіоніту КУ-2-8 в Na^+ формі та аніоніт АВ-17-8 в ClO_2^- формі (2; 3; 5; 6) до механічної промивки (2; 5) та після промивки (3; 6)

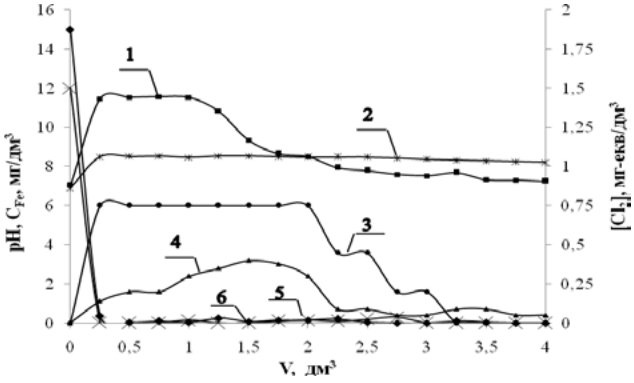


Рис. 4. Залежність концентрації іонів заліза (5; 6), вмісту окислених сполук хлору ((по Cl_2)(3; 4)) та pH (1; 2) від об'єму пропущеного розчину заліза у водопровідній воді (C_{Fe}= 12-15 мг/дм³) під час пропускання розчину через суміш аніоніту АВ-17-8 в ClO_2^- формі (V_i=2 см³) та CO_3^{2-} формі (V_i=18 см³) (2; 3; 5) та суміш аніоніту АВ-17-8 в ClO_2^- формі (V_i=2 см³) та OH^- формі (V_i=18 см³) (1; 4; 6)

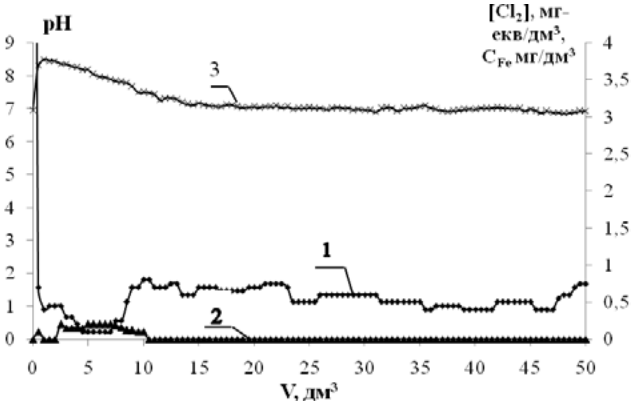


Рис. 5. Залежність концентрації іонів заліза (1), вмісту окислених сполук хлору ((по Cl_2)(2)) та pH (3) від об'єму пропущеного розчину через суміш аніоніту АВ-17-8 в ClO_2^- формі (V_i=5 см³) та CO_3^{2-} формі (V_i=50 см³)

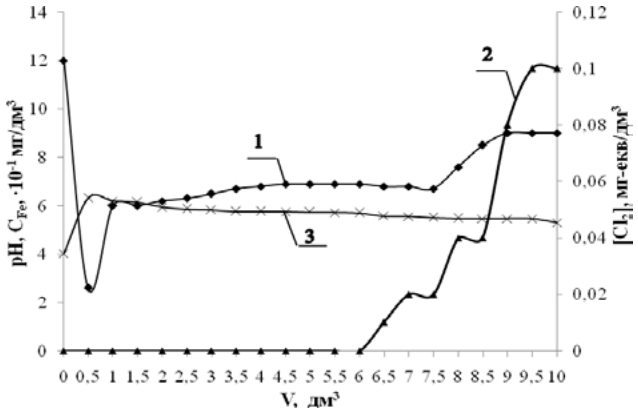


Рис. 6. Залежність концентрації іонів заліза (1), концентрації активного хлору (2) та pH середовища (3) від об'єму пропущеного розчину хлористого кальцію за початкового вмісту іонів заліза C_{Fe}= 120 мг/дм³ через суміш аніоніту АВ-17-8 в ClO_2^- формі (V_i=5 см³) та OH^- формі (V_i=40 см³)

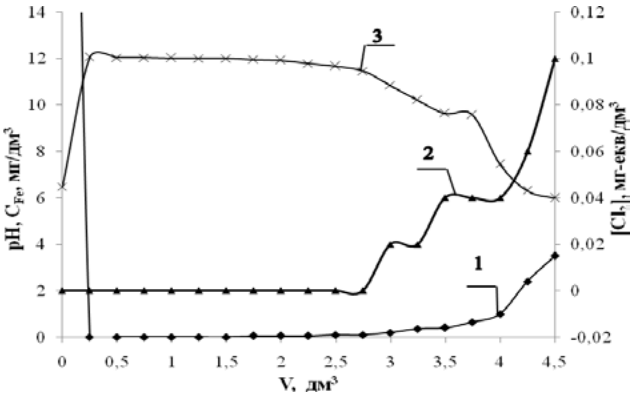


Рис. 7. Залежність концентрації іонів заліза (1), концентрації активного хлору (2) та pH середовища (3) від об'єму пропущеного розчину хлористого кальцію за початкового вмісту іонів заліза C_{Fe}= 60 мг/дм³ через суміш аніоніту АВ-17-8 в ClO_2^- формі (V_i=5 см³) та OH^- формі (V_i=40 см³)

дм³. У зв'язку з цим було запропоновано та досліджено застосування активованого вугілля для вилучення залишкових концентрацій хлору з очищеної води. Під час пропускання розчину з початковою концентрацією по Cl_2 1,0 мг-екв/дм³ через 30 мг вугілля динамічна сорбційна ємність становила 350 мг-екв/дм³, а залишкові концентрації активного хлору були 0,0 мг-екв/дм³.

Виходячи з ефективності застосування суміші аніоніту АВ-17-8 в ClO_2^- формі та CO_3^{2-} формі, для збільшення фільтроциклу та зменшення навантаження на фільтр було пропущено протитоком розчин заліза, приготований на водопровідній воді з початковою концентрацією 22 мг/дм³ по іонах заліза (рис. 5).

За період фільтр-циклу було пропущено 51 дм³ розчину, ДСОЄ по іонах заліза становила 1989,27 мг/дм³. При цьому залишкова концентрація Cl_2 у перших 10 дм³ очищеної води становила 0,05–0,15 мг-екв/дм³, після чого була на рівні 0,0 мг-екв/дм³. Як і в попередньому випадку, pH середовища поступово знизилося з 8,3 до 6,9. Очевидно, що окиснення іонів заліза відбувається як за рахунок дії хлору, так і за рахунок каталітичного окиснення на гідроксиді заліза (III). Загалом, ефективність знезалізнення води була досить висока завдяки збільшенню об'єму аніоніту до 50 см³.

Фільтрувальне завантаження, що включає суміш аніоніту АВ-17-8 в ClO_2^- та OH^- формі досить ефективно окислює залізо за нейтрального та слаболужного середовища. У кислому та слабокислому середовищі знезалізнення води відбувається неефективно. Незважаючи на те, що частка аніоніту в OH^- формі більша, за високих концентрацій заліза відбувається підкислення середовища завдяки проходженню реакції 4. У випадку фільтрування розчину хлористого кальцію в дистильованій воді через катіоніт КУ-2-8 у Fe^{2+} формі відбувається десорбція заліза з катіоніту:

$$[Кат]_2\ Fe^{2+} + CaCl_2 \leftrightarrow [Кат]_2\ Ca^{2+} + FeCl_2, \qquad (5)$$

Під час окиснення $FeCl_2$ на аніоніті в ClO_2^- формі утворюється розчин соляної кислоти, що дає підкислення середовища.

Початкова концентрація заліза сягала 120 мг/дм³, під час окиснення знижується до 60–90 мг/дм³, в разі зниження pH середовища – від 6,3 до 5,3 (рис. 6).

Очевидно, що зниження pH знижує ефективність видалення заліза як за рахунок сповільнення швидкості окиснення заліза (II), так і за рахунок підвищення розчинності заліза (III). Ємності аніоніту АВ-17-8 в основній формі в даному випадку вистачає ненадовго, щоб нейтралізувати кислоту, яка утворюється в процесі окиснення заліза. Проте хлорат аніони відновлюються майже повністю за таких умов. У разі зниження концентрації хлориду заліза (II) у воді до 60 мг/дм³ ефективність його видалення суттєво зростає (рис. 7). Разом із цим під час сорбції хлоридів на аніоніті в основній формі відбувається значне підлуження середовища:

$$[Ан]^+OH^- + Cl^- \leftrightarrow [Ан]^+Cl^- + OH^-, \qquad (6)$$

Це сприяє практично повному окисненню та гідролізу заліза. Проте ємність аніоніту в OH^- формі швидко вичерпується за рахунок підкислення середовища в процесі окиснення заліза хлорат аніоном. Під час зниження pH до 5,9–6,3 відмічено зростання залишкової концентрації заліза. За відносно невеликих концентрацій заліза у водопровідній воді, де присутні гідрокарбонати, підкислення води проходить повільніше (рис. 5), що сприяє ефективному вилученню заліза протягом тривалого фільтр-циклу.

Головні висновки. На основі проведених досліджень та отриманих результатів можемо зробити такі висновки:

У разі використання суміші катіонітів КУ-2-8 у сольовій формі, Dowex MAC-3 у кислій формі ефективне знезалізнення води забезпечується за рахунок підтримання значення pH на рівні 6–7, при

цьому сорбція та десорбція заліза не супроводжується його гідролізом.

Під час фільтрування води, що містить іони заліза, через аніоніт АВ-17-8 в ClO_2^- формі відбувається підкислення середовища, що призводить до зменшення швидкості окиснення заліза та ефективності його вилучення взагалі. Цього можливо уникнути в разі застосування суміші аніоніту в ClO_2^- формі та КУ-2-8 в Na^+ формі.

Високої ефективності очищення води від іонів заліза можна досягти під час фільтрування її через аніоніт АВ-17-8 в змішаній ClO_2^- , CO_3^{2-} та OH^- формі. При цьому ефективність знезалізнення води за рахунок використання хлорат аніонів зростає зі збільшенням об'єму іоніту. Залишкові концентрації активного хлору легко видаляються після фільтрування води через активоване вугілля.

За високих концентрацій іонів заліза 60–120 мг/дм^3 ефективність його окиснення під час фільтрування води через аніоніт АВ-17-8 у змішаній ClO_2^-/OH^- формі визначається значеннями pH середовища (pH≥7).

Література

1. Кульский Л.А., Строкач П.П. Технология очистки природных вод. 2-е изд., перераб. и доп. Киев : Вища школа, 1986. 352 с.
2. Селюков А.В. и др. Обезжелезивание подземных вод с использованием перекиси водовода. *Водоснабжение и санитарная техника*. 2007. № 2. С. 41–44.
3. Чарний Д.В. Дослідження ефективності застосування різних окислювачів у процесі знезалізнення підземних вод з підвищеним вмістом кремнієвих сполук. *Вісник НУВГП: Технічні науки*. 2012. № 2 (58). С. 42–48.
4. Shalini Chaturvedi, Pragnesh N. Dave. Removal of iron for safe drinking water. *Desalination*. 2012. Vol. 303. P. 1–11. DOI: 10.1016/j.desal.2012.07.003
5. Ellis D., Bouchard C., Lantagne G. Removal of iron and manganese from groundwater by oxidation and microfiltration. *Desalination*. 2000. Vol. 130. P. 255–264. DOI: 10.1016/S0011-9164(00)00090-4
6. Орлов В.О. Знезалізнення підземних вод спрощеною аерацією та фільтруванням : монографія. Рівне : Національний університет водного господарства та природокористування, 2008. 158 с.
7. Ким А.Н., Колодкин И.В., Шаравии Ч.О. Исследование физико-химических и технологических свойств фильтровально-сорбционного материала цеолита холинского месторождения Бурятии. *Вода и экология*. 2006. № 1. С. 9–14.
8. Кулаков, В.В., Сошников Е.В., Чайковский Г.П. Обезжелезивание и деманганация подземных вод : учеб, пособие. Хабаровск : ДВГУПС, 1998. 100 с.
9. Гомеля И.Н., Омельчук Ю.А., Радовенчик В.М. Натрий-катионное умягчение воды в присутствии ионов железа. *Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження.* 2008. Т. 1. № 1. С. 67–70.
10. Мітченко Т.Е. Поляков В.Р., Стендер П.В. Комплексная очистка воды с использованием комбинированной загрузки. Экософт микс. *Вода і водоочисні технології.* 2004. № 2. С. 20–23.
11. Vaaramaa K., Lehto J. Removal of metals and anions from drinking water by ion exchange. *Desalination*. 2003. Vol. 2. P. 157–170. DOI: 10.1016/s0011-9164(03)00293-5
12. Боженко А.М., Гомеля И.Н., Омельчук Ю.А. Выбор смеси ионитов для эффективного умягчения и обезжелезивания воды. *Збірник наукових праць СНУЯЕ та П.* 2007. Вип. 4 (24). С. 144–149.
13. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. Москва : Химия, 1989. 448 с.

UDC 504.054:574.4:502.75
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-1-24-1-30

ECOTOXICOLOGICAL ASSESSMENT OF POLLUTANTS MIGRATION IN ECOSYSTEM

Ryzhenko N.O., Pozhylenko A.S., Kozak L.V., Nesterov D.Yu., Frolova T.M.
State Ecological Academy of Post-Graduate Education and Management
Mytropolyta Lypkivskogo str., 35, 03135, Kyiv
alsko2011@ukr.net

One of the key ecotoxicological indexes at the pollutants' danger assessment is the migration in the ecosystem. As a rule, plant up-taking is characterized as the main migration channels in the "soil-plant" system. Investigation of contaminants up-take by plant in polluted soil is important because it gives the possibility to compare toxicants dangerous as well as to predict their translocation and harmful influence on plant. T_{50} index (half-life period) also highlights the pollutants behavior in soil because it characterizes their persistent in environment. Pollutants migration rate depends on their properties, doze and environment peculiarities. *Key words:* pollutants, migration, contamination, ecotoxicalogical assessment.

Екотоксикологічна оцінка міграції полютантів в екосистемі. Риженко Н.О., Пожиленко А.С., Козак Л.В., Нестеров Д.Ю., Фролова Т.М. Екотоксикологічна оцінка небезпечності полютантів включає один із ключових індексів – показник міграції в екосистемі. Одним з основних міграційних каналів у системі «ґрунт – рослина» є біоакумуляція фітокомпонентом. Здатність рослин до поглинання є вкрай важливим фактором у вивченні токсичності полютантів, оскільки цей показник дає змогу не лише порівняти їх небезпеку, а й прогнозувати транслокацію та реакцію рослинного організму на їх дію. Показник T_{50} (період напіввиведення) також розкриває поведінку полютантів у ґрунті, оскільки характеризує їх стійкість у довкіллі. Інтенсивність міграції полютантів в екосистемі залежить від їх властивостей, дози та особливостей середовища. *Ключові слова:* полютанти, міграція, забруднення, екотоксикологічна оцінка.

Экотоксикологическая оценка миграции поллютантов в экосистеме. Рыженко Н.О., Пожиленко А.С., Козак Л.В., Нестеров Д.Ю., Фролова Т.М. Экотоксикологическая оценка опасности поллютантов включает один из ключевых индексов – показатель миграции в экосистеме. Одним из основных миграционных каналов в системе «почва – растение» является биоаккумуляция фитокомпонентом. Способность растений к поглощению является важным фактором при изучении токсичности поллютантов, поскольку этот показатель позволяет не только сравнивать их опасность, но и прогнозировать транслокацию и реакцию растительного организма на их действие. Показатель T_{50} (период полувыведения) также раскрывает поведение поллютантов в почве, поскольку характеризует их персистетность в окружающей среде. Интенсивность миграции поллютантов зависит от их свойств, дозы и особенностей среды. *Ключевые слова:* поллютанты, миграция, загрязнение, экотоксикологическая оценка.

Formulation of the problem. For 2 million years, humanity was in the homeostasis with the biosphere. Homeostasis was supported by the animist outlook [1]. This strategy of life ended when humankind learned to exploit natural resources. The result of thishuman occupation strategy for Nature is the boundary of the total ecological catastropheafter which biosphere can be transforms into a technosphere in one jump [2; 3].Today, the loss of productive land compared with the average annual rate of 10 thousand years of civilization has increased by 30 times. Dehumidification of soils has increased by 24 times, while the average yield increase over the past 50 years was only 30%. There is the risk of disappearance for more than 26 000 species of plants and animals in the World, and for near 1 000 species in Ukraine [1; 3; 4]. The increasing of general biosphere ecological crises caused, of course, by an anthropogenic factor [5]. The main role in the balanced development in biosphere plays, as is known, the regularity of the individuals' number in the trophic chain [3; 6]. This is a self-regulating system of "producers – consuments – reductants", and the number of individuals varies annually within a certain average [5]. Thus, a balanced circulation of matter and, consequently, a component and territorial ecological balance are provided [2; 5]. Plants are the source of the formation of phytomass and play a leading role in the presence of the complete conditions for healthy human functioning. Plants are not only oxygen source in biosphere, but also are producent in the trophic chains (in which human is a final link). Moreover, plants play an important role in the soil-forming process and in the soil buffer capacity. Additionally, plants are filtered biosphere as a buffer, which accumulates most of pollutants. Plants play a main role in ensuring a balanced circulation of matter and, creating the thin membrane of life. The general trend and function of this membrane of life is biodiversity development, balancing of substances and energy in the environment in accordance with its energy-accumulating, geochemical, stabilizing and informational planetary roles. Plants, accumulating the energy of the Sun and producing biomass, ensures the functioning of the biosphere and its

permanent composition as well as the territorial and component dynamic equilibrium in ecosystem [3; 5; 7].

From the main function of ecosystems (the ability to accumulate energy in organic matter, in other words, productivity), from its size and dynamics completely depends the life of all existing on Earth (Fig. 1).

In the context of any type of contamination by pollutants, the study of their migration is particularly important, since bioaccumulation of toxicants causes quantitative (decrease in productivity) and qualitative changes (increase in the content of pollutants in the plant and reduction of the required substances for the plant itself and consumpts). In this connection, the phytotoxicological scientific direction, which studies toxic effects on plants caused by any origin pollutants, in particular, for the population level, is extremely relevant. To the indicator processes of the global ecological crisis, scientists include geochemical pollution of air, water and soil, geochemical poisoning of biota as a result of metallization, chemotoxication, radiootoxication, as well as activation of processes of technogenesis and violation of biogeochemical cycles in the biosphere [1].

Topicality. Ecotoxicological assessment of the pollutants danger includes one of the key indices – the intensity of migration in the ecosystem. It is known, that migration occurs in different vectors with different

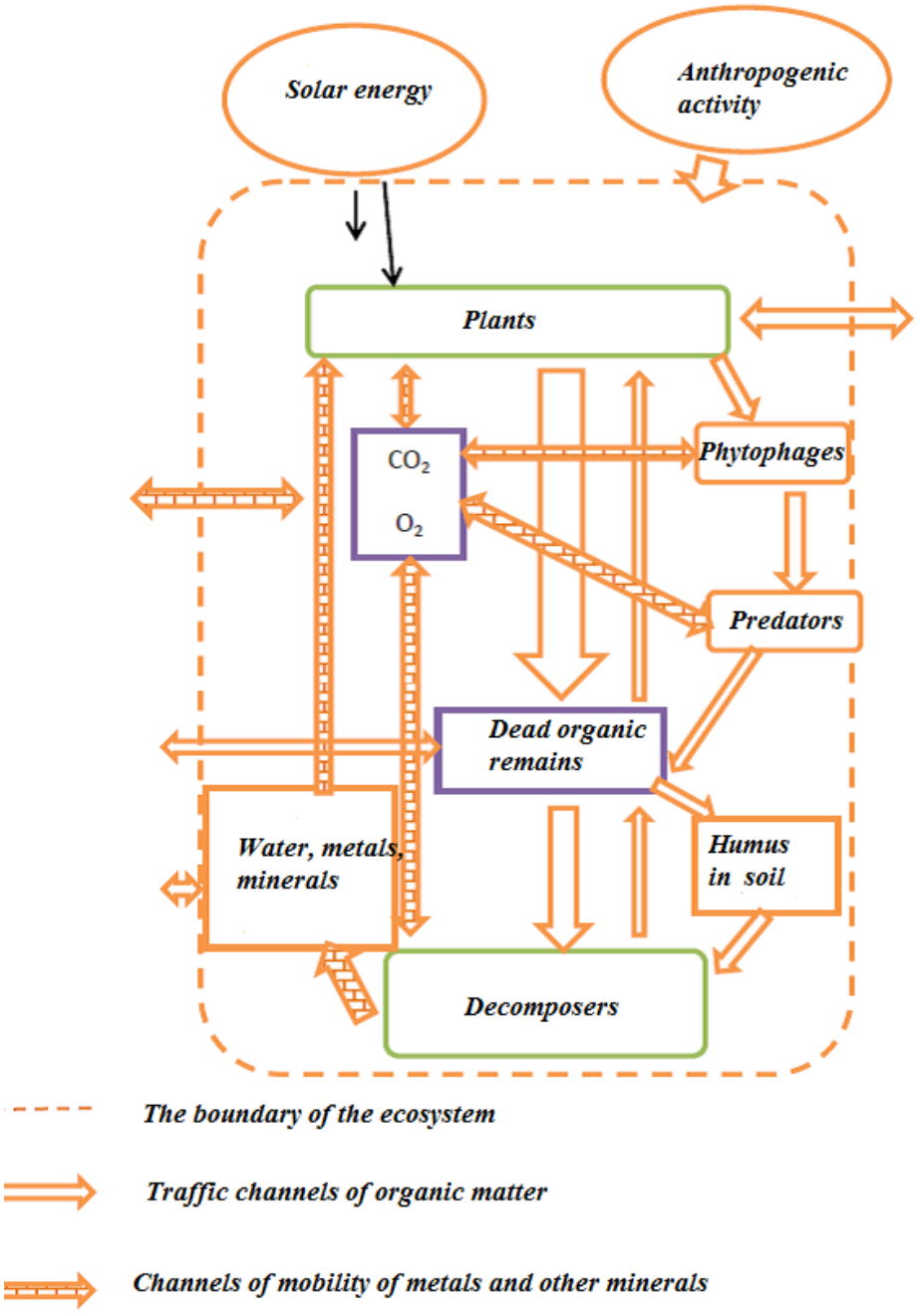


Figure. 1. Scheme of structural and functional organization of ecosystems (by Elenberg) [7]

characteristics in environments. Today migration of substances is increasingly becoming anthropogenic rice. In this connection, the list of elements in the geochemical anomalies, which are formed as a result of the violation in the biogeochemical cycles, at a certain stage of society development, is comparatively constant.

According to the opinion of many scientists, the typical composition of the geochemical man-made anomalies today is Pb, Cu, Zn, Mo, Ba, Co, Mn, Fe, Ni, As, as their accumulation in the environment continues at high rates [8; 9]. In the initial period of the formation of the industrial development of society, large man-made anomalies were formed by a significant number (more than 10) number of chemical elements. The elements with the highest contrast (with higher relative content) are called priority pollutants. At the next stage of development of scientific and technological progress, the association of the composition of the geochemical anomaly will expand considerably. According to of the ecological postulate (formulated by Alekseyenko), associations of chemical elements, forming large man-made geochemical anomalies, are determined mainly by the level of development of science and technology during the period of pollution [5]. Gradually, the list of man-made sources of toxic metals in the ecosystem is expanding (Fig. 2).

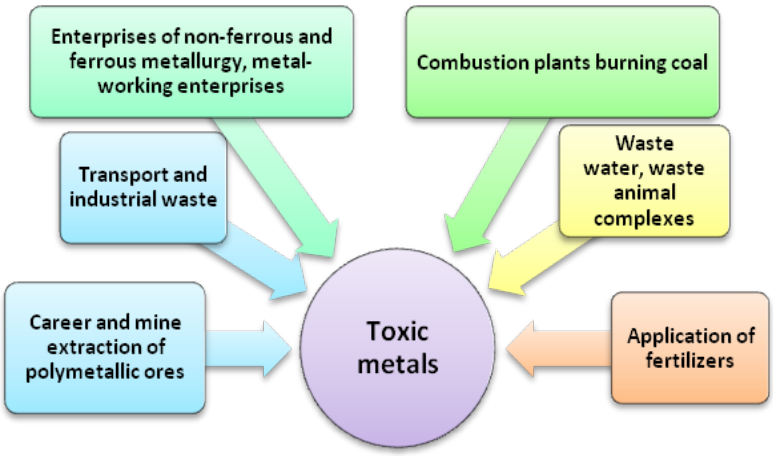


Figure 2. The main sources of man-made toxic metals in ecosystems (by Honcharuk et al., 2017) [10]

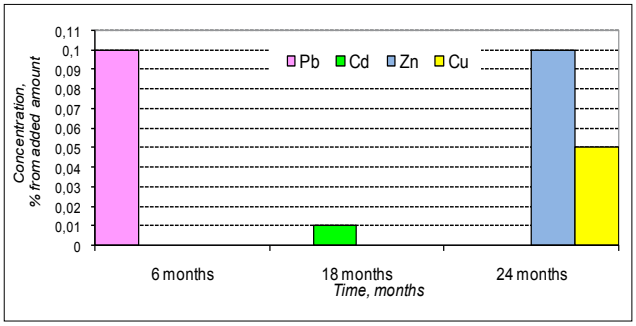
Today, special attention to migration assessment is also given to such pollutants as persistent organic pollutants (POPs) which, according to the Stockholm Convention, are substances that have toxic properties, exhibit resistance to decomposition, are characterized by bioaccumulation and are the object of trans boundary transport by air, water and migratory species, and also sediment at a great distance from the source of their release, accumulate in the ecosystems of land and aquatic ecosystems [11]. Typically, POPs are of anthropogenic origin, and their list of Annexes A and B of the Stockholm Convention includes pesticides: Aldrin, Chlorodan, Diederine, Endrin, Heptachlor, Mirex, Toxaphene, Dichlorodiphenyl trichloromethylmethane (DDT), which are now or are not used, or are restricted to application in agriculture, but often make up the hazardous waste [11]. However, the prediction of the behavior in the environment of any toxicants requires a thorough study and the establishment of the limits and specifics of their migration. Toxicants' migration prediction will allow controlling the quality of the environment more efficiently.

Presenting main material. Most of the toxicants are concentrated in the upper layers of the soil at the pollution. A small part of the toxicants reaches the lower ground horizons (Fig. 3). Therefore, the half-life (T_{50}) of toxicants in the 0–40 cm layer of soil is usually determined. This indicator of persistent toxicity plays a very important role in assessing its hazard, since bioaccumulation of substances occurs mostly in the roots of the soil layer. Half-life period is calculated according to the following equation:

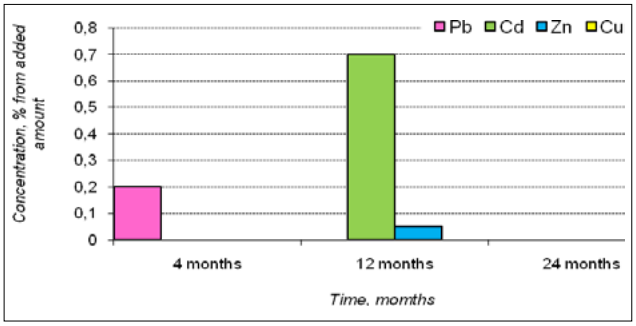
$$T_{50} = \frac{0{,}693}{k}, \qquad (1)$$

where k is the constant of toxicants' dissipation which calculated with the help of exponential equation [12].

In the ecosystems pesticides are destructed by different factors: biotic (living organisms) and abiotic (temperature, pH of medium, sun isolation). Speed of the pesticide destruction depends on physical



a) polluted chernozem soil



b) polluted sod podzolicsandy loamsoil

Figure 3. The term of appearance of the toxic metals' moving forms in the 80–100 cm layer

Table 1

Half-life period and dissipation constants of some substances in 0–20 cm soil layer, $P_{0.05}$ [12; 13]

Substances	κ	T_{50}
Dursban (chlorpyryphose)	0,07	9,9 day^{-1}
Stomp (Pentoxalin)	0,23	3,0 day^{-1}
Ozadiksil (Sandophan)	0,34	2,0 day^{-1}
Bentazon (Bazagran)	0,12	5,8 day^{-1}
Pb	0,6381	0,96 $year^{-1}$
Cd	0,6987	0,87 $year^{-1}$
Zn	0,9116	0,65 $year^{-1}$
Cu	1,2158	0,53 $year^{-1}$

and chemical properties of substances (for example, polarity) and, of course, on environmental conditions. Polar pesticides are destructed in soil more intensive than non-polar pesticides in 2–3 times. This regularity was highlighted in previous papers. The destruction of pesticides substance is described by dissipation constant (k) (table 1).

Plant up-taking and vertical migration in soil profile belongs to principal migration paths (makes up more than 10% of the contributed amounts) in the case of toxic metals ecosystem pollution. Horizontal migration in soil, ruderal species up-taking, and deposition to immobile form in soil belongs to minor migration paths. Evaporation belongs to inessential migration paths and

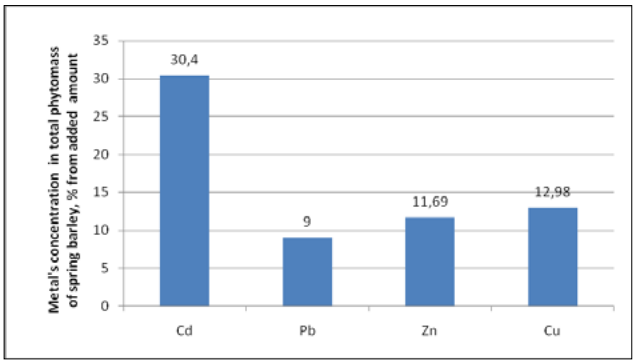


Figure 4. The plant up-taking ability of spring barley (in an experiment with the metals adding in black soil)

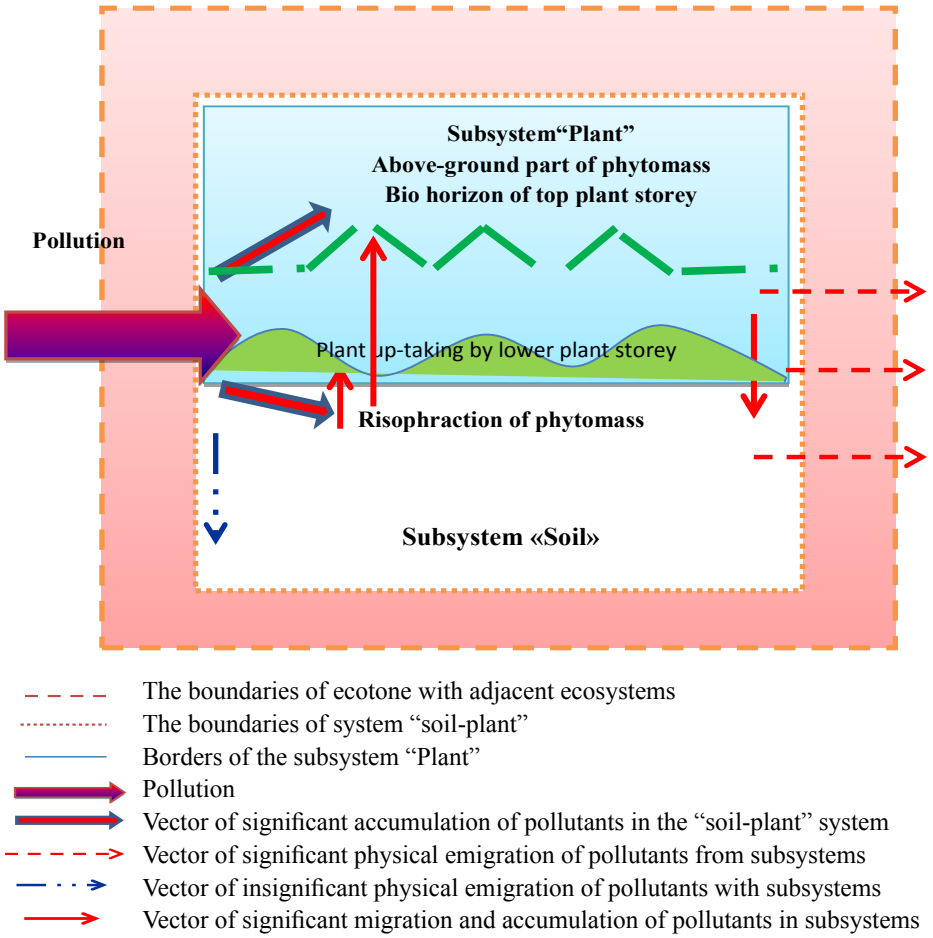


Figure 5. Pollutants' migration in ecosystem

makes up less than 0.001% of the initial quantity. Most of the metals as well as POPs usually are located in the top layers of soil during the first three years after pollutant adding in soil [12].

The significance of the bioaccumulation intensity in ecosystems cannot be overestimated, since precisely the toxicants plants up-taking is often a major migration channel. Thus, the coefficients of bio-accumulation of metals can range from 0,2 to 14 depending on the metal and the species (or culture) of plants [14; 15]. In experiments with the metals artificial adding, depending on the metal, the bioaccumulation ability of some crops is up to 30% of the initial amount of metal added into the soil (Fig. 4). The bioaccumulation ability of the plant is influenced by a number of factors, including plant physiology, type and level of contamination, geochemical capacity of the soil, etc. In addition, the ability of plants bioaccumulation is one of the most important indices in the study of the toxicity of the pollutants, because it not only allows to compare the toxicity of the pollutants, but also to provide a prediction of translocation, bioaccumulation of the pollutants and the reaction of the plant organism to their effect. The rate of plant up-take of the metals and organic substances depends on the physical and chemical properties of the toxicant, soil properties (organic matter content, and other agro-physical properties) and the crops bioaccumulation capacity. Bioaccumulation capacity and the pollutants toxic effects are characterized by the plant up-take index [14].

According to the frequency, contamination can be systemic (with different frequency and duration), or impacted (one-time alarms with different quantitative effect). The main biogeochemical principles such as Main Biogeochemical Principle (formulated by Goldschmitt), and the Principle of Biogenic Migration of Atoms (formulated by Vernadsky) gave the possibility to distinguish a few essential paths of toxicants migration. There are physical migration and plant up-taking (Fig. 5). Physical migration of pollutants depends on the structural and physical properties of the "soil-plant" system, which characterizes the ability of the ecosystems to be resistant (during possibly maximum period without pollutants adding into biogeochemical processes). The mechanism of activation of the bioaccumulative capacity of the ecosystem depends on the phytocomponent, because the phytocomponent, as a rule, plays a key role in the whole bioproductivity in the ecosystem and has environment generating function [5]. In this regard, the degree of biogeochemical active accumulation of contaminants determines the stability and balanced development of the ecosystem, and also characterizes the level of toxicity of toxicants to the ecosystem.

Conclusions. Migration of pollutants in the ecosystem is an obligatory indicator that allows assessing the toxicity of substances. The half-life of pollutants (T_{50}) as important index of pollutant toxicity characterizes the persistent as well as predicts contamination levels in the components of the ecosystem. The rate of reduction of toxicants contamination depends on the physical and chemical properties of the substances and the characteristics of the soil (pH, granulometric composition, organic matter, plants canopy, etc.).

The main significant way of migration of pollutants in the ecosystem is bioaccumulation, which is influenced by a number of factors, such as physiological features of plants, type and level of contamination, geochemical capacity of the soil, etc. Bioaccumulation is an important index in the study of toxicity of pollutants, since this indicator not only allows for comparison of toxicity, but also predicts their hazard for biota.

References

1. Zubakov V. Aspects of the ecogeosophical paradigm. *Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine*. 2003. Vol. 1. P. 30–38.
2. Shelyagh-Sosonko Y. Biodiversity: the concept, culture and role of science. *Ukrainian Botanical Journal*. 2008. Vol. 65(1). P. 3–25.
3. Sytnyk K. Noosfera: myths and reality. *Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine*. 2003. Vol. 2. P. 51–62.
4. How to restore the ecosystem balance? / Y. Shelyagh-Sosonko, Y. Movchan, L. Vakarenko, D. Dubina. *Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine*. 2002. Vol. 10. P. 5–14.
5. Reymers N. Ecology (theories, laws, rules, principles and hypotheses). Moscow : Russia young, 1994. 367 p.
6. Dedyu I. Ecological Encyclopedic Dictionary. Chisinau : Heads. Ed. ITU, 1990. 408 p.
7. Ellenberg H. Ziele und Stand der Okosystemforschung. Berlin : Springer-Verlag, 1973. 31 S.
8. Heavy metals in soils. Trace elements and Metalloids in Soils and their Bioavailability / ed. B. Alloway. London, UK : Springer, 2010. 235 p.
9. Prokhorova N., Matveev N. Heavy metals in soils and plants in the conditions of technogenesis. *Vestnik SamGU*. 1996. Special issue. P. 125–147.
10. Honcharuk E., Zagoskina N. Heavy metals: Entrance, toxicity and protective mechanisms of plants (by the example of cadmium ions). *Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. Series "Biology"*. 2017. Vol. 1(40). P. 35–49.
11. Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants (ukr/rus), the Law of Ukraine on Ratification of the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_a07.
12. Ryzhenko N., Kavetsky V. The kinetics of the migration of Lead, Cadmium, Cooper and Zinc in the conditions of turf-podzol Sandy loam and chernozem soil. *Polish Journal of Soil Science*. 2013. Vol. XLVI. № 2. P. 125–129.
13. Kavetsky V., Ryzhenko N. Physical and Chemical Criteria for Pesticides Determination and Risk Assessment in Ecosystem. *Polish J. Chem*. 2008. Vol. 82. P. 361–369.
14. Ryzhenko N., Kavetsky S., Kavetsky V. Heavy Metals (Cd, Pb, Zn, And Cu) Uptake By Spring Barley In Polluted Soils. *Polish Journal of Soil Science*. 2015. Vol. XLVIII. № 1. P. 111–129.
15. Bondar O., Ryzhenko N. Phytotoxicological classification of toxic metals according to the intensity of their bioaccumulation in the conditions of green parks zones of Kyiv. *Agroecological journal*. 2017. Vol. 3. P. 32–40.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Банніков Олексій Олексійович (Київ) – аспірант, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління.

Безпальченко Віолета Михайлівна (Херсон) – кандидат хімічних наук, доцент, Херсонський національний технічний університет.

Бєлянська Олександра Ростиславівна (Кам'янське) – кандидат технічних наук, доцент кафедри хімічної технології неорганічних речовин.

Бондар Олександр Іванович (Київ) – доктор біологічних наук, професор, ректор Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління, Заслужений діяч науки та техніки України, член-кореспондент Національної академії аграрних наук України, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління.

Борисов Олександр Олександрович (Київ) – аспірант, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Василенко Інна Анатоліївна (Дніпро) – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технології неорганічних речовин та екології Державного вищого навчального закладу «Український державний хіміко-технологічний університет».

Вашкурак Уляна Юріївна (Львів) – аспірант кафедри технології органічних продуктів, Національний університет «Львівська політехніка».

Галака ОлександрІванович (Київ) – ТОВ «GTF».

Герецун Галина Михайлівна (Чернівці) – здобувач, старший викладач кафедри біотехнології та екології, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Чернівецький факультет.

Гомеля Микола Дмитрович (Київ) – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри екології та технології рослинних полімерів**,** Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Гоцький Ярослав Григорович (Київ) – аспірант кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Грабовська Тетяна Олександрівна (Біла Церква) – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри загальної екології та екотрофології, Білоцерківський національний аграрний університет.

Гринцова Наталія Борисівна (Суми) – кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри морфології медичного інституту Сумського державного університету.

Дегтяр Марія Володимирівна (Харків) – кандидат технічних наук, доцент кафедри водопостачання, водовідведення і очищення вод, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова.

Жаврида Дар'я Євгеніївна (Обухів) – студентка магістратури Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління, завідувач сектору Обухівської районної державної адміністрації.

Жукаускас Сергій Вікторович (Київ) – заступник начальника управління з питань оцінки впливу на довкілля та дозвільно-ліцензійної діяльності і контролю Мінприроди.

Загриценко Аліна Миколаївна (Дніпро) – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка».

Іванченко Анна Володимирівна (Кам'янське) – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри хімічної технології неорганічних речовин, Дніпровський державний технічний університет.

Каплуненко Алла Миколаївна (Дніпро) – викладач кафедри медичної біології, фармакогнозії та ботаніки Дніпропетровської державної медичної академії.

Карташ Ульяна Василівна (Київ) − студентка І курсу географічного факультету, Київський національний університет імені Тараса Шевченка.

Кирилюк Олександр Степанович (Київ) – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник Національної академії СБ України.

Клімкіна Ірина Іванівна (Дніпро) – кандидат біологічних наук доцент, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка».

Козак Людмила Василівна (Київ) – студентка, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління**.**

Костюк Володимир Володимирович (Вінниця) – аспірант кафедри екології та екологічної безпеки, Вінницький національний технічний університет.

Кофанова Олена Вікторівна (Київ) – доктор педагогічних наук, кандидат хімічних наук, професор, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Кофанова Олена Вікторівна (Київ) – доктор педагогічних наук, кандидат хімічних наук, професор, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Кривицька Іветта Анатоліївна (Харків) – доцент кафедри екологічної безпеки та екологічної освіти, екологічний факультет, Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна.

Кризська Юлія Михайлівна (Київ) – аспірант, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління.

Кулікова Дар'я Володимирівна (Дніпро) – кандидат технічних наук, доцент кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка».

Лисюк Вікторія Миколаївна (Одеса) – кандидат технічних наук, доцент, Одеська національна академія харчових технологій.

Літвак Ольга Анатоліївна (Миколаїв) – кандидат економічних наук, доцент кафедри екології та природоохоронних технологій, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова.

Літвак Сергій Михайлович (Миколаїв) – кандидат технічних наук, доцент, декан факультету екологічної та техногенної безпеки, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова.

Лукашик Олександра Василівна (Кременчук) – учениця 11 класу, Кременчуцька загальноосвітня школа I–III ступенів № 31.

Лупіна Альона Геннадіївна (Кам'янське) – студент магістратури, Дніпровський державний технічний університет.

Мазур Тетяна Григорівна (Біла Церква) – кандидат ветеринарних наук, доцент кафедри загальної екології та екотрофології, Білоцерківський національний аграрний університет.

Малєєв Володимир Олексійович (Херсон) – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Херсонський національний технічний університет.

Масікевич Андрій Юрійович (Чернівці) – кандидат технічних наук, доцент кафедри гігієни та екології, Вищий державний навчальний заклад України «Буковинський державний медичний університет».

Масікевич Юрій Григорович (Чернівці) – доктор біологічних наук, професор кафедри гігієни та екології, Вищий державний навчальний заклад України «Буковинський державний медичний університет».

Матвієнко Юрій Володимирович (Київ) – ТОВ «GTF».

Махова Муза Олександрівна (Миколаїв) – керівник Громадської організації «Миколаївське міське товариство захисту тварин» (2008–2018 рр.), магістрант спеціальності «Екологія», Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова.

Машков Олег Альбертович (Київ) – доктор технічних наук, професор, проректор з наукової роботи Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління, Заслужений діяч науки та техніки України, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління.

Мельнікова Оксана Григорівна (Харків) – кандидат технічних наук, Харківський національний університет будівництва та архітектури.

Морозова Ірина Володимирівна (Ірпінь) – студентка кафедри міжнародної економіки, Навчально-науковий інститут економіки, оподаткування та митної справи, Національний університет державної фіскальної служби України.

Непошивайленко Наталія Олександрівна (Кам'янське) – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища, Дніпровський державний технічний університет.

Нестеров Денис Юрійович (Київ) – студент, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління**.**

Нігородова Світлана Анатоліївна (Київ) – національний координатор Програми малих грантів ГЕФ.

Павліченко Віктор Іванович (Запоріжжя) – кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри медичної біології, паразитології та генетики, Запорізький державний медичний університет.

Петрук Галина Дмитрівна (Вінниця) – кандидат технічних наук, доцент кафедри хімії, Вінницький національний технічний університет.

Петрук Роман Васильович (Вінниця) – кандидат технічних наук, доцент кафедри екології та екологічної безпеки, Вінницький державний педагогічний університет.

Пигулевский Петро Гнатович (Дніпро) – доктор геологічних наук, старший науковий співробітник, старший науковий співробітник Інституту геофізики ім. С.І. Суботіна Національної академії наук України.

Підоріна Людмила Іванівна (Кременчук) – учитель вищої категорії, учитель-методист, Кременчуцька загальноосвітня школа I–III ступенів № 31.

Подрезенко Ігор Миколайович (Дніпро) – кандидат геолого-мінералогічних наук, старший науковий співробітник, Інститут проблем природокористування та екології Національної академії наук України.

Пожиленко Алла Станіславівна (Київ) – студентка, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління.

Рабош Ірина Олександрівна (Київ) – аспірант, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Радіонов Микита Павлович (Харків) – здобувач, Український науково-дослідний інститут екологічних проблем.

Рацлав Володимир Вікторович (Краматорск) – кандидат технічних наук, доцент кафедри промислових технологій, Донбаський державний педагогічний університет, докторант Донбаської державної машинобудівної академії.

Риженко Наталія Олександрівна (Київ) – доктор біологічних наук, завідувач кафедри екології та екологічного контролю, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління.

Рома Валерій Вікторович (Полтава) – старший викладач кафедри прикладної екології та природокористування Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка

Скиба Маргарита Іванівна (Дніпро) – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології неорганічних речовин та екології Державного вищого навчального закладу «Український державний хіміко-технологічний університет».

Стаднік Вероніка Юріївна (Харків) – аспірант, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інстутут».

Степанюк Андрій Романович (Київ) – кандидат технічних наук, доцент кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Твердохліб Марія Миколаївна (Київ) – аспірант кафедри екології та технології рослинних полімерів, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Терновий Юрій Вікторович (Сквира) – кандидат сільськогосподарських наук, Сквирська дослідна станція органічного виробництва Інституту агроекології і природокористування національної академії наук України.

Тихомирова Тетяна Сергіївна (Харків) – кандидат технічних наук, доцент кафедри хімічної техніки та промислової екології, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інстутут».

Тяпкин Олег Костянтинович (Дніпро) – доктор геологічних наук, старший науковий співробітник, професор кафедри геофізики, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка».

Фролова Тетяна Михайлівна (Київ) – студентка, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління.

Хлистун Неоніла Ярославівна (Чернівці) – кандидат біологічних наук, доцент кафедри біотехнології та екології, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Чернівецький факультет.

Цимбалюк Світлана Ярославівна (Ірпінь) – кандидат економічних наук, професор кафедри товарознавства та техногенно-екологічної безпеки, Навчально-науковий інститут інформаційних технологій, Національний університет державної фіскальної служби України.

Чебанова Вікторія Вікторівна (Харків) – Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського».

Шахман Ірина Олександрівна (Херсон) – кандидат географічних наук, доцент, ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет».

Шевченко Роман Юрійович (Київ) – кандидат географічних наук, доцент Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління.

Шимончук Павло Павлович (Київ) – студент, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління.

Шпиг Віталій Михайлович (Київ) – кандидат географічних наук, Український гідрометеорологічний інститут Державної служби України з надзвичайних ситуацій та Національної академії наук України.

Шушківська Наталія Іванівна (Біла Церква) – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри технологій у рослинництві і захисту рослин, Білоцерківський національний аграрний університет.

Юрченко Валентина Олександрівна (Харків) – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри екології, Харківський національний університет будівництва та архітектури.

Наукове видання

ЕКОЛОГІЧНІ НАУКИ

НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ

1(24). Т. 1

- ***Загальні проблеми екологічної безпеки***
- ***Екологія та економіка природокористування***
- ***Екологія водних ресурсів***
- ***Біологічна безпека***
- ***Екологічна освіта***
- ***Теоретична екологія***

Адреса редакції:
Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, корпус 2, Київ, 03035;
тел./факс (+38 044) 206-30-34;
www.ecoj.dea.kiev.ua
e-mail: info@ecoj.dea.kiev.ua

Видавничий дім «Гельветика»
E-mail: mailbox@helvetica.com.ua Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 6424 від 04.10.2018 р.

Підписано до друку 05.02.2019. Формат 64x90/8.
Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman. Цифровий друк.
Ум.-друк. арк. 20,69. Тираж 100. Замовлення № 0519/92.
Ціна договірна. Віддруковано з готового оригінал-макета