

ISSN: 2306-9716 (Print)  
ISSN: 2664-6110 (Online)

МІНІСТЕРСТВО ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ТА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНА ЕКОЛОГІЧНА АКАДЕМІЯ ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ ТА УПРАВЛІННЯ

---

# ЕКОЛОГІЧНІ НАУКИ

---

НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ

**1(40)**

---



Видавничий дім  
«Гельветика»  
2022

**Екологічні науки** : науково-практичний журнал / Головний редактор Бондар О.І. – К. :  
Видавничий дім «Гельветика», 2022. – № 1(40). – 184 с.

**Головний редактор:** Бондар О.І., доктор біологічних наук

**Заступник головного редактора:** Нагорнева Н. А.

**Науковий редактор:** Машков О.А., доктор технічних наук

**Відповідальний редактор:** Сікачина В. Г.

**Редакційна колегія:**

Гандзюра В.П., доктор біологічних наук

Єрмаков В.М., доктор технічних наук

Захматов В.Д., доктор технічних наук

Іващенко Т.Г., кандидат технічних наук

Конішук В.В., доктор біологічних наук

Лукаш О.В., доктор біологічних наук,

Машков В.А., доктор технічних наук

Михайленко Л.Є., доктор біологічних наук

Нецветов М.В., доктор біологічних наук

Ольшевський С.В., доктор технічних наук

Риженко Н.О., доктор біологічних наук

Рудько Г.І., доктор геолого-мінералогічних наук,

доктор географічних наук, доктор технічних наук

Улицький О.А., доктор геологічних наук

Фінін Г.С., доктор фізико-математичних наук

Шматков Г.Г., доктор біологічних наук

На підставі Наказу Міністерства освіти і науки України № 409 від 17.03.2020 р. (додаток 1) журнал внесений до Переліку наукових фахових видань України (категорія «Б») у галузі біологічних наук (091 – Біологія), природничих наук (101 – Екологія, 103 – Науки про Землю) та технічних наук (183 – Технології захисту навколишнього середовища).

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

Статті у виданні перевірені на наявність плагіату за допомогою програмного забезпечення StrikePlagiarism.com від польської компанії Plagiat.pl.

*Журнал включено до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus International  
(Республіка Польща)*

---

---

## ЗМІСТ

---

---

<b>ЕКОЛОГІЯ І ВИРОБНИЦТВО</b> .....	7
<b>Bozhenko A., Grygorieva L., Aleksieieva A., Makarova O.</b> Phyto melioration of tailing ponds to ensure safety of population around enterprises.....	7
<b>Бондар О.І., Риженко Н.О., Лаптів В.Е., Махнюк В.М.</b> Біоаккумуляція Hg, Cr, Zn, As, Cd, Pb, Cu у системі «грунт-рослина» в зоні впливу підприємств з виробництва і переробки акумуляторних батарей.....	11
<b>ЕКОЛОГІЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ</b> .....	17
<b>Крайнюков О.М., Лур'є А.Й., Прибилова В.М., Кривицька І.А.</b> Вплив нафтохімічного забруднення на якість підземних вод (на прикладі Балаклієвського району Харківської області).....	17
<b>Сапко О.Ю., Кур'янова С.О.</b> Вплив антропогенних джерел забруднення на якість річки Дністер в межах України.....	23
<b>Хом'як І.В., Козин М.С., Коцюба І.Ю., Василенко О.М., Власенко Р.П.</b> Обґрунтування необхідності охорони витоків малих річок на прикладі Словечансько-Овруцького кряжу.....	28
<b>Шелюк Ю.С.</b> Використання структурно-функціональних характеристик фітопланктону для оцінки якості вод об'єктів природно-заповідного фонду України (на прикладі Дідового озера).....	33
<b>ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ</b> .....	38
<b>Фінін Г.С., Шевченко Р.Ю.</b> Сучасні цифрові технології супутникового моніторингу та електронний геокартоінформаційний інструментарій доступу до екологічної інформації.....	38
<b>ТЕОРЕТИЧНА ЕКОЛОГІЯ</b> .....	46
<b>Боброва М.С., Ульядікова Л.А., Пилипенко О.О., Дьяченко М.О.</b> Порівняння ступеня вільнорадикального переокиснення макромолекул залежно від рівня стійкості сортів <i>Glycine Max l.</i> до хвороб.....	46
<b>Гринцова Н.Б.</b> Реадаптаційні перебудови епіфіза статевозрілих щурів після впливу на організм клітинного зневоднення.....	50
<b>Мякушко С.А.</b> Особливості трофічних зв'язків популяцій гризунів у разі зміни стратегії виживання.....	55
<b>ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ</b> .....	62
<b>Алпатова О.М., Пацева І.Г.</b> Біоіндикаційна оцінка стану забруднення екосистем ґрунту вздовж автомобільних доріг.....	62
<b>Заруба Д.В., Бойко О.П., Герасименко О.М., Литвиненко В.О., Стефківський В.М., Федоренко О.В.</b> Перспективи впровадження в Україні системи моніторингу звітності та верифікації викидів нормативних газів у атмосферу та шляхи їх скорочення.....	67
<b>Котюк Л.А., Іващенко І.В., Шляніна А.В., Борисюк Б.В.</b> Еколого-біологічні особливості ароматичних рослин родини <i>Lamiaceae</i> Martynov в умовах центрального Полісся України.....	71
<b>Крупей К.С., Обруч К.І., Рильський О.Ф., Склярєнко А.В., Количєва Н.Л.</b> Комплексна екологічна оцінка стану довкілля за індикаторними показниками деревних рослин рекреаційних зон м. Запоріжжя.....	78
<b>Роман Л.Ю.</b> Екологічна складова встановлення СЕС в Закарпатті.....	85
<b>БІОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА</b> .....	90
<b>Волошин О.Г., Волошина Н.О., Карпенко Ю.О., Дубінський Д.В., Сушко Д.Ю.</b> Екологічні особливості поширення емерджентних інфекцій у природних біоценозах України.....	90
<b>Лаврінєнко В.М., Шевченко В.Г.</b> Вплив радіоактивного забруднення на стан здоров'я населення Чернігівської області.....	95
<b>Павліченко В.І., Приходько О.Б., Ємець Т.І., Малєєва Г.Ю.</b> Безсимптомна малярія, еритропоез та плазмодій.....	99

<b>ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ</b> .....	104
<b>Герасимчук Л.О., Валерко Р.А., Довбаш В.В.</b> Регіональний аспект поводження з відходами у Житомирській області в контексті сталого розвитку.....	104
<b>Крот О.П., Косенко Н.О., Левашова Ю.С., Строгіна Т.С., Лебедева О.С.</b> Аналіз екологічних технологій утилізації муніципальних відходів.....	110
<b>ЗМІНА КЛІМАТУ</b> .....	115
<b>Вольвач О.В., Колосовська В.В., Данілова Н.В., Барсукова О.А., Костюкєвич Т.К.</b> Вплив змін клімату на формування врожаю вики ярої в західному лісостепу України.....	115
<b>Мирка В.В., Федонюк В.В., Іванців В.В., Федонюк М.А.</b> Порівняння динаміки мікрокліматичних показників на території Черемського природного заповідника у XX та XXI ст.....	120
<b>Польовий А.М., Божко Л.Ю., Барсукова О.А., Кауненко Ю.В.</b> Агрокліматична оцінка продуктивності олійного льону в українському Поліссі в умовах зміни клімату.....	126
<b>Прокоф'єв О.М., Гончарова Л.Д.</b> Статистичний підхід до вирішення задач клімато-географічних особливостей розподілу опадів літнього сезону на території України.....	134
<b>РОЗВИТОК ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ УКРАЇНИ</b> .....	140
<b>Крецул Н.І., Кочнов С.О.</b> Рідкісні види судинних рослин біосферного заповідника «Асканія-Нова» імені Ф.Е. Фальц-Фейна.....	140
<b>Кречківська Г.В., Павлишак Я.Я.</b> Видове різноманіття представників агарикоїдних гіменомицетів території урочища «Помірки».....	144
<b>ЗБЕРЕЖЕННЯ БІОЛОГІЧНОГО ТА ЛАНДШАФТНОГО РІЗНОМАНІТТЯ</b> .....	149
<b>Коробчук Л.І., Мисковець І.Я.</b> Екологічне дослідження шкідників та способи захисту рослин від них (на прикладі поширення американського білого метелика на території Колківської ОТГ).....	149
<b>Красовський В.В., Черняк Т.В., Гапон С.В., Орловський О.В.</b> Відмінність зразків хурми Віргінської ( <i>Diospyros Virginiana</i> L.) у колекції Хорольського ботанічного саду.....	154
<b>ПИТАННЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ</b> .....	160
<b>Пустова С.О.</b> Соціо-екологічні дослідження як інструмент розробки стратегії переходу до сталого розвитку сільської громади.....	160
<b>ОСВІТА ДЛЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ</b> .....	165
<b>Voloshyna N., Shevchenko V., Lazebna O., Voloshyn O.</b> Epidemiological aspects of training ecologists in Ukraine....	165
<b>Климчик О.М.</b> Забезпечення практичної підготовки здобувачів вищої освіти з дисципліни «Топографія з основами геодезії».....	169
<b>Ткачук Н.В., Зелена Л.Б.</b> Досвід підготовки учнівських науково-дослідних робіт еколого-біологічної спрямованості з огляду на цілі сталого розвитку.....	174
<b>ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ</b> .....	179

---

---

## CONTENTS

---

---

<b>ECOLOGY AND PRODUCTION</b> .....	7
<b>Bozhenko A., Grygorieva L., Aleksieieva A., Makarova O.</b> Phyto melioration of tailing ponds to ensure safety of population around enterprises.....	7
<b>Bondar O., Ryzhenko N., Laptiev V., Makhniuk V.</b> Bioaccumulation of Hg, Cr, Zn, As, Cd, Pb, Cu in the “soil-plant” system in the area of influence of enterprises for the production and processing of batteries.....	11
<b>ECOLOGY OF WATER RESOURCES</b> .....	17
<b>Krainiukov O., Lurye A., Pribilova V., Krivitska I.</b> Effect of petrochemical pollution on groundwater quality (on the example of Balakliiv district of Kharkiv region).....	17
<b>Sapko O., Kurianova S.</b> Impact of anthropogenic sources of pollution on the quality of the Dniester river in Ukraine..	23
<b>Khomiak I., Kozyn M., Kotsiuba I., Vasylenko O., Vlasenko R.</b> Substantiation of the need to protect the sources of small rivers on the example of the Slovenian-Ovruch ridge.....	28
<b>Sheliuk Yu.</b> Use of structural and functional characteristics of phytoplankton to assess the water quality of the objects of the nature reserve fund of Ukraine (on the example of Didove Lake).....	33
<b>ENVIRONMENTAL MONITORING</b> .....	38
<b>Finin G., Shevchenko R.</b> Modern digital satellite monitoring technologies and electronic geo-map information tools for access to environmental information.....	38
<b>THEORETICAL ECOLOGY</b> .....	46
<b>Bobrova M., Uldiakova L., Pylypenko O., Diachenko M.</b> Comparison of the level of free radical peroxidation of macromolecules depending on the level of resistance of <i>Glycine max L.</i> varieties to diseases.....	46
<b>Hryntsova N.</b> Readaptational adjustments of mature rat's epiphysis after influence on the cellular dehydration.....	50
<b>Myakushko S.</b> Peculiarities of trophic relations of rodent populations in case of change of survival strategy.....	55
<b>GENERAL ENVIRONMENTAL SAFETY ISSUES</b> .....	62
<b>Alpatova O., Pazeva I.</b> Bioindication assessment of the state of soil ecosystem contamination along the highways...62	
<b>Zaruba D., Boiko O., Herasymenko O., Lytvynenko V., Stefkivskyi V., Fedorenko O.</b> Prospects for the implementation in Ukraine of a system for monitoring reporting and verification of emissions of regulatory gases into the atmosphere and ways to reduce them.....	67
<b>Kotiuk L., Ivashchenko I., Shlianina A., Borysiuk B.</b> Ecological and biological features of aromatic plants of the <i>Lamiaceae</i> Martynov family in the conditions of the Central Polyssia of Ukraine.....	71
<b>Krupiei K., Obruch K., Rylsky O., Sklyarenko A., Kolycheva N.</b> Complex ecological assessment of the environment by indicator signs of woody plants of recreational zones in Zaporizhzhia.....	78
<b>Roman L.</b> Ecological component of SPP installation in Transcarpathia.....	85
<b>BIOLOGICAL SAFETY</b> .....	90
<b>Voloshyn O., Voloshyna N., Karpenco U., Dubinskyi D., Sushko D.</b> Ecological features of the spread of emergency infections in the natural biocenoses of Ukraine.....	90
<b>Lavrinenko V., Shevchenko V.</b> The impact of radioactive contamination on the health of the population of Chernihiv region.....	95
<b>Pavlichenko V., Prikhodko O., Yemets T., Maleeva G.</b> Asymptomatic malaria, erythropoiesis and plasmodium.....	99
<b>WASTE MANAGEMENT</b> .....	104
<b>Herasymchuk L., Valerko R., Dovbash V.</b> Regional aspect of waste management in Zhytomyr region in the context of sustainable development.....	104
<b>Krot O., Kosenko N., Levashova Y., Strohina T., Lebedeva E.</b> Analysis of environmental technologies for municipal waste disposal.....	110

<b>CLIMATE CHANGE</b> .....	115
<b>Volvach O., Kolosovska V., Danilova N., Barsukova E., Kostiukeyevych T.</b> The influence of climate change on the formation of the vyka spring harvest in the western forest steppe of Ukraine.....	115
<b>Mirka V., Fedoniuk V., Ivantsiv V., Fedoniuk M.</b> Comparison of the dynamics of microclimatic indicators on the territory of Cheremsky Nature Reserve in the XX and XXI centuries.....	120
<b>Polevoy A., Bozhko L., Barsukova E., Kaunenko Yu.</b> Agroclimatic assessment of the productivity of oilseed flax in the uktainian Polesye under the conditions of climate change.....	126
<b>Prokofiev O., Goncharova L.</b> Statistical approach to solving the problems of climate and geographical features of the distribution of summer season distribution on the territory of Ukraine.....	134
<b>DEVELOPMENT OF THE UKRAINIAN NATURE RESERVE FUND</b> .....	140
<b>Kretsul N., Kochnov S.</b> Rare species of vascular plants of Askania-Nova Biosphere Reserve named after Friedrich Falz-Fein.....	140
<b>Krechivska H., Pavlyshak Y.</b> Species diversity of agaricoid hymenomycetes in the Pomirky landtype association...	144
<b>BIODIVERSITY CONSERVATION</b> .....	149
<b>Korobchuk L., Myskovets I.</b> Environmental research of pests and ways to protect plants from them (on the example of the spread of the American white butterfly on the territory of Kolki Territorial Community).....	149
<b>Krasovsky V., Cherniak T., Hapon S., Orlovsky O.</b> Difference between virgin pumpkin samples ( <i>Diospyros virginiana</i> L.) in the Khorol Botanical Garden collection.....	154
<b>ISSUES OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT</b> .....	160
<b>Pustova S.</b> Definition and justification of environmental indicators at the regional level.....	160
<b>EDUCATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT</b> .....	165
<b>Voloshyna N., Shevchenko V., Lazebna O., Voloshyn O.</b> Epidemiological aspects of training ecologists in Ukraine.....	165
<b>Klymchyk O.</b> Practical training supply of higher education recipients in the «Topography with fundamentals of geodesy» discipline.....	169
<b>Tkachuk N., Zelena L.</b> Experience in preparing pupils' research work of ecological and biological orientation in view of the goals of sustainable development.....	174
<b>AUTHORS' CREDENTIALS</b> .....	179

## PHYTO MELIORATION OF TAILING PONDS TO ENSURE SAFETY OF POPULATION AROUND ENTERPRISES

Bozhenko A., Grygorieva L., Aleksieieva A., Makarova O.

Petro Mohyla Black Sea National University

68 Paratroopers Str., 10, 54000, Mykolaiv

voodoo@chmnu.edu.ua

This work is devoted to solving the problem of dust suppression at sludge storage facilities of metallurgical enterprises. In the process of choosing the direction of land reclamation it is necessary to take into account that the reclaimed lands and surrounding areas – after the completion of works, should be an ecologically balanced and optimally formed landscape area. As such, we are focusing on finding ways to transform sludge ponds into sustainable scenic landscapes that reduce hydrocarbon levels. At the moment, biological methods have already been developed and experimentally tested, which are suitable for reclamation of sludge storage, from which sludge is periodically withdrawn for sending for recycling. Now we have focused on phyto melioration of sludge storage at the stage when, for various reasons, regular sludge removal is no longer planned. In this case, you can start covering the beach of the sludge storage with a more diverse composition of plants, including shrubs. The world experience of biological reclamation of sludge dumps shows that plants with a high tolerance for heavy metals are capable of germinating on them. In the case of alumina sludge, alkaline tolerance is also important. The results of our analysis coincide with the empirical observations of other researchers that plants with fibrous and lateral types of root systems grow naturally in sludge storage facilities. Based on this and other criteria of adaptability, we have selected a list of shrubs which we recommend for starting research on the experimental detection of the most suitable species for the set goals. Shrubs with a lateral root system are considered in the first place, since it is cheaper to adjust the thin upper layer of sludge in terms of pH and mineral composition than to process it to the full depth. In this case, most likely one will have to fill up with inexpensive soils the top layer of the sludge storage facility in certain places. The main attention is paid to the repositories of red sludge at the Mykolaiv Alumina Refinery, but the main principles can be used in different enterprises. *Key words*: tailing ponds, dust suppression, phyto melioration, alumina.

**Фітомеліорація шламосховищ для забезпечення безпеки життєдіяльності населення навколо підприємств. Боженко А.Л., Григор'єва Л.Л., Алексєєва А.О., Макарова О.В.**

Робота присвячена вирішенню завдання пілопригнічення на шламосховищах металургійних підприємств. У процесі вибору напрямку рекультивативної земель необхідно враховувати, що рекультивовані землі й території, що їх оточують, після закінчення робіт повинні являти собою екологічно збалансовану та оптимально сформовану ландшафтну ділянку. Таким чином, ми концентруємося на пошуку способів перетворення шламосховищ на сталі живописні ландшафти. На даний момент вже розроблено та експериментально перевірено біологічні методи, які підходять для рекультивативної хвостосховищ, з яких періодично вилучається шлам для відправки на повторну переробку. Зараз ми сфокусували увагу на фітомеліорації шламосховищ на етапі, коли з різних причин не планується регулярне вилучення шламів. У такому випадку можна розпочати покриття пляжу хвостосховища різноманітнішим складом рослин, включаючи чагарникові. Світовий досвід біологічної рекультивативної шламосховищ показує, що на них здатні проростати рослини з високою терпимістю до важких металів. У разі глиноземних шламів важлива також терпимість до лужного середовища. Результати нашого аналізу збігаються з емпіричними спостереженнями інших дослідників, що природним способом на хвостосховищах частіше проростають рослини з мичкуватою та поверхневою типами кореневих систем. На підставі цього та інших критеріїв адаптивності нами підбрано список чагарників, з яких ми рекомендуємо розпочинати дослідження з експериментального виявлення найбільш відповідних видів для поставлених цілей. Чагарники з поверхневою кореневою системою розглядаються в першу чергу, тому що дешевше регулювати за рН та мінеральним складом тонкий верхній шар шламу, ніж обробляти його на всю глибину. При цьому, швидше рекомендується засипати недорогими ґрунтами верхній шар шламосховища в задіяних місцях. Дане дослідження зосереджується на хранилищах червоного шламу Миколаївського глиноземного заводу, але основні принципи можуть бути застосовані під час фітомеліорації шламосховищ різних типів виробництв. *Ключові слова*: рекультивативна шламосховищ, пілопригнічення, фітомеліорація, глинозем.

**Formulation of the problem.** During the XX-XXI century, a lot of tailing ponds (TP) and sludge storages of various chemical composition have accumulated in Ukraine. Due to the fact that TP often occupy large areas, they undergo dust formation processes under the influence of meteorological conditions, which results in toxic dust and aerosols spreading over large areas.

The risk of deterioration of the sanitary and hygienic situation and undesirable environmental consequences occurs not only in the location of the TP [1, 2]. Toxic eco-pollutants cover vegetation, which contributes to their migration along biological chains.

This article focuses on biological methods of dust suppression of red sludge of the Mykolaiv Alumina

Refinery (MAR), but the basic principles can be applied during phyto melioration of tail ponds of different types of enterprises.

**The relevance of research.** In Ukraine today, all powerful metallurgical enterprises for processing and extraction of raw materials have tailing ponds and sludge storages. These include: Dnipro Aluminum Plant, Mykolaiv Alumina Refinery, Eastern ore dressing complex (SE "Vostgok") (Zhovti Vody) and others. Large areas (several hundred hectares of land) are allocated for tailings, they exceed the territory of the plant, so a large amount of polluted air, soil and water is formed around them.

Thus, the high intensity of extraction and processing of mineral resources, which is characteristic of the modern development of metallurgical, mining and processing enterprises, requires improvement of existing and development of new measures and ways to reduce environmental and human health impact with tailings.

**Connection of the article with important scientific and practical tasks.** This work is connected with two important scientific and practical tasks of today: dust suppression at the sludge storage facilities of metallurgical enterprises and the melioration of the territories occupied by TP to make them more friendly to local ecosystems, in this case, by transforming in the future scenic landscapes that prevent climate change and contribute to sustainable development.

**Analysis of recent research and publications.** The problem of sludge remediation has been studied quite actively around the world today. We will consider the experience of Ukrainian enterprises first of all.

Different types of sludge have different chemical composition. Some of them become gradually covered with vegetation in a natural way [3, 4]. The natural overgrowth of vegetation on alumina tailings is extremely slow though. Biological fixation of sludge storages depends on the composition and physical and chemical properties of raw materials processed in factories. Also a very important feature of the tailings, that defines the possibility of growing plants on them, is the lack of humic substances and bound nitrogen, without which the growth of plants is impossible. That is why to cover TP with vegetation it is necessary to cover their surfaces with at least a small layer of on bulk black soil (3-5 cm). This contributes to the dust suppression and ensures the creation of a stable grass cover with dense turf, capable of resisting the effects of wind deflation for about 1-2 years [1, 2].

The following methods of reclamation of disturbed lands are most common: forestry, agriculture, water management, recreation, construction, sanitation. This paper focuses on biological methods. Bioecological melioration is performed after the technical reclamation of a sludge.

One of the most popular methods of bioecological reclamation is phyto melioration with perennial grass

[5]. Soil-producing crops usually have a high cover and a strong root system with a highly branched network of small roots that keep soil particles from water- and wind erosion. [1].

To improve degraded soils, the most commonly used methods of restoration with long-term use of perennial grasses with crop rotations, when under the upper layer of grass begins restorative succession due to the emergence of natural steppe groups [1, 5].

In the Czech Republic, in the process of restoring occupied disturbed lands, preference is given to the creation of special-purpose forest plantations: parks, forest parks, windbreaks, etc. Herbaceous and shrubby plants are widely grown in low-yielding lands [6].

Woody plants in the conditions of tailings grow and develop slowly. A shift of phenological phases is observed for these plants compared to the same species that grow on other zonal soils [7].

The choice of plants is generally based on the following principles [2]:

- environmental safety and no toxic and eco-toxic effects;
- resistance to specific meteorological conditions (considerable wind speed, severe deflation, icing) and aggressive conditions of the TP environment (pH=10-12);
- relative cheapness and ease of implementation.

For Mykolaiv, one of painful subjects is reclamation of a sludge storage of the Mykolaiv Alumina Refinery. Red sludge is a waste from the production of alumina from bauxite by the Bayer alkaline method, which in the form of dust enters the environment and the human body by inhalation and digestive tract. Previously, successful experiments were conducted on biorecultivation of certain areas of MAR TP with the help of reed mats and herbaceous plants. [1].

In this work, we also used the experience of research on the reclamation of sludge storage facilities of the Limited Liability Company "Ocean Shipbuilding Plant" [7]. Reclamation works at this enterprise are only at the initial stage, but it is planned to be carried out according to the same logical scheme as the reclamation of MAR.

**Highlighting previously unsolved parts of the general problem to which this article is devoted.**

The article is devoted to the insufficiently studied method of using shrubs for dust suppression and reclamation in tailing ponds of alumina plants.

**The novelty of the study.** The practical novelty of the obtained results is the substantiation of the criteria for selection of shrubs for tailing ponds melioration in the South of Ukraine. Scientific novelty is to expand knowledge about the use of biological methods of TP surface reclamation.

**Methodological and general scientific significance.** Comparative and systematic methods, theoretical analysis of scientific literature sources, their synthesis and generalization of information were used as research



methods. For the analysis of the collected materials and information, qualitative evaluation methods were used in the first place. This paper focuses on popular practical methods of studying the environmental problems of tailing ponds. The general scientific significance of the work is to expand the ideas about the adaptability of shrubs in modern industrial landscapes.

#### Description of the study.

As one of the examples in the south of Ukraine, the Mykolaiv Alumina Refinery has considerable experience of bioecological reclamation of TP in non-ferrous metallurgy. Phyto meliorative experimental works performed at the sludge storage facility №1 of MAR on an area of 6 ha [1, 2] allowed to develop a method for assessing the dust-suppressing capacity and stability of plants and evaluate these indicators for removable biological agents. To do this, the upper layer of sludge was washed with clean water, which reduced the alkalinity to values of 7-7.5. Then layers of clay were applied to protect plants from alkali and other sludge toxicants. A layer of silt was applied to some areas in order to form a nutrient medium for the root system of plants. Then the surface of the soil was loosened with a harrow, the seeds of a mixture of herbaceous plants were sown. The result of the experiment is a turf formed from the sown herbaceous plants, which has a high level of dust suppression.

In present study, for even better dust suppression, soil melioration and the formation of visually pleasing landscapes, we recommend gradually complementing the grassy vegetation with shrubs. It is more effective to start planting them first along the perimeter [8], which is much easier to care for, and then to continue planting the species selected at the first stage in the format of forest belts.

One of the important problems when choosing plants for the steppe zone is that such plants are usually drought-resistant due to the tap or very developed fibrous root system, and in our case, it is desirable to select shrubs with the maximum surface occurrence of roots. It is cheaper to adjust the pH and mineral composition of a thin top layer of TP than to treat it to the full depth. Most likely, you will have to fill up the top layer of the sludge storage with inexpensive soils in the right places.

After analyzing various [3, 4, 6, 9] sources, we recommend starting experiments at the sludge storage facilities of the Mykolaiv Alumina Refinery with the following shrub species:

- Narrow-leaved Loch (*Elaeagnus angustifolia* L.);
- Sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.)
- Tatarian Honeysuckle (*Lonicera tatarica* L.).
- Ordinary privet (*Ligustrum vulgare* L.)
- Western thuja (*Thuja occidentalis* L.).

The choice of plants is not limited to this list, and it will be possible to expand it by selecting shrubs with characteristics that are as similar as possible to those species from the list that will take root best.

The articles of the iron ore dumps researchers [3, 4] show that the overwhelming majority of plant species, naturally

growing there, develop a lateral root system. Such a root system is especially characteristic for vegetatively mobile species. The roots of such plants lie at a depth of 5–15 cm and spread far beyond the projection of the plant crown. The uniformity of root systems in certain species resistant under conditions of different granulometric and physicochemical composition of the rocks of iron ore, chalk and coal dumps indicates a common adaptive strategy for the survival of these species in adverse conditions of technogenic ecosystems [3].

Having carried out an independent additional analysis of the morphological characteristics of the plants given in the source, we consider it necessary to clarify that in fact many plants mentioned in the article have a well-developed heart root system, which, although is not a tap root system still tends to grow well both to the sides and in depth. Nevertheless, in the process of our preparatory studies, we also came to the conclusion that plants with a lateral system should more easily adapt to the "soil" of tailing ponds, since the upper layer begins to undergo natural processes of erosion, leaching, processing by microorganisms, insects, etc. earlier than the rest. etc. We also found that many of the plants given in [4] belong to those that naturally prefer slightly alkaline soils.

Shrub seedlings are recommended to be planted at the age of 1-2 years with a well-developed root system of 26-28 cm long. Roots must be compressed tightly with soil, embedded in the soil in such a way that the root collar is 5–8 cm below the soil surface [10, 11].

A necessary condition for afforestation in steppe regions is the regular destruction of weeds and loosening of the surface layer of the soil, especially in the first years after planting, while seedlings are still weak, fragmented and unable to compete with weeds. In the absence of plant care, there is a risk of weed growth and soil compaction. As a result of it there is a high probability of plant death due to a lack of moisture (taken by other plants) and oxygen in the soil. In our case, the goal is to cover the surface of the TP as densely as possible with both woody and herbaceous plants; therefore, the above care is necessary, but with minimal damage to the bulk of herbaceous plants.

#### Conclusion

1. Biological methods of sludge storage facilities reclamation seem to be the most acceptable from the point of view of creating landscapes that are comfortable for the population of nearby settlements. Biological methods are especially suitable for reclamation of tailing ponds, from which it is no longer planned to regularly withdraw sludge for various types of recycling.

2. World experience in tailing ponds biological melioration shows that mostly plants with a high tolerance for heavy metals are capable of germinating on them. In the case of alumina sludge, alkaline tolerance is important. Plants naturally growing on podzol soils are still sensitive if the pH of the sludge is too high. It is recommended to combat this by chemical neutralization of pH with simultaneous selection of more and more resistant plant samples.

3. There is a tendency that plants with fibrous and lateral types of root systems grow naturally on tailing ponds. This must be due to the redistribution of chemical elements in the vertical horizon of the sludge storage. We believe that in this case, it makes sense to work on changing, first of all, the upper layer of sludge (1-2 m) in the direction more favorable for plants, which is cheaper than processing the entire mass of sludge.

**Prospects for the use of research results.** In the future, we expect selection work in the direction of breeding plant species capable of growing in the described conditions, for their mass introduction in sludge storage facilities of non-ferrous metallurgy enterprises. There is a possibility that such breeds will be bred only with the help of genetic modification, but at the local level it makes sense to use cheap methods for solving the problem..

#### References

1. Огородник А. М., Григор'єва Л. І., Томілін Ю. А., Кутлахмедов Ю. О. Використання різних методів пілопригнічення для зменшення надходження шкідливих полютантів у навколишнє середовище. *Наукові праці. Серія: «Техногенна безпека»*. 2010. С. 26–32.
2. Зборщик Т. В., Томілін Ю. А. Методи рекультиватії шламосховищ у кольоровій металургії на прикладі ТОВ «Миколаївський глиноземний завод». *Могиланські читання: Досвід та тенденції розвитку суспільства в Україні: глобальний, національний та регіональні аспекти. Екологія і сучасні екологічні проблеми: праці XXII всеукр. наук.-метод. конф. (Миколаїв, листопад 2019 р.)*. Миколаїв. 2019. 92с.
3. Коршиков И. И., Красноштан О. В. Жизнеспособность древесных растений на железорудных отвалах Криворожья. Донецк. 2012. 280 с.
4. Коршиков И. И., Красноштан О. В., Пастернак Г. А. Видовое разнообразие древесных растений на промышленных отвалах степной зоны Украины. *Рекультивация складных техноэкосистем у новому тисячолітті: ноосферний аспект: матеріали міжнародн. наук.-практ. конф. (Дніпропетровськ, 29–30 травня 2012 р.)*. Дніпропетровськ. 2012. С. 315–320.
5. Григор'єва Л. І. Томілін Ю. А. Управління ризиком дефляційних явищ на хвостосховищах у системі ризик-менеджменту переробних підприємств: монографія. Миколаїв. 2016. 188 с
6. Vlasova E., Yandyganov Ya, Nikulina N. Ecological and economic security is in aspect of interaction of contiguous territories (balance method of estimation). *The international collected scientific work by economic securitys problem: society, state and region*. Valencia (Spain). Ekaterinburg (Russia). 2008. P. 188–196.
7. Smyrnov Victor. Recultivation of Disturbed Lands During the Liquidation of Sludge Storage Limited Liability Company "Ocean Shipbuilding Plant". *Climate change & Sustainable Development: New Challenges of the Century: Monograph / Victor Smyrnov, Svitlana Smyrnova, Ruslana Babushkina*. Mykolaiv, 2021. P. 382-395.
8. Воронов А. А. Рекультивация карт шламонакопителя предприятия по производству глинозёма: бакалаврская работа. Руководитель Н. В. Крук. Красноярск. 2018., 73 с. URL:
9. [http://elib.sfu-kras.ru/bitstream/handle/2311/74335/diplom\\_voronov.pdf?sequence](http://elib.sfu-kras.ru/bitstream/handle/2311/74335/diplom_voronov.pdf?sequence)
10. Яковлев А. С., Карасева М. А., Краснов В. Г., Кириллов С. В. Лесомелиорация ландшафтов: учебное пособие. Йошкар-Ола: Марийский государственный технический университет, 2008. 128 с.
11. Yakovleva, O. (2018). Phytotoxicity of aluminum ions. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 179. 315-331. 10.30901/2227-8834-2018-3-315-331.
12. Новых Л. Л., Чендев Ю. Г. Изменение морфологических свойств черноземов в агролесомелиоративном ландшафте. Аридные экосистемы. 2014. Т. 20. № 1 (58). С. 18-24.

## БІОАКУМУЛЯЦІЯ Hg, Cr, Zn, As, Cd, Pb, Cu У СИСТЕМІ «ГРУНТ-РОСЛИНА» В ЗОНІ ВПЛИВУ ПІДПРИЄМСТВ З ВИРОБНИЦТВА І ПЕРЕРОБКИ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ

Бондар О.І.<sup>1</sup>, Риженко Н.О.<sup>1</sup>, Лаптев В.Е.<sup>1</sup>, Махнюк В.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ДЗ «Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління»  
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, корп. 2, 03035, м. Київ

<sup>2</sup>ДУ «Інститут громадського здоров'я імені О.М. Марзєєва  
Національної академії медичних наук України»

вул. Попудренка, 50, 02094, м. Київ

alsko2011@ukr.net, velicmt@ukr.net, smogil@ukr.net

Досліджений вплив забруднення токсичними металами (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn) на компоненти екосистем. Зазначено, що умови накопичення та транслокації сьогодні набувають загрозливих масштабів. Під час оцінки стану якості навколишнього природного середовища, одним з головних чинників є біодоступність металів, та їх здатність до біоаккумуляції в системі «грунт-рослина». З метою визначення умісту і впливу токсичних металів, зокрема миш'яку, кадмію, хрому, міді, ртуті, свинцю та цинку, була обрана територія неподалік підприємств з виробництва та переробки акумуляторних батарей у місті Дніпро, що має значне антропогенне навантаження. З'ясовано, що за валовим умістом в ґрунті (0-20 см) метали можна розташувати так: Zn>Pb>Cu>Cd, а за умістом рухливої форми – Pb>Zn>Cd. У загальній фітомасі *Matricaria chamomilla* L. визначена така послідовність металів: Pb>Cr>Cu>Zn>As>Cd>Hg, проте найбільший уміст металів накопичується у вегетативній фракції фітомаси рослини. За умістом у фракціях фітомаси досліджувані забруднювачі можна розташувати у такі ряди: підземна фітомаса: Pb> Cr>Cu>Cd>Zn>Hg>As; генеративна фітомаса: Cr>Pb>Cu>As>Zn>Hg>Cd; листя: Cr>Pb>Cu> Zn> As>Hg>Cd; стебла: Cr>Pb>Cu> Zn> As> Cd>Hg. За інтенсивністю біоаккумуляції у *Matricaria chamomilla* L. визначений такий порядок розташування металів: Cd>Pb>Zn. Найвищий коефіцієнт біоаккумуляції кадмію спостерігається у підземній фракції фітомаси, найнижчий – генеративної фракції. У свинцю і цинку найвищий коефіцієнт біоаккумуляції визначено в листях *Matricaria chamomilla* L., найнижчий – в стеблі і коріннях відповідно. Загалом найвищий коефіцієнт біоаккумуляції мав кадмій, що свідчить про його біодоступність і здатність до значної біоаккумуляції. *Ключові слова:* метали (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn), біоаккумуляція, біодоступність, забруднення, фітомаса, ґрунт, *Matricaria chamomilla* L.

### Bioaccumulation of Hg, Cr, Zn, As, Cd, Pb, Cu in the "soil-plant" system in the area of influence of enterprises for the production and processing of batteries. Bondar O., Ryzhenko N., Laptiev V., Makhniuk V.

The influence of toxic metal pollution (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn) on ecosystem components has been studied. It is noted that the conditions of accumulation and translocation are becoming threatening today. When assessing the quality of the environment, one of the main factors is the bioavailability of metals and their ability to bioaccumulate in the soil-plant system. In order to determine the content and effects of toxic metals, including arsenic, cadmium, chromium, copper, mercury, lead and zinc, the area near the enterprises for the production and processing of batteries in the city of Dnipro, which has a significant anthropogenic load, was selected. It was found that according to the gross content in the soil (0-20 cm) metals can be arranged as follows: Zn> Pb> Cu> Cd, and according to the content of the mobile form – Pb> Zn> Cd. The following sequence of metals has been determined in the total phytomass of *Matricaria chamomilla* L.: Pb> Cr> Cu> Zn> As> Cd> Hg, but the highest content of metals accumulates in the vegetative fraction of plant phytomass. According to the content of phytomass fractions, the studied pollutants can be arranged in the following series: underground phytomass: Pb> Cr> Cu> Cd> Zn> Hg> As; generative phytomass: Cr> Pb> Cu> As> Zn> Hg> Cd; leaves: Cr> Pb> Cu> Zn> As> Hg> Cd; stems: Cr> Pb> Cu> Zn> As> Cd> Hg. According to the intensity of bioaccumulation in *Matricaria chamomilla* L. the following order of metal distribution is determined: Cd> Pb> Zn. The highest coefficient of cadmium bioaccumulation is observed in the underground fraction of phytomass, the lowest – in the generative fraction. In lead and zinc, the highest bioaccumulation coefficient is determined in the leaves of *Matricaria chamomilla* L., the lowest – in the stem and roots, respectively. In general, cadmium had the highest bioaccumulation coefficient, which indicates its bioavailability and ability to significantly bioaccumulate. *Key words:* metals (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn), bioaccumulation, bioavailability, pollution, phytomass, soil, *Matricaria chamomilla* L.

**Постановка проблеми.** Протягом багатьох років навколишнє природне середовище України, і Дніпровського регіону зокрема, підлягають значному техногенному навантаженню. Місто Дніпро є одним з найрозвиненіших промислових центрів України, і, відповідно – найзабрудненіших. Одним з головних чинників забруднення є токсичні метали, що потрапляють у навколишнє середовище завдяки експлуатації автотранспорту, енергетичних підприємств, чорної та кольорової металургії, зокрема,

підприємств з виробництва та переробки акумуляторних батарей. Уміст і вплив на компоненти довкілля в м. Дніпро, зокрема, на фітокомпонент, а також біоаккумуляція таких елементів як миш'як, кадмій, хром, мідь, ртуть, свинець, цинк досліджено недостатньо. Основним забруднювачем під час роботи таких підприємств є свинець і його сполуки, речовина 1 класу небезпеки, що надходить у навколишнє середовище головним чином з атмосферним повітрям [1]. Вплив на живі організми,

наявність і дослідження інтенсивності біоаккумуляції свинцю та інших металів нині набуває все більшої актуальності. Відповідно до сучасних вітчизняних і світових досліджень присутність у ґрунтах значної кількості таких поллютантів, як As, Cd, Cr, Cu, Hg, Zn також викликає занепокоєння, оскільки у надмірних кількостях вони спричиняють негативні зміни як якісні, так і кількісні у функціонуванні біоти, а відтак – і екосистем в цілому [2-6]. Дослідження закономірностей біодоступності для рослин таких забруднювачів, як метали, на територіях із високим антропогенним навантаженням є одним із важливих наукових прикладних завдань, оскільки здатність до біоаккумуляції, що залежать від фізико-хімічних властивостей поллютанту та його кількості, типу ґрунту, видових особливостей рослинного організму тощо, характеризує поведінку токсиканту в екосистемі. У свою чергу, концентрація в ґрунті доступних форм токсичних металів пов'язана із хімічним складом техногенних викидів, буферними властивостями ґрунту. Так, рухомі форми свинцю і цинку акумулюються здебільшого у гумусному шарі ґрунту, мідь і кадмій мігрують до більш глибоких шарів ґрунту.

**Метою роботи** було оцінювання біоаккумуляції ртуті (Hg), хрому (Cr), цинку (Zn), миш'яку (As), кадмію (Cd), свинцю (Pb), і міді (Cu) у системі «ґрунт-рослина» в зоні впливу підприємств з виробництва і переробки акумуляторних батарей ЗАТ «ІСТА-ЦЕНТР» та ТОВ «Укрсплав» в м. Дніпро.

**Умови та методи проведення дослідження.** Для досліджень була обрана ділянка в лісопарковій смузі ж/м Північний, що поділяє промислову і селітебні зони, та розташована на межі розрахункової санітарно-захисної зони підприємства з переробки аку-

муляторних батарей ТОВ «УКРСПЛАВ» (700 м від основних джерел викидів) (рис. 1).

Варто зазначити, що у промисловій зоні окрім підприємства з переробки акумуляторних батарей і заводу з виробництва акумуляторних батарей, також розташоване підприємство зі збору лому чорних і кольорових металів (Дніпропетровський втормет) та інші підприємства, робота яких ймовірно також впливає на антропогенне походження металів на досліджуваній території. Загалом територія проведення досліджень у місті Дніпро досить трансформована завдяки антропогенній діяльності – забудовані землі становлять 53% [7].

Досліджувані ґрунти – чорноземи звичайні мало-гумусні. Зразки ґрунту та рослин відбирали в червні-липні 2021 року згідно з вимогами ДСТУ (ДСТУ 4287:2004, ДСТУ ISO 10381-4-2005) у межах 1 пробної ділянки. Площа пробної ділянки становила 100 м<sup>2</sup>, у межах пробної ділянки зразки ґрунту відбиралися методом конверту з формуванням одного репрезентативного зразка. Глибина відбору ґрунтових зразків була в межах 0–20 см і 20–40 см. На ділянці відбиралися зразки надземної (вегетативна фракція, генеративна фракція) та підземної фітомаси рослини ромашки лікарської (*Matricaria chamomilla* L.). Аналіз зразків ґрунту (екстракція ацетатно-амонійним буфером рН 4,8) і рослин (екстракція сумішшю концентрованих кислот HNO<sub>3</sub> та H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) здійснювали методом атомно-абсорбційної спектрометрії в умовах “Придніпровського регіонального центру з питань еколого-гігієнічної та медико-біологічної оцінки промислових відходів (Н-ВТК “Центр”) Дніпровського державного медичного університету. Статистична обробка експериментальних даних

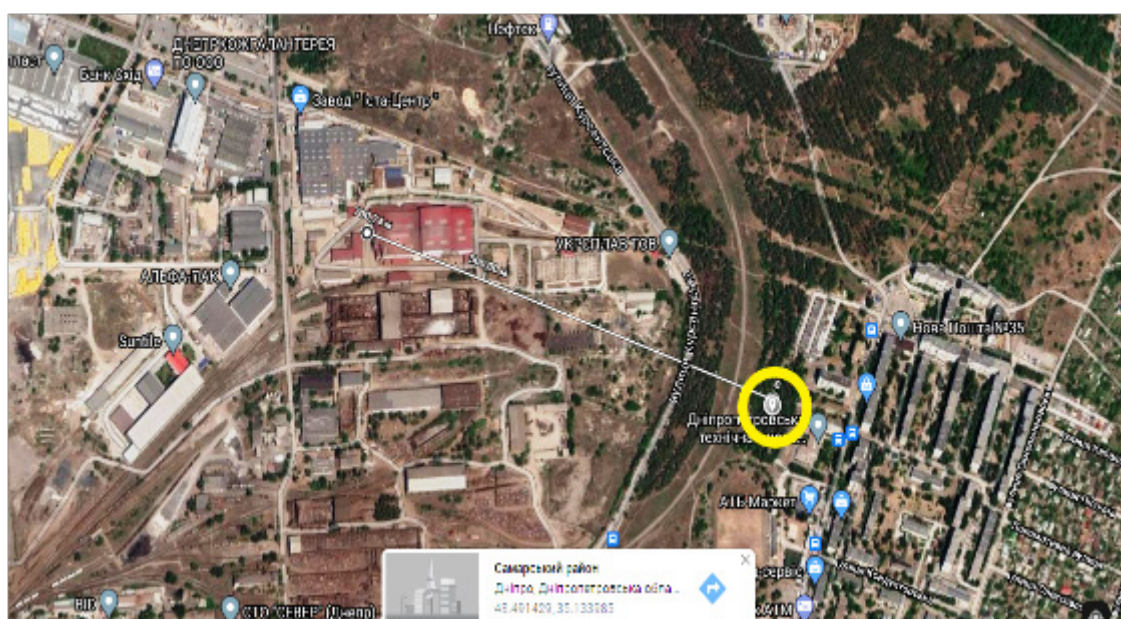


Рис. 1. Місце відбору проб

Таблиця 2

**Уміст металів у фракціях фітомаси  
*Matricaria chamomilla* L.**

Фракція фітомаси	Елемент	Результат дослідження ( $\bar{X}$ ), мг/кг	
Генеративна фракція	As	1,548	
	Cd	0,3802	
	Cr	3,753	
	Cu	3,137	
	Hg	0,7505	
	Pb	3,155	
	Zn	1,26	
Вегетативна фракція	Листя	As	2,303
		Cd	0,971
		Cr	5,464
		Cu	4,782
		Hg	1,114
		Pb	5,273
		Zn	2,665
	Стебла	As	0,9938
		Cd	0,9349
		Cr	2,358
		Cu	1,8494
		Hg	0,483
		Pb	2,328
		Zn	1,039
Підземна фракція	As	0,0575	
	Cd	1,222	
	Cr	1,937	
	Cu	1,565	
	Hg	0,4152	
	Pb	3,593	
Елемент	Коефіцієнт варіації по фракціях фітомаси <i>Matricaria chamomilla</i> L., v, %		
As	80,5		
Cd	46,6		
Cr	50,7		
Cu	55,1		
Hg	49,1		
Pb	39,9		
Zn	77,4		

Таблиця 1

**Уміст металів у ґрунті**

Забруднювач	Форма	Результат дослідження ( $\bar{X}$ ), мг/кг		ГДК, мг/кг
		0-20 см	20-40 см	
As	Валова	-*	-	2,0
	Рухлива	-	-	-
Cd	Валова	0,0217	0,0295	1,5
	Рухлива	0,0011	0,0215	-
Cr	Валова	-	-	0,05
	Рухлива	-	-	6,0
Cu	Валова	10,0101	8,4793	-
	Рухлива	-	-	3,0
Hg	Валова	-	-	2,1
	Рухлива	-	-	-
Pb	Валова	38,3073	16,7467	32,0
	Рухлива	11,2773	0,1684	6,0
Zn	Валова	54,2843	43,0751	-
	Рухлива	7,4265	3,7129	23,0

\* нижче чутливості методу визначення

проведена з використанням пакету прикладних програм Microsoft Excel за загальноприйнятими в біометрії методиками [8].

Для аналізу одержаних результатів користувалися кореляційним та дисперсійним статистичними методами обробки. Рівень достовірності обчислювали при  $P_{0,95}$ . На всій досліджуваній території були проведені вимірювання вмісту металів у ґрунті та рослинах і розраховано коефіцієнт біокумуляції ( $K_b$ ) токсикантів за рівнянням [3-5]:

$$K_b = \text{Conc}_{\text{росл}} / \text{Conc}_{\text{ґрунт}} \quad (1),$$

де  $K_b$  – коефіцієнт біокумуляції;

$\text{Conc}_{\text{росл}}$  – концентрація у рослині сух. реч. (частина фітомаси), мг/кг;

$\text{Conc}_{\text{ґрунт}}$  – концентрація рухливої форми у ґрунті, мг/кг.

**Викладення основного матеріалу.** Уміст металів у ґрунті (0-20 см, 20-40 см) і рослині наведений у таблицях 1-2. Уміст у ґрунті кадмію і цинку не перевищував установлені нормативи гранично допустимих концентрацій (ГДК), а миш'яку, хрому, міді і ртуті був нижче чутливості визначення. Проте перевищення вмісту ГДК рухливої форми свинцю у ґрунті склало майже в 2 рази [9]. За валовим умістом у ґрунті метали можна розташувати у ряд:  $Zn > Pb > Cu > Cd$ . За умістом рухливої форми у ґрунті (0-20 см) метали розташовуються у ряд:  $Pb > Zn > Cd$ .

Найбільшим коефіцієнтом варіації характеризувався миш'як ( $v=80,5\%$ ), що свідчить про неоднорідний розподіл елемента у різних фракціях фітомаси. При цьому найменшою концентрацією As характеризувалась підземна фракція фітомаси, що може бути пов'язано із безбар'єрним механізмом надходження елемента до надземної фракції. Найбільша кількість миш'яку зафіксована у листі,

що також може свідчити про фоліарний шлях його надходження до рослини за умов антропогенного забруднення. За умістом As фракції фітомаси можуть розташовуватися у ряд: листя > генеративна фракція > стебла > підземна фракція.

Загалом уміст всіх досліджуваних металів у фракціях фітомаси *Matricaria chamomilla* L. представлений на рисунку 2. Найбільший уміст Cr, Pb у *Matricaria chamomilla* L. виявлено в листях рослини, що для цих забруднювачів може свідчити про повітряний характер поглинання, або безбар'єрний

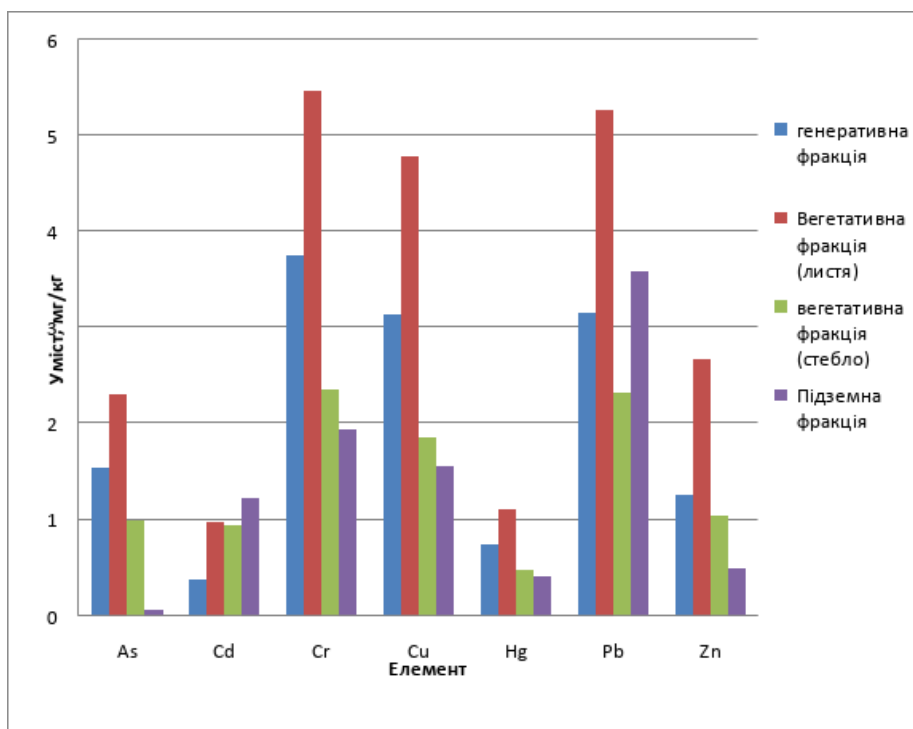


Рис. 2. Уміст металів у фракціях фітомаси *Matricaria chamomilla* L.

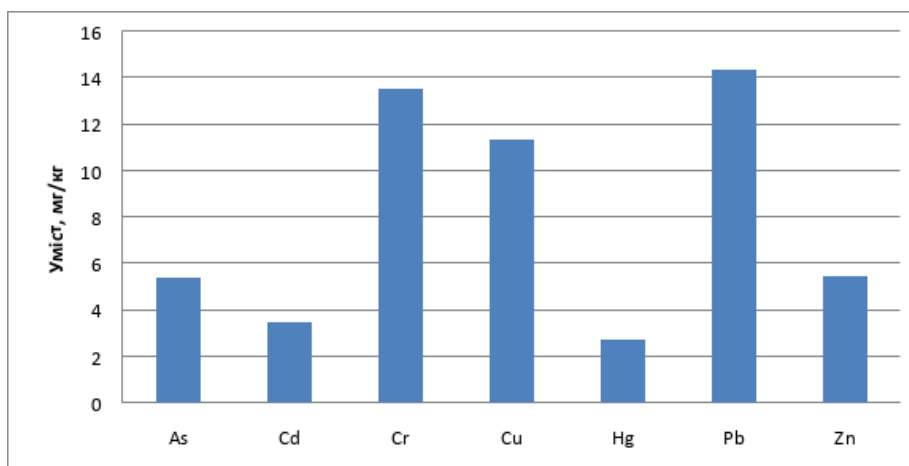


Рис. 3. Загальний уміст металів у фітомасі *Matricaria chamomilla* L.

механізм біодоступності цих елементів з ґрунту до вегетативної фракції фітомаси. Свинець – це єдиний серед досліджуваних забруднювачів, що характеризувався найбільшим умістом у підземній фракції фітомаси, що ймовірно характеризує також високу біодоступність металу з ґрунту; це підтверджує найменший коефіцієнт варіації ( $v=39,9\%$ ), котрий може свідчити про різні шляхи поглинання металу рослиною. Найбільшою кількістю у генеративній фітомасі відзначався хром. Кадмій і ртуть – метали, що мали найменшу кількість у надземній фракції фітомаси. Ромашка лікарська традиційно широко вживана рослина в Україні, проте уміст металів у фітомасі лікарських рослин нині не нор-

мується. Якщо концентрації досліджуваних елементів у фітомасі *Matricaria chamomilla* L. порівняти із існуючими нормативами для рослин виду *Leafy Brassica* (родини капустяних), вівсяним коренем та листовими овочами, для яких встановлено максимально допустимі рівні, то найбільші перевищення складатимуть для Pb 17,6 ГДК у вегетативній фракції рослини (листя) та Cd 6,1 ГДК у підземній фракції [10]. Слід зазначити, що уміст Cr, Cu, Zn на сьогодні не нормується взагалі, уміст As та Hg нормується лише для рисових продуктів та морепродуктів і дієтичних добавок відповідно. З огляду на це, доцільно запровадити нормування металів у лікарських видах рослин.

За умістом у *Matricaria chamomilla* L. досліджувані забруднювачі можна розташувати у такі ряди:

- підземна фітомаса: Pb>Cr>Cu>Cd>Zn>Hg>As;
- генеративна фітомаса: Cr>Pb>Cu>As>Zn>Hg>Cd;
- вегетативна фітомаса (листя): Cr>Pb>Cu> Zn>As>Hg>Cd;

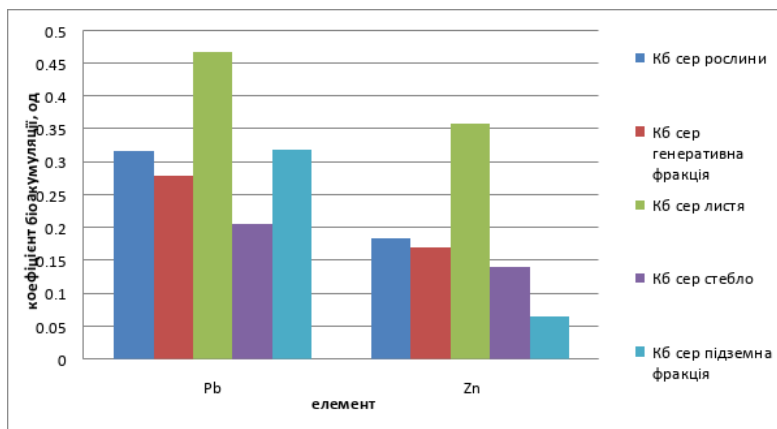
– вегетативна фітомаса (стебла): Cr>Pb>Cu> Zn>As> Cd>Hg.

Загальний уміст металів у фітомасі *Matricaria chamomilla* L представлено на рисунку 3. За умістом у загальній фітомасі метали розташовуються у такій послідовності: Pb>Cr>Cu>Zn>As>Cd>Hg.

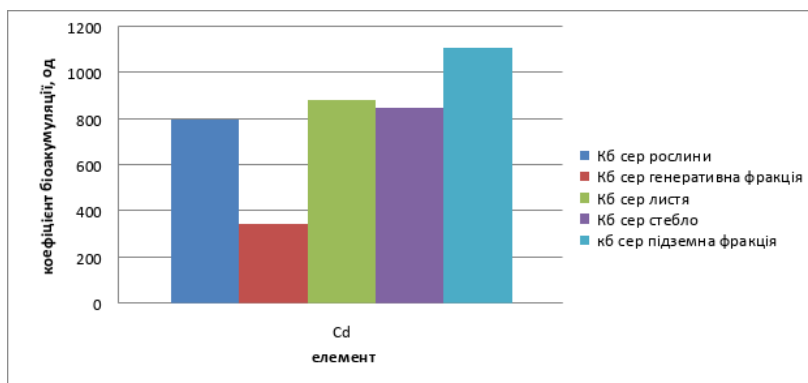
Зважаючи на те, що для декотрих металів уміст рухливої форми був нижче межі визначення, розрахунок коефіцієнтів біоаккумуляції здійснювали для Cd, Pb, Zn (табл. 4, рис. 4).

Згідно з статистичними розрахунками отриманих результатів, коефіцієнт варіації за Cd мав понад 100%. Найвищий коефіцієнт біоаккумуляції кадмію виявлено для підземної фракції фітомаси, найнижчий – для генеративної фракції. У свинцю і цинку найвищий коефіцієнт біоаккумуляції визначено в листях *Matricaria chamomilla* L., найнижчий – в стеблі та коріннях відповідно. Загалом найвищий коефіцієнт біоаккумуляції мав кадмій, що свідчить про його біодоступність і здатність до значної біоаккумуляції. За інтенсивністю біоаккумуляції у *Matricaria chamomilla* L. з ґрунту на досліджуваній території визначено такий ряд металів: Cd>Pb>Zn, що корелює з результатами інших досліджень [3-5].

**Висновки.** Визначено перевищення умісту свинцю ГДК в ґрунті (рухлива форма) на досліджува-



а) Pb та Zn



б) Cd

Рис. 4. Коефіцієнти біоаккумуляції

Таблиця 4

Коефіцієнт біоаккумуляції у системі «ґрунт – рослина»

Метал	Кб ( $\bar{x}$ ), генеративна фракція	Кб ( $\bar{x}$ ), вегетативна фракція (листя)	Кб ( $\bar{x}$ ), вегетативна фракція (стебло)	Кб ( $\bar{x}$ ), підземна фракція	Кб ( $\bar{x}$ ), фітомаси рослини
Cd	345,64	882,73	849,91	1110,91	797,3
Pb	0,28	0,4676	0,206	0,3186	0,318
Zn	0,17	0,359	0,14	0,0663	0,184

ній території в 1,9 разів. За умістом у загальний фітомасі *Matricaria chamomilla* L. метали розташовуються у такій послідовності: Pb>Cr>Cu>Zn>As>Cd>Hg.

За умістом у фракціях фітомаси досліджувані забруднювачі можна розташувати у такому порядку:

– підземна фітомаса: Pb> Cr>Cu>Cd>Zn>Hg>As;

– генеративна фітомаса: Cr>Pb>Cu>As>Zn>Hg>Cd;

– вегетативна фітомаса (листя): Cr>Pb>Cu> Zn>As>Hg>Cd;

– вегетативна фітомаса (стебла):Cr>Pb>Cu> Zn>As> Cd>Hg.

За інтенсивністю біоаккумуляції у *Matricaria chamomilla* L. визначено такий ряд металів: Cd>Pb>Zn. Виявлені закономірності можуть бути використані при прогнозуванні процесів накопичення металів у рослинах, що є важливою складовою нормування антропогенного навантаження та екологічної безпеки.

### Література

1. Наказ від 14.01.2020 р. №52 «Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць» / Міністерство охорони здоров'я України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0156-20/conv#n24> (дата звернення 25.11.2021).
2. Jozef Kobza. Arsenic in agricultural soils of Slovakia. Polish journal of soil science vol. LIV/1 2021 PL ISSN 0079-2985 DOI:10.17951/pjss/2021.54.1.89; Pp. 89-101.
3. Н. О. Риженко. Фітотоксикологічна оцінка ризику небезпечності металів за їх біокумуляцією в природних екосистемах. Вісник ЖНАЕУ, 2017, № 2 (61), т. 1; С. 110-115.
4. Н. О. Риженко. Принципи фітотоксикологічного нормування металів. Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. Випуск 4/2017 (105). С.96-102.
5. Бондар О.І., Риженко Н.О., Жаврида Д.Є. Біоаккумуляція меркурію ( $Hg^{2+}$ ), хрому ( $Cr^{6+}$ ) та цинку ( $Zn^{2+}$ ) у екосистемах Обухівського району Київської області. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.2-35.15>. С. 90-93.
6. К.В. Вовк, А.І. Самчук, Е.С. Попенко, Т.В. Огар, В.Й. Манічев. Важкі метали у поверхневих відкладах Київського мегаполісу. Геохім. та рудоутв. 2014. Вип. 34. С. 92-97.
7. Екологічний паспорт м. Дніпро. 2016. Департамент транспорту та охорони навколишнього середовища Дніпропетровської міської ради. 64 с.
8. Ивантер Э.В., Коросов А.В. Элементарная биометрия. Петрозаводск : Изд-во ПетрГУ, 2010. 104 с.
9. Наказ від 14.07.2020р. №1595 «Про затвердження Гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних речовин у ґрунті» / Міністерство охорони здоров'я України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0722-20/conv#n2> (дата звернення 26.11.2021).
10. Наказ від 13.05.2013р. №368 «Про затвердження Державних гігієнічних правил і норм «Регламент максимальних рівнів окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах» / Міністерство охорони здоров'я України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0774-13#n16> (дата звернення 26.11.2021).



## ВПЛИВ НАФТОХІМІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ НА ЯКІСТЬ ПІДЗЕМНИХ ВОД (НА ПРИКЛАДІ БАЛАКЛІВСЬКОГО РАЙОНУ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ)

Крайнюков О.М., Лур'є А.Й., Прибилова В.М., Кривицька І.А.

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

майд. Свободи, 4, 61022, м. Харків

alkraynukov@gmail.com

Визначення фактичного рівня нафтохімічного забруднення підземних вод, які було відібрано з шахтних колодязів на території смт Андріївка. Флуориметричний метод, заснований на екстракції нафтопродуктів гексаном і вимірюванні інтенсивності флуоресценції екстракту на аналізаторі рідини «Мікран». У період 2019-2021 рр. було проведено обстеження ґрунтових вод, які було відібрано з 5 шахтних колодязів на території смт Андріївка. Дана територія знаходиться під впливом Шебелинського відділення з переробки газового конденсату та нафти, із-за виробничої діяльності якого утворився «техногенний поклад» нафтопродуктів та мали місце неодноразові аварійні витoki газового конденсату. В результаті проведених експериментальних досліджень встановлено, що територія смт Андріївка у точках відбору 1 та 2 підвернута постійному надлишковому впливу нафтохімічного забруднення. Про це свідчать дані лабораторних аналізів, за якими встановлено перевищення нормативних вимог у 1,33-2,83 рази. Просторове розповсюдження вуглеводневого забруднення має повсюдне поширення. Про це свідчить наявність нафтопродуктів у всіх відібраних пробах підземних вод. Основним джерелом нафтохімічного забруднення досліджуваної території є Шебелинське нафтогазопереробне підприємство, в результаті виробничої діяльності якого утворився «техногенний поклад» нафтопродуктів. Різноманітність і мінливість вуглеводневого складу нафтопродуктів обумовлюють необхідність використання комплексу показників для оцінки їхнього впливу на стан екосистеми. Це пов'язано з тим, що на основі результатів вимірювання вмісту нафтопродуктів у компонентах ландшафту не враховується вплив сумісної дії вуглеводневих сполук, що входять до складу нафтопродуктів, а також результат їхньої взаємодії із присутніми у воді й ґрунті іншими хімічними речовинами. *Ключові слова:* підземні води, шахтні колодязі, «техногенний поклад», допустиме навантаження, нафтохімічне забруднення.

**Effect of petrochemical pollution on groundwater quality (on the example of Balakliiv district of Kharkiv Region)**  
Krainiukov O., Lurye A., Pribilova V., Krivitska I.

Determination of the actual level of petrochemical contamination of groundwater, which was taken from mine wells in the village of Andriyivka. Fluorimetric method based on the extraction of petroleum products with hexane and measuring the fluorescence intensity of the extract on a liquid analyzer "Micron". In the period 2019-2021, a survey of groundwater was conducted, which was selected from 5 mine wells in the village of Andriyivka. This area is under the influence of the Shebelinsky branch for processing gas condensate and oil, due to the production activity of which a "technogenic deposit" of oil products was formed and there were repeated emergency leaks of gas condensate. As a result of the conducted experimental researches it is established that the territory of Andriyivka township at selection points 1 and 2 is exposed to constant excessive influence of petrochemical pollution. This is evidenced by the data of laboratory tests, which exceeded the regulatory requirements by 1.33-2.83 times. The spatial distribution of hydrocarbon pollution is widespread. This is evidenced by the presence of petroleum products in all selected groundwater samples. The main source of petrochemical pollution of the study area is Shebelinskoe oil and gas refinery, as a result of the production of which formed a "man-made deposit" of petroleum products. The diversity and variability of the hydrocarbon composition of petroleum products necessitates the use of a set of indicators to assess their impact on the ecosystem. This is due to the fact that based on the results of measuring the content of petroleum products in the components of the landscape does not take into account the effect of combined action of hydrocarbon compounds in petroleum products, as well as the result of their interaction with other chemicals present in water and soil. *Key words:* groundwater, mine wells, "technogenic deposit", allowable load, petrochemical pollution.

**Постановка проблеми.** Наслідки вуглеводневого забруднення компонентів ландшафту визначаються характером взаємодії абіотичної та біотичної складових геосистем, який обумовлює інтенсивність процесів їх самоочищення, ступенем нафтохімічного навантаження та вуглеводневим складом нафтопродуктів – складної багатоконпонентної суміші різних вуглеводнів, більшість з яких є екологічно небезпечними забруднюючими речовинами.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У роботі [1] підкреслюється, що найбільшу міграційну спроможність має нафтова емульсія, яка, в залежності від рельєфу місцевості і гідрологічного режиму створює ореоли різних конфігурацій і стає причиною вуглеводневого забруднення земель, ґрунтових, поверхневих вод та біоценозів. Основний механізм розповсюдження таких техногенних потоків – гравітаційний (рух по поверхні

у бік ухилу місцевості, просочування у ґрунтові горизонти та відкладення). Цей вид вуглеводного забруднення виникає в результаті поривів нафто- і газопроводів, по яким вуглеводнева сировина транспортується від свердловин на пункти та установки з первинної підготовки та переробки нафти і газу.

Особливостями таких техногенних потоків є внутрішньоґрунтовий рух і дренавання в підземні і поверхневі водні об'єкти. Цей вид вуглеводного забруднення є вкрай небезпечним у зв'язку з тим, що його практично неможливо оконтурити і вчасно запобігти широкому розповсюдженню. У роботі [2] розглядаються фактори, які впливають на процес розподілу нафтохімічних забруднень у ґрунтових горизонтах. До них, в першу чергу, відносяться фізико-хімічні властивості самого ґрунту, як гетерогенної системи, яка визначає характер фракціонування нафтопродуктів – полікомпонентної складної за хімічною природою, сполуки – суміші вуглеводнів.

У роботі [3] на підставі експериментальних даних показано, що процес міграції органічних сполук залежить від їхнього хімічного складу. Ґрунти у цьому процесі відіграють роль «хроматографічної колонки», на якій здійснюється розшарування вуглеводного потоку на окремі компоненти: деякі з них затримуються у верхніх органічних ґрунтових горизонтах (концентрація нафтопродуктів тут може досягати 10-20%), інші – більш важкі та менш в'язкі, просочуються у нижні горизонти ґрунтового профілю. Захищеність від проникнення нафтопродуктів у нижні горизонти і підземні води пов'язана з властивостями сорбційних бар'єрів – органічних горизонтів верхніх частин ґрунтового профілю, а також ілювіальних горизонтів, в яких часто закінчуються міграційні канали і процеси.

У роботі [4] детально розглянута проблема вуглеводного забруднення поверхневих і підземних вод на нафтогазоносній території північного-сходу України, що охоплює південні райони Дніпровського артезіанського басейну, орографічною особливістю якого є загальний уклін поверхні рельєфу у південно-західному напрямку – від центральної частини Середньоросійської височини до долини Дніпра. В таких умовах р. Дніпро є основною дренаючою артерією басейну, а в основні її ліві притоки – Ворсклу, Псел і Сулу мають стік з багаточисельних малих річок, в які розвантажуються підземні води водоносних горизонтів. На цій території знаходяться всі види родовищ вуглеводнів – нафтові, нафтогазові та газоконденсатні, які розташовані на різних ландшафтних позиціях. Частина з них займає водороздільні простори, частина – розташована на четвертинних та пліоценових терасах річок, а деякі – приурочені до заплавної місцевості річок Ворскла, Сула та їх притоків. Звичайно, що у будь-якому випадку відбувається вплив нафтогазовидобувної діяльності людини на якість підземних і поверхневих вод, однак в умовах заплави негативні наслідки

вуглеводного забруднення водного середовища простежуються найбільш помітно.

Оцінка зосередження нафтогазовидобувних та переробних підприємств на території Харківської області показала, що за інтенсивністю їх розташування найбільш навантаженими є Балаклійський, Зміївський, Чугуївський та Ізюмський райони Харківської області. На території цих районів зосереджено велика кількість родовищ і діючих свердловин з видобування нафти, природного газу і конденсату, підприємств з комплексної підготовки та переробки вуглеводневої сировини. За своїми функціональними і технологічними особливостями означені підприємства є потенційними джерелами забруднення природного середовища нафтопродуктами.

**Актуальність дослідження.** На території Харківської області одним із таких джерел є Шебелинське відділення з переробки газового конденсату та нафти (ВПГКН), яке підпорядковано АТ «Укргазвидобування» і розташовано в Балаклійському районі поблизу с. Андріївка. Шебелинське ВПГКН здійснює переробку природного газу і газового конденсату, об'єм переробки за 10 місяців 2020 р. склав 346,2 тис. тонн. Продукцією Шебелинського ВПГКН є бензин, мазут і бітум. За своїми функціональними особливостями це підприємство можна віднести до точкового джерела забруднення нафтопродуктами прилеглої до нього території [5].

Для оцінки впливу забруднення ґрунтових вод нафтопродуктами від «техногенного покладу», відповідно до розпорядження Харківської обласної державної адміністрації та у зв'язку з недотриманням вимог природоохоронного законодавства (лист Харківської комплексної геологічної партії від 22.10.2002 р. № 213-г) УкрНДІЕП було відібрано проби підземної води із свердловин на питну воду глибиною 64 і 80 м та шахтного колодязя в смт Андріївка Балаклійського району для вимірювання вмісту в них нафтопродуктів. Результати аналізів показали, що найбільша концентрація нафтопродуктів (0,5 мг/л) була зареєстрована у пробі колодязної води. В інших двох пробах концентрація нафтопродуктів становила: у воді із свердловини глибиною 64 м – 0,45; у воді із свердловини глибиною 80 м – 0,30 мг/л, тобто у двох випадках спостерігалось перевищення ГДК нафтопродуктів для води водних об'єктів господарсько-питного та комунально-побутового водокористування.

«Техногенний поклад», що утворився в результаті виробничої діяльності Шебелинського ВПГКН, очевидно, слід вважати точковим джерелом забруднення території нафтопродуктами, але, враховуючи процес постійної латеральної і радіальної міграції забруднень на значні площі, дане джерело можна віднести і до площадкового.

**Методика дослідження.** Для вимірювання масової концентрації нафтопродуктів у підземних водах використовували флуориметричний метод, заснований на екстракції нафтопродуктів гексаном і вимі-

рюванні інтенсивності флуоресценції екстракту на аналізаторі рідини «Мікран» [6].

Лабораторні аналізи проб підземних вод виконувались за допомогою атестованих методик в атестованих лабораторіях відповідно до вимог Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність». Використання атестованих методик, для яких встановлено нормативи похибок вимірювань, дозволяє отримувати вірогідні результати фізико-хімічних і токсикологічних аналізів відібраних проб.

**Виклад основного матеріалу.** Зразки підземних вод було відібрано упродовж 2019-2021 рр. у всі сезони року з 5 шахтних колодязів на території смт Андріївка (рис. 1). Вода з шахтних колодязів, в основному, використовується населенням для питних і технічних цілей. Це пов'язано з тим, що глибина шахтних колодязів, залежно від ландшафтної позиції й глибини залягання ґрунтових вод, є незначною – від 2 до 5 м. Такі підземні води водоносних горизонтів у четвертинних відкладеннях, в основному, не захищені від забруднень.

В результаті проведених досліджень встановлено, що упродовж 2019 року зафіксовано перевищення ГДК нафтопродуктів для води водних об'єктів господарсько-питного та комунально-побутового водокористування (0,3 мг/дм<sup>3</sup>) у двох точках відбору. В першій точці відбору (вул. Першотравнева), встановлено перевищення ГДК від 1,83 до 2,33 разів, а у другій точці (вул. Островського) від 1,33 до 1,66 разів у різні сезони року (рис. 2). На ділянках

3-5 перевищень ГДК не виявлено. Найбільше перевищення встановлено в осінній період. Глибина залягання ґрунтових вод у даній точці відбору 1 та 2 становить 2-3 метри.

У випадку, коли ґрунтові води розташовані на невеликій глибині, вони залишаються досить чистими через те, що шар ґрунту профільтрорує воду, що просочується через нього, від деяких забруднюючих речовин, наприклад, завислих частинок, і в ряді випадків сприяє видаленню патогенних мікроорганізмів. Однак це не забезпечує видалення таких компонентів, як нафтопродукти. Все це призводить до того, що при попаданні забруднювачів у водоносні горизонти вони можуть зберігатися там десятиліттями. Надходження забруднюючих речовин у водоносні горизонти відбувається зверху вниз з поверхневих осередків забруднення шляхом інфільтрації через зону аерації. Забрудненню можуть піддаватися як ґрунтові води, так і горизонти напірних вод.

Забруднення підземних горизонтів може бути практично незворотним і наслідки його залежать від властивостей ґрунтів. При глибині цих шарів до 10 і більше метрів вибрати і переробити таке забруднення практично нереально. Тому в деяких випадках залишається тільки припинити надходження в ці обрії нових порцій забруднень, хоча поширення підземної нафтової плями це не виключає.

У 2020 році в результаті проведених досліджень було встановлено, що у першій точці відбору (вул. Першотравнева), встановлено переви-

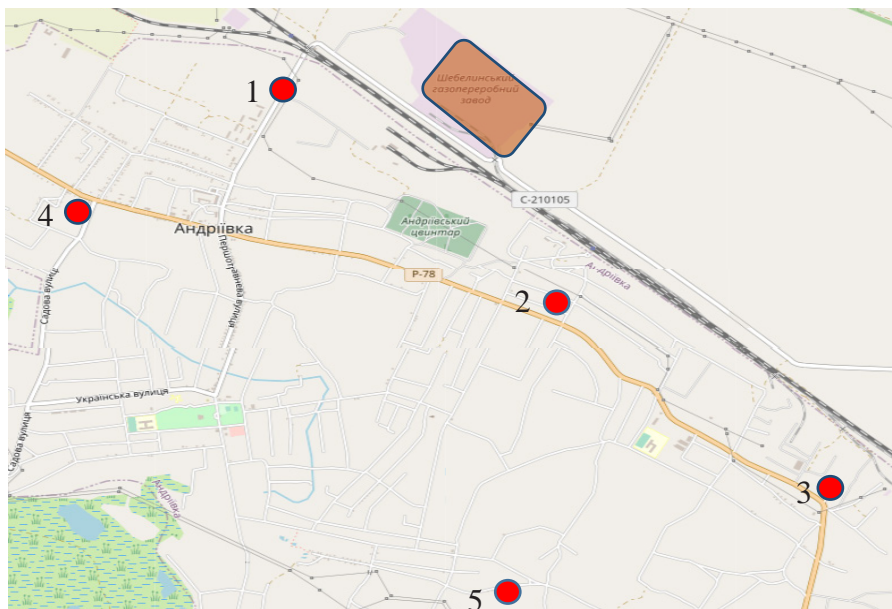


Рис. 1. Місце розташування точок відбору зразків підземних вод на території смт Андріївка

Місця відбору зразків:

- 1 – вул. Першотравнева, шахтний колодязь; 2 – вул. Островського, шахтний колодязь; 3 – вул. Залізнична, шахтний колодязь; 4 – вул. Садова, шахтний колодязь; 5 – вул. Івана Франка, шахтний колодязь.

щення ГДК від 2,00 до 2,83 разів, а у другій точці (вул. Островського) від 1,5 до 2,16 разів у різні сезони року (рис. 3). У інших точках спостережень тенденція щодо відсутності нафтохімічного забруднення, яка була визначена у 2019 році, підтвердилась.

Нафтохімічне забруднення ґрунтових вод на дослідних ділянках у 2021 році було визначено у тих самих точках відбору, а саме у першій точці відбору (вул. Першотравнева), встановлено перевищення ГДК від 1,83 до 2,50 разів, а у другій точці (вул. Островського) від 1,33 до 2,5 разів у різні сезони

року (рис. 4). На інших ділянках у зразках ґрунтових вод нафтопродукти не були визначені.

Загалом слід зазначити, що ґрунтові води на території дослідження знаходяться під дією постійного джерела забруднення, яким є «техногенний поклад» нафтопродуктів. Про це свідчить наявність у всіх зразках ґрунтових вод нафтопродуктів.

На цей час природоохоронні заходи з регулювання й обмеження надходження у природне середовище екологічно небезпечних речовин і сполук, як правило, засновано на співставленні фактичних

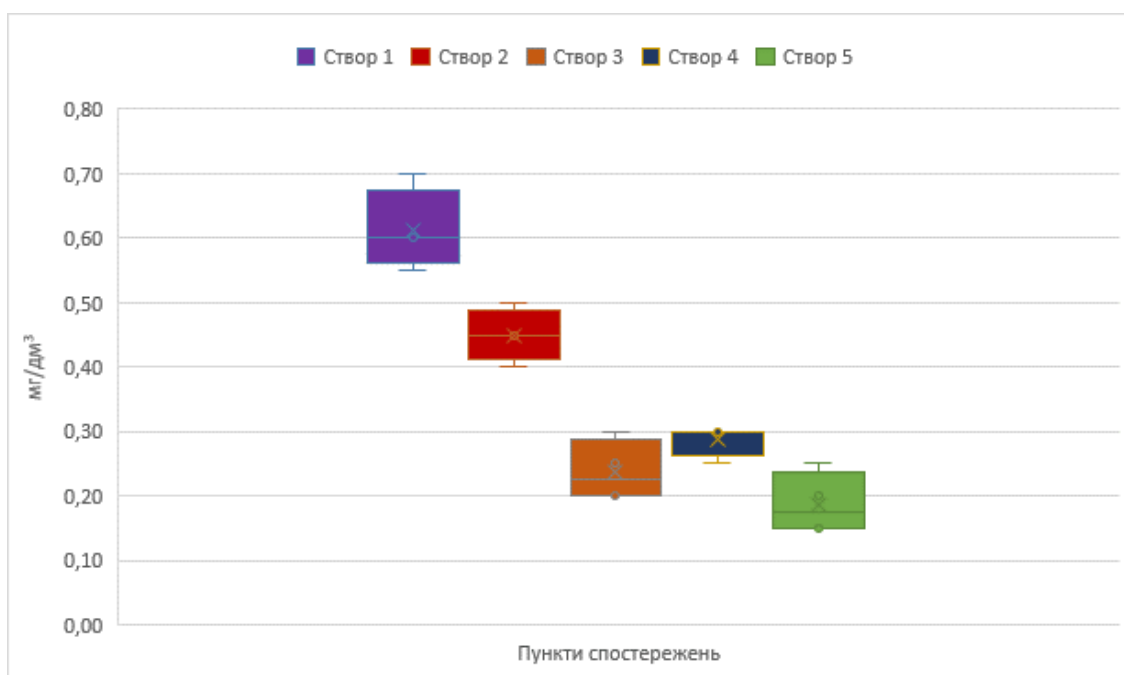


Рис. 2. Результати визначення вмісту нафтопродуктів на території смт Андріївка у 2019 році

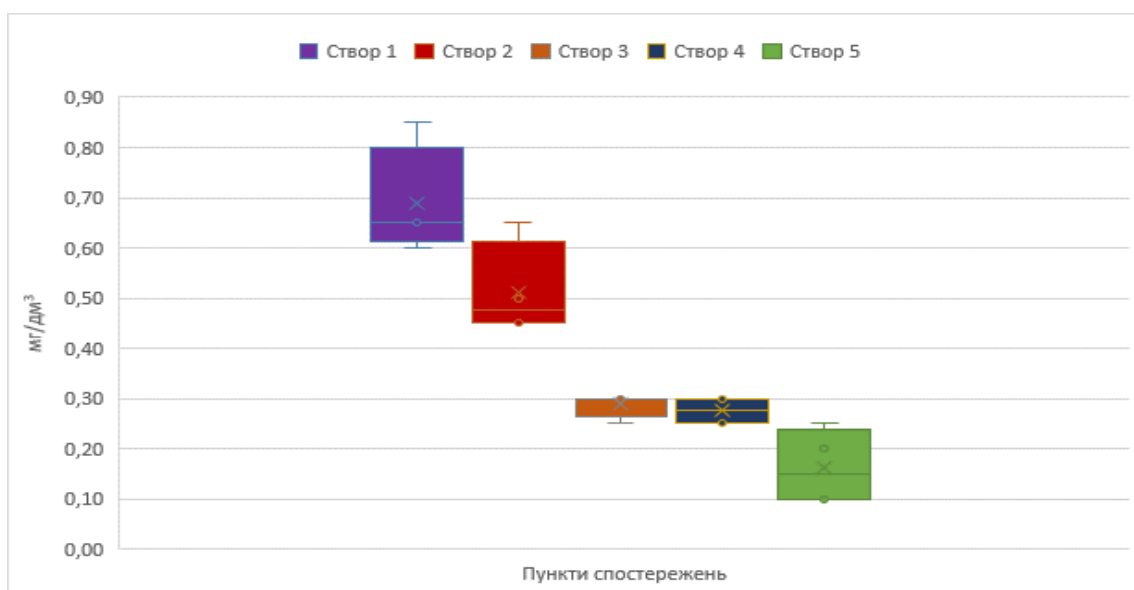


Рис. 3. Результати визначення вмісту нафтопродуктів на території смт Андріївка у 2020 році

значень їх вмісту з встановленими величинами ГДК цих речовин для відповідного компоненту природного середовища. Але при цьому використання лише інформації щодо перевищення ГДК окремих хімічних речовин, що входять до складу нафтопродуктів, недостатньо для оцінки екологічного стану території, оскільки не враховується вплив сукупної дії полікомпонентних хімічних сполук (якою є нафтопродукти) на біотичну складову екосистем. Це пов'язано з тим, що концентрація ГДК передбачає нормування ізольованого впливу хімічних речовин на відповідні тест-організми, які використовуються при встановленні ГДК, в той час як у реальних умовах вплив чинять складні суміші речовин, унаслідок чого може проявлятися комбінований ефект впливу – адитивність, синергізм, антагонізм [7-9].

На території дослідження, а саме смт Андріївка, яка прилегла до Шебелинського ВПГКН необхідно проводити хімічні та фізико-хімічні методи деконтамінації, які повинні бути спрямовані на зв'язування вуглеводнів безпосередньо у ґрунті, на зменшення їх рухомості та, як наслідок - зниження надходження до рослин і природних вод. Зазначені прийоми доцільно рекомендувати саме для локального осередку забруднення території, у якому досить ефективно й економічно виправдано використання природних та штучних сорбентів, глин і глинистих мінералів (цеоліти, вермикуліти, бентоніти, тощо). Такий підхід дозволить заощаджувати витрати, зменшити збиток для сусідніх територій і суміжних середовищ. Враховуючи хімічну природу вуглеводнів нафтопродуктів, можна очікувати, що деяка їхня частка не буде піддаватися біологічному розкладу. Отже, сприяння хімічному розкладу вуглеводнів є доцільним у даному випадку заходом.

Біологічні заходи очищення ґрунтів є головними на етапі біологічної рекультивациі цих земель. Ці заходи

повинні передбачати активізацію діяльності нативної мікрофлори шляхом систематичного рихлення ґрунту і внесення азотних добрив на прилеглих до осередку забруднення орних землях сільськогосподарського призначення, та штучне заселення ґрунту специфічними вуглеводнеокислювальними мікроорганізмами (інокуляція мікробіологічних препаратів).

**Головні висновки.** У період 2019-2021 рр. було проведено обстеження ґрунтових вод, які було відібрано з 5 шахтних колодязів на території смт Андріївка. Дана територія знаходиться під впливом Шебелинського відділення з переробки газового конденсату та нафти, із-за виробничої діяльності якого утворився «техногенний поклад» нафтопродуктів та мали місце неодноразові аварійні витіки газового конденсату.

В результаті проведених експериментальних досліджень встановлено, що територія смт Андріївка у точках відбору 1 та 2 підвернута постійному надлишковому впливу нафтохімічного забруднення. Про це свідчать дані лабораторних аналізів, за якими встановлено перевищення нормативних вимог у 1,33-2,83 рази.

Різноманітність і мінливість вуглеводневого складу нафтопродуктів обумовлюють необхідність використання комплексу показників для оцінки їхнього впливу на стан екосистеми. Це пов'язано з тим, що на основі результатів вимірювання вмісту нафтопродуктів у компонентах ландшафту не враховується вплив сумісної дії вуглеводневих сполук, що входять до складу нафтопродуктів, а також результат їхньої взаємодії із присутніми у воді й ґрунті іншими хімічними речовинами. Крім того, для оцінки рівня забруднення компонентів ландшафту використовується прийом зіставлення фактичних значень концентрації нафтопродуктів з їх гранично допустимими концентраціями.

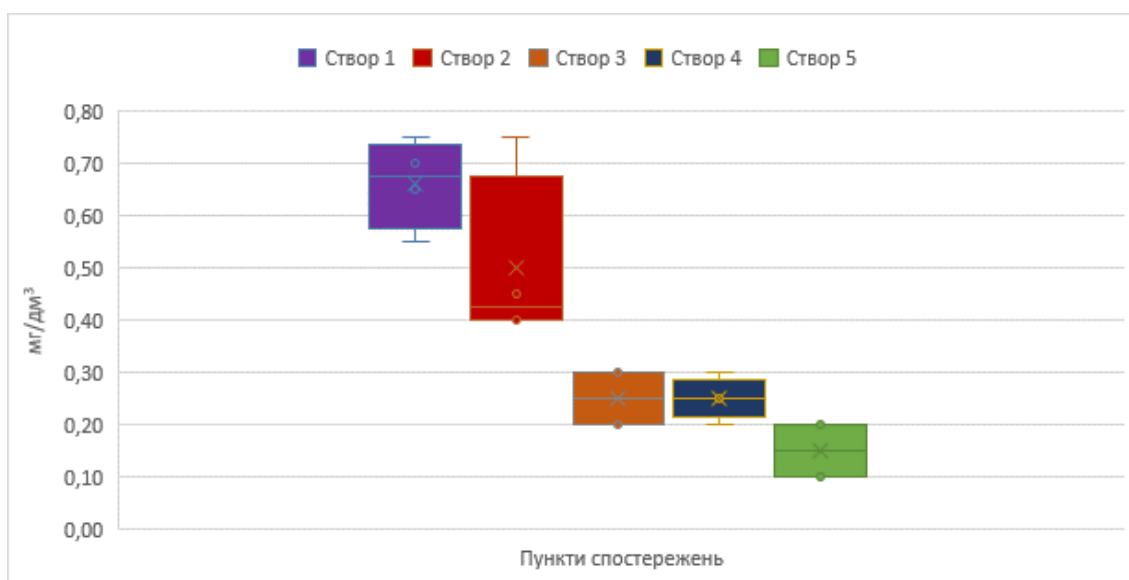


Рис. 4. Результати визначення вмісту нафтопродуктів на території смт Андріївка у 2021 році

У випадку вуглеводневого забруднення такий прийом можна використати досить умовно, оскільки до складу нафтопродуктів входять десятки різних вуглеводнів, для більшості з яких ГДК не встановлено як для води водних об'єктів.

**Перспективи використання результатів дослідження.** У зв'язку з вищенаведеним, при визна-

ченні допустимого вуглеводневого навантаження на природне середовище доцільно враховувати, поряд з встановленими гранично допустимими концентраціями нафтопродуктів для відповідних компонентів, результати оцінки стану біотичної складової наземних і водних екосистем за допомогою біологічних показників.

### Література

1. Пиковский Ю. И. Геохимические особенности техногенных потоков в районе нефтедобычи. *Техногенные потоки вещества в ландшафтах и состоянии экосистем*. М.: Наука, 1981. С. 134-148.
2. Пиковский Ю. И., Солнцева Н. П. Геохимическая трансформация дерново-подзолистых почв под влиянием потоков нефти. *Техногенные потоки вещества в ландшафтах и состоянии экосистем*. М.: Наука, 1981. С. 149 – 154.
3. Sililo O.T. Migration and attenuation of organic contaminants in the unsaturated zone: Field experiments in the Western Cape, South Africa / *Ground-water in the Urban Environment: Problems, Processes and Management*. Rotterdam: Balkema, 1997. P. 181 – 186.
4. Васильев А. Н., Журавель Н. Е., Клочко П. В. Организация гидрохимического мониторинга в условиях нефтегазоносного северо-востока Украины. – Харьков: Экограф, 2001. 112 с.
5. Крайнюков О.М. Особливості розповсюдження вуглеводневого забруднення та оцінка його впливу на геоекологічний стан басейну р. Сіверський Донець у межах Харківської області: автореф. дис. канд. геогр. наук : 11.00.11. Харків. 2007. 20 с.
6. Унифицированные методы исследования качества вод. Часть 1. Методы химического анализа вод. – Том 1. *Основные методы*. М.: СЭВ, 1987. С. 538 – 550.
7. 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. С. 15 – 33.
8. Krainiukov, O., Nekos, A., Kochanov, E., Buts, Yu., Miroschnychenko, I. Biomonitoring of soil quality within the limits of the oil refining enterprise. *14th International Scientific Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment*, 10–13 November 2020, Kyiv, Ukraine. P. 49 – 51.
9. Крайнюков, О., Якушева, А. Дослідження можливості використання *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg (Crustacea) у короткостроковому випробуванні при встановленні екологічних стандартів якості води в Україні. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, Серія «Геологія. Географія. Екологія»*, 2020. (51), С. 199-206. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2019-51-14>.

## ВПЛИВ АНТРОПОГЕННИХ ДЖЕРЕЛ ЗАБРУДНЕННЯ НА ЯКІСТЬ РІЧКИ ДНІСТЕР В МЕЖАХ УКРАЇНИ

Сапко О.Ю., Кур'янова С.О.

Одеський державний екологічний університет  
вул. Львівська, 15, 65016, м. Одеса  
sapko-olga@ukr.net, red\_sun@ukr.net

У даний час річка Дністер є суттєво антропогенно трансформованою та знаходиться під впливом складного комплексу стресорних факторів, а саме забруднення вод, зміна гідрологічного режиму, трансформація прилеглих територій, тощо. З огляду на важливість Дністра як джерела питної води для великих міст, наприклад, Одеси, ситуація, що склалася загрожує не тільки навколишньому середовищу, а й здоров'ю людей. Цим визначається актуальність дослідження. В роботі використано метод системного аналізу наявної інформації про антропогенні джерела забруднення р. Дністер, оцінка якості поверхневих вод за Методикою екологічної оцінки якості поверхневих вод суші та естуаріїв України.

Водні ресурси басейну Дністра інтенсивно використовуються в виробничій діяльності. Основними видами діяльності та навантаження на водні ресурси басейну р. Дністер є: житлово-комунальне господарство, промисловість, сільське господарство, включаючи рибне господарство, гідроенергетика та протипаводковий захист. Серед основних транскордонних проблем характерними для р. Дністер є: забруднення органічними, біогенними та небезпечними речовинами; гідроморфологічні зміни; забруднення пластиком та іншими побутовими відходами прибережної смуги річки; поширення інвазивних видів. За обсягом скидання зворотних вод в межах України найбільша кількість зворотних вод надходить від Івано-Франківської області. Розрахований екологічний індекс якості вод на різних ділянках ріки змінюється в межах Львівської області від 1,93 до 3,61. В Івано-Франківській, Тернопільській, Хмельницькій та Чернівецькій областях екологічний індекс коливається від 2,29 – 2,21. На кордоні з Молдовою спостерігається збільшення індексу до 3,25. Найбільший показник індексу (4,02) спостерігається у пониззі Дністра в межах Одеської області. Характеристика якості вод, як показали розрахунки, змінюється за станом – від «добре» до «задовільна», а за ступенем чистоти – від «чисті» до «слабко забруднені». Якість води у пониззі Дністра значною мірою залежить від впливу антропогенних джерел, які розташовані на території Молдови, тому, на наш погляд, необхідно звернути увагу на співробітництво обох країн в напрямку зменшення антропогенного впливу на річку. *Ключові слова:* р. Дністер, антропогенні джерела забруднення, басейн річки, екологічний стан, водні ресурси, оцінка якості.

### **Impact of anthropogenic sources of pollution on the quality of the Dniester river in Ukraine. Sapko O., Kurianova S.**

At present, the Dniester River has been significantly anthropogenically transformed and is under the influence of a complex set of stress factors, namely water pollution, changes in the hydrological regime, transformation of adjacent areas, etc. Given the importance of the Dniester as a source of drinking water for large cities such as Odessa, the current situation threatens not only the environment but also human health. This determines the relevance of the study. The method of systems analysis of the available information on anthropogenic sources of pollution of the Dniester River. Was used in the paper the quality of surface waters was assessed according to the Methodology for the ecological assessment of the quality of surface waters of land and estuaries of Ukraine [1].

Water resources of the Dniester basin are intensively used in economic activity. The main activities and pressures on the water resources at the Dniester basin are: housing and municipal services, industry, agriculture, including fisheries, hydropower and flood protection. Among the main transboundary problems, the following are typical of the Dniester River: pollution with organic, nutrient and hazardous substances; hydromorphological changes; pollution of the coastal strip of the river with plastic and other household waste; spread of invasive species. In terms of return water discharge within Ukraine, the largest amount of return water comes from Ivano-Frankivsk oblast. The calculated environmental index of water quality in diverse sections of the river varies within the Lviv oblast from 1,93 to 3,61. In Ivano-Frankivsk, Ternopil, Khmelnytsky and Chernivtsi oblasts, the environmental index ranges from 2,29 to 2,21. On the border with Moldova, there is an increase in the index to 3,25. The highest index value (4,02) is observed in the lower Dniester within the Odessa oblast. Water quality characteristics, as shown by calculations, vary from "good" to "satisfactory", and the degree of purity – from "pure" to "slightly polluted". The quality of water in the lower reaches of the Dniester largely depends on the impact of anthropogenic sources located in Moldova, therefore, in our opinion, it is necessary to pay attention to cooperation between the two countries to reduce anthropogenic impact on the river. *Key words:* Dniester river, anthropogenic sources of pollution, river basin, environmental status, water resources, quality assessment.

**Актуальність дослідження.** У сучасному світі антропогенне навантаження стає реальною загрозою для природних ресурсів. Водні ресурси річок відносять до відновлюваних, проте катастрофічне погіршення якості води через господарську діяльність людини, порушення гідрологічного та гідрохімічного балансу може призводити до значних втрат водних ресурсів, трансформації та знищення річкових екосистем, погіршення якості води та неможливості її використання для потреб населення.

У даний час річка Дністер є суттєво антропогенно трансформованою та знаходиться під впливом складного комплексу стресорних факторів, а саме забруднення вод, зміна гідрологічного режиму, трансформація прилеглих територій, тощо. З огляду на важливість Дністра як джерела питної води для великих міст, наприклад, Одеси, ситуація, що склалася загрожує не тільки навколишньому середовищу, а й здоров'ю людей. Цим визначається актуальність дослідження.

**Мета роботи.** Метою роботи є виконання екологічної оцінки якості води на окремих постах гідрометеорологічних спостережень, порівняння якості води на різних ділянках водного об'єкту, виявити тенденцію щодо її зміни в просторі та проаналізувати вплив окремих антропогенних джерел на неї.

**Методи дослідження.** В роботі використано метод системного аналізу наявної інформації про антропогенні джерела забруднення р. Дністер, оцінка якості поверхневих вод за Методикою екологічної оцінки якості поверхневих вод суші та естуаріїв України [1].

**Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями.** Тема дослідження відповідає основним напрямкам екологічної політики щодо охорони, відтворення та раціонального використання водних ресурсів, які визначені Законом України «Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» [2]. Крім того, робота є актуальною з точки зору аналізу реалізації положень Європейського законодавства щодо управління водними ресурсами в Україні.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Дослідженню якості вод окремих ділянок Дністра присвячена низка робіт, в тому числі [3 – 5]. В роботах виконано оцінку якості води окремих ділянок Дністра за індексом забрудненості води, вказано на збільшення антропогенного навантаження на річку та перевищення гранично допустимих концентрацій за вмістом основних гідрохімічних показників якості води у контрольних створах річки на окремих постах спостереження. Виявлено, що води басейну річки Дністер здебільшого помірно забруднені та перебувають під значним антропогенним впливом, рівень якого близький до межі стійкості екосистем.

**Результати досліджень.** Дністер це транскордонна річка, друга за розмірами в Україні та дев'ята в Європі, яка належить до важливих водних артерій України, а для Республіки Молдова є головною водною артерією. Ріка перетинає територію шести областей західної України (Львівської, Івано-Франківської, Тернопільської, Чернівецької, Хмельницької, Вінницької), Молдову та на рівнинах Одещини розливається Дністровським лиманом, через який сполучається з морем. На території України розташовано 73 % загальної площі басейну Дністра, на території Молдови – 26,4 % [6].

Водні ресурси басейну Дністра інтенсивно використовуються в економічній діяльності, що значно впливає на стан водної екосистеми річки. Як зазначено в [6, 7], у 2017 р. загальний об'єм водовідведення у басейні Дністра склав 242,50 млн. м<sup>3</sup>, з них 89,4 млн. м<sup>3</sup> припадає на Республіку Молдова та 153,1 млн. м<sup>3</sup> – на Україну. Серед галузей економіки надходження стічних вод розподілене наступним чином: комунальне господарство: Україна – 56 %, Молдова – 44 %; промисловість: Україна –

84%, Молдова – 16%; сільськогосподарство: Україна – 71 %, Молдова – 29 % [6, 7].

Домінуючу частину забруднення органічними сполуками генерують великі міста Молдови та України з населенням більше 100 тис. чоловік, а саме: Кам'янець-Подільський, Львів, Івано-Франківськ, Тернопіль в Україні та Бельці, Кишинів, Сороки, Кам'янка, Рибниця, Дубоссари в Молдові. Всі ці населені пункти мають застарілі очисні споруди, після очистки на яких стоки потрапляють безпосередньо у Дністер. Через це рівень антропогенного впливу на екосистему річки від витоків до гирла дуже високий. Зі стічними водами цих міст надходить до 60 % органічних сполук за показником БСК та 70 % – за ХСК [6].

Нафтохімічна, целюлозно-паперова галузі та підприємства харчової промисловості є найбільш великими забруднювачами. На берегах Дністра та його приток розташовані такі промислові підприємства як Дрогобицький та Надвірнянський нафтопереробні заводи, Калуський «Хлорвініл», Жидячівський целюлозно-паперовий комбінат. Крім того у водозбірному басейні річки функціонують великі цукроварні та м'ясокомбінати. Забруднення органічними речовинами від промислових точкових джерел склали 0,095 тис. т за БСК (з них 0,082 тис. т – Україна та 0,013 тис. т – Молдова) та 1058 тис. т за ХСК (з них 606 тис. т – Україна та 452 тис. т Молдова) [6].

Транскордонна р. Дністер використовується для виробництва електроенергії. На річці споруджено Дубоссарську ГЕС (1954 р.) в Молдові та Дністровську ГЕС (1987 р.) і Дністровську ГЕС-2 (2000 р.) в Україні. Їх діяльність призвела до гідроморфологічних змін річки та її зарегульованості.

Основна роль в забрудненні вод басейну Дністра біогенними речовинами на території України та Молдови належить дифузним джерелам сільськогосподарського походження. Суттєво впливає на якість води річки Дністер водогосподарська діяльність і інтенсивна хімізація сільгоспугідь [6].

Для оцінки антропогенного навантаження на річку Дністер в межах України, нами було досліджено об'єми скидання зворотних вод за період з 2015 по 2019 рр., які наводяться в регіональних доповідях про стан навколишнього природного середовища Львівської, Івано-Франківської, Тернопільської, Черновецької, Хмельницької, Вінницької та Одеської областей [8].

За обсягом скидання зворотних вод (табл. 1) майже 42 % надходить від Івано-Франківської області. Львівська та Тернопільська області в середньому скидають 25 та 23 % (відповідно) від загального об'єму зворотних вод, які надходять з території України. В межах Одеської області об'єм скидання зворотних вод складає близько 9 %. На долю Чернівецької, Хмельницької та Вінницької областей припадає лише 1 % від загального обсягу скидання зворотних вод. Така ситуація пояснюється тим, що в межах цих



областей на річці не розташовано великих міст-водокористувачів. Динаміка скиду зворотних вод по областях України в часовому розрізі залишається майже без змін та коливається в межах 1 – 2 %.

Оцінка якості вод р. Дністер проводилася за затвердженою Методикою оцінки якості поверхневих вод та естуаріїв України [1]. В якості вихідних даних було використано дані спостережень гідрометпостів, які наведено в [9]. Результати розрахунків екологічного індексу наведено на рис.1.

Аналіз екологічного індексу якості вод на різних ділянках річки показує що:

У Львівській області екологічний індекс якості вод змінювався від 1,93 до 3,61. У верхів'ї р. Дністер біля с. Стрільки Старосамбірського району характеристика якості води становила – за станом «добрі», за ступенем чистоти – «чисті». Вже у районі с. Розвадів відчувається незначний вплив скиду стоків Дрогобицького промислового вузла. Екологічний індекс у цьому пункті спостережень зростає до 2,47 залишаючи характеристику якості вод за станом на рівні – «добрі», але за ступенем чистоти змінює на «досить чисті».

На кордоні Львівської та Івано-Франківської областей (у межах с. Сівка-Войнилівська Калуського району) спостерігається ще одне підвищення екологічного індексу до значення 3,6. На цій ділянці він

характеризує якість вод – за станом як «задовільні», а за ступенем чистоти – «слабко забрудненні». Головними точковими антропогенними джерелами забруднення виступають нафтохімічне виробництво «Карпатнафтохім» та ВО «Хлорвініл», які розташовані біля м. Калуш.

У межах Тернопільської області (район с. Заліщики) екологічний індекс якості вод Дністра покращується і дорівнює 2,29, що характеризує якість вод за станом «добрі», а за ступенем чистоти – «досить чисті».

В свою чергу вплив на якість поверхневих вод берегових точкових джерел забруднення м. Чернівці (пункт спостережень біля с. Митків) незначно погіршує екологічний індекс, який збільшується до значення 2,5, але залишає характеристику якості вод за станом – «добрі», а за ступенем чистоти – «досить чисті».

У межах Чернівецької (поблизу м. Хотин) та Хмельницької областей (у районі питного водозабору м. Камениць-Подільський) екологічний індекс зменшується і коливається відповідно від 2,37 (характеристика якості вод – за станом – «добрі», а ступенем чистоти – «досить чисті») до 1,9 та характеризується за станом як «дуже добрі», а ступенем чистоти – «чисті».

Але вже на кордоні з Молдовою спостерігається збільшення індексу в районі с. Наславча

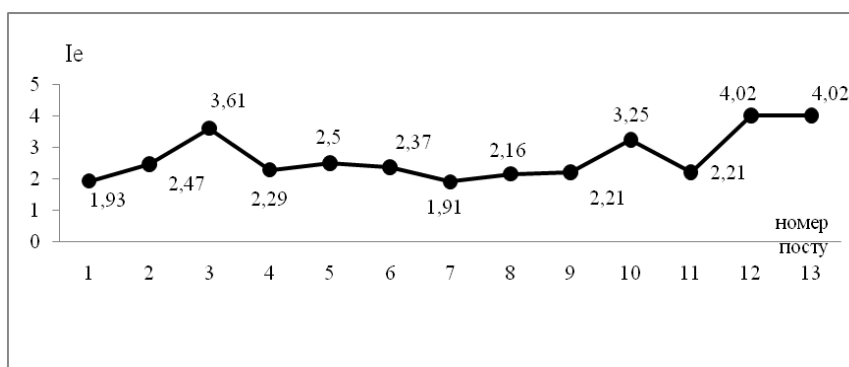


Рис. 1. Екологічний індекс якості вод р. Дністер:

1 – с. Стрільки, 2 – с. Розвадів, 3 – с. Сівки, 4 – с. Заліщики, 5 – м. Митків,  
6 – м. Хотин, 7 – м. Кам'янець-Подільський, 8 – с. Кормань,  
9 – с. Наславча, 10 – м. Могильов-Подільський, 11 – с. Цикинівка,  
12 – м. Біляївка, 13 – с. Маяки

Таблиця 1

Об'єм скидання зворотних вод у річку Дністер по областях України, млн.м<sup>3</sup> [8]

Області	Рік				
	2015 р.	2016 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.
Львівська	31,34	33,48	31,7	33,2	29,8
Івано-Франківська	-	51,43	52,90	55,07	53,79
Тернопільська	29,42	29,41	29,61	28,42	31,28
Черновецька	5,26	5,54	0,0003	0,0003	0,0003
Хмельницька	0,21	0,18	0,66	0,50	0,39
Одеська	11,91	10,94	11,94	10,27	10,90
Всього	78,14	130,98	126,81	127,46	126,16

(нижній б'єф Нижньодністровської ГЕС) до значення 2,21, яке характеризує якість вод за станом вод «добре», а за ступенем чистоти «досить чисті». В межах м. Могилів-Подільський (митний перехід з Республікою Молдова) індекс зростає до 3,25 та має характеристику якості вод за станом – «задовільна», а за ступенем чистоти – «слабко забруднена».

В межах Молдови найбільшими джерелами органічного забруднення Дністра є очисні споруди міст Сороки та Кишинів. Спільною проблемою є те, що очисні споруди цих міст побудовані до 1985 р. та на сьогодні є не лише морально застарілими, а й знаходяться в аварійному стані.

У Сороках понад 2,5 тис. т стічних вод щодня потрапляє з каналізації прямо в Дністер. В місті фактично немає очисних споруд. Очисні споруди обладнані лише єдиним фільтром-резервуаром, де відбувається відстоювання великих фракцій забруднювачів. З 1993 по 2001 рр., неочищені стоки з молдавського м. Сороки періодично розливались зі старого несправного трубопроводу на вулиці українського села Цекінівка, що призводило до забруднення ґрунтів, підземних та наземних вод, води в колодязях біля колектору та р. Дністер [10].

Система каналізації Кишиніва є сукупністю каналізаційних колекторів (загальною довжиною 906,7 км), 24 каналізаційних насосних станцій та 5-ти станцій біологічної очистки (СБО). Основна частина стоків очищається на Кишинівській СБО, яка була побудована в період з 1968 по 1984 рр., та її проектна потужність становить – 340 тис. м<sup>3</sup>/добу. На теперішній час технічний стан СБО є незадовільним, що обумовлено високим ступенем зносу обладнання, що становить 96 %, зносом споруд та конструкцій (на 80 %) та відсутністю споруд для механічної обробки осаду [11].

Найбільший показник індексу якості води спостерігається в пониззі Дністра в межах Одеської області. А саме біля смт. Біляївка, с. Маяки він досягає значення 4,02 та характеризує якість вод за станом як «посередня», а за ступенем чистоти – «помірно забруднена».

Як говорилось вище, річка Дністер є транскордонною та використовується не тільки Україною, але і Молдовою. Тому співробітництво обох держав є необхідною умовою та потужним інструментом для підвищення ефективності управління водними ресурсами та дозволяє узгоджувати спільні дії для екологічного оздоровлення Дністра.

Договір між Україною та Молдовою про співробітництво в області охорони та сталого розвитку Дністра був підписаний у 2012 р. Його ціллю є створення правових та організаційних основ співробітництва для досягнення раціонального та екологічно обґрунтованого використання і охорони водних та інших природ-

них ресурсів та екосистем басейну Дністра в інтересах населення та сталого розвитку обох держав.

В межах транскордонного співробітництва України та Молдови в 2018 р. була створена Комісія зі сталого використання і охорони річки Дністер. Її робота покликана сприятиме зниженню напруженості у відносинах між країнами та пошуку ефективних рішень для розв'язання екологічних проблем по обидва боки Дністра.

31 березня 2021 р. представниками обох держав була підписана Спільна Заява про стратегічну програму дій для басейну річки Дністер на 2021 – 2035 рр. План дій допоможе впровадити конкретні кроки для зниження забруднення в басейні річки Дністер та синхронізує заходи у планах управління річковим басейном Дністра обох країн. Ключовими завданнями цього Плану є: зниження забруднення та охорона води; пом'якшення наслідків кліматичних змін і природних катастроф; посилення українсько-молдавського співробітництва у сфері управління водними ресурсами; популяризація принципів ощадливого використання водних ресурсів [12].

**Висновки.** Отже, основними видами діяльності та навантаження на водні ресурси басейну р. Дністер є: житлово-комунальне господарство, промисловість, сільське господарство, включаючи рибне господарство, гідроенергетика та протипаводковий захист. Серед основних транскордонних проблем характерними для р. Дністер є: забруднення органічними, біогенними та небезпечними речовинами; гідроморфологічні зміни; забруднення пластиком та іншими побутовими відходами прибережної смуги річки; поширення інвазивних видів. Якість води у пониззі Дністра значною мірою залежить від впливу антропогенних джерел, які розташовані на території Молдови, тому, на наш погляд, необхідно звернути увагу на співробітництво обох країн в напрямку зменшення антропогенного впливу на річку.

Для вирішення всіх перелічених проблем необхідно: розробляти та реалізовувати природоохоронні заходи в рамках роботи міжнародних басейнових організацій; брати участь у міжнародних проектах та координувати діяльності з пошуку інвестицій на покращення екологічного стану басейну; посилити відповідальність за виконання міжнародних зобов'язань щодо реалізації спільних планів транскордонних басейнів. На наш погляд, доцільно було би включити до складу Басейнової ради Дністра представників зацікавлених сторін з боку Молдови, що дозволить приймати більш виважені рішення щодо управління якістю води всього річкового басейну.

Всі вище перелічені заходи дозволять зберегти р. Дністер як важливе джерело питної води для великої кількості населених пунктів в межах України та Молдови.

## Література

1. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. В.Д. Романенко, В.М. Жукинський, О.П. Оксіюк, та ін. К.: СИМВОЛ-Т, 1998. – 28 с.
2. Про встановлення рамок діяльності Співтовариства в галузі водної політики: Директива № 2000/60/ЄС від 23 жовтня 2000 р. URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994\\_962#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_962#Text).
3. Ковалева Н.В., Мединец В.И., Снигирев С.М., Дерезюк Н.В. Оценка качества вод водных объектов Нижнего Днестра / Мат. Міжнар. конф. «Міжнародна співпраця і управління транскордонним басейном для оздоровлення річки Дністер». Одеса: ІНВАЦ, 2009 – С. 131 – 135.
4. Романчук М.Є., Ткач К.С., Поліщук А.А., Колісник А.В. Оцінка якості води р. Дністер-водозабір за гідрохімічними показниками протягом 1998-2012 рр. та особливості змін біогенних речовин за характерні по водності роки / Вісн. Одес. держ. екол. унів., 2015, №19. – С. 114 – 119.
5. Шибанова А.М., Погребенник В.Д., Мітрясова О.П., Руда М.В., Джумеля Е.А., Паславський М.М. Екологічне оцінювання якості води річки Дністер / Науковий вісник НЛТУ України, 2021, т. 31, № 5. – С. 74 – 78.
6. Трансграничный диагностический анализ бассейна реки Днестр. Подготовлен в рамках проекта ГЭФ «Содействие трансграничному сотрудничеству и комплексному управлению водными ресурсами в бассейне реки Днестр», и разработан по запросу правительств Республики Молдова и Украины. Киев – Кишинев, 2019. – 160 с. URL: [https://dniester-commission.com/wp-content/uploads/2020/10/TDA\\_web\\_RU.pdf](https://dniester-commission.com/wp-content/uploads/2020/10/TDA_web_RU.pdf).
7. План управления трансграничным речным бассейном Днестра: Часть 1. Общая характеристика и оценка состояния. Подготовлен в рамках Проекта ГЭФ «Содействие трансграничному сотрудничеству и комплексному управлению водными ресурсами в бассейне реки Днестр» 2019. – 154 с. URL: [https://dniester-commission.com/wp-content/uploads/2019/07/Dniester\\_TDA\\_July2019.pdf](https://dniester-commission.com/wp-content/uploads/2019/07/Dniester_TDA_July2019.pdf).
8. Регіональні доповіді про стан навколишнього природного середовища. URL: <https://mepr.gov.ua/timeline/Regionalni-dopovidi-pro-stan-navkolishnogo-prirodnogo-seredovishcha.html>.
9. Данні державного моніторингу поверхневих вод. URL: <https://data.gov.ua/dataset/surface-water-monitoring>.
10. Слободчикова Д. Днестр – река, ставшая канализацией. Что пьют жители Одессы и Кишинева? / NewsMaker. URL: <https://hromadske.ua/ru/posts/dnestr-reka-stavshaya-kanalizaciej-chto-pyut-zhiteli-odessy-i-kishineva>
11. Руснак А. Существующая ситуация и перспективы развития централизованной системы водоснабжения и канализации г. Кишинева / «Реформа городского сектора водоснабжения и канализации»: материалы информационно-практического семинара, 29 – 30 сентября 2006 г. Бендеры: НПО «Пеликан»; «Экоспектр»; «Выбор молодых», 2007. С. 11 – 14. URL: <http://ecospectrum.org/wp-content/uploads/2018/04.pdf>.
12. Хорев М. Стале управління Дністром – це шлях не лише до доброго стану водних ресурсів, а й довілля. Новини. Стале управління водними ресурсами. URL: <https://mepr.gov.ua/news/37136.html>.

## ОБҐРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ ОХОРОНИ ВИТОКІВ МАЛИХ РІЧОК НА ПРИКЛАДІ СЛОВЕЧАНСЬКО-ОВРУЦЬКОГО КРЯЖУ

Хом'як І.В., Козин М.С., Коцюба І.Ю., Василенко О.М., Власенко Р.П.  
Житомирський державний університет імені Івана Франка  
вул. Велика Бердичівська 40, 10005, Житомир  
ecosystem\_lab@ukr.net

Глобальні зміни клімату мають більше опосередкованих порушень стану довкілля ніж пряма дія зростання температури в атмосфері планети. Одним із них є ксерофітизація Полісся, що вже завдає великої шкоди для його екосистем та місцевого населення. Ключовим об'єктом в пом'якшенні негативних наслідків зміни клімату є витoki малих річок та оселища із ними пов'язані. За модельний регіон нами обрано Словечансько-Овруцький кряж, як територію, що має найвищу ландшафтну та біотичну різноманітність в порівнянні із аналогічними за площею територіями Полісся. Тут було зафіксовано 53 природних джерела, із яких 27 мають високий дебет та використовуються як джерело питної води. Під час дослідження ми виявили високу фітоценотичну різноманітність оселищ. Тут нами описано 80 асоціацій й два безрангових угруповання відповідного рівня, 42 союзів, 32 порядків, 24 класів, що становить 92% фітоценотичного різноманіття на рівні класу, 68% на рівні порядку, 66% на рівні союзу та 49% на рівні асоціацій. Шістнадцять оселищ належать до переліку резолюції IV Бернської конвенції. Із них 63,5% пов'язані із долинами річок. В межах цих зафіксовано 5 раритетних видів рослин та 6 видів птахів із національних і міжнародних охоронних списків. Збереження та охорона природних джерел сприяє стійкості природного середовища, соціально-економічної стабільності регіону, збереженню видового та ландшафтного різноманіття, стабілізації мезоклімату та водного режиму річок і боліт. Порушення роботи цих джерел з часом призведе до порушення, трансформації та зникнення раритетних угруповань долини річок та знизить стійкість лісових екосистем. Ці групи оселищ є ключовими стабілізаторами змін мезоклімату та живлення річок. Для забезпечення стійкого функціонування природних джерел необхідно створення в їхньому районі об'єктів природно-заповідного фонду – гідрологічних і ландшафтних заказників, пам'яток природи, тощо. *Ключові слова:* оселища, раритетна біота, зміни клімату, фітоценотична різноманітність.

**Substantiation of the need to protect the sources of small rivers on the example of the Slovenian-Ovruch ridge. Khomiak I., Kozyn M., Kotsiuba I., Vasylenko O., Vlasenko R.**

Global climate change affects the environment more through indirect effects than through direct temperature rises. Xerophytization of Polissya is an indirect manifestation of global climate change. Xerophytization of Polissya causes great damage to its ecosystems and human communities. The sources of small rivers and their natural habitats are key to mitigating the negative effects of global climate change. We chose the Slovensko-Ovruchski ridge for the role of a model research region. The Slovechansko-Ovruchski ridge has the highest landscape and biotic diversity in comparison with similar areas of Polissya. We have identified 53 natural springs, of which 27 have a high debit water and are used or have been used as a source of drinking water. We found a high phytocenotic diversity of habitats during our study. There are 80 associations and two rankless groups of the appropriate level, 42 unions, 32 orders, 24 classes, which is 92% of phytocenotic diversity at the class level, 68% at the order level and 66% at the union level and 49% at the association level. There are 5 rare species of plants and 6 species of birds from national and international protection lists. Preservation and protection of natural resources contributes to the sustainability of the natural environment, socio-economic stability of the region, conservation of species and landscape diversity, stabilization of the climate and water regime of wetlands. Disruption of these sources will eventually lead to the disruption, transformation and disappearance of rare river valley groups and reduce the resilience of forest ecosystems. River and forest valley habitat groups are the main stabilizers of mesoclimate change and river nutrition. We need to create nature reserves (hydrological and landscape reserves, natural monuments, etc.) in the area of natural springs. This will ensure the sustainable functioning of natural springs. *Key words:* habitats, rare biota, climate change, phytocenotic diversity.

**Вступ.** Середовище, в якому ми існуємо, є ієрархією складних, самоорганізованих та саморегульованих систем. Саме тому, вирішити проблеми дисбалансу не можливо на індивідуалістичному рівні, намагаючись виокремити один єдиний наслідок одного єдиного антропогенного впливу [11]. Такі заходи ефективні лише в теоретичних моделях, де природа подається у вигляді простих замкнених систем. Досвід попередніх спроб збалансувати наші відносини із довкіллям вказує на те, що природні об'єкти, незалежно від їхнього масштабу, є відкритими системами, які функціонують та розвиваються

за законами детермінованого хаосу. З цієї позиції, екосозологія, як наука про теоретичні основи охорони природи, має розглядати екосистеми усіх рівнів організації, як ті, що мінюються з відносною стохастичністю [9]. При цьому, фактори, які ігноруються суспільством чи політиками, не можуть бути відкинутими експертами екологами.

Кожна антропогенна дія запускає в екосистемах ланцюги змін, що хвилями поширюються на усю біосферу – стихаючи, підсилюючись або трансформуючись. При цьому, включається велике число опосередкованих відповідей різних порядків, які можуть

мати більш критичне значення для біосфери чи окремих груп або території, ніж пряма антропогенна дія. Наприклад, збільшення викидів парникових газів зміщує процеси природного коливання показників клімату в бік глобального потепління. Однак, не самі по собі ці гази є справжньою проблемою і навіть не стільки температура, на яку вони впливають. Головна проблема – це зміни в екосистемах різного масштабу, які спричинені нею. Наприклад, на території Полісся не так важливе підвищення температури, як такої, скільки ксерофітизація спричинена змінами клімату. Це веде до дисбалансу в розподілі температур та порушення рівномірності випадання опадів. Таким чином, дощі, які починають іти не часто, але великими, часто катастрофічними порціями, дуже швидко виходять за межі природних екосистем. Часті зимові відлиги не дозволяють насититись ґрунтам та болотам вологою взимку, а літня спека поміж зливами випаровує залишки вологи влітку. Таким чином, запускаються механізми ксерофітизації, яка сама себе підсилює.

#### Огляд попередніх підходів

Ксерофітизація призводить до зниження стійкості лісових масивів та до трансформації і скорочення площ болотних екосистем і вологих лук. Деревні породи знижують темпи росту та стають більш вразливими до шкідників, навіть тих, що за звичайних умов не створювали великих проблем. На сьогодні, епідемія верхівкового короїда та синхронізованої із ним, кореневої губки знищує величезні масиви хвойних лісів. Ця катастрофа для лісового господарства та природоохоронних об'єктів спричинена, насамперед, процесами ксерофітизації. З одного боку, хвойні дерева послабили свою здатність до відновлення після враження шкідниками. З другого боку, змінився цикл розмноження верхівкового короїду, який за аналогією із його американськими популяціями, збільшив кількість періодів розмноження за сезон, чисельність потомства та зміни його статевої структури. І з третього боку, спричинив можливість «співпраці» між короїдом та кореневою губкою. Однак, це не єдина проблема. Лісові масиви є стабілізаторами клімату. Вони змінюють баланс між відбитою та поглинутою енергією, зменшують випаровування та інші втрати вологи, поглинають та консервують на тривалий час вуглекислий газ. Отже, зменшення площ та структурної якості лісів прискорює ксерофітизацію [15]. Таким чином, ми отримуємо циклічну модель, в якій кожен наступний крок підсилюється попереднім.

Аналогічна ситуація із водно-болотними угіддями. Порушення режиму зволоження призводить до трансформації усіх типів злаковників [16]. Болотні екосистеми, насамперед мезотрофні, перетворюються на луки, а мезофітні луки на мезоксерофітні. Руйнування боліт призводить до вивільнення метану та вуглекислого газу в атмосферу та унеможлиблює рівномірне проступання води в річки. Це не

лише посилює вже існуючі негативні наслідки змін клімату, а й призводить до руйнування річкової системи на Полісся та в басейні Дніпра. Останні зміни несуть велику соціально-економічну загрозу, тому що для значної частини міст України річки залишають основним джерелом води. Екосистеми району водозбору та безпосереднього виходу води на денну поверхню є найбільш вразливими елементами цієї системи. Їхнє становище та можливі ризики потрібно вивчати глибоко і системно.

За модельний регіон нами обрано Словечансько-Овруцький кряж [19]. Ця територія має найвищу ландшафтну та біотичну різноманітність в порівнянні із аналогічними за площею територіями Полісся [1, 10, 17, 18]. Тут на невеликій площі спостерігаються відмінні за геологічною будовою, ґрунтовими умовами, комплексом орографічних факторів та антропогенним впливом природні урочища [3, 4], які знаходяться на різній стадії розвитку [21]. Саме тому, Словечансько-Овруцький кряж приваблює інтерес різноманітних дослідників – біологів, геологів, етнографів, істориків, лінгвістів та археологів [8, 14]. Одним із першовідкривачів кряжу для науки був академік Павло Аполлонович Тутковський [12]. Він порівнював Словечансько-Овруцький кряж з Єловстоунським національним парком (США) [13]. Першоосновою для його заяви стали спостереження за численними природними джерелами, що потужними потоками вириваються на денну поверхню. Такі об'єкти мають високу наукову та природоохоронну цінність світового рівня [2]. Нажаль, більшість із них не захищені жодними заходами із охорони і не мають статусу об'єктів ПЗФ [5, 7].

#### Мета та завдання дослідження:

Метою дослідження є встановлення екосозологічної цінності оселищ, в яких присутні природні джерела.

Відповідно до мети було поставлено такі завдання:

- описати і класифікувати оселища в районі виходів підземних вод на денну поверхню;
- встановити екосозологічний статус вищеназваних оселищ;
- визначити необхідність створення об'єктів ПЗФ в районі виходів підземних вод на денну поверхню.

**Матеріали та методи досліджень.** Матеріалами є геоботанічні описи зроблені за стандартною методикою під час маршрутно-експедиційних та стаціонарних досліджень в період із 2004 до 2021 року. Було застосовано загальноприйняті польові та камеральні методи [20, 22]. Серед останніх – класифікація рослинності згідно із принципами швейцарсько-французької школи Браун Бланке [23].

**Результати досліджень та їхнє обговорення.** На території кряжу нами зафіксовано 53 природних джерела, із яких 27 є достатньо активними та використовуються або використовувалися для отримання

питної води. Під час дослідження ми виявили високу фітоценотичну різноманітність оселищ, в межах яких знаходяться ці джерела або території їхніх безпосередніх водозборів. В той час, як рослинність усього Словечансько-Овруцького кряжу складається із 162 асоціацій та безрангових угруповань відповідного рівня, які об'єднуються у 64 союзи, 47 порядків, 27 класів, то рослинні угруповання, що знаходяться в районі природних джерел належать до 80 асоціацій й двох безрангових угруповань відповідного рівня, 42 союзів, 32 порядків, 24 класів. Це становить 92% фітоценотичного різноманіття на рівні класу, 68% на рівні порядку та 66% на рівні союзу та 49% на рівні асоціацій.

Найчастіше, в районі безпосереднього виходу підземних вод на денну поверхню найчастіше зустрічаються угруповання асоціації *Scirpetum sylvatici* Ralski 1931. Її було описано у 29,6% таких випадків. У більшості описаних джерел, за умови незначного антропогенного тиску, ми спостерігаємо комплекс оселищ, які розташовані в певному порядку. Навколо невеликої ділянки, в місці наближення води до денної поверхні зустрічаються ценози *Scirpetum sylvatici*, а навколо них угруповання вільхових лісів класу *Alnetea glutinosae* Br.-Bl. et Tüxen ex Westhoff, Dijk et al. 1946. Найчастіше це асоціація рослинних угруповань *Carici elongatae-Alnetum glutinosae* Schwickerath 1933. Як наслідок незначного антропогенного впливу, тут формуються злаково-чагарникові та чагарникові угруповання класів *Epilobietea angustifolii* та *Franguletea* Doing ex Westhoff in Westhoff et Den Held 1969. Їхні синтаксономічні схеми мають такий вигляд:

*Epilobietea angustifolii* Tx. et Preising ex von Rochow 1951: *Galeopsio-Senecionetalia sylvatici* Passarge 1981: *Epilobion angustifolii* Oberd. 1957: *Rubo-Chamaenerietum angustifolii* Hadač et al. 1969, *Rubetum idaei* Gams 1927, *Calamagrostietum epigii* Juraszek 1928

*Franguletea* Doing ex Westhoff in Westhoff et Den Held 1969: *Salicetalia auritae* Doing 1962: *Salicion cinereae* Th.Müll et Görs ex Pass 1961: *Salicetum pentandro-cinereae* Pass 1961. *Betulo-Salicetum repentis* Oberd. 1964.

Природні джерела кряжу є витокami малих річок, які належать до басейну річки Прип'ять. Оселища цих витоків разом із територією водозбору містять багато раритетних компонентів видового та екосистемного рівня. Тут описано 16 оселищ із резолюції IV Бернської конвенції (табл. 1). Більшість із них (63,5%) є типовими елементами долин річок. Ще 37,5% раритетних оселищ в районі природних джерел є лісовими екосистемами.

Вони також включають в себе велике число раритетних компонентів видового рівня. Під час приготування наукового обґрунтування для створення трьох гідрологічних заказників («Прибитоцький», «Кам'яний брід» та «Малиновий мох») нами було зафіксовано ряд видів із національних та міжнародних природоохоронних списків [6]. Тут зустрічаються рослини із Червоної книги України: *Lycopodium annotinum* L., *Vaccinium microcarpum* (Turcz. ex Rupr.) Schmalh, *Juncus bulbosus* L., *Dactylorhiza maculata* (L.) Soó та *Betula humilis* Schrank. Також, в районі природних джерел гніздяться, токують або живлять численні раритетні птахи: *Dryocopus martius* L.

Таблиця 1

Перелік оселищ резолюції IV Бернської конвенції описаних на території природних джерел Словечансько-Овруцького кряжу

Код оселища	Міжнародна назва оселища	Український аналог назви оселища
C1.224	Floating <i>Utricularia australis</i> and <i>Utricularia vulgaris</i> colonies	Вільноплаваючі колонії <i>Utricularia australis</i> та <i>Utricularia vulgaris</i>
C2.33	Mesotrophic vegetation of slow-flowing rivers	Мезотрофна рослинність повільно текучих річок
D2.3	Transition mires and quaking bogs	Перехідні болота та сплавини
D5.2	Beds of large sedges normally without freestanding water	Зарості крупних осок переважно без застою води
E1.71	<i>Nardus stricta</i> swards	Угруповання <i>Nardus stricta</i>
E2.2	Low and medium altitude hay meadows	Рівнинні та низькогірні сінокісні луки
E3.4	Moist or wet eutropic and mesotrophic grassland	Мокрі або вологі евтрофні і мезотрофні луки
F4.2	Dry heaths	Сухі пустища
F9.1	Riverine scrub	Прирічкові чагарники
G1.11	Riverine <i>Salix</i> woodland	Прибережні вербові ліси
G1.41	<i>Alnus</i> swamp woods not on acid peat	Заболочені вільхові ліси на некіислому торфі
G1.51	Sphagnum <i>Betula</i> woods	Березові ліси зі сфагновими мохами
G1.8	Acidophilous <i>Quercus</i> dominated woodland	Ацидофільні ліси з домінуванням <i>Quercus</i>
G1.A4	Ravine and slope woodland	Яружні та схилі ліси
G3.E	Nemoral bog conifer woodland	Заболочені хвойні ліси неморальної зони
X04	Raised bog complexes	Комплекси верхових боліт

(Бернська конвенція та Директива ЄС про захист диких птахів), *Ciconia nigra* L., (Червона книга України, Бернська та Боннська конвенція, Конвенція СІТЕС), *Tetrao tetrix* L. (Червона книга України, Бернська конвенція), *Buteo buteo* L. (Бернська та Боннська конвенція, Конвенція СІТЕС), *Tetrastes bona* L. (Червона книга України, Бернська конвенція) та *Lanius collurio* L. (Бернська конвенція)

Порушення роботи цих джерел з часом призведе до зменшення площ, трансформації та зникнення раритетних угруповань долини річок та зниження стійкості лісових екосистем. Ці групи оселищ є ключовими стабілізаторами мезоклімату та живлення річок. Таким чином, збереження та охорона природних джерел є одним із заходів, які сприятимуть стійкості природного середовища, соціально-економічній стабільності регіону, збереженню видового та ландшафтного різноманіття, стабілізації мезоклімату та водного режиму річок і боліт. Це має спонукати нас до створення на території оселищ, що містять природні джерела та частини їхнього водозбору,

об'єктів природно-заповідного фонду – гідрологічних і ландшафтних заказників, пам'яток природи, тощо.

#### Висновки

Райони виходу природних джерел характеризуються надзвичайно високим фітоценотичним різноманіттям. Тут зустрічаються 80 асоціацій й два безрангових угруповання відповідного рівня, 42 союзів, 32 порядків, 24 класів, що становить 92% фітоценотичного регіонального різноманіття на рівні класу, 68% на рівні порядку та 66% на рівні союзу та 49% на рівні асоціацій.

Шістнадцять оселищ описаних в районі природних джерел належать до переліку резолюції IV Бернської конвенції. Із них 63,5% пов'язані із долинами річок. У районі природних джерел зустрічаються 5 раритетних видів рослин та 6 видів птахів.

Збереження та охорона природних джерел сприяє стійкості природного середовища, соціально-економічній стабільності регіону, збереженню видового та ландшафтного різноманіття, стабілізації мезоклімату та водного режиму річок і боліт.

#### Література

1. Андриенко Т.Л., Попович С.Ю., Прядко Е.И. Находки на Словечанско-Овручской возвышенности (Украинское Полесье). *Ботанический журнал*. 1984. № 7. С. 958-962.
2. Андрійчук Т.В., Хом'як І.В., Демчук Н.С., Власенко Р.П., Костюк В.С. Еколого-просвітницький маршрут «Священні джерела Словечансько-Овруцького кряжу». *Географія та туризм*, 2021. Т. 64. с. 53-60.
3. Дідух Я.П., Хом'як І.В. Оцінка енергетичного потенціалу екоотопів залежно від ступеня їх гемеробії на прикладі Словечансько-Овруцького кряжу. *Український ботанічний журнал*. 2007. № 1. С. 62-77.
4. Дідух Я.П., Хом'як І.В. Територіальний розподіл лісових екосистем Словечансько-Овруцького кряжу. *Український фітоценотичний збірник*. 2005. вип. 23. С. 91-106.
5. Жила С.М. Перспективи та проблеми створення транскордонного біосферного резервату. *Створення транскордонного біосферного резервату та екологічної мережі в Поліссі*. / С.М. Жила, І.В. Хом'як Київ: Національний комітет України з програми ЮНЕСКО «Людина і біосфера» 2008. С. 153-169.
6. Козин М.С., Хом'як І.В. Синтаксономічна та екосозологічна характеристика природного джерела «Кам'яний брід». *Сталій розвиток країни в рамках Європейської інтеграції*: Тези Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених. Житомир: ЖДТУ, 2021. С. 104
7. Лаврик О.Д., Весельська Е.В., Хом'як І.В. Перспективи збереження ландшафтного біорізноманіття Словечансько-Овруцького кряжу шляхом створення національного природного парку. *Українське Полісся: проблеми та тренди сучасного розвитку*: матеріали II всеукраїнської науково-практичної конференції. Ніжин: НДУ ім. Гоголя, 2022. С. 16-18.
8. Мельник В.І., Баранівський О.Р., Харчишин В.Т., Хом'як І.В., Корнійчук В.С., Тітова О.Т. Флористичні знахідки на Житомирському Поліссі. *Інтродукція рослин*. 2009. № 2. С. 3-8.
9. Мшанецька В.В., Хом'як І.В. Особливості прогнозування динаміки екосистем транскордонного українсько-білоруського біосферного резервату. *Біологічні дослідження – 2020*: Збірник наукових праць. Житомир: Полісся, 2020. С. 416.
10. Никончук С. В., Хом'як І. В. Особливості поширення *Hedera helix* L. на території Словечансько-Овруцького кряжу. *Біологічні дослідження – 2019*: Збірник наукових праць. Житомир: Полісся, 2019. С. 357-358.
11. Патрон М.А., Хом'як І.В. Перспективи розширення Поліського природного заповідника на території Словечансько-Овруцького кряжу. *Біологічні дослідження – 2021*: Збірник наукових праць. Житомир: Полісся, 2021. С. 338-339.
12. Смык Г.К. Овручско-Словечанский кряж. *Природа*. 1964. № 12. С. 63-66.
13. Тутковский П.А. Словечансько-Овруцький кряж і узбережжя ріки Словечни. Геологічний та геоморфологічний опис. Київ: Видавництво УАН, 1923. 59 с.
14. Хом'як І.В., Гарбар О.В., Никончук С., Демчук Н.С., Гарбар Д.А. Еколого-ценотична характеристика популяції *Hedera helix* L. (Araliaceae) на території Словечансько-Овруцького кряжу. *Lesia Ukrainka Eastern European National University Scientific Bulletin Series: Biological Sciences*, 2019, № 3. С. 32-37.
15. Хом'як І.В. Особливості територіальної диференціації екоотопів лісових формацій Словечансько-Овруцького кряжу. *Український ботанічний журнал*. 2006. № 2. С. 235-243.
16. Хом'як І.В., Зарічна М.С., Демчук Н.С., Костюк В.С., Василенко О.М., Власенко Р.П., Гарбар Д.А. Вплив зарегулювання течії на динаміку екосистем річки Лісна (Житомирська область). *Екологічні науки*. 2021. № 2. С. 45-48.
17. Хом'як І.В., Онишук І. П. Поширення *Polystichum aculeatum* (L.) Roth. (*Dryopteridaceae*) на території Словечансько-Овруцького кряжу. *Наукові записки НаУКМА. Біологія та екологія*. 2018. № 1. С. 48-51.
18. Хом'як І.В., Дідух Я.П. Нова знахідка *Cypripedium calceolus* L. на Житомирському Поліссі. *Український ботанічний журнал*. 2009. № 6. С. 820-824.

19. Harbar Oleksandr, Khomiak Ivan, Kotsiuba Iryna, Demchuk Nataliia and Onyshchuk Iryna. Anthropogenic and natural dynamics of landscape ecosystems of the Slovechansko-Ovruchsky ridge (Ukraine). *Social ecology*. № 3. P. 347-367.
20. Hennekens S.M., Schaminée J.H.J. 2001. TURBOVEG. A comprehensive data base management system for vegetation data. *Journal of Vegetation Science*, 12(4): 589–591. <https://doi.org/10.2307/3237010>
21. Khomiak Ivan, Harbar Oleksandr, Demchuk Nataliia, Kotsiuba Iryna, and Onyshchuk Iryna. Above-ground phytomas dynamics in autogenic succession of an ecosystem. *Forestry ideas*. 2019. № 1. P. 136–146.
22. Mosyakin S.L., Fedoronchuk M.M. 1999. Vascular plants of Ukraine. A nomenclatural checklist. Kyiv: M.G. Kholodny Institute of Botany, 345 pp.
23. Westhoff V, Maarel E. van der. The Braun-Blanquet approach. Handbook of Vegetation Science. Part V: Ordination and Classification of Vegetation / Ed. by R.H. Whittaker. The Hague, 1973. P. 619-726.



## ВИКОРИСТАННЯ СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ФІТОПЛАНКТОНУ ДЛЯ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ВОД ОБ'ЄКТІВ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ УКРАЇНИ (НА ПРИКЛАДІ ДІДОВОГО ОЗЕРА)

Шелюк Ю.С.

Житомирський державний університет імені Івана Франка  
вул. В. Бердичівська, 40, 10002, Житомир  
Shelyuk\_Yulya@ukr.net

Представлено оцінку якості вод об'єкту природно-заповідного фонду України – Дідового озера з використанням структурно-функціональних характеристик фітопланктону (таксономічного складу, інформаційного різноманіття, кількісних показників розвитку, первинної продукції і деструкції органічної речовини) та на підставі проведених біоіндикаційного й гідрохімічного аналізів. Визначено його трофічний статус.

Встановлено, що у структурі фітопланктону водойми провідна роль належала планктонно-бентосним формам (50% від загальної кількості водоростей-індикаторів місця перебування), олігоглобам-індиферентам за відношенням до галобності (47%), алкаліфілам (43%). Однакові часки мали індикатори стоячих і стояче-текучих вод (по 50%). В озері відмічено переважання індикаторів сапробності, які відповідають II класу якості вод. За біомасою фітопланктону екосистема Дідового озера належить до I класу якості вод, а трофічний статус водойми оцінено як оліго-мезотрофне, за інтенсивністю фотосинтезу та співвідношенням продукційно-деструкційних процесів – до II класу, мезотрофне. Невідповідність оцінки трофічного статусу водойми за біомасою й первинною продукцією фітопланктону, ймовірно, обумовлена переважанням у домінуючих комплексах дрібноклітинних високопродуктивних видів, високим вмістом біогенів, зокрема загального нітрогену, великими площами мілководних ділянок із підвищеною швидкістю продукційних процесів, зокрема обороту нітратів і фосфатів. За більшістю аналізованих гідрофізичних і гідрохімічних параметрів водойма належить до I-II класу якості вод, проте за середніми значеннями вмісту заліза, окиснюваності перманганатної, вмісту нітрогену амонійного, нітритного і нітратного – до III-IV класів.

Встановлено появу в Дідовому озері 7 видів: *Aphanothece salina* Elenkin & A.N.Danilov, *Gloeothece linearis* Nägeli, *Euglena splendens* P.A.Dangeard, *Chromulina rosanoffii* (Woronin) Blochmann, *Kephyrion boreale* Skuja, *Achnanthes brevipes* C.Agardh. і *Diademsis gallica* W.Smith – нових для Українського Полісся. **Ключові слова:** фітопланктон, Дідове озеро, моніторинг, якість вод, трофічність, різноманіття.

### Use of structural and functional characteristics of phytoplankton to assess the water quality of the objects of the nature reserve fund of Ukraine (on the example of Didove Lake). Sheliuk Yu.

The assessment of water quality of the nature reserve fund of Ukraine - Didove Lake with the use of structural and functional characteristics of phytoplankton (taxonomic composition, information diversity, quantitative indicators of development, primary production and destruction of organic matter) and on the basis of bioindication and hydrochemical analyzes. Its trophic status has been determined.

It was found that in the phytoplankton structure of the lake the leading role belonged to planktonic-benthic forms (50% of the total number of algae-indicators of location), oligoglobals-indifferent in relation to globality (47%), alkaliphyls (43%). Indicators of standing and standing-flowing waters (50% each) had the same time. The predominance of saprobity indicators corresponding to class II water quality has been noted in the lake. According to phytoplankton biomass, the ecosystem of Didove Lake belongs to the first class of water quality, and the trophic status of the reservoir is assessed as oligo-mesotrophic, according to the intensity of photosynthesis and the ratio of production and destructive processes - to the second class, mesotrophic. The discrepancy between the assessment of the trophic status of the lake by biomass and primary phytoplankton production is probably due to the predominance of high-yielding high-yielding species in high-celled dominant complexes, high nutrient content, including total nitrogen, large areas of shallow water. According to most of the analyzed hydrophysical and hydrochemical parameters, the lake belongs to the I-II class of water quality, but according to the average values of iron content, permanganate oxidation, ammonium, nitrite and nitrate nitrogen content - up to III-IV classes.

The appearance of 7 species in Didove Lake has been established: *Aphanothece salina* Elenkin & A.N.Danilov, *Gloeothece linearis* Nägeli, *Euglena splendens* P.A.Dangeard, *Chromulina rosanoffii* (Woronin) Blochmann, *Kephyrion boreale* Skuja, *Achnanthes brevipes* C.Agardh. і *Diademsis gallica* W.Smith - new for Ukrainian Polesye. **Key words:** phytoplankton, Didove Lake, monitoring, water quality, trophism, diversity.

**Постановка проблеми.** У більшості країн світу структурно-функціональні характеристики фітопланктону водойм широко використовують як індикатор оцінки якості водного середовища [1, 2]. Дослідження закономірностей формування й функціонування фітопланктону є вкрай важливими для розробки методів моніторингу водних екосистем

та менеджменту за різних рівнів антропогенної трансформації, необхідних для забезпечення належного рівня їх функцій та екологічних сервісів.

**Актуальність дослідження.** Виходячи з перспектив євроінтеграції України, актуальним завданням сьогодення є апробація європейських методик оцінки екологічного стану водних екосистем в аспекті

імплементатії Водної Рамкової Директиви 2000/60/ЄС. Запропонована та апробована українськими гідробіологами «Класифікація якості річок та біорізноманіття» (RQBA), базується на компаративному підході до оцінки стану гідроєкосистем у відповідності до вимог ВРД 2000/60/ЄС [3, 4]. У ній в якості біологічних дескрипторів найдетальніше представлені донні безхребетні і вищі водяні рослини. Розробці подібних методик із використанням фітопланктону приділялось значно менше уваги фахівців.

Із 2019 р. в Україні набув чинності новий «Порядок здійснення державного моніторингу вод» (Постанова Кабінету Міністрів України № 758 від 19.09.2018 р.), згідно якого одним із біологічних складових моніторингу поверхневих вод є фітопланктон. Цим документом передбачено в якості показників фітопланктону, що контролюються як базові в процесі моніторингу, застосовувати кількість видів, кількість родин, біомасу об'ємну й біомасу за хлорофілом [5]. Зважаючи на це, встановлення структурно-функціональних характеристик фітопланктону об'єктів природно-заповідного фонду з метою оцінки якості вод є актуальним. Заслуговує на особливу увагу визначення специфіки впливу чинників середовища на розвиток водоростевих угруповань.

**Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями.** Авторка мала на меті з'ясувати у процесі дослідження наскільки структурно-функціональні характеристики фітопланктону Дідового озера корелюють із гідрохімічними параметрами вод.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Особливості фітопланктону було вивчено на прикладі водойм різних об'єктів природоохоронного фонду України: Шацьких озер [6], водойм заповідника «Медобори» [7], Дніпровсько-Орільського [8], регіонального ландшафтного парку «Нижнєворсклянський» [9], Національного природного парку «Деснянсько-Старогутський» [10], Рівненського природного заповідника [11], Національного природного парку «Нижнесульський» [12], Карпатського біосферного заповідника [13], Слов'янських солоних озер (Україна) [14]. У цих роботах показано, що озерам властива своєрідність видового складу фітопланктону, яка визначається як природними особливостями водозборів, так і різним ступенем антропогенного навантаження, а також комплексом таких параметрів, як кольоровість, трофічність і рН. В озерах помірних широт, де переважає вплив природних факторів на структуру біоти, домінуючими відділами фітопланктону переважно є Chlorophyta, Bacillariophyta і Cyanoprokaryota. Водночас, в озерах мегаполісів: Санкт-Петербурга [15], Нижнього Новгороду [15] і Києва [17] третє місце після зелених і діатомових належить евгленовим водоростям. Встановлено [18], що видове багатство фітопланктону природних озер збільшується

з підвищенням їхнього трофічного статусу і є максимальним у діапазоні біомаси 4–5 мг/дм<sup>3</sup>, яка відповідає межі між мезоевтрофним і евтрофним типом. В озерах мегаполісів максимальне видове багатство фітопланктону спостерігається за значно вищих показників біомаси – 10–20 мг/дм<sup>3</sup> [17].

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття.** Одним із найважливіших природоохоронних напрямів є інвентаризація та оцінка різноманіття біоти, зокрема її автотрофної ланки, й оцінка якості вод за структурно-функціональними характеристиками угруповань водоростей. Особливо нагальна ця проблема для водних екосистем природно-заповідного фонду. Так, парадоксально низьким виявився рівень гідробіологічних досліджень Дідового озера Поліського національного заповідника, попри його охоронний статус та унікальність.

**Новизна.** Уперше здійснено оцінку якості вод Дідового озера за індикаторними видами водоростей, біотичними індексами, біомасою та інтенсивністю фотосинтезу, визначено закономірності відгуку фітопланктону озера на дію природних та антропогенних чинників. Виявлено 7 видів водоростей – нових для Українського Полісся.

**Методологічне або загальнонаукове значення.** Отримані результати дослідження є вкрай важливими для впровадження методів моніторингу та менеджменту водних екосистем, які потребують охорони, розробки заходів із запобігання їх деградації.

**Викладення основного матеріалу.** Дідове озеро займає північно-східну частину водно-болотного угіддя «Дідове озеро», є заболоченим озером постгляціального походження в Овруцькому районі Житомирської області. Максимальна глибина – 2 м, має торфові і мулисті донні відклади. Є унікальною водоймою і входить до складу однойменного гідрологічного заказника загальнодержавного значення в Україні. Площа «Дідового озера» 294 га [19].

Матеріалом даної роботи слугували альгологічні проби, зібрані та опрацьовані загальновідомими методами [20] протягом вегетаційних сезонів 2010–2020 рр. у Дідовому озері. Біоіндикаційний аналіз проведено з урахуванням індикаторних характеристик водоростей, наведених у відповідній монографії [21]. Оцінку якості вод за гідрохімічними та гідрофізичними параметрами, біомасою, первинною продукцією і сапробністю зроблено згідно [20]. Первинну продукцію фітопланктону та деструкцію органічної речовини визначали кисневою модифікацією склянкового методу згідно раніше описаних підходів [22]. Паралельно з відбором альгологічних проб здійснювали визначення гідрофізичних і гідрохімічних параметрів вод за [23].

Загалом середнє значення прозорості води у Дідовому озері упродовж вегетаційних сезонів було рівним 0,65±0,03 м. Середні значення кольоровості води сягали 48,12±1,62°; вмісту розчиненого у воді

кисню –  $9,30 \pm 0,43$  мг/дм<sup>3</sup>; рН –  $7,35 \pm 0,12$ ; окиснюваності перманганатної –  $14,32 \pm 0,62$  мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>; заліза загального –  $0,38$  мг/дм<sup>3</sup>; хлоридів –  $53,8$  мг/дм<sup>3</sup>; фосфору фосфатів –  $0,05$  мг/дм<sup>3</sup>; нітрогену амонійного –  $1,39$  мг/дм<sup>3</sup>; нітрогену нітритів –  $0,021$  мг/дм<sup>3</sup>; нітрогену нітратів –  $2,50$  мг/дм<sup>3</sup>. Вміст специфічних речовин токсичної дії в озері був наступним: міді –  $0,001$  мг/дм<sup>3</sup>, цинку –  $0,009$  мг/дм<sup>3</sup>; свинцю –  $<0,001$  мг/дм<sup>3</sup>; марганцю –  $0,020$  мг/дм<sup>3</sup>; кадмію –  $<0,0001$  мг/дм<sup>3</sup>.

Проведена оцінка якості вод озера за гідрохімічними й гідрофізичними параметрами дозволила віднести водойму до I класу якості вод – за вмістом розчиненого у воді кисню, значеннями рН, вмістом цинку, свинцю і кадмію; до II класу якості вод – за прозорістю води, вмістом хлоридів, фосфору фосфатів, міді і марганцю; до III класу якості вод – за величинами окиснюваності перманганатної, за вмістом загального заліза; до IV класу – за вмістом амонійної та нітратної форм нітрогену.

У Дідовому озері кількість ідентифікованих видів рослинного планктону становила 32. У флористичному відношенні найбагатше представлені відділи діатомових (28,1% від загальної кількості видів) і зелених (по 21,9%) водоростей. На третьому місці за видовим багатством знаходяться синьозелені (21,8%).

Аналіз статистичної залежності між кількістю видів водоростей планктону озера та його морфометричними, гідрофізичними і гідрохімічними характеристиками підтвердив, що вона визначалася величиною рН ( $r=0,71$ ;  $p=0,00006$ ;  $n=30$ ) та кольоровістю ( $r=-0,69$ ;  $p=0,00001$ ;  $n=30$ ) і не залежала від вмісту загального нітрогену ( $p=0,08$ ;  $n=30$ ) й фосфору фосфатів ( $p=0,11$ ;  $n=30$ ). Середнє значення родового коефіцієнта дорівнювало 1,67. Зниження рН озера обумовлювало зменшення величини родового коефіцієнта ( $r=0,65$ ;  $p=0,000009$ ;  $n=30$ ). Встановлено зворотній зв'язок між вмістом загального нітрогену і родовим коефіцієнтом ( $r=-0,37$ ;  $p=0,001$ ;  $n=30$ ).

Серед індикаторів місцезростань провідну роль відігравали планктонно-бентосні (50%) і планктонні (41%) форми водоростей. За відношенням до текучості вод та насичення їх киснем фіксували в рівних частках індикаторів повільнотекучих (50%) та стоячих вод (50%). Серед індикаторів температурного режиму домінували помірні форми (67%), крім того, була помітною частка холодолюбних видів (33%). На теплолюбні форми припадав лише 1% від числа видів-індикаторів температурного режиму. Щодо індикаторів кислотності середовища, то найвагомішу частку в озері мали алкаліфіли (43%) та інди-

ференти (29%). Частка ацидофілів і алкаліфілів була рівною (по 14%). Серед індикаторів солоності переважали індіференти (47%), але досить високою була частка галофілів (33%). Загалом у водоймі відмічено переважання індикаторів сапробності, які відповідають II класу якості вод. Так, основна частка видів-індикаторів сапробності представлена β-мезо-сапробами (22%), олігосапробами й оліго-α-мезо-сапробами (по 17%). Встановлено зворотний достовірний зв'язок між вмістом загального нітрогену й часткою олігосапробів ( $r=-0,19$ ;  $n=30$ ).

У Дідовому озері середня чисельність фітопланктону змінювалася в межах  $0,009-0,721$  млн кл./дм<sup>3</sup> і її середнє значення склало  $0,150 \pm 0,02$  млн кл./дм<sup>3</sup>, біомаса коливалася від  $0,009$  мг/дм<sup>3</sup> до  $0,745$  мг/дм<sup>3</sup>, а її середнє значення дорівнювало  $0,193 \pm 0,03$  мг/дм<sup>3</sup>. За середніми значеннями біомаси фітопланктону озеро належить до оліго-мезотрофного типу, I класу якості вод. Середнє значення індексу сапробності, розрахованого за біомасою фітопланктону, дорівнювало  $1,51 \pm 0,03$ , що відповідає II класу якості вод.

Встановлено прямий зв'язок між біомасою озерного фітопланктону і значеннями рН ( $r=0,85$ ;  $p=0,000001$ ;  $n=30$ ), вмістом розчиненого у воді кисню ( $r=0,54$ ;  $p=0,00008$ ;  $n=30$ ); концентрацією загального нітрогену ( $r=-0,39$ ;  $p=0,0007$ ;  $n=30$ ).

Інтенсивність фотосинтезу в одиниці об'єму в Дідовому озері склала  $2,68 \pm 0,11$  мг О<sub>2</sub>/(дм<sup>3</sup>·добу). Швидкість деструкції в одиниці об'єму води (R) у середньому сягала  $3,28 \pm 0,22$  мг О<sub>2</sub>/(дм<sup>3</sup>·добу). Переважання деструкційних процесів над деструкційними у водоймі вказує на гетеротрофну направленість продукційно-деструкційних процесів (табл. 1).

Трофічний статус оз. Дідове, оцінений за інтенсивністю фотосинтезу, відповідає мезотрофному типу, а якість води – II класу якості вод. За співвідношенням продукційно-деструкційних процесів водойма належить до II класу якості вод.

Останнім часом набувають актуальності дослідження інвазійних видів, їх проникнення, поширення і натуралізації у невластиві для них місця існування. Показано, що посилення біологічного забруднення може зумовлювати порушення різноманіття аборигенної флори й фауни, трофічних взаємодій між окремими видами, і як наслідок – до змін продуктивності водних екосистем. Уже відомо 16 видів-вселенців діатомових водоростей у Великих озерах [24]. Нашими дослідженнями встановлено появу в Дідовому озері 7 видів: *Aphanothece salina* Elenkin & A.N.Danilov, *Gloeothece linearis* Nägeli,

Таблиця 2

**Граничні та середні  $X \pm m_x$  показники первинної продукції та деструкції органічної речовини, P/B-, A/R – коефіцієнти Дідового озера**

$\Sigma A$ , г О <sub>2</sub> /(м <sup>2</sup> ·добу)	$\Sigma R$ , г О <sub>2</sub> /(м <sup>2</sup> ·добу)	A/R	$A_{max}$ мг О <sub>2</sub> /(м <sup>3</sup> ·добу)	R, мг О <sub>2</sub> /(м <sup>3</sup> ·добу)	P/B
<u>0,18–1,02</u> 0,51±0,07	<u>0,13–3,08</u> 1,91±0,12	<u>0,28–1,81</u> 0,81±0,14	<u>0,01–1,23</u> 0,78±0,04	<u>0,14–2,79</u> 1,06±0,06	<u>0,31–6,64</u> 2,40±0,30

Примітка. Над рискою наведено граничні, під рискою – середні значення досліджуваних показників

*Euglena splendens* P.A.Dangeard, *Chromulina rosanoffii* (Woronin) Blochmann, *Kephyrion boreale* Skuja, *Achnanthes brevipes* C.Agardh. і *Diademsis gallica* W.Smith, які, згідно літературних даних [25], раніше не зустрічалися на території Українського Полісся. Ймовірно, що пусковим механізмом до появи й адаптації водоростей-вселенців до нових місць існування були зміни гідрологічного і хімічного режиму водойми, пов'язані із антропогенним впливом. Так, важливим фактором, який визначив зміни структури гідробіоти водойм Українського Полісся, була великомасштабна осушувальна меліорація. Ймовірно, збільшення мінералізації вод та зміни клімату можуть обумовлювати не лише експансію в поліські водойми галофілів, але й зменшення зникнення низки оліготрофних видів.

**Головні висновки.** На підставі проведеного біоіндикаційного й гідрохімічного аналізу, оцінки таксономічного складу, інформаційного різноманіття, кількісних показників розвитку фітопланктону, первинної продукції і деструкції органічної речовини зроблено оцінку якості води Дідового озера, визначено його трофічний статус.

1. У структурі фітопланктону водойми провідна роль належала планктонно-бентосним формам (50% від загальної кількості водоростей-індикаторів місця перебування), олігогалобам-індиферентам за відношенням до галобності (47%), алкаліфілам (43%). Однакові частки мали індикатори стоячих і стояче-текучих вод (по 50%). В озері відмічено перева-

жання індикаторів сапробності, які відповідають II класу якості вод.

2. За біомасою фітопланктону екосистема Дідового озера належить до I класу якості вод, а трофічний статус водойми оцінено як оліго-мезотрофне, за інтенсивністю фотосинтезу та співвідношенням продукційно-деструкційних процесів – до II класу, мезотрофне. Невідповідність оцінки трофічного статусу водойми за біомасою й первинною продукцією фітопланктону, ймовірно, обумовлена переважанням у домінуючих комплексах дрібноклітинних високопродуктивних видів, високим вмістом біогенів, зокрема загального нітрогену, великими площами мілководних ділянок із підвищеною швидкістю продукційних процесів, зокрема обороту нітратів і фосфатів.

3. За більшістю аналізованих гідрофізичних і гідрохімічних параметрів водойма належить до I-II класу якості вод, проте за середніми значеннями вмісту заліза, окиснюваності перманганатної, вмісту нітрогену амонійного, нітритного і нітратного – до III-IV класів.

Перспективи використання результатів дослідження.

Оцінка якості води різнотипних водних об'єктів басейну Прип'яті можуть стати фундаментом для подальшого екологічного моніторингу вод із застосуванням басейнового принципу, прогнозування змін автотрофної ланки за дії чинників середовища, підготовки довідників по регіональних флорах.

### Література

1. Bukhtiyarova L. M. Diatoms of Ukraine. Inland waters. Kyiv, 1999. 133 p.
2. Pasztaleniec A., Phytoplankton in the ecological status assessment of European lakes – advantages and constraints // Ochrona Srodowiska i Zasobow Naturalnych 27(1). 2016. P. 26-36.
3. Афанасьев С.О. Структура біотичних угруповань та оцінка екологічного статусу річок басейну Тиси. Київ: СП «Інтердрук», 2006. 101 с.
4. Афанасьев С.О., Васильчук Т.О., Летицька О.М., Білоус О.П. Оцінка екологічного стану річки Південний Буг у відповідності до вимог Водної Рамкової Директиви ЄС. Київ: НВП «Інтерсервіс», 2012. 28 с.
5. Постанова Кабінету Міністрів України від 19 вересня 2018 р. № 758 «Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/758-2018-p> (дата звернення: 17.01.2022)
6. Щербак В.И., Майстрова Н.В. Структурная характеристика фитопланктона озерных экосистем Шацкого национального природного парка. *Проблеми екології лісів і лісокористування на Поліссі України*. Житомир: Волинь, 1999. 6. С. 84–91.
7. Герасимова О.В., Лилицкая Г. Г., Царенко П.М. Водоросли водоемов природного заповідника «Медоборы» (Украина). *Альгология*. 2009. 19(4). С. 349–361.
8. Герасимова О.В. Матеріали до флори водоростей Дніпровсько-Орільського природного заповідника (Україна). *Наукові записки Тернопільського пед. ун-ту*. Сер.: Біологія. 2005. 3(26). С. 77–79.
9. Райда Е.В. Xanthophyta водоемов регіонального ландшафтного парку «Нижневорсклянский» (Украина). *Альгология*. 2007. 17(4). С. 485–491.
10. Бузова О. В., Жежера М. Д. Водорості національного природного парку «Деснянсько-Старогутський» / за ред. П. М. Царенка. Суми: Університетська книга, 2013. 182 с.
11. Малахов Ю.П. Новые данные о разнообразии водорослей Ривненского природного заповедника. *Альгология*. 2014. 24(3). С. 399–403.
12. Щербак В.И., Семенюк Н. Е., Рудик-Леуская Н.Я. Акваландшафтное и биологическое разнообразие Национального природного парка «Нижнесульский», Украина. 2014. Киев : Фитосоцицентр. 266 с.
13. Виноградова О.М., Коваленко О.В. Синьозелені водорості Карпатського біосферного заповідника. *Укр. бот. журн*. 2005. 62(2). С. 203–212.
14. Лялюк Н.М., Климюк В.Н. Фитопланктон Славянских соленых озер (Украина). *Альгология*. 2011. 21(3). С. 321-328.
15. Trifonova I. S., Pavlova O. A. Structure and succession of phytoplankton in urban water bodies of St.-Petersburg. *Hydrobiol. J.* 2005. 41(3). P. 3–12.

16. Охапкин А. Г., Юлова Г. А., Старцева Н. А. Состав и эколого-флористическая характеристика фитопланктона малых водоемов урбанизированных территорий (на примере города Нижнего Новгорода). *Ботан. журн.* 2002. 87(2). С. 78–88.
17. Щербак В. І., Семенюк Н. Є. Фітопланктон водойм мегаполіса (на прикладі м. Києва). *Укр. ботан. журн.* 2011 68(1). С. 113–212.
18. Трифонова И.С. Экология и сукцессия озерного фитопланктона. Ленинград : Наука. 1990. 182 с.
19. Географічна енциклопедія України: у 3 т. / за ред. О. М. Маринич та ін. Київ : «Українська радянська енциклопедія» ім. М. П. Бажана, 1989. 427 с.
20. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / за ред. В. Д. Романенка. Київ : ЛОГОС, 2006. 408 с.
21. Барінова С. С., Медведєва Л. А., Анисимова О. В. *Водоросли-індикатори в оцінці якості навколишнього середовища*. ВНИИ природы : Москва, 2000. 150 с.
22. Shelyuk Yu. S. Comparative assessment of the methods of determining phytoplankton production in water bodies differing in their trophic status and water velocity. *Hydrobiol. Journal.* 2017, 53(6), P. 37–48.
23. Лурье Ю. Ю. Унифицированные методы исследования качества вод. Москва : Изд-во СЭВ, 1977. Ч. 3. 91 с.
24. Ricciardi, A., Cohen, J. The invasiveness of an introduced species does not predict its impact. *Biological Invasions.* 2014. 9, P. 309–315
25. Tsarenko P.M., Wasser S.P., Nevo E. *Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography. Cyanoprocarvota, Euglenophyta, Chrysophyta, Xanthophyta, Raphidophyta, Phaeophyta, Dinophyta, Cryptophyta, Gaucocystophyta, and Rhodophyta.* 1. Ruggell: Ganter Verlag. 2006. 713 p.

---

# ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ

---

УДК 528.94:631.4:338:346.78

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.1-40.7>

## СУЧАСНІ ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ СУПУТНИКОВОГО МОНІТОРИНГУ ТА ЕЛЕКТРОННИЙ ГЕОКАРТОІНФОРМАЦІЙНИЙ ІНСТРУМЕНТАРІЙ ДОСТУПУ ДО ЕКОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Фінін Г.С., Шевченко Р.Ю.

Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління  
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, 03035, м. Київ  
dei2005@ukr.net

Діджиталізація України – загальнонаціональна технологічна ідея цифрової трансформації всіх галузей економіки держави. Її впровадження є головною вимогою до інтеграції України до Європейського геоінформаційного простору.

Висвітлена технологія захисту довкілля на прикладі роботи електронного маршрутизатора, що апробується під час рекогностування проблемної місцевості на експериментальному геодезичному полігоні польових геопросторових еколого-природоохоронних досліджень у межах території м. Києва з метою практичного застосування та випробування технічних складових роботи відповідного Smart-інструментарію.

Розроблені та вдосконалені алгоритми проектування діджиталізованих полігонних картографо-геодезичних експедиційних пікетажних коридорів моніторингу довкілля-простору. Технологічно це реалізовано на прикладах математичних моделей роботи Android-програм високоточного супутникового Gadget-координатного визначення джерел забруднення з метою визначення топографічних змін ландшафтів на забудованих (міських) та природних ландшафтів.

Сформульована геоматична парадигма екологічного моніторингу, що ґрунтується на девайсовій геодезії та геоіконічній концепції геоінформаційної інтерпретації просторів та довкілля. Обґрунтована картосемантика та картопрагматика картографічної основи та точності екологічних та природоохоронних карт. Сформований математичний алгоритм автоматизованої геоінтелектуальної системи екологічного та атласного картографування у спеціальних геокартоінформаційних системах.

Укладена карта ідентичності типів природокористування та обсерваційного ландшафту на території м. Києва. Розроблений математичний апарат реалізації екологічного моніторингу підсупутниковими технологіями Близького космосу (космосфери) на території великого міста. Удосконалено систему проектування картографічних електронних проєкцій. Представлена азимутальна (циркмплярна) проєкція обсервації, яка інстальована у е-маршрутизатор. Визначена логіко-математична складова формул автоматизованого обчислення систем координат та їх перетворення у цифровий геокартоінформаційний інструментарій доступу до екологічної інформації. *Ключові слова:* діджиталізація довкілля, рекогностувальний маршрут, електронний маршрутизатор, абрисно-пікетажний цифровий журнал, координати потенційно-небезпечного антропогенного об'єкта.

### **Modern digital satellite monitoring technologies and electronic geo-map information tools for access to environmental information. Finin G., Shevchenko R.**

Digitalization of Ukraine is a nationwide technological idea of digital transformation of all sectors of the state economy. Its implementation is the main requirement for Ukraine's integration into the European Geoinformation Area.

The technology of environmental protection is highlighted on the example of electronic router, which is tested during reconnaissance of the problem area at the experimental geodetic test site of field geospatial ecological and environmental research within the city of Kyiv for practical application and testing of technical components of the Smart-tool.

Algorithms for designing digitalized landfill cartographic and geodetic expeditionary picket corridors for environmental and spatial monitoring have been developed and improved. Technologically, this is realized on the examples of mathematical models of Android-programs of high-precision satellite Gadget-coordinate determination of pollution sources in order to determine the topographic changes of landscapes on built-up (urban) and natural landscapes.

The geomatic paradigm of ecological monitoring is formulated, which is based on device geodetics and geo-iconic concept of geo-informational interpretation of spaces and environment. Substantiated cartosemantics and cartopragmatics of cartographic basis and accuracy of ecological and nature protection maps. The mathematical algorithm of the automated geointelligent system of ecological and atlas mapping in special geocartographic information systems is formed.

The map of identity of types of nature management and observational landmark on the territory of Kyiv is concluded. The mathematical apparatus of realization of ecological monitoring by satellite technologies of the Middle Space (Cosmosphere) in the territory of the big city is developed. The system of designing cartographic electronic projections has been improved. The azimuthal (circumpolar) projection of the observation, which is installed in the e-router, is presented. The logical-mathematical component of the formulas of automated calculation of coordinate systems and their transformation into digital geo-map information tools for access to environmental information is determined. *Key words:* digitalization of the environment, reconnaissance route, electronic router, outline picket digital journal, coordinates of a potentially dangerous anthropogenic object.

**Постановка проблеми.** Інформаційні системи та технології в процесі діджиталізації країни набувають всеохоплюючих ознак – від систем адміністративного управління до сучасного екологічного моніторингу навколишнього природного середовища. Для потреб охорони навколишнього природного середовища застосовуються різні за видами цифрові інформаційні технології. Переважно це технології сучасної цифрової картографії (геоінформаційні системи та технології/геоінтелектуальні системи прийняття рішень), цифрової фотограмметрії (геоінформаційна обробка цифрових даних БПЛА (безпілотні літальні апарати: дрони, квадрокоптери, зонди) – засоби підсупутникових та супутникових зйомок) та цифрової геодезії (Android (SMART)/iOS-застосунки високоточного визначення координат пунктів місцевості). Діджиталізація захисту довкілля, а саме формування геоінформаційного простору за допомогою технологій космосфери, постає як важливе стратегічне завдання загальнонаціональної програми охорони навколишнього природного середовища України.

**Актуальність дослідження.** Застосування сучасних цифрових супутникових технологій оперативного визначення координат потенційно-небезпечних джерел та супроводження спеціалізованих рекогносцирувальних маршрутів Gadget-застосунками в програмах оцінки впливу та захисту довкілля є беззаперечною. Формування єдиного геоінформаційного простору екологічної інформації для потреб управління екологічним моніторингом рівнів екологічної безпеки та оперативного визначення ризиків на геоторіях антропогенного впливу стає один із головних наукових задач сучасної цифрової супутникової геодезії та електронної картографії на шляху розв'язання екологічних проблем.

**Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями.** Наукові дослідження здійснювалися в рамках науково-дослідної роботи в галузі географічних наук «Розробка методики застосування аерокосмічних знімків для цілей охорони, раціонального використання природоохоронних територій на прикладі об'єктів природно-заповідного фонду (шифр «ПЗФ-контроль») на кафедрі екологічного моніторингу та геоінформаційних технологій ДЗ «ДЕА» у 2021 р.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Наукові положення та концепції застосування технологій Близького Космосу висвітлені у матеріалах результатів досліджень учених Державного космічного агентства України та Центру аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України. Вони виголошені на науково-практичних конференціях: «Аерокосмічні технології в Україні: проблеми та перспективи» та «Системи геофізичного моніторингу: сьогодення та майбутнє». Математичні та логіко-параметричні моделі представлені в тезисних доповідях розміщених на інтернет-ресурсі <https://spacecenter.gov.ua>.

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячена означена стаття.** Діджиталізація технологій захисту довкілля під час реалізації екологічного моніторингу за допомогою цифрових засобів геодезії та картографії не висвітлена у сучасних наукових часописах та спеціалізованих виданнях. Формування алгоритму застосування сучасних е-маршрутизаторів у еколого-природоохоронному рекогносцируванні місцевості потребує методологічного обґрунтування та апробації.

**Новизна.** Розроблений комплексний інструментарій гібридизації системи супутникової навігації, що використовується при організації рекогносцирувальних еколого-топографічних та еколого-гідрографічних експедиційних полігонних досліджень у м. Києві. Основна увага приділяється до технологічних особливостей визначення координат при застосуванні супутникового електронного маршрутизатора, способи та прийоми розрахунку масштабних рядів тематичних даних супутникових сигналів, перетворення космоінформації у просторові інтерпретаційні моделі в середовищі ГІС.

**Методологічне або загальнонаукове значення.** Алгоритм застосування сучасних цифрових технологій супутникового моніторингу та електронний геоінформаційний інструментарій доступу до екологічної інформації є інноваційним в системі охорони навколишнього природного середовища України.

**Викладення основного матеріалу.** Розробка маршруту екологічного рекогносцирування здійснюється в період підготовки експедиційної партії до полігонних досліджень та складається із наступних заходів: підбір е-карт та е-посібників на територію дослідження, складання картографічного плану руху рекогносцирувального маршруту у геопорталі та попереднє прокладення маршруту на офлайн-картах, співставлення різночасових довідкових матеріалів, в т.ч. аерокосмічних знімків [10].

Підбір електронних карт та посібників здійснюється після отримання програми екологічного рекогносцирування місцевості та опису природно-техногенних небезпек, вихідні та кінцеві реперні точки маршруту та проміжні пікетажні пункти спостереження. Має значення час початку виходу на маршрут, перелік об'єктів проходження, особливості метеорологічних умов (місця т.з. якірних стоянок та місць укриття при несприятливих погодних умовах). У відповідності із вказівками, керівник групи за каталогами топографічних карт та наукових звітів підбирає спеціальні масштаби карт та спеціалізовані довідники (перелік природних та техногенних джерел забруднення, санітарні зони, території відчуження, об'єкти приватної власності тощо).

Масштаб рекогносцирувальної маршрутної пікетажної карти обирається в середовищі ГІС, після попередньої делімітації шляху на електронній топографічній моделі, т.т., після зазначення всіх

локацій. На суміжні від пікетажної ширини маршруту (50 м. вліворуч та праворуч від вісі рекогнос-тувального шляху) прилеглі території, не покриті маршрутними картами, укладаються карти-сітки. Підібрані масштабні ряди карт (zoom-опція) у тематичному змісті мають мати контент об'єктів у такій послідовності, в якій вони означені програмою екологічного рекогнос-тування. Маршрутна офлайн-карта, що імпортується до гаджету із актуальною інформацією, потребує застосування базового тематичного шару космічного знімку із зазначенням усієї геоінформації щодо можливих змін у навігації групи.

Складання картографічного плану руху має забезпечувати найбільш ефективно розв'язання наукової задачі геопросторової розвідки місцевості та навігаційну безпеку проходження маршруту. Тому, перш ніж обрати маршрут необхідно ретельно вивчити рельєф, побудувати профіль маршруту на місцевості, розрахувати орієнтовний час проходження відповідної ділянки. За можливості маршрут необхідно прокладати на місцевості із найменшими екологічними та техногенними ризиками та небезпеками [11].

Складання картографічного плану руху рекогнос-тувального маршруту у геопорталі та попереднє про-кладення маршруту на офлайн-картах передбачає такий алгоритм нанесення геопросторових даних: галсові/полігональні проміни руху із зазначенням їх відстані та азимуту, поворотні азимуту та дирекційні кути/румби, контрольні дистанції до орієнтирів (природних або антропогенних домінантів у ландшафті: геодезичні знаки або інші ландмарки), місця підвищеного радіоелектромагнітного випромінювання, що впливає на роботу девайсів.

Порівняння різночасових довідкових матеріалів, у т.ч. аерокосмічних знімків, має за мету збір у концентрованому вигляді коротких, але достатньо геоінформаційно ємних геоторіальних довідок про атмосферні, гідросферні, літосферні, антропогенні та нетрадиційні екологічні небезпеки в районі проведення рекогнос-тування. Відповідні додаткові (спеціальні) дані також наносяться на картографічну основу маршрутних пікетажних карт у середовищі геоінформаційних систем. До карти додається пояснювальна записка із деталізацією та експлікацією шляху.

Під час реалізації програм обсерваційного моніторингу довкілля контент відповідних електронних маршрутних карт використовують алгоритми рекогнос-тувального дослідження: польові/полігонні вивчення місцевості на наявність джерел забруднення. Відповідна процедура забезпечується таким інструментарієм геоінформаційних технологій:

- Android-застосунки: Geodezist, GPSStatusPro, Compass. Вони забезпечують безперебійність та точність визначення просторових координат об'єктів місцевості в форматі: широта, довгота, висота над рівнем моря. Формат файлу \*.kml (планові значення)

та \*.kmz (просторові значення) можна імпортувати та експортувати до мережі геопорталів інтернету: Google Map, Google Earth, Wikimapia, OpenStreetMap, Mappillary;

- портативні програми польової обробки полігонних досліджень: Nomenklatura, QuickMap, перетворювач координат;
- пакети геоінформаційної обробки: Surfer, ENVI, ArcGIS, QGIS, Panorama, GIS Autodesk Map, Microsoft Map [11].

Представимо функціонально-кореляційну блок-схему математичної моделі геоінформаційного рекогнос-тування – геоінтелектуальної системи прийняття екологічних рішень (рис. 1).

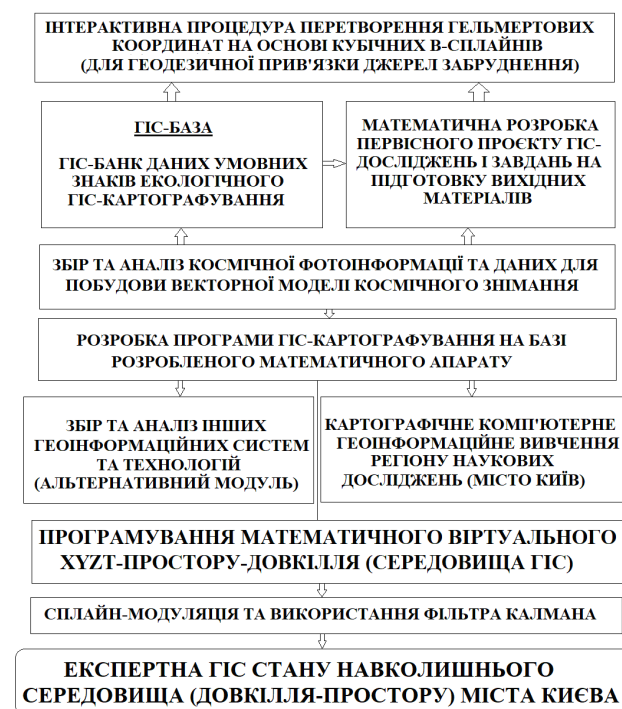


Рис. 1. Алгоритм проєктування архітектури алгоритму геоінформаційного рекогнос-тування

Експертна ГІС стану навколишнього середовища – це геоінформаційна система та програма, яка є головним геоінформаційним картографічним інструментарієм, що визначає та призначає зміст, методи створення при трасуванні алгоритмів ГІС-досліджень стану, довгострокового прогнозу та моніторингу навколишнього природного середовища [2].

Головна функціональність та технологічність геоінформаційної системи, що забезпечує її технологічну ефективність моніторингу довкілля-простору (на прикладі м. Києва), складається із таких компонентів: проектні значення екопотенціалу території м. Києва, отримане значення екопотенціалу території м. Києва, поправка за системний зсув пік селів (шум) на дисплейній карті та поправка за комп'ютерно-просторову редукцію – коефіцієнт продуктивності ГІС [9].



В алгоритмі є компоненти, що відображають розподілення основних похибок програмного забезпечення ГІС, що враховує потенціальні функціональні залежності за критерієм Гребса у просторі-часі. Була введена функція інтегрованої залежності екосистеми від дії закону енергетичної регенерації екосистем (закон оптимума) в часі [1, 3-5].

Досвід показує, що при комплексному математичному моделюванні матеріалів ГІС-досліджень із застосуванням сплайн-функцій, математичного та геометричного програмування при залученні даних аерокосмічної зйомки, виявляються нові, невідомі раніше дані про природні ресурси, довкілля, зовнішнє (відкрите) та функціональне (закрите) навколишнє середовище довкілля-простору. Наприклад, геогліфічний антропоморфний образ на космічному знімку м. Києва.

Відповідний алгоритм апробований у будівельній галузі, проєкті генерального міського планування м. Києва (визначення геологічних аномалій, небезпечних природних умов, антропогенних порушень природного потенціалу територій м. Києва). Цей метод був застосований при складанні екологічних карт м. Києва [6].

Вся геопросторова база даних змістовного навантаження отримується із джерел інфраструктури навігаційного забезпечення Близького Космосу – глобальних навігаційних систем місцевизначення та безпосередньо інтерпретуються у тематичних електронних картах просторового рекогносрування автоматизованими картографо-геодезичними та астрономо-навігаційними (супутниковими) е-маршрутизаторами [7].

Електронні (цифрові) маршрутизатори (далі – е-маршрутизатори) – основа роботи супутникових Smart-технологій геоінформаційного рекогносрування місцевості за даними цифрової аерокосмічної зйомки та Gadget-геодетики.

GPS/GIS-маршрутизатори – це цифрові обчислювальні пристрої, призначені для накопичення (акумуляції) та передачі екологічної інформації та автоматизованого обчислення рекогносрувального маршруту геоекоспорової розвідки територій антропогенного впливу. Схема типового рекогносрувального маршруту представлена на рис. 2.

В основу алгоритму та конструктивно-технологічної особливості роботи GPS/GIS-маршрутизаторів покладені формули аналітичного та графо-аналітичного обрахунку, в яких Земля приймається за рівномірну сферу радіусом R. Це призводить до виникнення методичної похибки у розрахунку координат, яка залежить від широти рекогносрувального маршруту на територіях, акваторіях або аероторіях. Вона має максимальні значення ондуляції до ±0,5% від шляху, що був пройдений. Максимум відповідної похибки буде в екваторіальних та навколо полярних зонах.

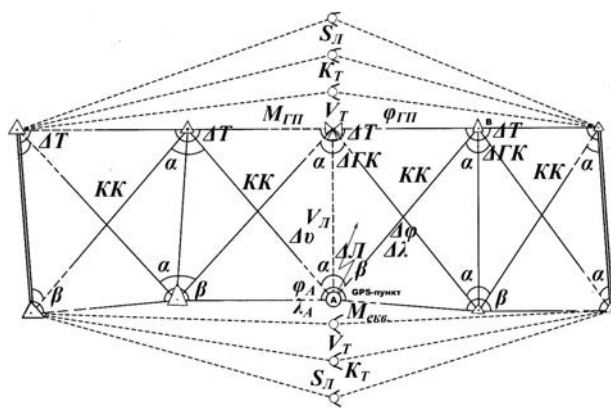


Рис. 2. Полігональний GPS-триангуляційний рекогносрувальний маршрут

В результаті розв'язання задачі геоінформаційного аналітичного обчислення е-маршрутизатором (рис. 2) обчислюються значення аналітичної широти  $\phi_A$  та довготи  $\lambda_A$  місцеперебування (локалізації) у відповідності із наступної формули:

$$\begin{cases} \phi_A = \phi_0 + \Delta\phi \\ \lambda_A = \lambda_0 + \Delta\lambda \end{cases} \quad (1)$$

де  $\phi_A$  та  $\lambda_A$  – координати точки рекогносрувального маршруту, в який був увімкнений е-маршрутизатор.

Для розрахунку різниці широт  $\Delta\phi$  та різниці довгот  $\Delta\lambda$  в е-маршрутизатор імпортується геоінформація про напрямок руху рекогносрувального маршруту, його середню швидкість, швидкості за лагом, а також дані про дрейф та течії, якщо це еколого-гідрографічна експедиція. Спосіб автоматичного та ручного введення геоінформації та її аналітика визначаються особливістю архітектури геоінтелектуальної системи (рис. 1, 2). У е-маршрутизаторі автоматичне обчислення здійснюється у відповідності до наступних формул:

$$\Delta\phi = \int_{t_1}^{t_2} [V_n(1 + \Delta T)\cos(KK + \Delta GK + \alpha) + v_T \cos K_T] dt \quad (2)$$

$$\Delta\theta = \int_{t_1}^{t_2} [V_n(1 + \Delta T)\sin(KK + \Delta GK + \alpha) + v_T \sin K_T] dt \quad (3)$$

$$\Delta\lambda = \int_0^{\Delta\theta} \sec \phi_T d\Delta\theta \quad (4)$$

В А-GPS (LBS)-маршрутизаторах відповідна технологічна задача розв'язується наступними формулами:

$$\Delta\phi = \int_0^{S_n(1+\Delta T)(1+\Delta T)} \cos(KK + \Delta GK + \beta + \alpha) dS \quad (5)$$

$$\Delta\theta = \int_0^{S_n(1+\Delta T)(1+\Delta T)} \sin(KK + \Delta GK + \beta + \alpha) dS \quad (6)$$

$$\Delta\lambda = \int_0^{\Delta\theta} \sec \phi_T d\Delta\theta \quad (7)$$

де,  $V_d$  – швидкість переміщення експедиції за лагом/азимуту руху;

$\Delta L$  – коригування лагу/азимуту) руху експедиції;

$v_T$  – швидкість течії гідрологічного об'єкту (ріки, моря, океану);

$K_T$  – азимут напрямку водної течії;

КК – компасний/гірокомпасний курс еколого-гідрографічної/маркшейдерської експедиції;

$\Delta GK$  – коригування компасу/гірокомпасу;

$\alpha$  – кут дрейфу/відхилення експедиції рекогностування;

$\beta$  – кут відхилення від маршруту/кут зносу течією;

$s_m$  – відстань рекогностувального маршруту за азимуту/лагом;

$\Delta T$  – коригування за швидкість за азимуту/лагом за рахунок топографічного відхилення експедиції/за рахунок течії (еколого-гідрографічного моніторингу).

Для геоінформаційного обчислення у середовищі геопорталу на планшеті е-маршрутизатора використовуються розрахунки  $\Delta\phi$  (різниці широти) та  $\Delta\theta$  (відходження). Відходження – термін з теорії морської геодезії, що позначає виражену в морських милях довжину дуги між меридіанами початкового та кінцевого пунктів місцезнаходження, яка відраховується за середньою паралелю. Кількісне значення величини відходження застосовується для аналітичного розрахунку пройденого шляху пов'язаного з пройденою відстанню через перетворення синусу дійсного азимуту/пеленгу. Воно може бути обчислено через добуток різниці довготи меридіанів на косинус широти середньої паралелі [8].

Показники  $\Delta\phi$  (різниці широти) та  $\Delta\theta$  (відходження) трансформуються у поточний масштаб цифрової карти рекогностувального маршруту із наступними залежностями значень супутникового сигналу:

$$M_k = M_{екв} \cdot \sec \phi_A \quad (8)$$

0  
або

$$M_k = \frac{M_{ГП}}{\sec \phi_{ГП}} \cdot \sec \phi_A \quad (9)$$

де,  $M_{екв}$  – мірило за екватором;

$M_{ГП}$  – мірило за головною паралеллю;

$\phi_{ГП}$  – широта головної паралелі;

$\phi_A$  – поточна широта місцеположення.

При використанні в е-маршрутизаторі формули (8), екваторіальне мірило пікетажного журналу цифрової супутникової карти за показниками  $M_{ГП}$  та  $\phi_{ГП}$  алгоритмічно розраховується так:

$$M_{екв} = \frac{M_{ГП}}{\sec \phi_{ГП}} \quad (10)$$

Результат отримується автоматизовано та вводиться в масштабні опції спеціалізованої картоінформаційної/атласографічної системи в онлайн-режимі.

Якщо використовується формула (9), тоді в просторовий набір даних потрапляють лише показники

$M_{ГП}$  та  $\phi_{ГП}$  з цифрової карти та  $\phi_A$  – автоматично, при цьому додаткових автоматичних обрахунків система не потребує. У цьому випадку алгоритмічна схема перетворення космічного сигналу з GPS-супутника дещо змінюється, тому що враховується додаткова опція, яка розраховує екваторіальне мірило.

В усіх е-маршрутизаторах реалізована залежність, що відображена у формулі (8).

Після інтерпретації супутникових навігаційних даних у е-маршрутизаторах, постає задача визначення системних похибок координування. Похибки, що супроводжують розв'язання задач геоінформаційного обрахування за допомогою GPS-технологій, поділяються на три групи.

1) Похибки вхідних даних, як наслідок неточної роботи супутникового навігатора, електронного космічного гірокомпаса, лагу, а також похибок, які мали місце при визначенні їх коригування. До них також відносяться похибки неточності знання показників дрейфу (елементів течії) гідрографічних суден або руху експедиційних груп пустелями, в т.ч. арктичними/антарктичними, а також похибки вихідних реперних координат, які були введені до е-маршрутизатора в аналоговому режимі.

2) Похибки, що є наслідком заміни математичних моделей наближеними до конструктивного спрощення алгоритмів, які мають назву методичних похибок.

3) Похибки, які обумовлені технологічними особливостями роботи супутникових навігаційних систем: відхилення у допусках технічних параметрів обладнання е-маршрутизатора. До них відносяться неточності, що виникають в процесі тривалої експлуатації обладнання у несприятливих метеорологічних умовах, які мають назву інструментальних похибок.

Похибки автоматичного обчислення є результатом сумісного прояву всіх груп похибок і мають назву вихідних неточностей е-маршрутизатора. Найбільший вплив на величину вихідних похибок супутникового маршрутизатора мають неточності першої групи, які в свою чергу залежать від навколишнього природного середовища та космічної погоди. Тому точність роботи е-маршрутизатора оцінюється за величиною похибки визначення географічних та прямокутних геодезичних координат, що по собі є результатом сумісного прояву похибок другої та третьої групи.

Повірка роботи е-маршрутизатора називається компаруванням. Єдиним супутниковим компаратором на території м. Києва є Smart-компаратор на території факультету землевпорядкування Національного університету біоресурсів та природокористування (рис. 3). Діапазон області допустимих значень встановлений не більше десяти сантиметрів у метричній формі та пів соті минути для градусних вимірювань.



Рис. 3. Польовий GPS-компаратор м. Києва

Зупинимося на технології математичної обробки результатів супутникового компарування е-маршрутизатора або навігатора для потреб екологічного моніторингу. Критична похибка е-маршрутизатора (е-девайса) оцінюється величиною радіуса кола, центром якою є точка місцезоложення (локації). При цьому визначаються Gadget-координати місцезоложення, які висвітлюються на дисплеї в результаті розв’язання контрольної супутникової задачі. Результатом вирішення є множина геоданних, значення яких не повинні виходити за межі визначеного еліпсу або кола похибок зазначеного радіусу метричних та градусних допусків штатної роботи е-маршрутизатора та графічно позначається індикатрисними ізоколами. Величина цих похибок також інтерпретується у відсотках від відстані, яка пройдена рекогносрувальниками і складає діапазон від 0,6-1,0 %.

Допустимі похибки визначення різниці широт та довгот визначаються за формулою:

$$\delta S^2 = (\delta \Delta \phi)^2 + \left( \frac{\delta \Delta \lambda}{\sec \phi_A} \right)^2 \quad (11)$$

де  $\delta \Delta \phi$  та  $\delta \Delta \lambda$  – допустимі похибки у величинах різниці широт  $\Delta \phi$  та різниці довгот  $\Delta \lambda$ ;  $\delta S^2$  – радіус кола критичних значень похибки визначення координат.

За приклад розглянемо напрямок руху екологічної рекогносрувальної експедиції на широті м. Києва ( $\phi_A = c$ ). Критична похибка е-маршрутизатора  $\delta S = 1\%$ . Відстань, яку пройшла експедиційна група – 10 км. Відстань визначена з електронної карти ГІС-системою, показує значення  $\delta \Delta \phi = 0,045'$ . Згідно з формулою (11) отримуємо значення:

$$\delta \Delta \lambda = \sec \phi_A \sqrt{\delta S^2 - \delta \Delta \phi^2} = \sec 50^\circ 27,2796' \sqrt{1^2 - 0,045^2} = 1,55 * 0,997 = 1,51 \quad (12)$$

Вихідна похибка е-маршрутизатора контролюється під час обсерваційного рекогносрування (еколого-топографічної або еколого-гідрографічної експедиції).

Для ведення контролю точності руху використовуються космічні ефемериди супутників GPS, які відображаються у планових координатах картографічної

проекції Г. Меркатора, масштаби якої приведені до екватора, а знаходяться в діапазонах 1 : 100 000 – 1 : 1 500 000. Під час організації еколого-гідрологічного та аеросферного моніторингу застосовуються електронні карти у тій же проекції з масштабним рядом 1 : 50 000 – 1 : 1 000 000 за головною паралеллю.

При укладанні абрисно-пикетажного електронного журналу руху експедиційної групи у ГІС передбачена можливість прокладання маршруту автоматично у постійному масштабі 1 : 50 000 та 1 : 25 000. Останній є більш зручним, тому що присутня мережа сітки координатних ліній, кроком в 1 см (рис. 4).

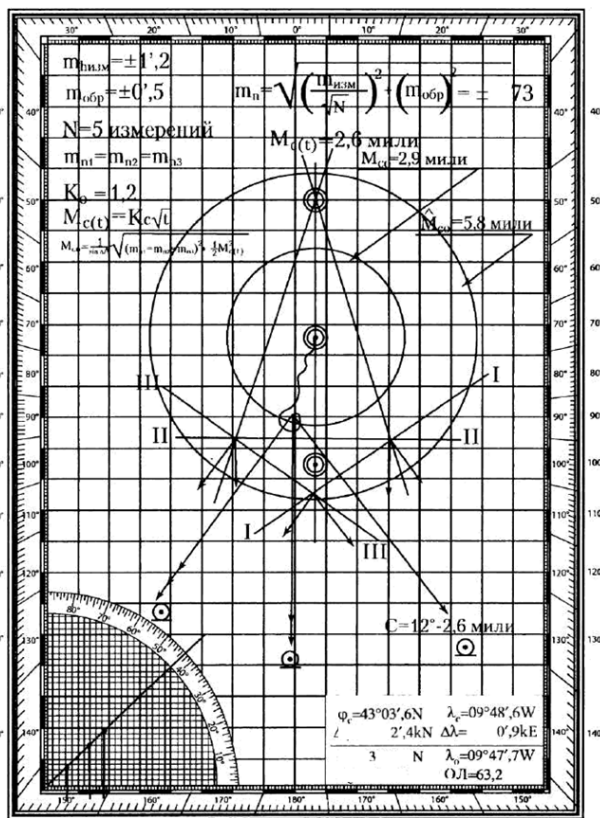


Рис. 4. Вигляд діалогового вікна е-маршрутизатора (дисплейна робоча карта)

Для забезпечення роботи е-маршрутизатора у постійному масштабі 1 : 50 000, необхідно встановити компонентну поточної широти, що дорівнює широті головної паралелі та ввести знаменник масштабу 1 : 50 000. При цьому припускається, що широта місця обсервації буде константною. Таке припущення є доцільним, тому що постійний масштаб застосовується у космічній (супутниковій) геодезії для запису руху орбіт на відповідній тематичній космокарті великого масштабу, коли зміна широти суттєво не відображається на величині поточного масштабу маршрутної космоекологічної карти. В сучасних супутникових маршрутизаторах руху застосовуються опції, що дозволяють зменшувати знаменник постійного масштабу карти від 1 : 50 000

до 1 : 5 000. Карта має вигляд в азимутальній картографічній проекції (рис. 5).

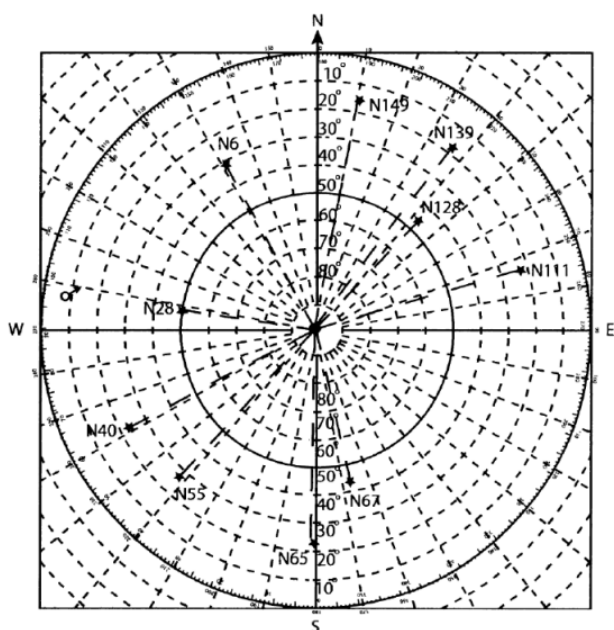


Рис. 5. Азимутальна (циркумплярна) проекція обсервації у е-маршрутизаторі із демонстрацією концентричних індикатрисних ізоколів із значеннями реперних контрольних точок (опознаків): N28, N55, N111 тощо

Супутниковий електронний маршрутизатор має різні опційні компоненти для візуалізації графічного обчислення напрямків рекогносцирувальних маршрутів у постійному масштабі за даними супутників GPS. У випадку відповідної необхідності запису руху у крупному картографічному масштабі, необхідно застосовувати наступний ітераційний прийом. В опції масштабних рядів е-маршрутизатора необхідно встановити знаменник екваторіального масштабу  $C_{екв.} = 100\,000$ . Потім увімкнути значення азимута та встановити значення середньої швидкості переміщення рекогносцирувальної групи  $V_{max} = 10$  км/год. Поточна широта  $\phi_A$ , необхідна для розрахунку необхідного звітного масштабу  $C_A$ , який розраховується за формулою:

$$\cos \phi_A = \frac{C_A}{C_{екв.}} * \frac{V_{max}}{V} \quad (12)$$

де  $V$  – фактична швидкість рекогносцирувальної експедиції.

За необхідності отримання масштабу, що не входить до загально-класифікаційної схеми номенклатури карт, виникає необхідність зручності представлення геопросторових даних, приміром, у масштабі 1 : 18 520 (базовий геоінформаційний масштаб). При збереженні фактичної швидкості кроку руху рекогносцирування з показником 40 км/год, автоматично визначається показник широти за формулою (12). В результаті визначається спеціальне значення

широти, яку необхідно ввести до е-маршрутизатора. Наприклад, для м. Києва цей показник відповідає  $\phi_A = 50^{\circ}15'$ . Це значення середньої головної паралелі, що проходить через місто. При зміні швидкості руху експедиції та застосуванні Dron/BIM-технологій, для збереження сталості масштабу необхідно змінювати і показник  $\phi_A$ . Для визначення уточненого значення фактичної швидкості руху, поряд із астрономічно-геодезичними методиками застосовуються цифрові космічні засоби навігації. Насамперед, це Gadget-застосунки для девайсів, що працюють на платформах Android та iOS (рис. 6).

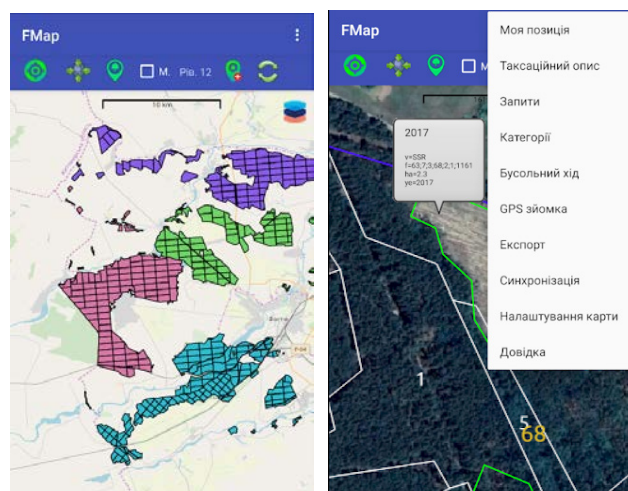


Рис. 6. Інженерне меню GPS-геодетики FMap «Карта лісів України»

В результаті застосування сформульованих методик, за яким проведено еколого-природоохоронне рекогносцирування м. Києва, укладена картографічна модель кореляції територіальної системи інфраструктури обсервації довкілля та типів патогенного природокористування у місті (рис. 7).

**Головні висновки.** Сформульований математичний алгоритм роботи електронного маршрутизатора та діджиталізації технологій автоматизованого визначення координат потенційно-небезпечного антропогенного об'єкта або локації виникнення надзвичайної ситуації природно-техногенного характеру. Розроблений, впроваджений та апробований експериментальний полігон еколого-природоохоронного рекогносцирування та екологічної просторової розвідки в межах м. Києва. Визначені картоінформаційні особливості представлення та візуалізації тематичної екологічної інформації.

**Перспективи використання результатів дослідження.** Результати наукових досліджень знайшли практичне застосування у Державній установі «Держгідрографія». В роботу е-маршрутизатора інстальована просторова інформація про нові типи об'єктів інфраструктури дистанційного екологічного моніторингу на водних просторах – віртуальні гідрографічні ландшафти. Це

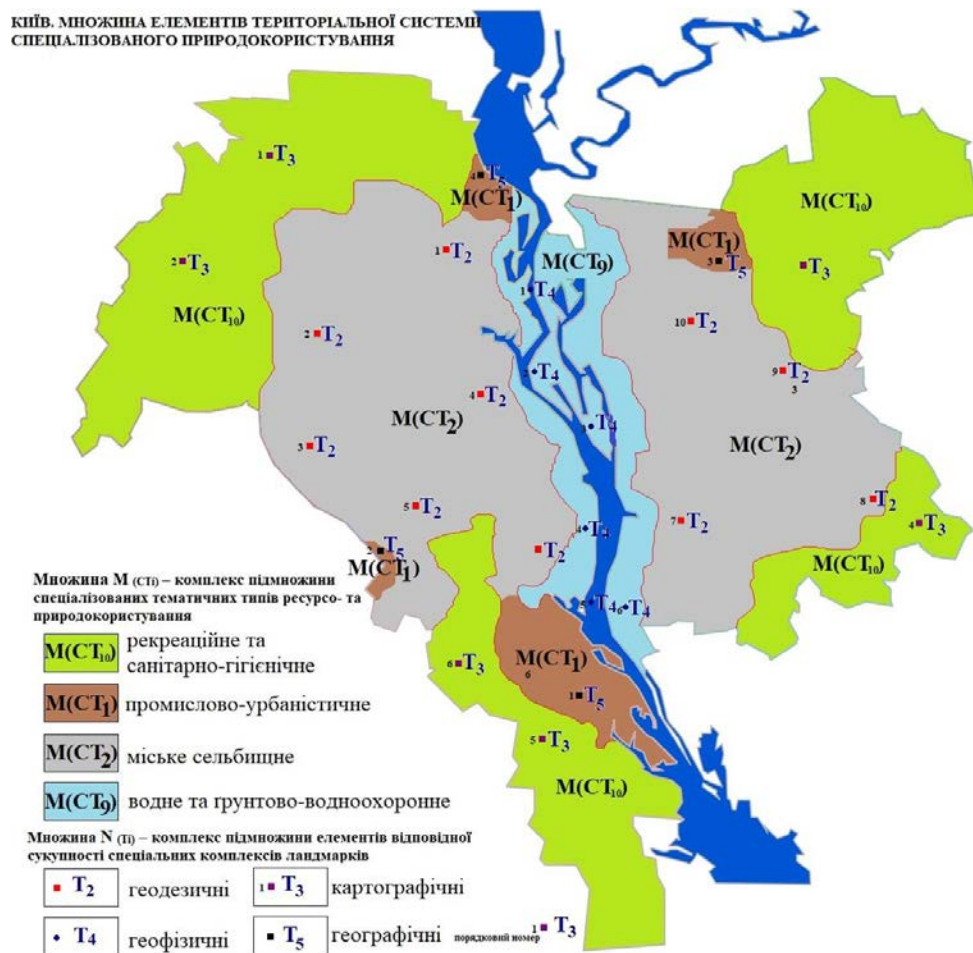


Рис. 7. Ідентичність типів природокористування та обсерваційного ландшафту на території м. Києва

створює технічні умови для інтеграції технологій діджиталізації захисту довкілля в управління моніторингом рівнів екологічної безпеки та опера-

тивного визначення ризиків антропогенного впливу на геоторіях, акваторіях, аероторіях за допомогою технологій Космосфери.

### Література

- Бойко Е.В., Кленицький Б.М. Построение, уравнение и оценка точности космических геодезических сетей. М.: Недра, 1982. С. 18-22.
- Дульцев А.Т., Цюпак І.М. Методичні вказівки до лабораторної роботи на тему Визначення координат пункту за вимірними псевдо відстанями, отриманими з GPS – спостережень. Львів: ДУ Львівська політехніка. 1997. 20 с.
- Краснокрылов И. И., Плахов Ю.В. Основы космической геодезии. М.: Недра. 1976. С. 124-135.
- Літнарів Р.М. Теорія ряду парних ланок засічок, який прокладається між пунктами визначеними по системі GPS. Інженерна геодезія. Вип. 45. 2001. С. 141-148.
- Літнарів Р.М. Розрахунок попередніх координат пунктів при створенні планової геодезичної основи методом парних ланок засічок. Геодезія, картографія і аерофотознімання. Вип. 57. 1996. С. 40-48.
- Мороз О.І., Терещук О.І., Щербань І.Б. Будова, основні частини та принципи роботи з тотальною станцією. Львів: ДУ Львівська політехніка. 2000. 13 с.
- Тищенко А.П. Геометрические методы космической геодезии. М.: Наука, 1971. С. 212-213.
- Шандабылов В.Д. Кораблеводные. М. 1972. С. 135-139.
- Шевченко Р.Ю., Денисюк Б.І., Суховірський Б.І. Математична модель геоінформаційної системи «Екологія Києва». Інженерна геодезія. 2002. Вип. 46. С. 324-337.
- Шевченко Р.Ю. Геоінформаційне рекогностування місцевості за даними цифрової аерокосмічної зйомки та Smart-геодетики. Інформаційні технології в культурі, мистецтві, освіті, науці, економіці та бізнесі: матер. VI міжнар. наук.-практ. конф. (Київ, 22-23.04.2021 р.). Київ: КНУКіМ. 2021. С. 136-139.
- Шевченко Р.Ю. Розробка маршруту екологічного рекогностування місцевості на предмет природних та техногенних небезпек. Проблеми цивільного захисту населення та безпеки життєдіяльності: сучасні реалії України: тези доп. VII всеукр. заоч. наук.-практ. конф. (Київ, 28.04.2021 р.). Київ. 2021. С. 130.

## ПОРІВНЯННЯ СТУПЕНЯ ВІЛЬНОРАДИКАЛЬНОГО ПЕРЕКИСНОГО ОКИСНЕННЯ МАКРОМОЛЕКУЛ ЗАЛЕЖНО ВІД РІВНЯ СТІЙКОСТІ СОРТІВ *GLYCINE MAX L.* ДО ХВОРОБ

Боброва М.С.<sup>1</sup>, Ульдякова Л.А.<sup>2</sup>, Пилипенко О.О.<sup>2</sup>, Дьяченко М.О.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Центральноукраїнський державний педагогічний університет імені Володимира Винниченка  
вул. Шевченка, 1, 25006, м. Кропивницький

<sup>2</sup>Донецький національний медичний університет  
вул. Велика Перспективна, 1, 25000, м. Кропивницький

kazna4eeva@gmail.com, uldik83@i.ua, Pilipenkoolena1@gmail.com, morner@ukr.net

Дослідження біохімічних механізмів, що забезпечують зростання стійкості сорту рослин до хвороб, є особливо актуальним в умовах інтенсифікації сільського господарства та викликає необхідність вивчення окремих компонентів ПАС, що є гарантами цієї стійкості. Кількісне визначення ПО та продуктів ВРПО здійснювали на тканинах насіння *Glycine max L.* взятих від рослин таких сортів: «Золушка» (високостійкий до хвороб сорт), «Ювілейна» (середньостійкий сорт) та «Медея» (малостійкий). Оцінку рівня та джерел генерації АФО здійснювали за НСТ-тестом. Оцінку рівня ВРПО здійснювали за концентрацією МДА. Для здійснення оцінки наслідків зміни ПАС проводили визначення активності цитохромоксидази. В результаті проведених досліджень встановлено, що тканини насіння високостійкого сорту *Glycine max L.* «Золушка» мають найнижчий фоновий рівень та найвищий рівень стимульованої дріжджами та NaF генерації  $\bullet\text{O}_2^-$ , що свідчить про наявність потужної активуючої здатності каскаду передачі сигналу для збудження експресії захисних генів, а особливо кальцієвої та НАДФН оксидазної сигнальної систем. Виявлено, що зі збільшенням стійкості сорту *Glycine max L.* до хвороб спостерігається зниження фонового та стимульованого рівня МДА, що свідчить про низький ступінь ВРПО ліпідів мембран та можливо пояснюється посиленою АО ланки ПАС. Доведено, що при переході від малостійкого до хвороб сорту «Медея» до середньостійкого «Ювілейна» та високостійкого сорту «Золушка» активність цитохромоксидази зростає що, можливо, пояснюється зниженням інтенсивності перекисної деструкції мембран мітохондрій в результаті посилення АОЗ. Сформувано висновок про те, що ПО ланка бере участь у підтримці стійкості сорту рослин до хвороб, однак потребує потужного компенсаторного антиоксидантного механізму для захисту від перекисної деструкції макромолекул. *Ключові слова:* прооксиданти, супероксид, малоновий діальдегід, активні форми Оксигену, вільнорадикальне перекисне окиснення, цитохромоксидаза.

**Comparison of the level of free radical peroxidation of macromolecules depending on the level of resistance of *Glycine max L.* varieties to diseases. Bobrova M., Uldiakova L., Pylypenko O., Diachenko M.**

Laboratory researches of biochemical mechanisms that increase the resistance of plant varieties to disease, is especially relevant in the context of intensification of agriculture and necessitates the study of individual components of PAS, which are the guarantors of this resistance. Quantitative determination of PO and FRPO products was performed on *Glycine max L.* seed tissues taken from plants of the following varieties: "Zolushka" (highly disease-resistant variety), "Yuvileyna" (medium disease-resistant variety) and "Medeya" (low-resistance). Evaluation of the level and sources of ROS generation was performed by NBT-test. The level of FRPO was assessed by the concentration of MDA. To assess the effects of PAS changes, cytochrome oxidase activity was determined. As a result of the conducted researches it was established that the tissues of grains of highly resistant variety *Glycine max L.* "Zolushka" have the lowest background level and the highest level of stimulated by yeast and NaF generation  $\bullet\text{O}_2^-$  which indicates the presence of a powerful activating ability, and especially calcium and NADPH oxidase signaling systems. It was found that with increasing disease resistance of *Glycine max L.* there is a decrease in the background and stimulated levels of MDA, which indicates a low degree of FRPO membrane lipids and may be due to increased AO of PAS. It is proved that during the transition from low-resistant to disease cultivar "Medeya" to medium-resistant "Yuvileyna" and high-resistant cultivar "Zolushka" cytochrome oxidase activity increases, which may be explained by a decrease in the intensity of peroxide degradation of mitochondrial membranes. It is concluded that the prooxidant link of PAS is involved in maintaining the resistance of plant varieties to disease, but requires a powerful compensatory antioxidant mechanism to protect against peroxide destruction of macromolecules. *Key words:* prooxidants, superoxide, malonic dialdehyde, reactive oxygen species, free radical peroxidation, cytochrome oxidase.

**Постановка проблеми.** Інформація про активні форми Оксигену (АФО) та вільнорадикальне перекисне окиснення (ВРПО) тривалий час висвітлювалася у деструктивному ключі, однак роботи по встановленню значення АФО у протиінфекційному захисті тварин, процесах

окисного вибуху, механізмах старіння та апоптозу відкрило перспективи пошуку аналогів у рослинному світі.

**Мета дослідження** – виявити зміни значення прооксидантної (ПО) активності в тканинах *Glycine max L.* різних за стійкістю до хвороб сортів.

**Актуальність дослідження.** Дослідження біохімічних механізмів, що забезпечують зростання стійкості сорту рослин до хвороб, є особливо актуальним в умовах інтенсифікації сільського господарства та викликає необхідність вивчення окремих компонентів прооксидантно-антиоксидантної системи (ПАС), що є гарантами цієї стійкості.

**Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями.** Для досягнення поставленої мети було визначено такі завдання: 1) Дослідити рівень та джерела генерації супероксидного аніон-радикалу в тканинах насіння *Glycine max L.* 2) Визначити рівень ВРПО в досліджуваних тканинах. 3) Здійснити оцінку наслідків впливу прооксидантів на тканини насіння *Glycine max L.* 4) Порівняти досліджувані показники для рослин *Glycine max L.* різних за рівнем стійкості до хвороб сортів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Рівновага між утворенням ПО та їх ліквідацією за участю АО складає ПАС організму, дисбаланс компонентів якої є першою діагностичною ознакою впливу стресорів та інших патологічних змін [1-3]. Одним із перших і найпотужніших ПО є супероксидний аніон-радикал ( $\bullet\text{O}_2^-$ ), який спричинює ВРПО макромолекул [4]. Маркером ВРПО є утворення малонового діальдегіду (МДА), а про наслідки зміни ПАС свідчить зміна активності ферменту цитохромоксидази [5]. Згідно робіт ряду вчених, відомо, що активація кисню є однією з перших відповідей рослинної клітини, тому не виключено, що саме АФО належить важлива роль в пригніченні розвитку патогенів [4, 6, 7]. Особливу увагу вчених привертає біохімія реакції надчутливості [1, 3]. У лабораторії І.А. Тарчевського встановлено, що патогенні мікроорганізми індуюють в рослинній клітині каскад захисних реакцій ще задовго до того, як стійкість або сприйнятливість проявиться в повній мірі. Це досягається функціонуванням сигнальних систем, у яких АФО відіграють ключову роль [7]. Ці дані, а також постійно зростаюча кількість публікацій про участь АФО в інших важливих фізіологічних процесах (метаболізм і синтез фітогормонів, регуляція фотосинтетичних реакцій і мітохондріального окислення, апоптоз, старіння), вимагають більш детального, якісно нового підходу у вивченні біологічної ролі АФО та АО в життєдіяльності рослин [5, 8, 9], що посилює актуальність даного дослідження.

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття.** Недослідженими є роль окремих компонентів ПАС у забезпеченні імуностійкості рослин, біохімічних механізмів цієї стійкості.

**Новизна.** Виявлено зв'язок між рівнем стійкості до хвороб різних сортів *Glycine max L.* та значеннями показників ПАС, визначено рівень та джерела генерації  $\bullet\text{O}_2^-$ , обґрунтовано роль окремих ланок ПАС в імунзахисті рослин.

**Методологічне або загальнонаукове значення.** Результати, отримані при виконанні роботи, використовуються в наукових дослідженнях кафедри фізики, біології та методик їхнього навчання та в навчальному процесі факультету математики, природничих наук та технологій Центральноукраїнського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка при викладанні курсів «Фізіологія рослин», «Біохімія», «Екологія».

**Виклад основного матеріалу.** Кількісне визначення ПО та продуктів ВРПО здійснювали на тканинах насіння *Glycine max L.* взятих від рослин таких сортів: «Золушка» (високостійкий до хвороб сорт), «Ювілейна» (середньостійкий сорт) та «Медея» (малостійкий). Кожна дослідна група включала 10 проб по 10 рослин кожного сорту відповідно до кожного показника.

**Методи дослідження.** Оцінку рівня та джерел генерації АФО здійснювали за спектрофотометричним НСТ-тестом. Для проведення аналізу 0,1 г тканини гомогенізували зі скляним піском в 0,9 см<sup>3</sup> фосфатного буфера (рН=7,4, склад на 1 дм<sup>3</sup> розчину – 5,37 г  $\text{KH}_2\text{PO}_4 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$ , 8,5 г  $\text{NaCl}$ , 1,5 г  $\text{NaOH}$ ). Відбирали по 0,05 см<sup>3</sup> гомогенату в 3 пробірки: в I додавали 0,05 см<sup>3</sup> буферного розчину (для визначення нестимульованої активності); в II додавали 0,05 см<sup>3</sup> розчину  $\text{NaF}$  (w = 0,01%, стимуляція  $\text{Ca}^{2+}$ -месенджерної системи); в III – 0,05 см<sup>3</sup> розчину дріжджів (w = 1%, стимуляція окисного вибуху), в IV – 0,05 см<sup>3</sup> розчину НАДН (w = 3%, стимуляція мітохондріальної генерації), в V – 0,05 см<sup>3</sup> розчину НАДФН (w = 3%, стимуляція мікосомальної генерації). Проби струшували протягом 2 хв, додавали до кожної по 0,05 см<sup>3</sup> НСТ, перемішували, інкубували в термостаті при 24°C. Через 30 хв. (для пробірок I-III) та через 10 хв. (для пробірок IV-V), додавали 2 см<sup>3</sup> розчинника (диметилсульфоксид-хлороформ в об'ємному співвідношенні 2:1) струшували 1 хв., та центрифугували 5 хв., при 1500 об/хв. Надосадовий розчин фотометрували проти контролю при 540 нм. Для приготування контролю на реактиви в трьох пробірках зливали наступні розчини: 0,05 см<sup>3</sup> буфера, 0,05 см<sup>3</sup> води та 0,05 см<sup>3</sup> НСТ. Додають: в I – 0,05 см<sup>3</sup> води; в II – 0,05 см<sup>3</sup> розчину  $\text{NaF}$  (w = 0,01%); в III – 0,05 см<sup>3</sup> розчину дріжджів (w = 1%), в IV – 0,05 см<sup>3</sup> розчину НАДН (w = 3%), в V – 0,05 см<sup>3</sup> розчину НАДФН (w = 3%) інкубували (30 хв., для пробірок I-III, 10 хв. – для пробірок IV – V) в термостаті при 24°C та елюювали забарвлення. Для побудови стандартного калібрувального графіка в пробірки набирали 0,01, 0,02, 0,05, 0,07, 0,1, 0,2 см<sup>3</sup> НСТ (w = 0,2%), 0,1 см<sup>3</sup>  $\text{KOH}$  (C( $\text{KOH}$ ) = 1 моль/дм<sup>3</sup>) та 0,1 см<sup>3</sup> розчину АК (18 мг/10 см<sup>3</sup>), перемішували та інкубували 10 хв при 24 °C. Елюювали забарвлення 2 см<sup>3</sup> розчинника, визначали екстинцію (E) кожної проби та будували калібрувальний графік. За графіком знаходили продукцію  $\bullet\text{O}_2^-$  в нмоль на пробу.

Оцінку рівня ВРПО здійснювали за концентрацією МДА. Аналіз рівня МДА здійснювали в такій послідовності: 0,5 г тканини гомогенізували в 4,5 см<sup>3</sup> буферного розчину (рН = 7,4, приготування: 1,9 г тріс-(окси)-метиламінометану поміщали в мірну колбу на 1 л з 0,5 л дистильованої води, додавали 50 см<sup>3</sup> розчину НСІ (С (НСІ) = 0,1 моль/дм<sup>3</sup>), 1,4 г аскорбінової кислоти, 32 мг FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O в указаному порядку, після розчинення попереднього компоненту, доливали водою нижче мітки; готовий розчин залишали на добу для доведення рН, про що свідчила зміна його кольору з синьо-фіолетового на жовтий). Для визначення фонового рівня МДА (МДА<sub>0</sub>) до 2 см<sup>3</sup> відібраного гомогенату відразу додавали розчин трихлороцтової кислоти (w = 30%) та центрифугували 30 хв., при 3000 об/хв. До 2 см<sup>3</sup> центрифугату додавали 3 см<sup>3</sup> розчину тіобарбітурової кислоти (w = 0,338%, приготування ex tempore) з подальшим фотометруванням утвореного триметинового комплексу при 540 нм проти контролю, що не містив гомогенату (склад контролю на реактиви: 1,2 см<sup>3</sup> буферного розчину, 0,7 см<sup>3</sup> трихлороцтової кислоти, 0,1 см<sup>3</sup> води та 3 см<sup>3</sup> ТБК-реактиву). Для ініціації приросту рівня МДА (МДА<sub>1,5</sub>) пробу попередньо інкубували 90 хвилин (1,5 години, тому МДА<sub>1,5</sub>) в прооксидантному ферум-аскорбінатному буфері, струшуючи кожні 20 хв. Подальший аналіз проводили аналогічно до визначення МДА<sub>0</sub>. Розрахунки здійснювали за формулою:

$$C = E \cdot 240,4$$

де С – концентрація МДА в мкмоль/кг; Е – екстинкція; 240,4 – коефіцієнт, що враховує молярну екстинкцію і розведення.

Величину приросту рівня МДА, що обернено пропорційна антиоксидантному запасу тканини, розраховували згідно формули:

$$\Delta \text{МДА} = | \text{МДА}_{1,5} - \text{МДА}_0 | / \text{МДА}_0 \cdot 100 \%$$

де  $\Delta \text{МДА}$  – приріст рівня МДА, виражений у відсотках; МДА<sub>0</sub>, МДА<sub>1,5</sub> – фоновий та стимульований рівні МДА у мкмоль / кг відповідно.

Для здійснення оцінки наслідків зміни ПАС проводили визначення активності цитохромоксидази. Для цього 0,5 г тканини на льоду ретельно гомогенізували з 4,5 см<sup>3</sup> фосфатного буферного розчину (рН 7,6). В дослідну пробірку набирали 1 см<sup>3</sup> гомогенату, в контрольну – 1 см<sup>3</sup> розведеного буферного розчину. Ex tempore швидко готували реакційну суміш шляхом злиття 0,25 см<sup>3</sup>  $\alpha$ -нафтолу (w = 0,1%; 50 мг  $\alpha$ -нафтолу розчиняли в 50 см<sup>3</sup> етанолу (w = 22%)), 0,35 см<sup>3</sup> розчину N,N-диметил-пара-фенілендіаміну гідрохлориду (w = 0,1%; 5 мг реактиву розчиняли в 5 см<sup>3</sup> дистильованої води), 0,25 см<sup>3</sup> розведеного буферного розчину, 0,15 см<sup>3</sup> розчину цитохрому с (w = 0,02%). Преінкубували суміш 2 хв. при 37°C. Додавали до контрольної та дослідної проби по 1 см<sup>3</sup> реакційної суміші, перемішували, інкубували в тих же умовах 5 хв. Додавали 10 см<sup>3</sup> ефіралкогольної суміші (діетиловий ефір та етанол в об'ємному співвідношенні 9:1), струшуючи та поміщували на холод (-4°C, 30 хв.). Доводили об'єм екстракту до 10 см<sup>3</sup> та фотометрували при 540 нм.

Розрахунки здійснювали за формулою:

$$A = E_{\text{досл}} \cdot 10 / E_{\text{ст}} \cdot 5 = 2 E_{\text{досл}} / E_{\text{ст}}$$

де А – активність цитохромоксидази в індофенольних одиницях на г тканини за хвилину; E<sub>досл</sub> – екстинкція дослідної проби; E<sub>ст</sub> – екстинкція стандарту, що вираховується з калібрувального графіку при дозі 100 мкг/см<sup>3</sup>  $\alpha$ -нафтолу (1 см<sup>3</sup> в суміші; можливим є прирівняння до умовної одиниці, пропорційній кількості індофенолу); 10 – розведення; 5 – час інкубації.

Стандартні розчини для побудови калібрувального графіку ( $\alpha$ -нафтол – 100 мкг/см<sup>3</sup>, п-фенілендіамін – 150 мкг/см<sup>3</sup> та калій діхромат – 210 мкг/см<sup>3</sup>) брали в першій серії по 0,1 см<sup>3</sup>, в другій – по 0,2 см<sup>3</sup> і так далі до порцій по 1,2 см<sup>3</sup>; інкубували 5 хв, екстрагували 10 см<sup>3</sup> ефіралкогольної суміші та фотометрували [10, 11]. Одержані нами результати пройшли математичне та статистичне опрацювання згідно загальноприйнятих методик.

Таблиця 1

### Порівняння показників стану ПО активності тканин насіння *Glycine max L.* різних сортів за рівнем стійкості до хвороб

№	Показники	Сорти рослин		
		«Золушка»	«Ювілейна»	«Медея»
1	НСТ тест (фоновий рівень), нмоль•О <sub>2</sub> /г•с	0,038 ± 0,004*	0,072 ± 0,011	0,098 ± 0,007***
2	НСТ тест (стимуляція дріжджами), нмоль•О <sub>2</sub> /г•с	0,143 ± 0,016*	0,121 ± 0,007**	0,111 ± 0,004***
3	НСТ тест (стимуляція NaF), нмоль•О <sub>2</sub> /г•с	0,273 ± 0,019*	0,169 ± 0,005	0,151 ± 0,012***
4	МДА <sub>0</sub> , мкмоль/кг	28,06 ± 0,19*	41,04 ± 0,23**	54,24 ± 0,17***
5	МДА <sub>1,5</sub> , мкмоль/кг	37,25 ± 2,02*	68,19 ± 1,99**	101,33 ± 2,07***
6	$\Delta$ МДА, %	32,75 ± 3,18*	66,15 ± 5,01**	86,82 ± 7,11***
7	Цитохромоксидаза, ОД	0,628 ± 0,014*	0,314 ± 0,019**	0,221 ± 0,011***

Примітки: \* – p<sub>1,2</sub> < 0,05 при порівнянні значень показників сорту «Золушка» і «Ювілейна»; \*\* – p<sub>2,3</sub> < 0,05 при порівнянні значень показників сорту «Ювілейна» і «Медея»; \*\*\* – p<sub>1,3</sub> < 0,05 при порівнянні значень показників сорту «Медея» і «Золушка».



**Результати** дослідження значення показників ПО активності в тканинах насіння *Glycine max L.* наведені в таблиці 1.

Так, НСТ-тест виявив найвищий фоновий рівень генерації  $\bullet\text{O}_2^-$  у зернівках сорту «Медея», що в 1,36 раз перевищує рівень  $\bullet\text{O}_2^-$  сорту «Ювілейна», та в 2,58 рази сорту «Золушка». Відношення концентрації  $\bullet\text{O}_2^-$  в тканинах *Glycine max L.* сорту «Золушка» та «Ювілейна» достовірно складає 1,89.

Стимуляція NaF зумовила зростання рівня генерації  $\bullet\text{O}_2^-$  в 7,18 разів для зернівок сорту «Золушка», в 2,35 разів для сорту «Ювілейна» та в 1,54 рази для сорту «Медея», а стимуляція дріжджами – в 3,76 разів, 1,68 разів та в 1,13 разів відповідно до порядку сортів «Золушка», «Ювілейна» та «Медея». Таким чином, встановлено наступне співвідношення показників рівня генерації  $\bullet\text{O}_2^-$  в насінні згаданих сортів *Glycine max L.*: 1,81 : 1,12 : 1 при стимуляції NaF та 1,29 : 1,09 : 1 при стимуляції дріжджами відповідно. Отже, тканини зернівок високостійкого сорту мають найнижчий фоновий рівень та найвищий рівень стимульованої дріжджами та NaF генерації  $\bullet\text{O}_2^-$ , що свідчить про наявність потужної активуючої здатності каскаду передачі сигналу для збудження експресії захисних генів, а особливо кальцієвої та НАДФН оксидазної сигнальної систем.

У результаті дослідження концентрації МДА встановлено співвідношення показників фонового рівня для сорту «Золушка», «Ювілейна» та «Медея»: 1 : 1,46 : 1,93. Співвідношення показників стимульованого рівня МДА склало 1 : 1,83 : 2,72, а  $\Delta\text{MDA}$  – 1 : 2,02 : 2,65. Отже, тканинам високостійкого сорту *Glycine max L.* притаманний найнижчий рівень МДА, що свідчить про низький ступінь ВРПО ліпідів мембран та можливо пояснюється посиленою АО ланки ПАС.

У результаті дослідження активності цитохромоксидази виявлена закономірність, згідно якої при переході від високостійкого до хвороб сорту «Золушка» до середньостійкого «Ювілейна», актив-

ність ферменту знижується в 2 рази, а при переході до малостійкого сорту «Медея» – знижується в 2,84 рази. Перевага активності цитохромоксидази сорту «Ювілейна» над сортом «Медея» склало 1,42 рази, що можливо, пояснюється зниженням інтенсивності перекисної деструкції мембран мітохондрій в результаті посилення АОЗ.

Проведений біохімічний аналіз тканин насіння *Glycine max L.* дає змогу зробити висновок про залежність стійкості сорту рослин до хвороб від величин кількісних показників прооксидантної ланки ПАС.

**Головні висновки:** 1). Тканини насіння високостійкого сорту *Glycine max L.* «Золушка» мають найнижчий фоновий рівень та найвищий рівень стимульованої дріжджами та NaF генерації  $\bullet\text{O}_2^-$ , що свідчить про наявність потужної активуючої здатності каскаду передачі сигналу для збудження експресії захисних генів, а особливо кальцієвої та НАДФН оксидазної сигнальної систем. 2). Зі збільшенням стійкості сорту *Glycine max L.* до хвороб спостерігається зниження фонового та стимульованого рівня МДА, що свідчить про низький ступінь ВРПО ліпідів мембран та можливо пояснюється посиленою АО ланки ПАС. 3). При переході від малостійкого до хвороб сорту «Медея» до середньостійкого «Ювілейна» та високостійкого сорту «Золушка» активність цитохромоксидази зростає що, можливо, пояснюється зниженням інтенсивності перекисної деструкції мембран мітохондрій в результаті посилення АОЗ. 4). Прооксидантна ланка ПАС бере участь у підтримці стійкості сорту рослин до хвороб, однак потребує потужного компенсаторного антиоксидантного механізму для захисту від перекисної деструкції макромолекул.

**Перспективи використання результатів дослідження.** Створення сортів посиленої стійкості до хвороб та підвищеного вмісту антиоксидантів є перспективним напрямком селекції, біотехнології та генної інженерії.

### Література

1. Колупаев Ю.Е. Активные формы кислорода в растениях при действии стрессоров: образование и возможные функции. Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія біологія. 2007; 3 (12). С. 6–26.
2. Bhattacharjee S. Reactive oxygen species and oxidative burst: Roles in stress, senescence and signal transduction in plants. Curr. Sci. 2005; 89. P. 1113-1121.
3. Apel K, Hirt H. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. Plant Biol. 2004; 55. P. 373–399.
4. Smirnoff N. Antioxidants and reactive oxygen species in plants. NY: Blackwell Publishing, 2005; 302 p.
5. Scandalios J.G. The rise of ROS. Trends Biochem. Sci. 2002; 27. P. 483- 486.
6. Shao H.B., Chu L.Y., Shao M.A., Jaleel C.A., Mi H.M. (2008) Higher plant antioxidants and redox signaling under environmental stresses. C R Biol. 331:433–41. <https://doi.org/10.1016/j.crv.2008.03.011>
7. Тарчевский И.А. (2002). Сигнальные системы клеток растений. Наука, Москва, 294 с.
8. Kohen R, Nyska A. (2002) Oxidation of biological systems: oxidative stress phenomena, antioxidants, redox reactions, and methods for their quantification. Toxicol Pathol. 30:620–50. DOI:10.1080/01926230290166724.
9. Bobrova, M., Holodaieva, O., Arkushyna, H., Larycheva, O. у Tsviakh, O. (2020). The value of the prooxidant-antioxidant system in ensuring the immunity of plants. Revista de la Universidad del Zulia. 11, 30 (jul. 2020), 237-266. DOI: <https://doi.org/10.46925/rdluz.30.17>.
10. Казначеева М.С. Дослідження кількісного вмісту активних форм кисню та антиоксидантів в тканинах цибулі ріпчастої, різних за рівнем стійкості до хвороб сортів. Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія : Біологія. 2011; 947. 13. С. 201-205. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/VKhh\\_2011\\_947\\_13\\_32](http://nbuv.gov.ua/UJRN/VKhh_2011_947_13_32)
11. Bobrova, M., Holodaieva, O., Koval S., Kucher O., Tsviakh O. (2021). The effect of hypothermia on the state of the prooxidant-antioxidant system of plants. Revista de la Universidad del Zulia. 33. 2021. P. 82-101. DOI: <https://doi.org/10.46925/rdluz.33.07>

## РЕАДАПТАЦІЙНІ ПЕРЕБУДОВИ ЕПІФІЗА СТАТЕВОЗРІЛИХ ЩУРІВ ПІСЛЯ ВПЛИВУ НА ОРГАНІЗМ КЛІТИННОГО ЗНЕВОДНЕННЯ

Гринцова Н.Б.

Медичний інститут Сумського державного університету  
вул. Санаторна, 33, 40018, м. Суми  
natalia.gryntsova@gmail.com

Порушення водно-електролітного балансу є супутником багатьох патологічних станів організму. У людей, що перебувають в умовах відсутності прісної води, у морі або пустелі, розвивається клітинна дегідратація. Епіфіз займає одне з центральних місць в ендокринній регуляції життєдіяльності всіх органів та систем, здійснює пристосувальні реакції організму до мінливих умов зовнішнього середовища. Актуальною проблемою екологічної морфології є встановлення механізмів реадптації у епіфізі статевозрілих щурів після впливу на організм важкого ступеня клітинного зневоднення. У статті представлені результати досліджень щодо вивчення морфологічних та морфометричних перебудов структур епіфіза щурів за умови 15-ти добового терміну реадптації до важкого ступеня клітинного зневоднення. Виявлявся ряд компенсаторно-пристосувальних процесів, направлених на нейтралізацію впливу стресора на орган та посилення синтетичної активності частини пінеалоцитів: компенсаторне збільшення розмірів ядер, поява у каріоплазмі ядерець, відновлення присутності гранул секрету у цитоплазмі пінеалоцитів, збільшення ступеня васкуляризації органу. Площа судин зменшувалася відносно показників тварин важкого ступеня клітинного зневоднення. Але, в епіфізі зберігалися ряд негативних морфологічних ознак, що мали місце після 15-ти діб реадптації: зменшення лінійних показників епіфіза, суттєве збільшення сполучнотканинного компонента стромы, збільшення товщини капсули, колагенізація стінки судин, набряк міжтрабекулярного сполучнотканинного компонента, порушення реологічних властивостей крові, збільшена ступінь проникності судинної стінки та наявність у частини пінеалоцитів дистрофічно-деструктивних змін після довгострокового впливу клітинного зневоднення. Спостерігалось збільшення реактивної гліальної реакції (астрогліоз) та зменшення чисельності пінеалоцитів, що виявлялося у розірванні клітин паренхіми в результаті загибелі пінеалоцитів внаслідок впливу клітинного зневоднення та утилізації астроцитами. Отже, 15-ти добовий термін реадптації до важкого ступеня клітинного зневоднення є недостатнім для повної нейтралізації стресорного впливу на орган. *Ключові слова:* клітинна дегідратація, адаптація, епіфіз, астрогліоз

### Readaptational adjustments of mature rat's epiphysis after influence on the cellular dehydration. Hryntsova N.

Violation of water-electrolyte balance is a companion of many pathological conditions of the body. People who are in the absence of fresh water, in the sea or in the desert, develop cellular dehydration. The pineal gland occupies one of the central places in the endocrine regulation of vital functions of all organs and systems, carries out adaptive reactions of the organism to changing environmental conditions. An urgent problem of ecological morphology is the establishment of mechanisms of readaptation in the pineal gland of adult rats after exposure to severe cellular dehydration. The article presents the results of research on the study of morphological and morphometric rearrangements of the structures of the pineal gland of rats under a 15-day period of readaptation to severe cellular dehydration. A number of compensatory-adaptive processes aimed at neutralizing the stressor's effect on the organ and increasing the synthetic activity of pinealocytes were revealed: compensatory increase in nucleus size, appearance of nucleoli in karyoplasm, restoration of secretion granules in pinealocyte cytoplasm. The area of the vessels decreased relative to the performance of animals with severe cellular dehydration. However, a number of negative morphological signs persisted in the pineal gland after 15 days of readaptation: decrease in linear indicators of the pineal gland, significant increase in connective tissue component of the stroma, increase in capsule thickness, collagenization of vascular wall, edema of intertrabecular connective tissue component, the degree of permeability of the vascular wall and the presence of dystrophic and destructive changes in pinealocytes after long-term exposure to cellular dehydration. There was an increase in the reactive glial reaction (astrogliosis) and a decrease in the number of pinealocytes, which was manifested in the liquefaction of parenchymal cells as a result of death of pinealocytes due to the effects of cellular dehydration and utilization by astrocytes. Therefore, a 15-day period of readaptation to severe cellular dehydration is insufficient to completely neutralize the stressors on the body. *Key words:* cellular dehydration, adaptation, pineal gland, astrogliosis

**Постановка проблеми.** Вода є основою життєдіяльності організму. Водний баланс в організмі підтримується прийомом внутрішньо питної води (500-1700 мл), води з їжею (800-1000 мл), а також води, що утворюється в тілі при окисленні харчових продуктів та тканин організму (200-300 мл). Крім 2-3 л рідини, введеної в організм і виведеної з нього протягом доби, всередині організму відбувається пересування приблизно 8 л травних соків, що містять більшу кількість рідини та електролітів. Різні тканини

організму містять різну кількість води. Найбільше води міститься в спинномозковій рідині, найменше в емалі зубів [1]. У формуванні регуляції механізму компенсації на різні екстремальні фактори, що впливають на організм, ендокринній системі відводиться одна з провідних ролей. Адекватність, характер пристосувальних змін організму залежить від змін гормональної секреції, що забезпечують гомеостаз організму. Регуляція обміну води здійснюється нейрогуморальними механізмами [2]. Хоча в регуляції

водно-електролітного обміну беруть участь майже всі залози внутрішньої секреції, найбільший вплив на регуляцію обміну електролітів і води мають антидіуретичний гормон нейрогіпофізу та альдостерон, що виробляється корою надниркових залоз [1]. Епіфіз займає одне з центральних місць в ендокринній регуляції життєдіяльності всіх органів та систем, здійснює пристосувальні реакції організму до мінливих умов зовнішнього середовища, є універсальним адаптогеном. [3,4]. Згідно літературних джерел [5] відомо, що епіфіз виявляє стимулюючий вплив на кору наднирників. Епіфіз, відіграє важливу роль у забезпеченні адаптаційної відповіді організму на стресові впливи і тому його вивчення є актуальною проблемою екологічної морфології.

**Актуальність дослідження.** Порушення водно-електролітного балансу є супутником багатьох патологічних станів організму. У медичній практиці всі порушення об'єму рідин в організмі поділяють на великі групи: зневоднення, або дегідратація (зменшення об'єму рідин), і водні отруєння, або гіпергідратація (збільшення об'єму) [1]. До одного із видів розладів водного балансу належить клітинна дегідратація. Клітинна дегідратація може бути наслідком неправильного лікування чи активного наводнення організму гіпертонічними розчинами або вимушеного вживання соленої води [6]. У здорових людей такі дегідратації майже не зустрічаються, не рахуючи, звичайно, осіб, які перебувають в умовах відсутності прісної води, наприклад, у морі або пустелі. Іншими причинами клітинних дегідратацій, що найчастіше зустрічаються, служать гіпервентиляція, поліурія, блювання, проноси, значні опіки шкіри, сильне потіння, спричинений глюкозурією нецукровий діабет [1]. Тому, актуальною проблемою екологічної морфології є встановлення механізмів реадптації у епіфізі статевозрілих щурів після впливу на організм важкого ступеня клітинного зневоднення.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Робота виконана відповідно до плану наукових досліджень Медичного інституту Сумського державного університету і є частиною планової наукової теми кафедри морфології «Морфофункціональні аспекти гомеостазу організму» (№ держ. реєстрації 0118U006611) та патологічної анатомії «Морфогенез загальнопатологічних процесів» (№ держ. реєстрації 013U003315).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогоднішній час вивчено проблеми адаптації епіфіза до різних зовнішніх чинників: електромагнітного випромінювання [7], фтору [8], солей важких металів [9], низьких температур [10], позаклітинного зневоднення організму [11].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Згідно результатів пошуку літературних джерел, відсутні роботи що до реадптаційних перебудов у епі-

фізі статевозрілих щурів після впливу на організм розладів водно-електролітного балансу (важкого ступеня клітинного зневоднення).

**Новизна.** На експериментальному матеріалі проведено дослідження морфологічних та морфометричних показників епіфіза за умови реадптаційних перебудов до важкого ступеня клітинного зневоднення.

**Методика.** Експеримент проведений на 18 статевозрілих щурах-самцях 6-7 місяців масою 250-260 г, що були розподілені на контрольну та експериментальну групи. Дослідження проводили в осінньо-зимовий період. Утримання тварин та маніпуляції над ними проводилися у відповідності до національних та міжнародних норм з біоетики. Щури контрольної групи мали вільний доступ до їжі та питної води. Експериментальну групу складали щури, які перебували у стані фізіологічних реадптаційних перебудов до важкого ступеня клітинного зневоднення та впродовж 15-ти діб отримували в якості питного раціону звичайну питну воду, їжі-гранульований комбікорм. Важкий ступінь клітинного зневоднення моделювався шляхом отримання щурами на протязі 30 – ти діб в якості пиття 1,5% гіпертонічного розчину повареної солі, а в якості їжі – гранульованого комбікорму згідно методичних рекомендацій [2]. Групи піддослідних тварин виводилися з експерименту шляхом декапітації під тіопенталовим наркозом (із розрахунку 30-40мг/10г маси тіла) на 15-ту добу експерименту. З черепної коробки вилучався епіфіз згідно розробленої авторами оригінальної методики [12,13]. Для вивчення морфологічних перебудов у органі застосовували наступні методики гістологічного методу дослідження: фарбування гістологічних препаратів гематоксилін-еозином та за Ейнарсеном. Загальний морфологічний та морфометричний аналіз проводили з використанням світлооптичного мікроскопа "Leica DM 500" з лінзами x4, x10, x40, окуляри 7, 10. Фотодокументація отриманих результатів проводилася цифровою відеокамерою "Leica DM IC C50 HD Camera" (Leica Microsystems, Germany, 2010). Для визначення морфофункціональних особливостей структурних компонентів епіфіза використовували наступні морфометричні показники: довжина та ширина органу (мкм), товщина капсули епіфіза (мкм), площа просвіту судин (мкм<sup>2</sup>). Статистичну обробку отриманих даних проведено методами варіаційної статистики з використанням програмного пакета STATISTIKA v.10 («StatSoft Inc.», США). Для порівняння двох незалежних виборок, у випадку нормального розподілу даних, використовували t-критерій Стьюдента. Різницю у показниках вважали достовірною за умови  $p < 0,05$ .

**Викладення основного матеріалу.** Вивчено адаптивні зміни у епіфізі статевозрілих щурів при 15-ти добовому терміну адаптації після досягнення важкого ступеня клітинного зневоднення. При цьому, епіфіз піддослідних тварин зберігав свою анатомічну

будову, мав овальну форму та зберігав зв'язок з судинним сплетінням. Лінійні показники епіфіза зазнавали недостовірного зменшення у порівнянні з показниками як контрольних тварин, так і тварин важкого ступеня загального зневоднення. Так, довжина залози недостовірно ( $p > 0,05$ ) зменшувалася на 31,3 %, а ширина на 29,7 % ( $p > 0,05$ ) відносно показників контрольних тварин. Довжина залози при 15-ти добовому терміні реадaptaції не відрізнялася від показників тварин важкого ступеня клітинного зневоднення. Ширина залози недостовірно зменшувалася ( $p > 0,05$ ) на 8,6 % відносно показників тварин важкого ступеня клітинного зневоднення (Таб. 1).

Наведені морфометричні показники вказували на недостатність термінів реадaptивних перебудов для повного відновлення органу після важкого ступеня клітинного зневоднення. При гістологічному дослідженні органу виявлено, що адаптивні процеси у епіфізі торкалися всіх структурних компонентів залози. Спостерігалася реактивна компенсаторна реакція стромального компонента у вигляді збільшення виразності трабекулярного сполучнотканинного компонента у порівнянні з контрольними тваринами, але в той же час зменшення цього показника у порівнянні з показниками тварин важкого ступеня клітинного зневоднення. При цьому, товщина капсули залози збільшувалася у 2,4 рази ( $p > 0,05$ ) відносно показників контрольних тварин та зменшувалася у 22 рази ( $p < 0,001$ ,  $t=13,17$ ) відносно показників тварин важкого ступеня клітинного зневоднення. На декотрих периферійних ділянках органу візуалізувалися локальні розростання сполучної тканини. На цих термінах реадaptaції зберігався виразний набряк міжтрабекулярного сполучнотканинного компонента залози.

В результаті реадaptивних перебудов виявлялася збільшена ступінь васкуляризації епіфіза у порівнянні з контролем та показниками тварин важкого ступеня клітинного зневоднення, що можливо віднести за рахунок відновних процесів. Вся паренхіма залози була пронизана густою сіткою гемокапілярів. Площа просвіту судин збільшувалася у 18,2 разів ( $p < 0,001$ ,  $t=26,89$ ) відносно показників контрольних тварин та водночас зменшувалася на 26,2 % ( $p < 0,001$ ,  $t=6,93$ ) відносно показників тварин важкого ступеня

клітинного зневоднення. Приносні судини епіфіза ще залишалися повнокровними, особливо на периферійних ділянках органу. При 15-ти добовому терміні реадaptaції на периферії органу ще зберігалися крововиливи. Крім того, у субкапсулярних ділянках виявлялися осередки дифузного просякання еритроцитами та плазмою крові ділянок паренхіми з активною гліальною реакцією навколо уражених ділянок. Порушення реологічних властивостей крові: стаз, складжі та збільшена проникність судинної стінки ще зберігалися. Ступінь колагенізації судинної стінки як крупних судин, так і гемракапілярів зростала у порівнянні з показниками контрольних тварин (рис. 1). За даними літератури це призводило до зниження інтенсивності трансакапілярного транспорту та призводило до зменшення кровопостачання органу [14].

Дослідження реакції клітин астроцитарної глії в різні терміни адаптації до дії клітинного зневоднення виявило збільшення реактивної гліальної реакції у епіфізі піддослідних тварин під час реадaptaції у порівнянні як з показниками контрольних тварин, так і тварин важкого ступеня клітинного зневоднення. Дія астроцитарної глії була направлена на утилізацію ділянок крововиливів у паренхімі та за її межами, а також некротично змінених клітин. Так, кількість пінеалоцитів у епіфізі зменшувалася, що надавало паренхімі розрідженого вигляду. Виявлялися локальні осередки астрогліозу у периферійних ділянках навколо крововиливів та навколо судин. Гліальні елементи формували своєрідні «муфти», що поєднувалися разом з сполучнотканинними розростаннями та охоплювали судини, сприяючи відновленню водно-електролітного балансу у органі (рис. 2).

При дослідженні лінійних показників пінеалоцитів піддослідних тварини спостерігалася динамічне їх підвищення відносно показників контрольних тварин та в той же час зменшення відносно показників тварин важкого ступеня клітинного зневоднення. При дослідженні гістологічних препаратів епіфіза виявлялося розрідження клітин паренхіми, що пояснювалося зменшенням кількості пінеалоцитів відносно показників контрольних тварин в результаті їх загибелі внаслідок впливу клітинного зневоднення та утилізації астроцитами. При цьому, цитоархітек-

Таблиця 1

**Результати дослідження епіфіза щурів за умови реадaptaції до важкого ступеня клітинного зневоднення організму ( $M \pm m$ ),  $n = 6$**

Показник	Серії			
	Щури контр. групи №1	15-та доба реадaptaції	Щури контр. групи № 2	Важкий ступінь клітинного зневоднення
Довжина епіфіза, мм	1,18±0,024	0,81±0,56	1,19±0,13	0,81±0,11*
Ширина епіфіза, мм	0,91±0,54	0,64±0,45	0,89±1,61	0,7±0,39
Товщина капсули, мкм	1,07±1,94	2,6±0,26	1,1±0,07	11,82±0,65***
Площа судин, мкм <sup>2</sup>	59,56 ±7,93	1081,99±37,2***	58,58 ±0,42	1466,86±41,2***

Примітка: Достовірно при порівнянні з контролем: \*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$ .

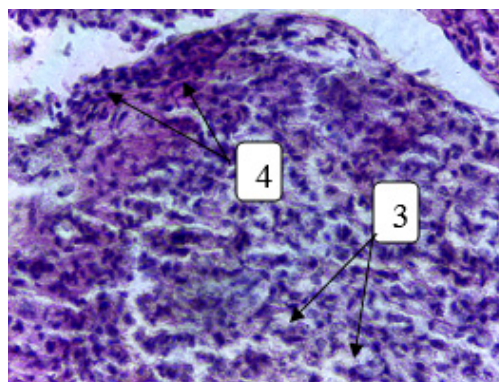
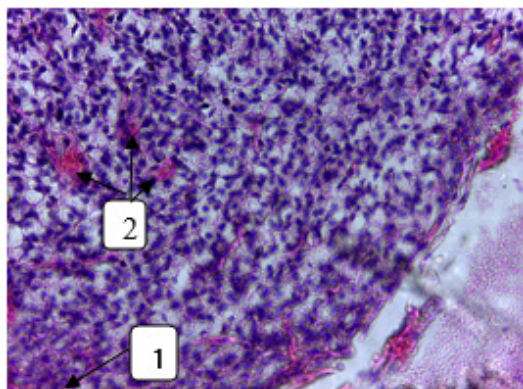


Рис. 1. Морфологічні перебудови структурних компонентів епіфіза за умови 15-ти добового терміну реадaptaції до клітинного зневоднення: 1 – осередок дифузного просякання еритроцитами та плазмою крові ділянки паренхіми; 2 – діapedезні крововиливи; 3 – стромальний набряк; 4-активна периваскулярна гліальна реакція в субкапсулярній зоні залози. Забарвлення: гематоксилін-еозином. Збільшення  $\times 400$

тоніка епітеліальних трабекул не поліпшувалася. Як і у експериментальних тварин важкого ступеня клітинного зневоднення, у паренхімі епіфіза тварин 15-ти добового терміну реадaptaції кількість світлих клітин превалювала над темними, що вказувало на продукцію епіфізом поліпептидів на цих термінах реадaptaції. Основу паренхіми складали світлі вакуолізовані клітини, розміри котрих були менші за показники контрольних тварин та практично не відрізнялися від площі пінеалоцитів важкого ступеня клітинного зневоднення рис. 3). Переважна кількість таких клітин розміщувалася на периферії залози.

Крім того, на цих термінах реадaptaції, у паренхімі спостерігалися досить активні процеси кістоутворення. Виявлялися множинні кісти овальної та округлої форми мілкі та середніх розмірів. Це, безперечно, вказувало на поступове збільшення адаптивних та компенсаторних можливостей епіфіза та пептидпродукуючий тип секреції залози. Темні пінеалоцити розташовувалися у більш центральних ділянках та між світлими клітинами, їх кількість складала близько 33%. Контури клітин часто були нечіткими. Хроматинова сітка ядер при 15-ти добовому терміні реадaptaції залишалася як гіперхромною у темних клітинах, так і більш просвітленою, з крайовою агрегацією хроматину у світлих клітинах. При цьому, серед деструктивних процесів у ядерному апараті переважали некротичні зміни ядер (пікноз, повний, або частковий лізис, нечіткість контурів каріомембрани). Але до позитивних перебудов у ядрах можливо віднести збільшення розмірів ядер у порівнянні з показниками контрольних тварин та появу у каріоплазмі ядерець, що, безперечно, вказувало на посилення синтетичної активності частини пінеалоцитів та активні відновні процеси в них. Як у цитоплазмі пінеалоцитів, так і у міжтрабекулярних просторах контурувалася мілка оксифільна зернистість. При фарбуванні

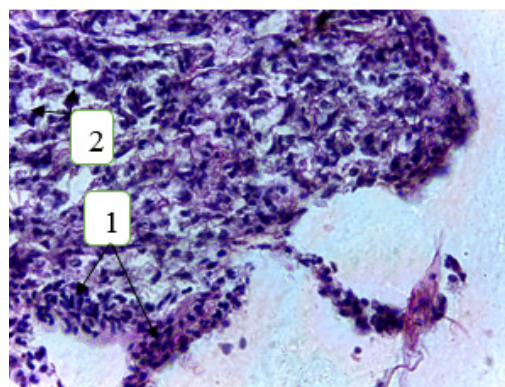


Рис. 2. Морфологічні перебудови структурних компонентів епіфіза за умови 15-ти добового терміну реадaptaції до клітинного зневоднення: 1-активна гліальна реакція в субкапсулярній зоні залози; 2-кісти. Забарвлення гематоксилін-еозином. Збільшення  $\times 400$

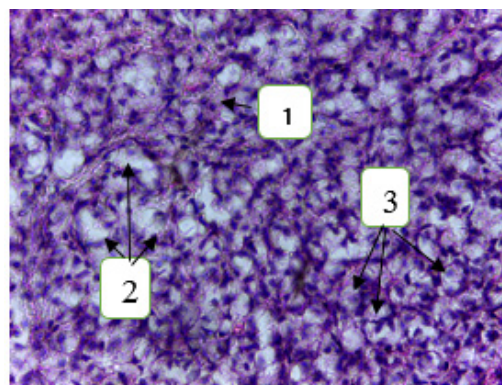


Рис. 3. Морфологічні перебудови структурних компонентів епіфіза за умови 15-ти добового терміну реадaptaції до важкого ступеня клітинного зневоднення: 1 – пінеалоцити з переважною продукцією індоламінів; 2 – пінеалоцити з переважною продукцією пептидів; 3 – множинні кісти. Забарвлення: гематоксилін-еозин. Збільшення  $\times 400$

препаратів по Ейнарсону спостерігалось поступове відновлення присутності гранул секрету у цитоплазмі пінеалоцитів. Так, у цитоплазмі пінеалоцитів виявлялася слабка інтенсивність фарбування гранул.

**Головні висновки.** 1. Порушення водно-солевого балансу організму (змодельованого клітинного зневоднення важкого ступеня) викликало негативні перебудови у всіх структурних компонентах епіфіза піддослідних тварин: стромальному, судинному та паренхіматозному, що носили неспецифічний поліморфний характер.

2. При 15-ти добовому терміні реадaptaції до клітинного зневоднення в епіфізі піддослідних тварин виявлявся ряд компенсаторно-приспосувальних процесів, направлених на нейтралізацію впливу стресора на орган. Перш за все, це торкалося змін у ядерному апараті пінеалоцитів: компенсаторне збільшення розмірів ядер у порівнянні з показниками контрольних тварин та поява у каріоплазмі ядерець, що, безперечно, вказувало на посилення синтетичної активності частини пінеалоцитів та активні відновні процеси в них. У цитоплазмі пінеалоцитів спостерігалось поступове відновлення присутності гранул секрету, збільшувалась ступінь васкуляризації органу. Площа судин, хоча і залишалась збільшеною відносно показників контрольних тварин, але все ж зменшувалась відносно показників тварин важкого ступеня клітинного зневоднення. Але, в епіфізі зберігалися ряд негативних морфологічних ознак, що мали місце після 15-ти діб реадaptaції: зменшення лінійних показників епіфіза, сут-

тєве збільшення сполучнотканинного компонента строми, збільшення товщини капсули, колагенізація стінки судин, набряк міжтрабекулярного сполучнотканинного компонента, порушення реологічних властивостей крові, збільшена ступінь проникності судинної стінки та наявність у частини пінеалоцитів дистрофічно-деструктивних змін після довгострокового впливу клітинного зневоднення.

3. Дослідження чисельності клітин астроцитарної глії та пінеалоцитів вказувало на збільшення реактивної гліальної реакції у епіфізі піддослідних тварин під час реадaptaції у порівнянні як з показниками контрольних тварин, так і тварин важкого ступеня клітинного зневоднення. Дія астроцитарної глії була направлена на утилізацію ділянок крововиливів у паренхімі та за її межами, некротично змінених клітин, сприяючи тим самим відновленню водно-електролітного балансу у органі. Чисельність пінеалоцитів зменшувалась, що виявлялося у розрідженні клітин паренхіми в результаті загибелі пінеалоцитів внаслідок впливу клітинного зневоднення та утилізації астроцитами.

4. Отже, 15-ти добовий термін реадaptaції до важкого ступеня клітинного зневоднення є недостатнім для повної нейтралізації стресорного впливу на орган.

**Перспективи використання результатів дослідження** базуються на проведенні подальших імуногістохімічних досліджень препаратів епіфіза щурів за умов різних термінів клітинного зневоднення та корекції виявлених змін.

### Література

1. Боголюбов В. М. Патогенез и клиника водно-электролитных расстройств: монография. Ленинград. Изд-во «Медицина», 1968. 176 с.
2. Погорелов М.В., Бумейстер В.І, Ткач Г.Ф., Болотна І.В., Бончев С.Д. Сучасні уявлення про водно-солевий обмін (огляд літератури та методи власних досліджень). Вісник проблем біології і медицини. 2009. №2. С. 8-14.
3. Губина-Вакулик Г.И. Попытка обобщения результатов патогистологического исследования эпифиза мозга. Буковинський медичний вісник. 2006. № 10(4). С. 34-36.
4. Арушанян Э.Б. Антистрессорные возможности эпифизарного мелатонина. Мелатонин в норме и патологии: монография. Москва. Изд-во «Медицина», 2004. 222с.
5. Чазов Е.И., Исаченков В.А. Эпифиз: место и роль в системе нейроэндокринной регуляции: монография. Москва. Изд-во «Наука», 1974. 238 с.
6. Білик А.Л. Особливості перебудови компактної речовини та зміни хімічного складу плечових кісток щурів з різними типами автономної нервової системи при адаптації до клітинного зневоднення. Вісник морфології. 2007. № 13(2). С. 307-310.
7. Denisenko, S. A., Gubina-Vakulik G. I. Features of the morphofunctional state of the brain pineal gland of rats-offspring with low-intensity electromagnetic irradiation of their mothers. Problems of endocrine pathology, 2009. №4. P. 112–117.
8. Chlubek D, Sikora M. Fluoride and Pineal Gland. Applied Science. 2020. № 10( 2885). P. 1–10. Doi:10.3390/app10082885
9. Hryntsova, N. B., Timakova, O. O., Romanyuk, A. M. Morphofunctional reconstructions of the epiphysal-parathyroide axis structural components of rats in the period of readaptation after prolonged exposure to heavy metals. Problems of Endocrine Pathology. 2020. № 4. P. 106–114. Doi:10.21856/j-PEP.2020.4.14
10. Бондаренко Л.А., Губина –Вакулик Г.И. Морфофункциональные изменения пинеальной железы в динамике адаптации к гипотермии. Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова. 2001. № 87(12). P. 1643-1649.
11. Гринцова Н.Б. Стан структурних компонентів епіфіза щурів в умовах різних термінів позаклітинного зневоднення. Collective monograph «Integration of traditional and innovation processes of development of modern science». Riga. Latvia. 2020.- P.22-41. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-021-6>
12. Гринцова Н.Б., Романюк А.М. Спосіб ідентифікації і атравматичного вилучення епіфіза у щурів/ Патент на корисну модель № 142276 від 25.05.20 Державного реєстру патентів України на корисні моделі.
13. Гринцова Н.Б., Романюк А.М., Ліндін М.С., Ліндіна Ю.М. Модифікований спосіб приготування гістологічних препаратів епіфіза щурів/ Патент на корисну модель № 142314 від 25.05.20 Державного реєстру патентів України на корисні моделі.
14. Благодаров В.М., Червяк П.І. та інш. Патологічна анатомія. Загальнопатологічні процеси: навчальний посібник. Київ: Изд-во «Генеза», 1997. 280 с.

## ОСОБЛИВОСТІ ТРОФІЧНИХ ЗВ'ЯЗКІВ ПОПУЛЯЦІЙ ГРИЗУНІВ У РАЗІ ЗМІНИ СТРАТЕГІЇ ВИЖИВАННЯ

Мякушко С.А.

Науково-навчальний інститут «Інститут біології та медицини»  
Київського національного університету імені Тараса Шевченка  
вул. Володимирська, 64/13, 01601, м, Київ  
[aloizaloiz@ukr.net](mailto:aloizaloiz@ukr.net)

У ході безперервних 50-річних спостережень за популяціями гризунів на території Канівського природного заповідника (Черкаська область, Україна) виявлено порушення трофічних зв'язків, що обумовлено антропогенним впливом. Польові спостереження проводили упродовж першої половини літа кожного року. Фоновими видами лісових біотопів заповідника є три види гризунів – руда (*Myodes glareolus*) і підземна (*Microtus subterraneus*) полівки, жовтогорла миша (*Sylvaemus flavicollis*). Період досліджень охопив різні етапи існування заповідної екосистеми. Невелика площа, розташування в густонаселеному районі України, взаємодія із сусідніми територіями, які залучені до господарської діяльності, завжди зумовлювали антропогенний тиск на заповідну територію. Його характер та інтенсивність визначали зміни режиму охорони і ліквідація статусу заповідника в 1951–1968 рр. Пізніше територія заповідника зазнавала зростаючого техногенного тиску, до якого додалося радіоактивне забруднення. У даній роботі для порівняння своїх характеристик обрані чотири повні цикли динаміки щільності популяції гризунів (від депресії до депресії), тривалість яких складала 4–5 років. Перші три цикли відповідають якісно відмінним періодам в існуванні екосистеми і популяції досліджуваного виду, а останній – поточній ситуації. Виявлено, що наявні у перші два десятиріччя взаємозалежності у системі «популяція – кормова база» зникають і упродовж останніх 30 років не відновлюються. Це супроводжується такими явищами як зниження сумарної біомаси гризунів, здрібнення особин та інтенсифікація розмноження. Встановлено, що у даний період кількісні та якісні показники кормової бази гризунів залишаються майже незмінними, проте порушуються взаємозв'язки з динамікою щільності популяцій. Доведено, що стан кормової бази сам по собі не може обумовлювати здрібнення. Висунуте припущення, що здрібнення особин на фоні стабільних трофічних умов є специфічною популяційною стратегією щодо підтримання екологічного балансу. Остання передбачає, що популяція зменшує частку енергії на підтримання біомаси власних елементів з метою зниження сукупних витрат або вивільнення ресурсів для подальшої інтенсифікації відтворення. *Ключові слова:* гризуни, динаміка популяцій, кормова база, екологічний баланс.

### **Peculiarities of trophic relations of rodent populations in case of change of survival strategy. Myakushko S.**

Continuous 50-year observations of rodent populations in the Kaniv Nature Reserve (Cherkasy region, Ukraine) have revealed a violation of trophic relations due to anthropogenic influences. Field observations were carried out during the first half of summer every year. The background species of forest habitats of the reserve are three species of rodents – bank vole (*Myodes glareolus*), pine vole (*Microtus subterraneus*) and yellow-necked wood mouse (*Sylvaemus flavicollis*). The research period covered various stages of the existence of the protected ecosystem. The small area, location in the densely populated region of Ukraine, interaction with neighboring territories, which are involved in economic activities, have always caused anthropogenic pressure on the protected area. Its nature and intensity determined the changes in the protection regime and the elimination of the status of the reserve in 1951–1968. Later, the territory of the reserve experienced increasing technogenic pressure, to which radioactive contamination was added. In this work, to compare their characteristics, four complete cycles of the density dynamics of the rodent populations (from depression to depression) were selected, the duration of which was 4–5 years. The first three cycles correspond to qualitatively different periods in the existence of the ecosystem and the populations of the studied species, and the last one corresponds to the relatively current situation. It was found that the interdependencies in the "population – feed base" system existing in the first two decades are disappearing and have not been restored for the last 30 years. This is accompanied by such phenomena as the reduction of the total biomass of rodents, shrinking the size of individuals and the intensification of reproduction. It has been established that in this period, the quantitative and qualitative indicators of the rodent feed base remain almost unchanged, but the relationship with the dynamics of population density is disrupted. It is proved that the condition of the feed base by itself cannot cause shrinking. It has been suggested that the degradation of individuals against a background of stable trophic conditions is a specific population strategy for maintaining an ecological balance. It predicts that the population reduces the share of energy to maintain biomass of its own elements in order to reduce aggregate costs or release resources for further intensification of reproduction. *Key words:* rodents, population dynamics, feed base, ecological balance.

**Постановка проблеми.** Підтримання екологічного балансу слід вважати генеральною стратегією функціонування і виживання біосистем на різних рівнях організації [1–3]. На популяційному рівні це реалізується у вигляді максимально ефективного використання і перетворення усієї доступної енергії середовища. Останній факт обумовлює наявність чітких кількісних взаємозв'язків між популяційними показниками і параметрами ресурсної бази. Проте це повною мірою спра-

ведливо лише в нормальних (непорушених) і відносно стабільних природних умовах. В інших випадках кореляції можуть не простежуватися. Головна причина цього полягає у тому, що дослідження можуть охоплювати періоди, коли популяція здійснює пристосування до змінних умов середовища. На таких стадіях тимчасові порушення балансу неминучі, проте вони далеко не фатальні, якщо у подальшому супроводжуються відновленням збалансованості.

**Актуальність дослідження.** Антропогенна трансформація екосистем обумовлює суттєві і відносно швидкі популяційні реакції, які спрямовані на відновлення порушеного екологічного балансу. Предметом багатьох досліджень, як правило, є лише результат (наслідки) антропогенного впливу на популяцію або біосистему іншого рівня. Механізми такого перетворення найчастіше опиняються поза полем зору дослідників, оскільки потребують величезної кількості різнопланових даних і тривалих спостережень. Матеріали 50-річного моніторингу за популяціями гризунів Канівського природного заповідника, на якому базується дана робота, частково дозволяють зняти ці перешкоди.

**Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями.** У дослідженні використані дані багаторічних спостережень за популяціями лісових гризунів грабової діброви заповідника. Робота виконана у межах науково-дослідної теми «Моніторинг структурно-функціональної організації біотичних угруповань з метою оцінки стану екосистем у змінних умовах довкілля».

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У разі досліджень динаміки популяцій гризунів дуже часто вдається довести і обґрунтувати зв'язок зі станом їх кормової бази [4–6]. Кількісні та якісні параметри кормової бази обумовлюють не лише чисельність (щільність) тварин, але й визначають специфіку різних типів популяційної структури [7, 8]. Більш того, часто виявляють узгодженість багаторічних коливань складових системи «споживач – ресурс» [9–11]. Така ситуація однозначно трактується як пряма залежність популяції від доступної енергії у вигляді кормів [12, 13]. Не принижуючи значення цього зовнішнього для популяції фактора, таку інтерпретацію слід розглядати як штучне спрощення реальної ситуації. Популяція не лише пасивно «підстроюється» під наявні ресурси, а шляхом перерозподілу енергії між своїми функціями, здатна змінювати свою стратегію виживання, здійснюючи активне пристосування до нових умов.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття.** Метою даної роботи був аналіз багаторічних змін зв'язку популяцій трьох видів лісових гризунів зі станом їх кормової бази, причин і механізмів змін популяційної стратегії виживання в умовах антропогенної трансформації середовища.

**Новизна.** У результаті багаторічних спостережень вперше досліджений комплекс популяційних реакцій на антропогенну трансформацію середовища, одним із проявів якого є порушення трофічних зв'язків і здрібнення особин.

**Методологічне або загальнонаукове значення.** Сформована та обґрунтована гіпотеза, яка пояснює, що здрібнення особин на фоні стабільних трофічних умов є специфічною популяційною стратегією щодо підтримання екологічного балансу.

**Викладення основного матеріалу.** Результати даного дослідження базуються на матеріалах безперервного моніторингу за станом популяцій лісових гризунів грабової діброви Канівського природного заповідника. Ці комплексні спостереження, які були розпочаті у 1971 р. і тривають до теперішнього часу, охоплюють різні періоди існування заповідної екосистеми. Останні обумовлені як сукцесійними перетвореннями біоти, так і специфікою антропогенного впливу. Невелика площа, розташування у густонаселеному районі України, взаємодія із сусідніми територіями, які залучені до господарської діяльності, обумовлювали антропогенний тиск на заповідну територію. Його характер та інтенсивність визначали зміни режиму охорони й ліквідація статусу заповідника в 1951–1968 рр. Пізніше територія зазнавала зростаючого техногенного тиску, до якого додалося радіоактивне забруднення [14]. Ситуацію погіршує синергічна дія хімічних токсикантів у зв'язку з розташуванням заповідника у зоні високої токсичності ґрунтів [15]. До фонових видів заповідної лісової екосистеми належать такі види: полівка підземна (*Microtus subterraneus* de Selys-Longchamps, 1836), миша жовтогорла (*Sylvaemus flavicollis* Melchior, 1834) (за іншими уявленнями *Terricola subterraneus* і *Sylvaemus tauricus* [16]). Третій вид – полівка руда (*Myodes glareolus* Schreber, 1780) – є домінантом в угрупованні, її чисельність складає у різні роки 75–80 % від загального населення гризунів.

Для порівняння своїх характеристик обрані чотири повні цикли динаміки щільності популяцій гризунів. Для різних видів цикли не завжди співпадають у часі, проте завжди охоплюють проміжок часу від депресії до депресії щільності популяції. Цикли динаміки можуть тривати 4–6 років і характеризуватися різним рівнем щільності, проте використання усереднених показників, робить можливим їх співвіднесення. Перший цикл припав на так званий інерційний період, який настав після відновлення у 1968 р. статусу заповідника на території учбово-дослідного лісового господарства. Його специфіка пов'язана з поступовим рухом грабової діброви до клімаксного стану після тривалого періоду рубок і розчистки лісу, різних лісотехнічних заходів і типів рекреації. Перші роки заповідання ще не стерли наслідки господарської діяльності і вони за інерцією впливали на населення гризунів. Другий цикл відповідає мінімальному антропогенному впливу на заповідну територію. Третій цикл припадає на період, який почався після аварії на Чорнобильській атомній електростанції у 1986 р., коли в популяціях гризунів був зафіксований комплекс реакцій, що свідчили про глибокі порушення динаміки. Детальніше періодизація стану середовища гризунів і відповідні популяційні ефекти наведені у наших попередніх роботах [17–20]. Останній цикл характеризує поточну ситуацію з популяціями гризунів.

Відлови тварин проводили за допомогою традиційного методу облікових ділянок. У грабовому



лісі ділянки розташовували на схилах із різною експозицією і вирівняних плато, охоплюючи території з різним ступенем розвитку підліску, трав'янистої рослинності та лісової підстилки. У межах даного дослідження проаналізовано розмірно-масові параметри 3993 особин ( $n = 2604$  для рудої полівки,  $n = 721$  для підземної і  $n = 668$  для жовтогорлої миші). Крім традиційних екстер'єрних показників (маса тіла ( $W$ ), довжина тіла ( $L$ ), проаналізовано показник вгодованості ( $W/L$ ), який являє собою індекс і тому є чутливішим для відображення будь-яких впливів [21]. Особливості відтворення у оцінювали за допомогою показників інтенсивності розмноження [22]. Показник реального популяційного відтворення (PRR) є добутком частки самок, що розмножуються, від загальної кількості тварин у виборці, середнього розміру їх виводка та відносної чисельності (або щільності) популяції. На відміну від цього, показник популяційного потенціалу відтворення (PPR) є добутком частки статевозрілих самок від загальної кількості тварин, багаторічного максимального розміру виводка та чисельності популяції на певний момент часу. Коефіцієнт репродукції ( $IR$ ), який є відношенням PRR і PPR, свідчить про ступінь реалізації потенціалу відтворення.

Завдання польових спостережень включали також стеження за кормовою базою гризунів. Протягом першої половини літа на пробних ділянках, одночасно з обліком гризунів визначали запас насіння граба, біомасу та видове різноманіття трав'янистої рослинності. Для оцінки кормових ресурсів було використано низку абсолютних і розрахункових показників:  $m$  – маса нез'їденого насіння;  $i$  – відношення кількості нез'їденого насіння до з'їденого;  $D = mi$  – доступність насіння;  $B$  – суха біомаса трав'янистих рослин;  $H$  – індекс Шеннона-Уівера;  $F =$

$VH$  – ефективна біомаса;  $P = D + F = D + VH$  – сума доступності насіння та ефективної біомаси [2]. Ці параметри дають можливість оцінити стан кормової бази різних за спектром живлення видів гризунів.

На рис. 1 сумарна біомаса угруповання лісових гризунів упродовж чотирьох циклів динаміки показана на фоні змін кормової бази. Можна побачити, що останні два цикли виявляють чітку тенденцію до зменшення біомаси, у той же час комплексний показник кормової бази ( $P$ ) не демонструє суттєвих змін. Іншими словами, на перший погляд скорочення біомаси споживачів не обумовлені відповідним зменшенням кількості та якості їх трофічних ресурсів. Проте такий висновок можна вважати передчасним, оскільки наведені узагальнюючі параметри не відображають трофічну специфіку окремих видів. Оскільки своєрідність трофічних зв'язків є однією з причин як схожості, так і відмінностей динаміки населення різних видів гризунів, буде правомірним вважати, що між щільністю популяцій і показниками кормової бази наявні характерні кореляції.

У табл. 1 наведені коефіцієнти кореляції між щільністю популяцій трьох видів гризунів, а також їх сумарного населення, з абсолютними і розрахунковими показниками, які характеризують стан кормової бази. Кореляційні зв'язки упродовж перших двох циклів дійсно відображають трофічну спеціалізацію видів.

Так, для насіннеїдної жовтогорлої миші наявні жорсткі зв'язки із запасом насіння у лісовій підстилці та їх доступністю ( $m$  і  $D$ ), для зеленоїдної підземної полівки – з ефективною біомасою рослин ( $F$ ), для рудої полівки, яка є вираженим поліфагом – з сумою доступності насіння та ефективної біомаси ( $P$ ). Загалом ці періоди характеризуються великою кількістю достовірних трофічних зв'язків. На відміну від цього, упродовж останніх двох циклів дина-

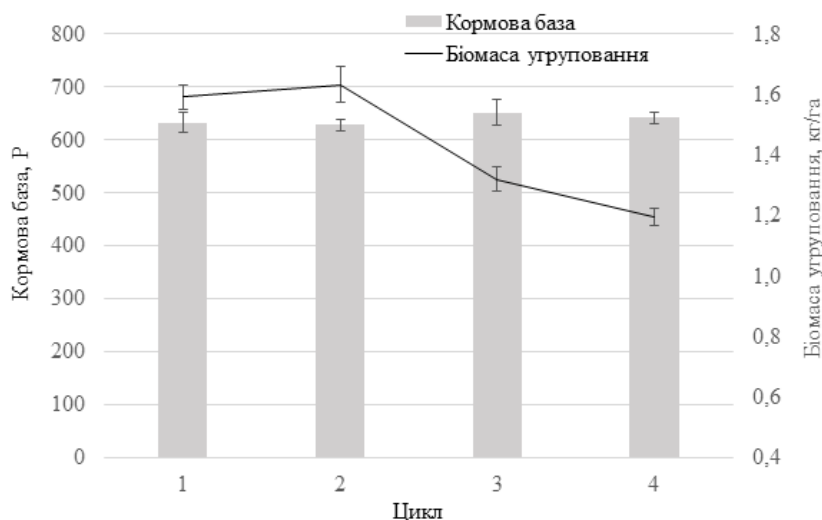


Рис. 1. Зміни сумарної біомаси угруповання гризунів і комплексного показника кормової бази ( $P$ )

міки колишні співвідношення зникають або стають недостовірними. Це надає підстав для висновку про порушення трофічних зв'язків і відсутність залежності кількості споживачів від наявних ресурсів. Даний ефект не можна вважати випадковим, оскільки крім циклів динаміки, які розглядаються у даній роботі, явище було зафіксоване упродовж усіх років трьох останніх десятиріч.

Таблиця 1

**Скорельованість щільності популяцій гризунів з показниками кормової бази упродовж різних циклів динаміки**

Цикл	Показник	<i>Myodes glareolus</i>	<i>Sylvaeus flavicollis</i>	<i>Microtus subterraneus</i>	Сумарна щільність
1-й	m	0,621	0,932	-0,221	0,684
	i	0,114	0,542	0,232	0,186
	D	0,697	0,966	-0,106	0,819
	B	0,822	0,531	0,514	0,834
	H	-0,614	-0,611	0,644	-0,460
	F	0,567	0,261	0,830	0,657
	P	0,806	0,987	-0,033	0,799
2-й	m	0,430	0,775	-0,533	-0,483
	i	0,764	0,299	0,503	0,623
	D	0,579	0,834	-0,243	0,739
	B	0,083	0,254	0,627	0,466
	H	0,542	0,046	0,669	0,044
	F	0,465	-0,026	0,856	0,645
	P	0,766	-0,335	-0,663	0,698
3-й	m	-0,022	0,224	0,108	0,055
	i	-0,433	0,098	-0,435	-0,201
	D	-0,311	0,134	0,010	-0,343
	B	0,502	0,398	0,556	0,511
	H	-0,234	0,222	-0,047	-0,116
	F	0,404	0,401	0,506	0,346
	P	-0,026	0,232	0,097	0,111
4-й	m	-0,305	0,116	0,180	0,233
	i	-0,233	0,113	-0,323	-0,405
	D	-0,217	0,264	0,111	-0,028
	B	0,425	0,429	0,438	0,459
	H	-0,204	0,274	-0,165	-0,215
	F	0,385	0,344	0,594	0,365
	P	-0,273	0,312	0,122	0,314

Пошук можливих причин і механізмів реалізації даного явища був здійснений на прикладі руді полівки, популяція якої у наших дослідженнях пред-

ставлена найбільшою вибіркою. У табл. 2 показники щільності населення і сумарної біомаси особин доповнені параметрами, які характеризують напруженість процесів розмноження. Аналіз цих даних дає можливість простежити принаймні дві важливі особливості. По-перше, середня щільність популяції та її біомаса, хоча і змінюються упродовж окремих циклів, проте не демонструють вираженої спрямованості своїх змін. По-друге, комплексні показники розмноження двох останніх циклів свідчать про інтенсифікацію цих процесів. Проте напружене відтворення у цей час не супроводжується ростом щільності популяції або збільшенням сумарної біомаси особин.

Матеріали табл. 3 допомагають з'ясувати причини такого явища. Можна побачити, що у проміжок часу від 2-го до 4-го циклу включно, в популяції одночасно відбуваються два процеси: здрібнення особин та інтенсифікація їх відтворення. Зробити такий висновок дають можливість комплексний показник вгодованості (відношення маси тіла до довжини) і коефіцієнт репродукції, який не тільки характеризує потенціал відтворення, але й ступінь його реалізації. Не менш характерним є той факт, що ці процеси відбуваються на фоні майже незмінної кормової бази.

Надати пояснення знайденим феноменам уявляється можливим лише за умов залучення усього комплексу подій та явищ, які відбулися з популяціями упродовж 50-річного періоду спостережень. За цей час були виявлені такі ефекти, як зміна типу динаміки усіх популяцій гризунів, порушення різних типів структури популяцій, стратегії розмноження, внутрішньо- і міжпопуляційних зв'язків [18, 23].

Упродовж останніх 30 років також зафіксовано зменшення розмірно-масових показників особин гризунів, що отримало назву явища здрібнення [20]. Процес здрібнення має стійку і виражену тенденцію до свого поглиблення, що не дозволяє вважати його випадковим явищем. Здрібнення відбувається на фоні численних порушень різних аспектів популяційної динаміки, що дає підстав пов'язувати його з антропогенними змінами середовища. Було висунуте припущення, що явище здрібнення може реалізуватися за допомогою різних механізмів. По-перше, у результаті смертності із популяції випадають найкрупніші особини і самки, що розмножуються, з їх найбільшими енергетичними потребами, по-друге, повільніше відбувається ріст і набір маси молодими тваринами. У кінцевому результаті зменшення екстер'єрних параметрів особин зменшує їх питомі енергетичні потреби і дає можливість краще пережити несприятливі умови. З цих позицій здрібнення своїх елементів було запропоновано розглядати у якості специфічної популяційної стратегії щодо підтримання екологічного балансу.

Зрозуміло, що здійснення таких масштабних популяційних трансформацій прямо або опосередковано пов'язано зі змінами доступних ресурсів.

Таблиця 2

**Щільність населення, біомаса і показники інтенсивності відтворення  
в популяції рудої полівки упродовж різних циклів динаміки**

Показник	Цикл динаміки щільності			
	1-й	2-й	3-й	4-й
Щільність популяції, ос/га	61,8 ± 2,03	43,7 ± 3,93	69,6 ± 2,91	59,8 ± 3,04
Біомаса, кг/га	1,21 ± 0,03	1,11 ± 0,14	1,23 ± 0,06	1,09 ± 0,09
Реальне відтворення (PPR · 10 <sup>3</sup> )	6,14 ± 0,45	6,63 ± 0,51	7,14 ± 0,31	8,02 ± 0,30
Потенційне відтворення (PPR · 10 <sup>3</sup> )	7,79 ± 0,51	7,72 ± 0,23	8,63 ± 0,38	8,86 ± 0,21

Таблиця 3

**Зміни розрахункових показників популяції рудої полівки та її кормової бази**

Показник	2-й цикл (M ± m)	4-й цикл (M ± m)	Напрямок і величина змін, %
Вгодваність (W/L), г/см	2,49 ± 0,04	1,92 ± 0,06	- 22,9
Коефіцієнт репродукції (IR)	0,83 ± 0,05	0,96 ± 0,04	+ 15,9
Комплексний показник кормової бази (P)	625,31 ± 3,91	641,73 ± 5,88	+ 2,6

Зв'язок щільності популяцій з кількістю та якістю їх кормової бази доведений багаторазово [24, 25]. Іноді навіть вважають, що широко вживане у популяційній екології поняття «ємність середовища», у першу чергу визначається трофічними ресурсами, а інші параметри (наприклад, результати міжвидових взаємодій, доступність сховищ та інші) за своїм значенням є вторинними [26]. Пріоритетна роль кормової бази підкреслюється багатьма дослідниками [27–29]. Проте кількість і якість кормів є зовнішнім для популяції фактором. Висновок, що популяція здатна лише пасивно слідувати за змінами доступності своїх ресурсів, слід вважати неприпустимим спрощенням. Насправді популяція має достатню кількість способів і механізмів для регуляції своєї взаємодії із середовищем [30].

На наш погляд, ситуація розвивалась у такій послідовності подій. Упродовж інерційного і доаварійного періодів (тобто перших двох циклів) між компонентами «споживач – кормова база» спостерігали чіткі кількісні співвідношення і взаємозв'язки. Кормова база у заповідній екосистемі ніколи не відігравала лімітуючої ролі, проте масштаби її використання закономірно змінювались у ході багаторічної динаміки щільності популяцій. Наприклад, за оцінками співвідношення минулорічного і поточного запасу насіння у лісовій підстилці, на фізі піка тварини використовували до 78 % кормів (насіння граба), а на фазі депресії – до 45 %. Наслідки антропогенного впливу спричинили каскад популяційних реакцій (зміни динаміки щільності, структури, порушення попередніх параметрів відтворення і збільшення смертності), результатом чого стала трансформація стратегії популяції щодо виживання і підтримання балансу. На цьому етапі (він відповідає 3-му і 4-му циклам) відбувається значний ріст інтенсивності розмноження [31], а також втрата

зв'язків з кормовою базою. За рахунок росту смертності у першу чергу найплодючішого маточного поголів'я, а також низької життєздатності нащадків, успішність відтворення виявляється низькою.

Можна припустити, що подальша інтенсифікація розмноження обумовлена необхідністю компенсувати підвищену смертність, як це часто спостерігають у нормальних (не трансформованих) природних умовах [32–35]. У будь-якому разі екологічний баланс виявляється порушеним. На жаль, спроби його відновлення у такий спосіб не тільки виявляються безуспішними, але й поглиблюють кризову ситуацію, оскільки енергетичні потреби популяції все більше переважають можливості середовища. Майже усі корелятивні зв'язки з параметрами кормової бази зникають, при цьому використання кормів становить 88–94 % незалежно від фази динаміки щільності населення. Іншими словами, трофічні ресурси використовуються з максимальною інтенсивністю, проте це не супроводжується очікуваним результатом у вигляді збільшення біомаси або щільності популяцій, оскільки він нівелюється ростом смертності. З певного моменту популяція вимушена скорочувати свої енергетичні потреби, зменшуючи біомасу особин, тобто витрати на її підтримання. Явище здрібнення вперше було зафіксоване у 2005 р. [21], проте на той час були відсутні дані щодо динаміки розмноження, тому загальний напрямок розвитку подій залишався нез'ясованим. Ретроспективний аналіз показав, що тенденція до здрібнення реалізується в популяціях гризунів вже майже три десятиріччя і все це відбувається на фоні майже незмінної кормової бази.

Відповідно до уявлень про екологічний баланс, енергетичні потреби популяції складаються з витрат на підтримання власної біомаси і витрат на відтворення, тобто забезпечення існування власного виду

[1]. Безперечно, така диференціація «статей» енергетичних витрат популяції є дуже наближеною, проте концептуально вона дуже вірно відбиває реальну ситуацію. Сукупні потреби популяції (включаючи підтримання біомаси і розмноження) повинні відповідати енергетичним можливостям середовища. Критерієм останніх можна вважати стан кормової бази [2]. У нашому дослідженні її параметри закономірно змінюються, відбиваючи свою циклічність, обумовлену, наприклад, коливаннями плодоносіння граба з періодом у 5–7 років. Проте усереднені показники стану кормової бази є дуже схожими. Тобто енергетичні можливості середовища упродовж усього часу спостережень залишаються майже незмінними. У протилежність цьому, енергетичні потреби популяції у разі підсилення антропогенного впливу значно зростають. Причиною цього є посилення розмноження для компенсації високої смертності. Потреби, таким чином, перебільшують можливості їх задоволення, тобто баланс виявляється порушеним. Намагаючись його відновити, популяція з певного часу зменшує розмірно-масові показники своїх елементів, що виявляється в ефекті здібнення особин. Принциповим є те, що особини зменшують свою вгодованість (по суті, худнуть) не у результаті голоду, а заздалегідь – повільніше набираючи масу і долучаючись до відтворення з мінімально достатніми для цього параметрами. Формулюючи простіше, можна зазначити, що особини худнуть не *від* чогось (наприклад, нестачі їжі, голоду), а *для* зменшення частки енергії, яка спрямована на підтримання біомаси. Іншими словами, популяція починає економити на собі. Така стратегія може мати дві причини: для підтримання балансу необхідно просто зменшити сукупні витрати або популяція намагається вивільнити певну кількість енергії, яку можна додатково спрямувати на розмноження. Останні положення поки залишаються

припущеннями, оскільки потребують додаткового обґрунтування. Проте можна стверджувати, що здібнення особин на фоні стабільних трофічних умов є специфічною популяційною стратегією щодо підтримання екологічного балансу.

**Головні висновки.** Підтримання екологічного балансу слід вважати пріоритетною задачею для виживання популяції у ході її взаємодії зі змінним середовищем. Він може забезпечуватися різними механізмами, проте їх успішність визначається приведенням потреб популяції у відповідність до його можливостей. Упродовж останніх 30 років, які відповідають значному антропогенному навантаженню, зафіксовано зменшення розмірно-масових показників особин популяцій лісових гризунів, що отримало назву явища здібнення. Встановлено, що у даний період кількісні та якісні показники кормової бази гризунів залишаються майже незмінними, проте порушуються взаємозв'язки з динамікою щільності популяцій. Одночасно виявлено, що все це супроводжується зростанням інтенсивності розмноження. Доведено, що стан кормової бази сам по собі не може обумовлювати здібнення. Висунуте припущення, що здібнення особин на фоні стабільних трофічних умов є специфічною популяційною стратегією щодо підтримання екологічного балансу. Остання передбачає, що популяція зменшує частку енергії на підтримання біомаси власних елементів для зниження сукупних витрат або вивільнення ресурсів для подальшої інтенсифікації відтворення.

**Перспективи використання результатів дослідження.** Результати даного дослідження сприяють розумінню реакцій популяцій тварин на антропогенну трансформацію екосистем. Враховуючи сучасні тенденції і масштаби цих процесів, вивчення стратегій виживання популяцій у змінних умовах середовища є необхідним елементом для розробки концепцій і підходів щодо збереження біологічного різноманіття.

### Література

1. Межжерин В.А. Концепция энергетического баланса в современной экологии. *Экология*. 1987. № 5. С. 15–22.
2. Межжерин В.А., Емельянов И.Г., Михалевич О.А. Комплексные подходы в изучении популяций мелких млекопитающих. Киев: Наукова думка, 1991. 204 с.
3. Egerton F.N. History of ecological sciences. Animal population ecology. *The Bulletin of the Ecological Society of America*. 2015. Vol. 96, № 4. P. 560–626. doi: 10.1890/0012-9623-96.4.560
4. Krebs C.J. Population dynamics of large and small mammals: Graeme Caughley's grand vision. *Wildlife Research*. 2009. Vol. 36. № 1. P. 1–7. doi.org/10.1071/WR08004
5. Brouard M.J., Knowles S.C.L., Dressen S., Coulson T., Malo A.F. Factors affecting woodland rodent growth. *Journal of Zoology*. 2020. Vol. 312, № 3. P. 174–182. doi.org/10.1111/jzo.12822
6. Andreassen H.P., Sundell J., Ecke F. et al. Population cycles and outbreaks of small rodents: ten essential questions we still need to solve. *Oecologia*. 2021. Vol. 195. P. 601–622. doi.org/10.1007/s00442-020-04810-w
7. Tkadlec E., Zejda J. Small rodent population fluctuations: The effects of age structure and seasonality. *Evolutionary Ecology*. 1998. Vol. 12. P. 191–210. doi.org/10.1023/A:1006583713042
8. Rémy A., Odden M., Richard M., Stene M.T., Le Galliard J.-F., Andreassen H.P. Food distribution influences social organization and population growth in a small rodent. *Behavioral Ecology*. 2013. Vol. 24, Is. 4. P. 832–841. doi.org/10.1093/beheco/art029
9. Turkington R. Top-down and bottom-up forces in mammalian herbivore – vegetation systems: an essay review. *Botany*. 2009. Vol. 87. P. 723–739. doi.org/10.1139/B09-035
10. Orland M.C., Kelt D.A. Responses of a heteromyid rodent community to large- and small-scale resource pulses: diversity, abundance, and home-range dynamics. *Journal of Mammalogy*. 2007. Vol. 88. P. 1280–1287. doi.org/10.1644/06-MAMM-A-408.1

11. Andreassen H.P., Glorvigen P., Remy A.M.J., Ims R.A. New views on how population-intrinsic and community-extrinsic processes interact during the vole population cycles. *Oikos*. 2013. Vol. 122. № 4. P. 507-515. doi: 10.1111/j.1600-0706.2012.00238.x
12. White T.C.R. The role of food, weather and climate in limiting the abundance of animals. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*. 2008. Vol. 83. P. 227-248. doi.org/10.1111/j.1469-185X.2008.00041.x
13. Radchuk V., Ims R.A., Andreassen H.P. From individuals to population cycles: the role of extrinsic and intrinsic factors in rodent populations. *Ecology*. 2016. Vol. 97. № 3. P. 720-732. doi.org/10.1890/15-0756.1
14. Орлов О.О. Мета, завдання і методи радіоекологічних досліджень у природних заповідниках України, які зазнали радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи. *Заповідна справа в Україні*. 1998. Т. 4. № 2. С. 65-68.
15. Грищенко А.М., Остапенко В.Г., Грищенко С.А. Картографические данные определения уровней суммарного техногенного загрязнения окружающей среды по эмбриотоксичности и тератогенности донных отложений и почв части территории Украины до и после аварии на Чернобыльской АЭС. *Доклады АН Украины*. 1993. № 1. С. 127-134.
16. Загороднюк І., Харчук С. Список ссавців України 2020: доповнення та уточнення. *Theriologia Ukrainica*. 2020. Т. 20. С. 10-28. doi: 10.15407/TU2004
17. Межжерин В.А., Мякушко С.А. Стратегии популяций мелких грызунов Каневского заповедника в условиях измененной среды обитания под воздействием техногенных загрязнений и аварии на ЧАЭС. *Известия АН. Серия биологическая*. 1998. Т. 3. С. 374-381.
18. Мякушко С.А. Изменение динамики популяций и сообщества грызунов в результате антропогенного воздействия на заповедную экосистему. *Вестник зоологии*. 1998. Т. 32. № 4. С. 76-85.
19. Мякушко С.А. Гетерогенність популяцій гризунів на термінальних фазах динаміки щільності. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018. Vol. 8. № 1. С. 97-102. doi: 10.15421/2017\_193.
20. Myakushko S.A. The phenomenon of the shrinking size of bank vole (*Myodes glareolus*) in an anthropogenic environment (experience of 50 years of observations). *Biosystems Diversity*. 2021. Vol. 29. № 3. P. 211-216
21. Мякушко С.А. Зміни маси та розмірів тіла гризунів в умовах різних форм антропогенного навантаження. *Заповідна справа в Україні*. 2005. Т. 11. С. 34-40.
22. Емельянов И.Г., Михалеви́ч О.А. Популяционные показатели интенсивности размножения у грызунов. *Грызуны*. Т. 3. Свердловск, 1988. С. 77-78.
23. Мякушко С.А. Багаторічна динаміка популяцій гризунів як критерій стану середовища. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2002. Т. 30. С. 30-34.
24. Wolff J.O. The effects of density, food, and interspecific interference on home range size in *Peromyscus leucopus* and *Peromyscus maniculatus*. *Canadian Journal of Zoology*. 1985. Vol. 63. № 11. P. 2657-2662. doi.org/10.1139/z85-397
25. Sale M.G., Arnould J.P.Y. Inflated population density of island antechinus: a case of allochthonous marine inputs leading to increased food availability? *Australian Journal of Zoology*. 2013. Vol. 60. P. 343-351.
26. Розенберг Г.С., Рянський Ф.Н. Теоретическая и прикладная экология. Нижневартовск: Изд-во Нижневартовского гос. ун-та, 2005. 292 с.
27. Hansson L., Henttonen H. Rodent dynamics as community processes. *Trends in Ecology & Evolution*. 1988. Vol. 3. P. 195-200. doi:10.1016/0169-5347(88)90006-7
28. Turchin P., Batzli G.O. Availability of food and the population dynamics of arvicoline rodents. *Ecology*. 2001. Vol. 82. № 6. P. 1521-1534. doi.org/10.2307/2679797
29. Huitu O., Koivula M., Korpimäki E., Klemola T., Norrdahl K. Winter food supply limits growth of northern vole populations in the absence of predation. *Ecology*. 2003. Vol. 84. P. 2108-2118. doi:10.1890/02-0040
30. Лобков В.А. Внутрипопуляционная регуляция численности млекопитающих. Одесса: Одесский нац. ун-т им. И.И. Мечникова, 2016. 237 с.
31. Мякушко С.А. Стратегии воспроизводства в популяциях грызунов. *Ученые записки Таврического нац. ун-та. Серия биологическая*. 2001. Т. 14. № 2. С. 129-133.
32. Kraus C., Thomson D.L., Künkele J., Trillmich F. Living slow and dying young? Life-history strategy and age-specific survival rates in a precocial small mammal. *Journal of Animal Ecology*. 2005. Vol. 74. P. 171-180. doi.org/10.1111/j.1365-2656.2004.00910.x
33. Sibly R.M., Brown J.H. Mammal reproductive strategies driven by offspring mortality-size relationships. *The American naturalist*. 2009. Vol. 173. № 6. P. 185-199. doi.org/10.1086/598680
34. Novikov E., Kondratuk E., Titova T., Zadubrovsky P., Zadubrovskaya I., Potapov M., Potapova O., Proskurnyak L., Nazarova G. Reproduction and mortality rates in ecologically distinct species of murid rodents. *Biogerontology*. 2019. Vol. 20. № 2. P. 149-157. doi: 10.1007/s10522-018-9783-3
35. Trillmich F., Geißler E., Guenther A. Senescence and costs of reproduction in the life history of a small precocial species. *Ecology and evolution*. 2019. Vol. 9. № 12. P. 7069-7079. doi.org/10.1002/ece3.5272

---

# ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

---

УДК 504.05(477.42)

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.1-40.11>

## БІОІНДИКАЦІЙНА ОЦІНКА СТАНУ ЗАБРУДНЕННЯ ЕКОСИСТЕМ ҐРУНТУ ВЗДОВЖ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

Алпатова О.М., Пацева І.Г.

Державний університет «Житомирська політехніка»  
вул. Чуднівська, 103, 10005, м. Житомир  
[alpatova-o@ukr.net](mailto:alpatova-o@ukr.net), [chaszmingmail.com](mailto:chaszmingmail.com)

Забруднення навколишнього середовища важкими металами викликає тривогу, тому що воно багатопланово знижує продуктивність рослин, порушує фітоценози, що природно склалися, асиміляційний потенціал фітомаси, погіршує якість довкілля людини, включаючи якість продукції і продуктів харчування. Особливо піддаються забрудненню викидами автотранспорту (свинцем, хромом, нікелем та іншими) землі вздовж доріг.

Перевагою біоіндикаційної оцінки є те, що спостерігається реакція конкретного біоценозу на зміни у навколишньому середовищі. В якості тест-об'єктів використовували черепашкові амеби, які є домінуючим компонентом ґрунтової фауни та чутливими організмами до техногенного забруднення середовища.

У ґрунтах досліджуваних ділянок було виявлено 34 види черепашкових амеб, які належать до 10 родів. Черепашкові амеби родів *Plagiopyxis*, *Centropyxis*, *Cyclopyxis* є найбільш стійкими, а черепашкові амеби родів *Diffugia*, *Corythion*, *Trinema*, *Nebela*, *Hyalosphenia*, *Euglypha* є чутливими до забруднення важкими металами. Стійкість родів *Plagiopyxis*, *Centropyxis*, *Cyclopyxis*, ймовірно, обумовлена будовою черепашки, а саме наявністю другої камери, формування якої посилює ізоляцію цитоплазми відносно зовнішнього середовища. При порівнянні угруповань тестачей фонового та найбільш порушених антропогенним впливом ділянок відзначено значне зниження чисельності та видової різноманітності цих протист. У ґрунтах першої, другої та третьої ділянок домінують представники родів *Plagiopyxis*, *Centropyxis*, *Cyclopyxis*.

Встановлено, що найбільш інформативним показником екологічного стану забруднених ґрунтів є зниження абсолютної чисельності та зміна співвідношення груп тестачей. Дані біоіндикації можна ефективно використовувати для прогнозування екологічних наслідків господарської діяльності людини. *Ключові слова:* черепашкові амеби, біоіндикація, важкі метали, забруднення.

### **Bioindication assessment of the state of soil ecosystem contamination along the highways. Alpatova O., Pazeva I.**

The environmental pollution caused by heavy metals is a cause for great concern as it reduces the plant productivity, disrupts the natural processes of the phytocenoses and phytomass assimilation, and worsens the quality of the human environment, including the quality of products and food. Particularly susceptible to contamination by vehicle emissions (lead, chromium, nickel, etc.) are areas along the highways.

The advantage of bioindication assessment is a response of a particular biocenosis to changes in the environment. Testate amoebae were used as test objects as they are the dominant component of soil fauna and are sensitive to man-made environmental contaminants.

During comparing the groupings of background and most anthropogenic affected areas, a significant decrease in the number and species diversity of these protists was noted. 34 species of testate amoebae belonging to 10 genera were found in the soils of the studied areas. Testate amoebas of the genera *Plagiopyxis*, *Centropyxis*, *Cyclopyxis* are the most resistant, and shell amoebas of the genera *Diffugia*, *Corythion*, *Trinema*, *Nebela*, *Hyalosphenia*, *Euglypha* are sensitive to heavy metals. The stability of the genera *Plagiopyxis*, *Centropyxis*, *Cyclopyxis* is probably due to the structure of the shell, namely the presence of a second chamber, the formation of which enhances the isolation of the cytoplasm relative to the environment.

The most significant decrease in the abundance and species diversity was observed during comparing analyses of testace groups from the most disturbed areas by anthropogenic influence. The soils of the first, second and third samples are dominated by representatives of the genera *Plagiopyxis*, *Centropyxis*, *Cyclopyxis*.

As a result of research it was found that the most informative indicator of the ecological condition of contaminated soils is a decrease in the absolute number and change in the ratio of groups of testacea. Bioindication data can be effectively used to predict the environmental consequences of human economic activity. *Key words:* testate amoebae, bioindication, contamination, heavy metals.

**Постановка проблеми.** До серйозних екологічних проблем сучасного людства належить проблема неухильного зростання вмісту сполук важких металів у ґрунті, воді та атмосфері індустріально розвинутих країн і міст. Обсяги викидів автотранспорту в атмосферу щороку зростають. Склад та кількість

викидів автотранспорту залежать від різних факторів: загального стану та режимів роботи двигуна; палива і мастил; умов й інтенсивності руху та ін. Ситуація зі сталим забрудненням довкілля, що склалася у великих містах, має загрозливий стан. Найбільш забрудненими є ділянки вздовж автомагістралей та на великих

перехрестях, де спостерігається перевищення ГДК двоокису азоту, бенз(а)пірену, свинцю та інших речовин. Внаслідок кількісного зростання автомобільного транспорту екологічна ситуація з кожним роком значно погіршується, лише за останні 15 років їх кількість зросла у декілька разів. Особливо піддаються забрудненню викидами автотранспорту (свинцем, хромом, нікелем та іншими) землі вздовж доріг. За різними даними їх вміст у пробах ґрунту, відібраних на відстані 50-200 м від осі автошляху може перевищувати ГДК у кілька разів.

**Актуальність дослідження.** Ґрунт, що є потужним сорбційним бар'єром, здатен до акумуляції великої кількості важких металів. У містах на незначній площі сконцентровано велику кількість джерел забруднення різної природи, що визначає високу інтенсивність та неоднорідність складу ґрунтових забруднень. Ґрунт – початкова і кінцева ланка трофічних ланцюгів, місце існування організмів, сполучна ланка біологічного і геологічного кругообігів. Він виконує найважливіші функції із захисту літосфери, а також рослинності від забруднення. Тому значення ґрунту для збереження екологічної рівноваги довкілля всього живого на планеті першочергове. Для ґрунтів міста характерним є забруднення важкими металами, як один із негативних наслідків урбанізаційного процесу.

Таким чином, вивчення екологічного стану трансформованого ґрунтового покриву міст становить не лише теоретичний інтерес, а й важливе практичне завдання з погляду моніторингу та визначення шляхів оздоровлення екологічної обстановки урбанізованих територій.

**Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та науково-практичними завданнями.**

Забруднення навколишнього середовища важкими металами викликає тривогу, тому що воно багатопланово знижує продуктивність рослин, порушує фітоценози, що природно склалися, асиміляційний потенціал фітомаси, погіршує якість довкілля людини, включаючи якість продукції і продуктів харчування. Беззаперечною перевагою біоіндикаційної оцінки є те, що спостерігається реакція конкретного біоценозу на зміни у навколишньому середовищі.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Широке коло наслідків, що випливають з хімічного забруднення елементів довкілля, призводять до того, що стандартні хімічні методи аналізу є недостатніми, щоб повністю оцінити вплив на навколишнє середовище. Обмеженість хімічних методів аналізу щодо якості педосфери, наприклад, полягає у не врахуванні синергізму забруднювачів, абсорбцію ґрунтовими колоїдами та взаємодію із гуміновими кислотами. Останні фактори є об'єктивною реальністю, відтак, потребують врахування, більше того, ґрунтового вивчення і точного визначення. У цьому контексті використання методів біоіндикації з використанням біоіндикаторів є доцільним і ефективним.

У зв'язку з цим відбувається широке впровадження методів біоіндикації та інтенсивний розвиток їх методологічного забезпечення. Біоіндикація є досить ефективною при оцінці якості довкілля, оскільки живі системи дуже чутливі до змін зовнішнього середовища і мають властивість реагувати швидше, ніж ці зміни стануть очевидними. Перевагою біоіндикації є те, що організми-біоіндикатори підсумовують всі біологічно важливі відомості про навколишнє середовище і відображають його стан в цілому; усувають необхідність застосування дорогих методів дослідження; уможливають реєстрування залпових і короточасних викидів токсикантів; вказують шляхи та місця скупчення в екосистемах різного роду забруднень; дозволяють судити про ступінь шкідливості речовин для живої природи.

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття, та новизна досліджень.** Нині дедалі більшого значення набуває розробка методів оцінки антропогенного впливу на ґрунт. У практиці моніторингу ґрунтів найпоширенішим підходом залишається аналіз рівнів концентрацій токсичних сполук із використанням фізико-хімічних методів. Проте з такими оцінками асоційовано дуже багато невизначеностей, зокрема, він не враховує можливості виникнення синергічних та антагоністичних ефектів за одночасного впливу кількох несприятливих факторів.

Проблеми, пов'язані з необхідністю контролю реальної ситуації з антропогенним забрудненням ґрунтів, змушують поряд з хімічним аналізом впроваджувати нові підходи до контролю небезпеки токсикантів з оцінкою інтегральної токсичності ґрунту, що відображає вплив на неї всього комплексу факторів. До таких відносяться біоіндикаційні методи, що дозволяють оцінити стан середовища зміни стану живих істот.

**Методологічне або загальнонаукове значення.** Для досліджень використовували статистичний, польовий моніторинг, лабораторний методи. У серпні 2020 року відбирали проби ґрунтів вздовж автомобільних шляхів М06 (поблизу с. Глибочиця), М20 (поблизу с. Тетерівка), Р10 (в районі с. Станишівка), Е40 (поблизу с. Сонячне) та у гідропарку (околиці м. Житомира) на квадратній ділянці розміром 10\*10 метрів методом «конверта» [1]. У кожній з п'яти точок «конверта» відбирають 1 кг ґрунту на глибині до 25 см. З відібраних зразків готували середню пробу масою 1 кг. Проби ґрунтів відбирали у поліетиленові пакети.

В якості тест-об'єктів використовували черепашкові амеби, які є домінуючим компонентом ґрунтової фауни. Тестації – цінні біоіндикатори різноманітних ґрунтових умов [2; 3]. Це найпростіші із уповільненим метаболізмом, які відіграють важливу роль у кругообігу речовин у ґрунті та є одними з небагатьох первинних деструкторів целюлози та лігніну,



Рис. 1. План-схема пунктів збору проб ґрунту на досліджуваних ділянках

а також, завдяки складу своїх черепашок, накопичують мінеральні речовини у підстилці та у верхньому гумусові горизонті ґрунту. Тестації швидко реагують на зміни вологості, а також на зміни багатьох інших умов навколишнього середовища (кислотність, трофність та ін.). При цьому їх черепашки стійкі до розкладання та зберігаються в торф'яних і донних відкладеннях боліт й водойм. Завдяки поєднанню цих властивостей черепашкові амеби представляють цінний об'єкт для біоіндикації та палеорекострукції, який може значно доповнити існуючі уявлення про динаміку навколишнього середовища та еволюції екосистем [4; 5; 6].

Тестації відіграють значну роль як регулятори чисельності та життєдіяльності бактерій, актиноміцетів та грибів, у тому числі і фітопатогенних, оскільки знаходяться з ними в одному трофічному ланцюгу.

Підрахунок чисельності здійснювали прямим мікроскопуванням в чашках Петрі водної ґрунтової суспензії.

Водну суспензію мікроскопували при збільшенні  $\times 600$ . Каплю суспензії, нанесену на предметне скло, проглядали в 3 повторностях. Число черепашок перераховували на 1 г абсолютно сухого ґрунту.

Вміст важких металів (Zn, Cd, Pb, Cu) у ґрунті визначали методом інверсійної вольтамперометрії. Найбільший вміст цинку, кадмію та свинцю було відзначено на першій ділянці.

**Виклад основного матеріалу.** У ґрунтах досліджуваних ділянок було виявлено 34 види черепашкових амеб, які належать до 10 родів. Видовий склад черепашкових амеб представлено у таблиці 1.

Нами відслідковано динаміку зміни чисельності черепашкових амеб у зоні безпосереднього забруднення від автотранспорту та фоновій ділянці. З аналізу даних встановлено, що черепашкові амеби реагують на забруднення ґрунтів. Так, на ділянці 1, видовий склад представлений лише 7 видами, на ділянці 2 – 11 видами, на ділянці 3 – 9 видами, на ділянці 4 – 17 видам тестацій. Найбільша кількість видів черепашкових амеб було знайдено на фоновій ділянці 5 – 34 види (табл. 2).

На забруднених ділянках переважали тестації родів *Plagiopyxis*, *Centropyxis*, *Cyclopyxis*. Отже, за результатами дослідження можна стверджувати, що черепашкові амеби родів *Plagiopyxis*, *Centropyxis*, *Cyclopyxis* є найбільш стійкими, а черепашкові амеби родів *Diffugia*, *Corythion*, *Trinema*, *Nebela*, *Hyalosphenia*, *Euglypha* є чутливими до забруднення важкими металами. Стійкість родів *Plagiopyxis*, *Centropyxis*, *Cyclopyxis*, ймовірно, обумовлена будовою черепашки, а саме наявністю другої камери, формування якої посилює ізоляцію цитоплазми відносно зовнішнього середовища [7].

У виявленій фауні черепашкових амеб чітко виділяється домінуючий комплекс (до 74% чисельності), що складається з чотирьох масових родів тестацій: *Centropyxis*, *Cyclopyxis*, *Plagiopyxis*, *Diffugia*,



**Видовий склад угруповань черепашкових амеб у досліджуваних ділянках ґрунтів  
(1 - М06, 2 - М20, 3 - Р10, 4 - Е40, 5 - гідропарк)**

Види	Ділянки				
	1	2	3	4	5
Рід <i>Centropyxis</i> Stein, 1857					
<i>Centropyxis aculeata</i> Stein, 1857	-	+	-	+	+
<i>C. elongata</i> (Penard, 1890) Thomas, 1959	+	-	+	+	+
<i>C. spinosa</i> Deflandre, 1929	-	+	+	+	+
<i>C. orbicularis</i> Deflandre, 1929	-	-	-	+	+
<i>C. platystoma</i> Penard, 1890	-	+	-	-	+
<i>C. aerophila</i> Deflandre, 1929	-	+	-	+	+
<i>C. ecornis</i> Ehrenberg, 1838	+	+	+	+	+
Рід <i>Corythion</i> Taranek, 1881					
<i>Corythion dubium</i> Taranek, 1881	-	-	-	+	+
<i>Coth. orbicularis</i> (Penard, 1910) Iudina, 1996	-	-	-	-	+
Рід <i>Cyclopyxis</i> Deflandre, 1929					
<i>Cyclopyxis eurystoma</i> Deflandre, 1929	+	+	+	+	+
<i>C. kahli</i> Deflandre, 1929	+	+	+	+	+
<i>C. penardi</i> Deflandre, 1929	-	+	-	+	+
Рід <i>Diffflugia</i> Leclerc, 1815					
<i>Diffflugia compressa</i> (Leidy, 1879) Gauthier-Lievre et Thomas, 1958	-	-	-	+	+
<i>D. globulosa</i> Dujardin, 1837	-	-	-	-	+
<i>D. lithophila</i> (Penard, 1902) Gauthier-Lievre et Thomas, 1958	-	-	-	+	+
<i>D. lobostoma</i> Leidy, 1879	-	-	-	-	+
<i>D. oblonga</i> Ehrenberg, 1838	-	-	-	-	+
<i>D. parva</i> (Thomas, 1954) Ogden, 1983	-	-	-	-	+
<i>D. pyriformis</i> Perty, 1834	-	-	-	-	+
<i>D. urceolata</i> Carter, 1864	-	-	+	-	+
Рід <i>Euglypha</i> Dujardin, 1841					
<i>Euglypha ciliata</i> (Ehrenberg, 1848) Leidy, 1878	-	-	-	-	+
<i>E. laevis</i> (Ehrenberg, 1832) Perty, 1849	-	-	-	+	+
<i>E. rotunda</i> Wailes, 1915	-	-	-	+	+
Рід <i>Heleopera</i> Leidy, 1879					
<i>Heleopera petricola</i> Leidy, 1879	-	-	-	-	+
<i>H. sylvatica</i> Penard, 1890	-	-	-	-	+
Рід <i>Hyalosphenia</i> (Stein, 1857) Schulze, 1877					
<i>Hyalosphenia elegans</i> Leidy, 1879	-	-	-	-	+
<i>H. papilio</i> Leidy, 1879	-	-	-	-	+
Рід <i>Nebela</i> Leidy, 1874					
<i>Nebela collaris</i> (Ehrenberg, 1848) Leidy, 1879	-	-	-	-	+
<i>N. tubulosa</i> Penard, 1902	-	-	-	-	+
<i>Plagiopyxis</i> Penard, 1910					
<i>Plagiopyxis declivis</i> Thomas, 1958	+	+	+	+	+
<i>Pl. penardi</i> Penard, 1910	+	+	+	+	+
Рід <i>Trinema</i> Djurandin, 1841					
<i>Trinema encheles</i> (Ehrenberg, 1838) Leidy, 1879	-	-	-	-	+
<i>Tr. lineare</i> Penard, 1890	-	-	-	-	+
<i>Tr. complanatum</i> Penard, 1890	-	-	-	-	+

який можна вважати власне едафічним комплексом. Склад та розподіл едафічного комплексу спільноти черепашкових амеб представлені на рис. 2.

Уздовж ґрунтового профілю відбувається певна зміна видів і форм черепашкових амеб, тому за цією групою найпростіших можна дізнатися про

## Інтегральні характеристики угруповань черепашкових амеб

Показник	Ділянки				
	1	2	3	4	5
Кількість видів	7	11	9	17	34
Чисельність, тис. екз/г сухого ґрунту	0,3	1,2	1,7	2,8	12,6
Індекс видового різноманіття Шеннона	0,75	0,67	1,52	0,63	1,59

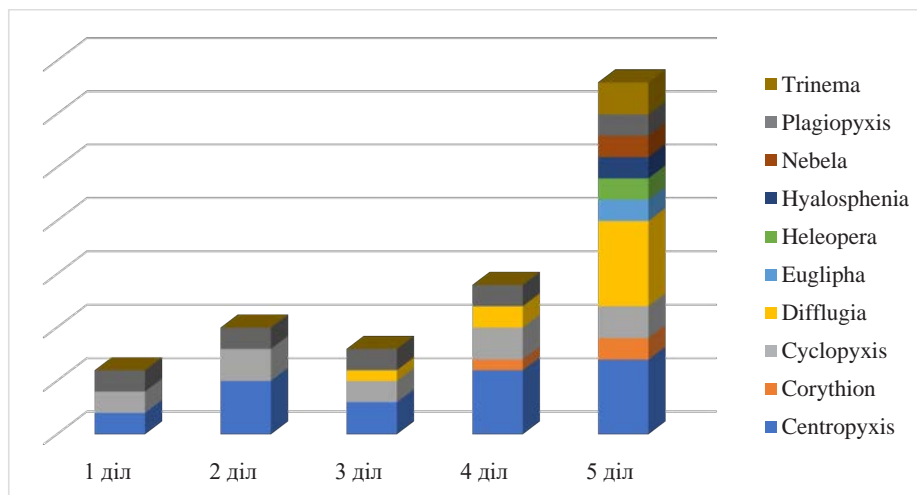


Рис. 2. Структура домінуючого комплексу черепашкових амеб на досліджуваних ділянках

зміни багатьох біотичних і абіотичних чинників. Встановлено, що чим жорсткіші вимоги висуває середовище, тим чіткішими стають адаптації до нього і тим менша кількість форм відповідає цим вимогам [7].

При порівнянні угруповань тестачей фонового та найбільш порушених антропогенним впливом ділянок відзначено значне зниження чисельності та видової різноманітності цих протист (табл. 2). У ґрунтах першої, другої та третьої ділянок домінують представники родів *Plagiopyxis*, *Centropyxis*, *Cyclopyxis*.

**Головні висновки.** Черепашкові амеби є організмами, чутливими до техногенного забруднення середовища. Проведені дослідження виявили зміни у структурі їхніх угруповань, що дозволяє вико-

ристовувати черепашкових амеб як біоіндикаторів для оцінки стану антропогенно-порушених ґрунтів з різним вмістом важких металів.

В структурі угруповань черепашкових амеб формуються групи стійких і нестійких до забруднення важкими металами тестачей. Найбільш стійкими є представники родів *Plagiopyxis*, *Centropyxis*, *Cyclopyxis*, менш стійкими – *Diffflugia*, *Corythion*, *Trinema*, *Nebela*, *Hyalosphenia*, *Euglipha*.

В результаті досліджень було встановлено, що найбільш інформативним показником екологічного стану забруднених ґрунтів є зниження абсолютної чисельності та зміна співвідношення груп тестачей. Дані біоіндикації можна ефективно використовувати для прогнозування екологічних наслідків господарської діяльності людини.

## Література

1. ДСТУ 4287:2004. Якість ґрунту. Відбирання проб. [Чинний від 2005- 07-01]. Київ, Держспоживстандарт України, 2005. 10 с. (Нац. стандарт України).
2. Foissner W. Soil Protozoa: fundamental problems, ecological significance, adaptations in ciliates and testaceans, bioindicators, and guide to the literature. *Progr. Protistology*. 1987. Vol. 2. P. 69–212.
3. Foissner W. Soil Protozoa as bioindicators: pros and cons, methods, diversity, representative examples. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 1999. Vol. 74. P. 95–112.
4. Mitchell E.A.D., Charman D.J., Warner B.G. Testate amoebae analysis in ecological and paleoecological studies of wetlands: past, present and future. *Biodiversity and Conservation*. 2008. V. 17. P. 2115–2137.
5. Booth R.K. Ecology of testate amoebae (Protozoa) in two lake superior coastal wetlands: Implications for paleoecology and environmental monitoring. *Wetlands*. 2001. V. 21. P. 564–576.
6. Michell Edward A.D. Response of testate amoebae (Protozoa) to N and P fertilization in an Arctic wet sedge tundra. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*. 2004. V. 36, N 1. C. 78–83.
7. Корганова Г. А. Адаптивные морфологические структуры и эволюция почвенных раковинных амеб (Protista, Testacea). *Зоологический журнал*. Т. 82. Вып. 2. С. 197-214.

## ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ В УКРАЇНІ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ЗВІТНОСТІ ТА ВЕРИФІКАЦІЇ ВИКИДІВ НОРМАТИВНИХ ГАЗІВ У АТМОСФЕРУ ТА ШЛЯХИ ЇХ СКОРОЧЕННЯ

Заруба Д.В., Бойко О.П., Герасименко О.М., Литвиненко В.О.,  
Стефківський В.М., Федоренко О.В.

ДЗ «Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління»  
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, корп. 2, 03035, м. Київ

[dimazaruba@gmail.com](mailto:dimazaruba@gmail.com), [boyko\\_op@ukr.net](mailto:boyko_op@ukr.net),

[dr.aleksandrgerasimenko@gmail.com](mailto:dr.aleksandrgerasimenko@gmail.com), [marfish@i.ua](mailto:marfish@i.ua), [stefkivskyy.v@gmail.com](mailto:stefkivskyy.v@gmail.com), [alefedorenko@gmail.com](mailto:alefedorenko@gmail.com)

Метою статті є дослідження перспектив та основних напрямків впровадження в Україні системи моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів у атмосферу та перспектив їх скорочення. Закон України «Про засади моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів» від 12 грудня 2019 року (далі Закон) та інші профільні нормативно-правові акти України, які визначають правові та організаційні засади моніторингу, звітності та верифікації (далі – МЗВ), контролю, нагляду викидів парникових газів та спрямовані на виконання зобов'язань України за міжнародними договорами. Відповідна згода щодо їх виконання надана Верховною Радою України, Угодою про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони на виконання вимог Рамкової конвенції Організації Об'єднаних Націй про зміну клімату, Паризької угоди, інших міжнародних протоколів та домовленостей. Закон є основним елементом реалізації нової кліматичної політики України. Це, зокрема, введення системи торгівлі економічно та екологічно обґрунтованими квотами на викиди парникових газів. Саме для її впровадження необхідне створення системи МЗВ, яка передбачається законом. Якщо раніше підприємства рахували викиди парникових газів на свій розсуд і подавали дані для розрахунку екологічних податків, отримані за власними методиками, то надалі буде впроваджено повністю стандартизовану процедуру.

Закон є важливим кроком на шляху до запобігання зміні клімату через скорочення антропогенних викидів та забезпечення поступового переходу до низьковуглецевого розвитку держави. На основі економічного та екологічного аналізу реалізація вимог цього Закону, можливий позитивний вплив на стан навколишнього природного середовища, а саме: створення умови для забезпечення відповідності розрахунку обсягів викидів парникових газів європейським стандартам, що в свою чергу сприятимуть застосуванню неринкових та/або ринкових механізмів скорочення їх викидів, адаптування економік світу до нових умов господарювання. *Ключові слова:* парникові гази, моніторинг, звітність, верифікація, верифікатор, економічний та екологічний аналіз, план моніторингу.

### **Prospects for the implementation in Ukraine of a system for monitoring reporting and verification of emissions of regulatory gases into the atmosphere and ways to reduce them. Zaruba D., Boiko O., Herasymenko O., Lytvynenko V., Stefkivskiy V., Fedorenko O.**

The purpose of the article is to study the prospects and main directions of implementation in Ukraine of the system of monitoring, reporting and verification of greenhouse gas emissions. The Law of Ukraine “On Principles of Monitoring, Reporting and Verification of Greenhouse Gas Emissions” of 12 December 2019 (hereinafter the Law) defines the legal and organizational principles of monitoring, reporting and verification (hereinafter MRV) of greenhouse gas emissions and aims to completion Ukraine’s obligations under international agreements. The relevant agreement on their implementation was given by the Verkhovna Rada of Ukraine, the Association Agreement between Ukraine, on the one hand, and the European Union, the European Atomic Energy Community and their Member States, on the other, in compliance with the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Paris Agreement. The law is the main element in the implementation of Ukraine’s new climate policy. This includes the introduction of a system of trade in economically and environmentally justified quotas for greenhouse gas emissions. Precisely for its implementation that it is necessary to create a system of MRV, which is provided by law. If companies used to calculate greenhouse gas emissions at their own discretion and submit data for the calculation of environmental taxes, obtained by their own methods, then a fully standardized procedure will be implemented in the future. Based on economic and environmental analysis, the implementation of the Law will have a positive impact on the environment, namely: create conditions to ensure compliance with the calculation of greenhouse gas emissions to European standards, which in turn will create conditions for non-market or market mechanisms to reduce emissions and adapt economies of the world, including domestic, to new economic conditions in order to reduce greenhouse gas emissions. The Law is an important step towards preventing climate change by reducing anthropogenic emissions and ensuring a gradual transition to low-carbon development of the country. *Key words:* greenhouse gases, monitoring, reporting, verification, verifier, economic and environmental analysis, monitoring plan.

**Постановка проблеми.** МЗВ покликаний вирішити проблеми недоліку комунікації та обміну інформацією, відсутності стандартизованих правил звітності, прозорості та незалежної перевірки, а також належного вимі-

рювання та збору даних стосовно викидів парникових газів, з метою зменшення їх викидів в атмосферу.

На сучасні виклики у сфері викидів в атмосферу парникових газів, як слідство – руйнування

озонового шару нашої зеленої планети, Україні необхідно реагувати дуже швидко.

Значна проблематика також полягає в економічній та екологічній складових реалізації вказаного процесу. В першу чергу необхідно передбачити в державному бюджеті видатки на заходи щодо скорочення викидів парникових газів в атмосферу, їх моніторингу, звітності та верифікації, а також на посилення контролю з боку відповідних служб, переобладнання лабораторій сучасним обладнанням, інструментарієм та новими сучасними методиками досліджень на інноваційній складовій, тощо [3].

Всі зазначені вектори розвитку контролю, моніторингу, звітності, верифікації та інше щодо викидів парникових газів прийняті та затверджені Концепцією реалізації державної політики у сфері зміни клімату на період до 2030 року [14]; Стратегією низьковуглецевого розвитку України до 2050 року [15]; Національною економічною стратегією на період до 2030 року; Законом України «Про засади моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів» від 12 грудня 2019 р. № 377-IX та іншими нормативно правовими актами України [2, 5-11].

Офіційні документи відповідають вимогам Рамкової конвенції Організації Об'єднаних Націй про зміну клімату та Паризької угоди [12-13].

#### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

За останні роки проведено безліч досліджень результати яких започатковано розв'язання даної проблеми на які спираються дослідники та науковці. Проблематика викидів парникових газів в атмосферне повітря представлена у сфері екології, економіки та галузевих досліджень. Законодавче обґрунтування [4], розроблення теорій та методологій інноваційності з цього напрямку належить до пріоритетів наукового пізнання, що здійснено багатьма науковцями [17-23].

Вперше в історії людства, за даними Інституту океанографії ім. Скріппса (Каліфорнія) концентрація вуглекислого газу в атмосфері досягла максимального рівня – 415,26 ppm торік. Цікаво, що подібний рівень концентрації вуглекислого газу – 405, 5 ppm спостерігався близько 4 млн років тому, коли температура на планеті була на кілька градусів вища, ніж зараз. Зазвичай, кількість CO<sub>2</sub> змінюється в залежності від сезонів пори року, досягаючи максимальної відмітки в північній кулі навесні та початку літа. Однак середньорічна концентрація CO<sub>2</sub> продовжує стабільно зростати. Вітчизняні науковці Задорожній О.В., Медведєва М.О. пов'язують цей факт із спалюванням твердих видів палива, адже 67% викидів парникових газів спричиняє саме енергетика, внаслідок спалювання викопних видів палива, що й призводять до зростання глобальної середньої температури. За попередніми прогнозами, під впливом вказаних факторів, забруднення атмосфери значно пришвидшиться. Як відомо, вуглекис-

лий газ (CO<sub>2</sub>) утворюється в результаті спалювання викопних видів палива, зокрема, вугілля і навіть невелика його кількість може бути токсичною та викликати біохімічні зміни в крові людини, болі в суглобах, слабкість, порушення кислотно-лужного балансу, зниження імунітету, стати причиною захворювань нирок та серцево-судинної системи. [18-19].

Зміна екстремальних погодних умов, що супроводжуються підвищенням температури в атмосфері, представляють прояви нашого мінливого клімату, які можуть впливати на різні сфери життєдіяльності суспільства та економіки. Доповідь Рамкової конвенції ООН про зміну клімату (РКЗК) показала, що група найбільших світових компаній, сукупна вартість яких становить майже 17 трильйонів доларів США, оцінила вартість ризиків від зміни клімату для бізнесу майже в 1 трильйон доларів США [24-25].

Зменшити вразливість до наслідків зміни клімату – загальна мета політик з адаптації. Першим із серії стандартів ISO, що покликаний допомогти організаціям з оцінкою впливу зміни клімату та розробкою планів для ефективної адаптації, є ISO 14090 «Адаптація до зміни клімату – принципи, вимоги та керівні вказівки». Стандарт допомагає виявляти ризики і управляти ними, використовувати будь-які можливості, що можуть вплинути на зміну клімату. В стандарті міститься інформація, яка дозволяє суб'єктам господарювання належним чином адаптуватися до змін клімату при розробці та реалізації своїх екологічних стратегій та заходів. З огляду на місцеві особливості і високу різноманітність наслідків зміни клімату, заходи з адаптації розробляються, як правило, з урахуванням особливостей конкретної країни і галузі. При цьому слід зауважити що сільське господарство є однією з ключових галузей, на які спрямовані політики з адаптації до зміни клімату [18].

У 1997 році Велика Британія започаткувала Програму щодо кліматичних впливів (UK Climate Impacts Programme, UKCIP), метою якої є координація наукових досліджень і визначення, яким чином зміна клімату може впливати в короткостроковій, середньостроковій і довгостроковій перспективах на країну. Програма також допомагає громадам, підприємствам і приватним особам у плануванні та впровадженні стратегій адаптації. У 2004 році Уряд Фінляндії започаткував національну дослідну програму «Аналіз адаптаційного потенціалу довкілля та суспільства до зміни клімату у Фінляндії» (Assessing the adaptive capacity of the Finnish environment and society under a changing climate, FINADAPT), що координується Міністерством навколишнього середовища цієї країни та виконується 11 інституціями, до яких належать університети, державні структури (гідрометеорологічні, лісового господарства, охорони довкілля) та науководослідні центри. Для продовження цієї програми Фінляндія розпочала реалізацію п'ятирічної дослідної програми з адаптації до зміни клімату (Climate Change Adaptation

Research Programme). Протягом 2006-2010 років було задіяно 30 науководослідних проектів, що розглядали питання подальшої адаптації в усіх галузях. Програму координувала Національна група з питань адаптації до зміни клімату, до якої входили представники різних міністерств, науково-дослідних інститутів, фінансистів та представники регіонів.

Київським протоколом до Рамкової конвенції ООН про зміну клімату визначено кількісні цілі зі скорочення викидів парникових газів на період до 2020 року для розвинених країн та країн з перехідною економікою, до яких належить і Україна. Упродовж 2017–2019 років наша країна значно піднялася в рейтингу Climate Change Performance Index, увійшовши у світові ТОП 20 країн, що здійснюють значний внесок у розвиток міжнародного кліматичного руху [26-27]. Внаслідок цього у світі почала формуватися кліматична політика, спрямована на боротьбу зі змінами клімату та декарбонізацію економіки, яка знайшла своє відображення в “Європейській зеленій угоді” та Паризькій угоді 2015 року [12].

Європейським Союзом поставлено задачу: до 2050 року Європа має стати першим континентом, економіка якого не знищуватиме природу. Україна готова прикласти усі необхідні зусилля та стати невід’ємною частиною цього процесу. Так, у січні 2020 року було презентовано Концепцію «зеленого» енергетичного переходу України до 2050 року, якою передбачено повне заміщення вугільної генерації та перехід економіки України, яка базується на використанні викопних видах палива – вугілля, нафти, газу, до кліматично нейтральної економіки в довгостроковій перспективі [12]. Розуміючи нагальні потреби посилення екологічного контролю за якістю повітря, Мінекоенерго а тепер Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України почало розбудову загальнодержавної системи моніторингу, яка передбачає відкриття «Офісу контролю викидів у повітря» та 50 станцій моніторингу якості повітря вже у 2020 році. Ці заходи дозволять суттєво скоротити викиди в атмосферу [16].

За умови дії Закону, на жаль, більшість суб’єктів господарювання ігнорують його вимоги, не виконуючи чи неповною мірою виконуючи їх. Серед факторів, що впливають на такий хід подій – відсутність повноцінного дійового механізму здійснення моніторингу та звітності щодо викидів парникових газів, форми уніфікованого акту, а як наслідок – низький рівень нагляду (контролю) з боку контролюючого органу у сфері екології, тощо [1].

Тому розроблено та науково підготовлено аналітичні, статистичні та економічні моделі, які забезпе-

чують розрахунок викидів парникових газів по окремих джерелах їх викидів і мінімізують витрати на збір та підготовку інформації для їх розрахунку. При цьому в основу покладено аналіз методологій розрахунку викидів парникових газів Національного кадастру антропогенних викидів від джерел та абсорбції поглиначами парникових газів в Україні та аналіз тенденції змін викидів в період дії Київського протоколу до Рамкової конвенції ООН зі зміни клімату, а саме, період 2008 – 2011 рр. [16].

Навіть під час пандемії Covid-19 науковці всього світу продовжують ретельно вивчати можливі наслідки зміни клімату. Адже вони можуть бути не менш болючими та різкими, ніж наслідки коронавірусу, що зазначено також у доповіді “10 New Insights in Climate Science 2020” провідних вчених світу за результатами висновків в галузі кліматології та сталого розвитку [22].

**Головні висновки.** З 1 січня 2021 р. введено в дію Закон України «Про засади моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів». Діючий Закон створює засади для існування системи МЗВ (моніторингу, звітності та верифікації викидів). Завдяки йому можливо отримувати точну інформацію про обсяги емісії парникових газів від виробничих установок; забезпечувати контроль за викидами та мати змогу їх обмежувати; впроваджувати обов’язкову методику розрахунку емісії парникових газів для всіх установок, з яких ці викиди здійснюються, також відповідним повноважним контролюючим органам повноцінно здійснювати покладені на них обов’язки, забезпечувати моніторинг даних у верифікованих звітах операторів, які здійснюють парникові викиди, тощо.

Прийнятий Закон є головним із низки необхідних кроків для покращення правового регулювання у сфері моніторингу та звітності щодо викидів парникових газів в Україні. К інструмент реалізації вимог Закону Уряд України 23 вересня 2020 року прийняв Постанову Кабінету Міністрів України № 960 «Про затвердження Порядку здійснення моніторингу та звітності щодо викидів парникових газів».

Тобто, поступово відбувається запровадження нової для України системи моніторингу, звітності та верифікації згідно діючого Закону. Цим Законом проводиться гармонізація законодавства України зі стандартами права ЄС (зобов’язання України за Угодою про асоціацію між Україною та Європейським Союзом) та впроваджуються положення Директив № 2003/87/ЄС та № 2004/101/ЄС, а також виконуються вимоги Рамкової конвенції Організації Об’єднаних Націй про зміну клімату та Паризької угоди.

### Література

1. Закон України «Про основні засади державного нагляду (контролю) у сфері господарської діяльності» / Відомості Верховної Ради України. –2007. – № 29, ст.389
2. Закон України «Про засади моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів» / Відомості Верховної Ради України. –2020. – № 22, ст.150

3. Закон України «Про Державний бюджет України на 2022 рік» № 1928-IX від 2 грудня 2021 року.
4. Закон України «Про інноваційну діяльність» / Відомості Верховної Ради України. –2002. – № 36, ст. 266.
5. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» // Відомості Верховної Ради України. –1991. – № 41, ст. 546.
6. Закон України «Про регулювання господарської діяльності з озоноруйнівними речовинами та фторованими парниковими газами» / Відомості Верховної Ради України. –2020. – № 21, ст. 145.
7. Закон України «Про охорону атмосферного повітря» / Відомості Верховної Ради України. –1992. – № 50, ст. 678.
8. Закон України «Про оцінку впливу на довкілля» / Відомості Верховної Ради України. –2017. – № 29, ст. 315.
9. Постанова Кабінету Міністрів України «Порядок ведення державного обліку в галузі охорони атмосферного повітря, затверджений постановою Кабінету Міністрів України» № 1655 від 13 грудня 2001 р.
10. Постанова Кабінету Міністрів України «Деякі питання здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря» № 827 від 14 серпня 2019 р.
11. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку розроблення та затвердження нормативів граничнодопустимих викидів забруднюючих речовин із стаціонарних джерел» № 1780 від 28 грудня 2001 р.
12. Паризька угода Угоду ратифіковано Законом № 1469-VIII від 14.07.2016.
13. Рамкова Конвенція ООН зі зміни клімату URL: [http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/995\\_044/page](http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/995_044/page)
14. Концепція реалізації державної політики у сфері зміни клімату на період до 2030 року URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/932-2016-%D1%80#n8>
15. Стратегія низьковуглецевого розвитку України до 2050 року URL: [https://mepr.gov.ua/files/docs/Proekt/LEDS\\_ua\\_last.pdf](https://mepr.gov.ua/files/docs/Proekt/LEDS_ua_last.pdf)
16. Руководящие указания по эффективной практике и учету факторов неопределенности в национальных кадастрах парниковых газов URL: [http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/gp/russian/gpgaum\\_ru.html](http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/gp/russian/gpgaum_ru.html) – 2000 г.
17. Пересмотренные руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов. МГЭИК. 1996 г. URL: <http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.html>.
18. Задорожній О. В., Медведєва М. О. Міжнародне право навколишнього середовища: підручник для ВНЗ Київ.: Вид. дім «Промінь», 2010. – 510 с.
19. Медведєва М. О. Теоретичні та практичні аспекти реалізації міжнародно-правових норм у галузі охорони навколишнього середовища Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Інститут міжнародних відносин. – Київ: Фенікс, 2012. – 484 с.
20. Francis, P. (2015). Encyclical letter Laudato si' of the Holy Father Francis: On care for our common home / [Pope Francis] Catholic Church Vatican City.
21. Sherwood, S. C., et al. (2020). An Assessment of Earth's Climate Sensitivity Using Multiple Lines of Evidence. *Reviews of Geophysics*, 58(4). <https://doi.org/10.1029/2019RG000678>
22. Andrijevic, M., et al. (2020). COVID-19 recovery funds dwarf clean energy investment needs. *Science*, 370(6514), 298–300. <https://doi.org/10.1126/science.abc9697>
23. Guterres, A. (2020). Tackling the Inequality Pandemic: A New Social Compact for a New Era. United Nations Address for Nelson Mandela International Day, 18 July 2020. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/a-new-social-contract-for-a-new-era/>
24. Major Companies Face USD 1 Trillion in Climate Risks. URL: <https://unfccc.int/news/major-companies-face-usd-1-trillion-in-climate-risks54>
25. ISO 14090:2019(en) Adaptation to climate change – Principles, requirements and guidelines. URL: <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14090:ed-1:v1:en>
26. Yokohama Strategy and Plan of Action for a Safer World: guidelines for natural disaster prevention, preparedness and mitigation URL : [https://www.preventionweb.net/files/8241\\_doc6841contenido1.pdf](https://www.preventionweb.net/files/8241_doc6841contenido1.pdf)
27. Climate Change Performance Index. URL: <https://www.climate-changeperformance-index.org>
28. Kyoto Protocol. Status of Ratification / Офіційний сайт. URL: : [http://unfccc.int/files/kyoto\\_protocol/status\\_of\\_ratification/application/pdf/kp\\_ratification.pdf](http://unfccc.int/files/kyoto_protocol/status_of_ratification/application/pdf/kp_ratification.pdf)

## ЕКОЛОГО-БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ АРОМАТИЧНИХ РОСЛИН РОДИНИ *LAMIACEAE* МАРТУНОВ В УМОВАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПОЛІССЯ УКРАЇНИ

Котюк Л.А.<sup>1</sup>, Іващенко І.В.<sup>1</sup>, Шляніна А.В.<sup>2</sup>, Борисюк Б.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Поліський національний університет  
бульв. Старий, 7, 10008, м. Житомир

<sup>2</sup>Житомирський базовий фармацевтичний коледж  
вул. Чуднівська, 99, 10005, м. Житомир

kotyuk-la@ukr.net, kalateja@ukr.net, shlianina.alla@phaarm.zh.ua

Статтю присвячено дослідженню таксономічних, екологічних та біолого-морфологічних особливостей нових малопоширених одно- і багаторічних ароматичних рослин родини *Lamiaceae* Мартунов за інтродукції в Центральному Поліссі України. Упродовж інтродукційних досліджень зібрано цінний генофонд, який включає зразки рослин родини *Lamiaceae*, генетичними центрами походження яких є Середземноморський (9 видів), Північноамериканський (3 види), Європейсько-Сибірський (2 види), Індостанський (2 види), Передньоазійський (1 вид) та виявлено їх адаптивні властивості. Серед інтродукованих рослин родини *Lamiaceae* за Х. Раункієром виділено життєві форми: терофіти (*D. moldavica*, *S. hortensis*, *E. cristata*, *M. citriodora*, *O. basilicum* та *O. sanctum*), хамефіти (*H. officinalis*, *H. angustifolius*, *L. vera* та *S. officinalis*, *S. montana*), гемікриптофіти (6 видів *L. anisatus*, *O. vulgare*, *N. transcaucasica*, *M. didyma*, *S. sclarea*, *S. aethiopsis*), за І. Г. Серебряковим – монокарпіки (*D. moldavica*, *S. hortensis*, *E. cristata*, *M. citriodora*, *O. basilicum*, *O. sanctum*, *S. sclarea*, *S. aethiopsis*) і полікарпіки (*H. officinalis*, *H. angustifolius*, *L. anisatus*, *L. vera*, *O. vulgare*, *N. transcaucasica*, *M. didyma*, *S. officinalis*, *S. montana*).

Встановлено біолого-морфологічні особливості нових ароматичних рослин та закономірності формування вегетативних органів інтродуцентів родини *Lamiaceae*. Рослини на ранніх етапах онтогенезу формують стрижневу кореневу систему, яка зберігається упродовж всього життя у видів *D. moldavica*, *M. citriodora*, *S. aethiopsis*, *S. sclarea*, *S. hortensis*, *O. basilicum*, *O. sanctum* або модифікується. Рослини *E. cristata*, *S. officinalis*, *S. montana* формують стрижнекитицекореневу, а *M. didyma*, *L. anisatus*, *O. vulgare* – китицекореневу, короткокореневищну, вторинно гоморизну систему. Інтродуценти *H. angustifolius*, *N. transcaucasica*, *H. officinalis*, *L. vera* – стрижнекореневі, епігеогенно-кореневищні, каудексоутворюючі рослини, яким властива партикуляція. У ароматичних рослин родини *Lamiaceae* в умовах інтродукції встановлено варіювання за показниками довжини і кількості пагонів залежно від видових особливостей. Встановлено, що серед інтродуцентів за біометричними показниками вирізняються рослини *D. moldavica*, *L. anisatus*, *O. vulgare* і *H. officinalis*. **Ключові слова:** *Lamiaceae*, ароматичні рослини, екологічні та біолого-морфологічні особливості.

### Ecological and biological features of aromatic plants of the *Lamiaceae* Martynov family in the conditions of the Central Polysia of Ukraine. Kotiuk L., Ivashchenko I., Shlianina A., Borysiuk B.

The article is dedicated to the study of taxonomic, ecological, biological and morphological peculiarities of new poorly distributed annual and perennial plants of the *Lamiaceae* Martynov family under introduction in the Central Polissya Zone of Ukraine. A valuable genofond, containing samples of *Lamiaceae* family plants originated from Mediterranean genetic centre (9 species), Northern America (3 species), European and Siberian (2 species), Indian (2 species), Front Asian (1 species) have been collected and their adaptive features revealed during the introductive research. The following living forms have been determined among the introduced plants according to X. Raunkier (1934): therophytes (*D. moldavica*, *S. hortensis*, *E. cristata*, *M. citriodora*, *O. basilicum* та *O. sanctum*), chamaephytes (*H. officinalis*, *H. angustifolius*, *L. vera* та *S. officinalis*, *S. montana*), hemicyptophytes (*L. anisatus*, *O. vulgare*, *N. transcaucasica*, *M. didyma*, *S. sclarea*, *S. aethiopsis*), and according to I. G. Serebryakov (1962, 1964) – monocarpic (*D. moldavica*, *S. hortensis*, *E. cristata*, *M. citriodora*, *O. basilicum*, *O. sanctum*, *S. sclarea*, *S. aethiopsis*) and polycarpic plants (*H. officinalis*, *H. angustifolius*, *L. anisatus*, *L. vera*, *O. vulgare*, *N. transcaucasica*, *M. didyma*, *S. officinalis*, *S. montana*).

Biological and morphological peculiarities of new aromatic plants as well as consistent patterns of vegetative organs formation of introduced *Lamiaceae* family plants have been established. At early stages of ontogenesis plants are forming a tap (main) root system, which is either preserved over the whole life period in species *D. moldavica*, *M. citriodora*, *S. aethiopsis*, *S. sclarea*, *S. hortensis*, *O. basilicum*, *O. sanctum* або модифікується. Рослини *E. cristata*, *S. officinalis*, *S. montana*, or modified. Plants *E. cristata*, *S. officinalis*, *S. montana* form tap root system, and *M. didyma*, *L. anisatus*, *O. vulgare* – a racemose (short) root system, a secondary homogeneous system. It has been established, that length and spring number indices in aromatic plants of *Lamiaceae* family under introduction diversify depending on species peculiarities. The introduced *D. moldavica*, *L. anisatus*, *O. vulgare*, *H. officinalis* plants are notable for their biometrical indices. **Key words:** *Lamiaceae*, aromatic plants, ecological, biological and morphological peculiarities.

**Постановка проблеми.** Збагачення та збереження фіторізноманіття в умовах глобальних змін клімату є важливою проблемою сьогодення у всьому світі. Інтродукція та введення в культуру нових нетрадиційних малопоширених видів рослин дозволяє збагатити біологічне різноманіття в цілому, розширити асортимент цінних рослин та сприяє забезпеченню фармацевтичної, харчової, парфумерно-косметичної та інших галузей промисловості екологічно чистою сировиною.

**Актуальність дослідження.** Досить широкий спектр цінних ознак мають рослини родини *Lamiaceae* Martynov, які є цінними ароматичними, ефіроолійними, лікарськими, медоносними, вітамінними, декоративними культурами. Однак, внаслідок суттєвого антропогенного впливу генофонд цієї групи рослин неухильно зменшується з року в рік, внаслідок чого набули актуальності питання вивчення еколого-біологічних особливостей малопоширених видів рослин родини *Lamiaceae* за інтродукції в умовах Центрального Полісся України.

**Зв'язок авторського доробку із важливими та практичними завданнями.** Дослідження малопоширених рослин родини *Lamiaceae* забезпечить збагачення біологічної різноманітності регіону за рахунок нових інтродуцентів, сприятиме розширенню сировинної бази цінних ароматичних рослин, збільшенню екологічного та економічного ефекту й поліпшенню якості життя населення.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Вітчизняними та зарубіжними дослідниками встановлено, що фітосировина рослин родини Губоцвіті містить вітаміни [8], цукри [6,7], протеїни, ліпіди, дубильні речовини [9,24], макро- та мікроелементи [10], амінокислоти, флавоноїди [19], іридоїди [19], які забезпечують антимікробні [23,25], інсектицидні, фунгіцидні, алелопатичні властивості [27,28]. Застосування рослин родини *Lamiaceae* базується на їх насиченості ефірними оліями, які використовують у фармації та косметології. У складі ефірної олії рослин виявлено біологічно активні речовини, які характеризуються різнобічною фармакологічною активністю й низькою токсичністю [9,21]. Ароматичні рослини відзначаються декоративністю, є гарними медоносами [11].

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується зазначена стаття.** Зважаючи на значні досягнення у сучасній молекулярній біології, генетиці, біохімії накопичилися нові відомості, які дозволяють упорядкувати таксони та таксономічні ранги. Тому питання таксономії рослин є досить важливим для вивчення біологічних та екологічних властивостей досліджуваних видів. Представники родини *Lamiaceae* характеризуються як типовими ознаками морфології органів, так і відзначаються окремими макроморфологічними ознаками, що може бути використано для ідентифікації видів.

**Методологічне або загальнонаукове значення.** Предмет досліджень – однорічні (6 таксонів) та багаторічні рослини (11 таксонів) родини *Lamiaceae*, які зростають з 2008 року на колекційних ділянках ботанічного саду Поліського національного університету. Однорічні види: зміголовник молдавський (*Dracocephalum moldavica* L.), чабер садовий (*Satureja hortensis* L.), ельшольція гребінчаста (*Elsholtzia cristata* Willd.), васильки звичайні (*Ocimum basilicum* L.), васильки священні

(*Ocimum sanctum* L.), монарда лимонна (*Monarda citriodora* Cerv. ex Lag.). Багаторічні види: гісоп лікарський (*Hyssopus officinalis* L.), гісоп вузьколистий (*Hyssopus angustifolius* M. Bieb.), чабер гірський (*Satureja montana* L.), лаванда справжня (*Lavandula vera* D. C.), лофант ганусовий (*Lophanthus anisatus* Adans.), монарда двійчаста (*Monarda didyma* L.), материнка звичайна (*Origanum vulgare* L.), шавлія лікарська (*Salvia officinalis* L.), непета закавказька (*Nepeta transcaucasica* Grossh.), в тому числі дворічні – шавлія мускатна (*Salvia sclarea* L.), шавлія ефіопська (*Salvia aethiopsis* L.)

У дослідженнях використовували насінний матеріал із різних ботаніко-географічних зон. Дослідна площа під час польових досліджень становили 10 м<sup>2</sup>, повторність шестиразова. Порівняльно-морфологічні та біоморфологічні дослідження рослин здійснювали у фазу квітання, у багаторічних видів враховували показники на 3-й–4-й рік життя.

Систематичний та морфологічний опис об'єктів здійснювали за джерелами: А. Л. Тахтаджян [18,30], А. Л. Буданцев [2,3], С. Л. Мосякін, М. М. Федорончук [13], А. Новіков і Б. Барабаш-Красні [14], ресурсами GRIN [29,34], APG IV [22], IPNI [31]. Життєві форми рослин (біоморфи) встановлювали за І. Г. Серебряковим [16,17] та Х. Раункіером [26]. Отримані дані обробляли статистично з використанням програми *Microsoft Excel 10*.

**Виклад основного матеріалу.** Однією із високо організованих родин класу Magnoliopsida є Губоцвіті *Lamiaceae* Martynov, 1820. Родина *Lamiaceae* має чималу кількість синонімічних назв: *Viticaceae* Juss, 1789; *Melittidaaceae* Martynov, 1820; *Nepetaceae* Horaninow, 1834; *Lamiaceae* Lindley, 1836, *Menthaceae* Burnett, *Scutellariaceae* Caruel, 1894 та ін. [29].

Відомо, що родина *Lamiaceae* – порівняно молода таксономічна група: пилко цих рослин знайдено у верхньоплейстоценових покладах Середньоросійської височини. Процеси видоутворення губоцвітих не припинялись упродовж їх еволюції, але, очевидно, сповільнились у льодовиковий період. У сучасній флорі за значного таксономічного різноманіття цієї родини, нові види і роди продовжують диференціюватись [4, 12, 20].

Об'єм родини протягом зазначеного періоду змінювався у напрямку зростання, але не тільки внаслідок виявлення нових родів рослин в природних місцезростаннях, але й укрупнення багатьох раніше відомих [18].

Жюссє А. Л. виділив і описав Губоцвіті як окрему родину у 1789 році, проте загальноприйнятої її класифікації досі немає [18]. Згідно з системою Melchior (1964 р.) родина *Lamiaceae* включає понад 300 родів і до 4800 видів рослин. Більш природною за систему Melchior є система Wunderlich, запропонована в 1967 році. Згідно системи Wunderlich родина *Lamiaceae* включає 6 підродин, близько 200 родів і 3500 видів рослин [30]. Ця система не



остаточна, і на сьогодні за різними таксономічними системами до родини *Lamiaceae* відносять 236 родів і 7500 видів [3]. За відомостями сайту «The Plant List» (2013) родина *Lamiaceae* включає близько 250 родів і 7886 видів [32].

За ресурсом World Checklist of Selected Plant (2018) список рослин родини *Lamiaceae*, зареєстрованих на сайті «The Plant List», налічує 22576 наукових назв видів, із яких 7886 (34,9 %) є визнаними (прийнятими), 13178 (58,4 %) – синонімами, 1490 (6,6 %) – нерозподіленими, 22 (0,1 %) – нерозміщеними. Всього список рослин родини *Lamiaceae* включає 30745 найменувань, серед яких визнано 8602 назв (34,9 %), 20616 (67,1 %) – синоніми, 1505 (4,9 %) – нерозподілені, 22 (0,1 %) – нерозміщені. З названих видів 374 зареєстровані як недійсні, 932 – як заборонені, 24 – як варіант орфографії, а 14 назв – невірні використані (рис. 1) [35].

За системою покритонасінних Торна та Рівіла [33] родина Губоцвіті належить до надпорядку *Lamianae* (*Rubiales*, *Lamiales*) підкласу *Lamiidae* класу *Magnoliopsida* відділу *Magnoliophyta* [2]. Філогенетична система покритонасінних Тахтаджяна родину *Lamiaceae* включає у порядок *Lamiales*, надпорядок *Lamianae* (*Rubiales* (*Gentianales*), підклас *Lamiidae*, клас *Magnoliopsida* відділу *Magnoliophyta* [30].

За сучасною системою APG IV родина *Lamiaceae* Martinov належить до порядку *Lamiales*, субклади *Lamiids* (Euasterids I), клади *Asterids*, підгрупи *Core Eudicots*, групи *Eudicots*, класу *Equisetopsida* C. Agardh [22]. За інформацією бази даних U.S. National Plant Germplasm System родина *Lamiaceae* включає 7 підродин: *Ajugoideae*, *Lamioideae*, *Nepetoideae* (з трибами *Elsholtzieae*, *Menthaeae*, *Ocimeae*), *Prostantheroideae* (з трибами *Chloantheae* і *Westringieae*), *Scutellarioideae*, *Symphorematoideae*, *Viticoideae* [34]. Роди *Elsholtzia* Willd. (триба *Elsholtzieae*), *Lavandula* L. і *Ocimum* L. (триба *Ocimeae*), *Dracocephalum* L., *Hyssopus* L., *Lophanthus* Adans., *Monarda* L., *Nepeta* L., *Origanum* L., *Salvia* L., *Satureja* L. (триба *Menthaeae*) належать до підродини *Nepetoideae* (*Labiatae*) [34].

Аналіз сучасних наукових джерел свідчить, що поширення рослин родини *Lamiaceae* космополітне, але найбільше видове різноманіття – у Середземноморському, Ірано-Туранському і в Європейсько-Сибірському регіонах [4]. За повідомленням Г. А. Паршиної та Н. В. Курбатової (2003), родина *Lamiaceae* займає 13 місце за видовим різноманіттям і 3 місце за поширенням на поверхні Земної кулі [12,15].

За походженням (за П. М. Жуковським, 1971) досліджувані види віднесено до 5 генцентрів походження рослин [5]. Рослини *Satureja hortensis*, *Satureja montana*, *Salvia sclarea*, *Salvia officinalis*, *Salvia aethiopsis*, *Lavandula vera*, *Hyssopus officinalis*, *Hyssopus angustifolius* і *Origanum vulgare* (53 % від загальної кількості) походять із Середньоземноморського генцентру. *Monarda didyma*, *Monarda citriodora* і *Lophanthus anisatus* (17 %) за походженням належать до Північноамериканського генцентру, *Ocimum basilicum* і *Ocimum sanctum* (12 %) – Індостанського., *Dracocephalum moldavica* і *Elsholtzia cristata* (12 %) – Європейсько-Сибірського, *Nepeta transcaucasica* (6 %) – Передньоазійського (рис. 2).

За класифікацією Х. Раункієра (1934) [26] серед інтродуцентів родини *Lamiaceae* виділено життєві форми: терофіти, хамефіти й гемікриптофіти. До терофітів, які переживають несприятливі умови середовища у вигляді насіння, належать однорічні рослини *D. moldavica*, *S. hortensis*, *E. cristata*, *M. citriodora*, *O. basilicum* та *O. sanctum*. До хамефітів належать рослини *H. officinalis*, *H. angustifolius*, *L. vera* та *S. officinalis*, бруньки відновлення яких розташовані біля поверхні ґрунту на здерев'янілих пагонах. У рослин *L. anisatus*, *O. vulgare*, *N. transcaucasica*, *M. didyma*, *S. sclarea*, *S. aethiopsis*, бруньки відновлення знаходяться на рівні ґрунту, тому їх віднесено до гемікриптофітів (табл. 1).

За І. Г. Серебряковим (1962, 1964) [16,17] серед ароматичних рослин родини *Lamiaceae* виділено життєві форми монокарпіки і полікарпіки. Монокарпіки представлені однорічниками:

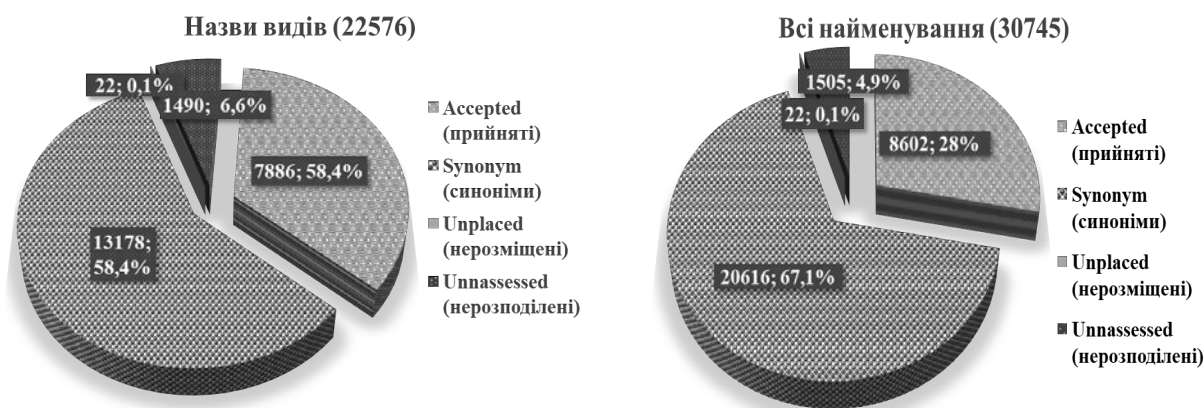


Рис. 1. Таксономічний склад родини *Lamiaceae*

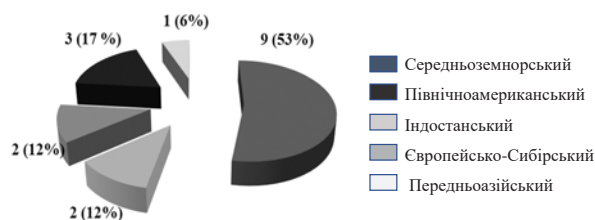


Рис. 2. Генетичні центри походження ароматичних рослин родини *Lamiaceae*, інтродукованих в Центральному Поліссі України (за П. М. Жуковським, 1971)

*D. moldavica*, *S. hortensis*, *E. cristata*, *M. citriodora*, *O. basilicum*, *O. sanctum*, які після цвітіння та плодоношення відмирають та дворічниками *S. sclarea* та *S. aethiopsis*. До групи полікарпічних рослин віднесено багаторічники *H. officinalis*, *H. angustifolius*, *L. anisatus*, *L. vera*, *O. vulgare*, *N. transcaucasica*, *M. didyma*, *S. officinalis*, *S. montana* (табл. 2).

Таблиця 1

#### Життєві форми інтродуцентів родини *Lamiaceae* за Х. Раункієром (1934)

Життєва форма за Х. Раункієром (1934)		
терофіти	хамефіти	гемікриптофіти
<i>D. moldavica</i>	<i>H. officinalis</i>	<i>L. anisatus</i>
<i>S. hortensis</i>	<i>H. angustifolius</i>	<i>O. vulgare</i>
<i>E. cristata</i>	<i>L. vera</i>	<i>N. transcaucasica</i>
<i>M. citriodora</i>	<i>S. officinalis</i>	<i>M. didyma</i>
<i>O. basilicum</i>	<i>S. montana</i>	<i>S. sclarea</i>
<i>O. sanctum</i>		<i>S. aethiopsis</i>

Встановлено, що нові ароматичні інтродуценти в умовах Центрального Полісся України зберігають типові для представників родини *Lamiaceae* властивості, однак виявлено окремі особливості в морфологічній будові органів.

Таблиця 2

#### Життєві форми (екобіоморфи) інтродуцентів родини *Lamiaceae* за І. Г. Серебряковим (1962)

Життєва форма	
монокарпіки	полікарпіки
<i>D. moldavica</i>	<i>H. officinalis</i>
<i>S. hortensis</i>	<i>H. angustifolius</i>
<i>E. cristata</i>	<i>L. anisatus</i>
<i>M. citriodora</i>	<i>L. vera</i>
<i>O. basilicum</i>	<i>O. vulgare</i>
<i>O. sanctum</i>	<i>N. transcaucasica</i>
<i>S. sclarea</i> *	<i>M. didyma</i>
<i>S. aethiopsis</i> *	<i>S. officinalis</i>
	<i>S. montana</i>

\* – квітання на 2-й рік життя

Виявлено, що рослини-інтродуценти на ранніх етапах онтогенезу формували стрижневу кореневу

систему, яка зберігалася впродовж всього життєвого циклу (*D. moldavica*, *S. hortensis*, *M. citriodora*, *O. basilicum*, *O. sanctum*, *S. sclarea*, *S. aethiopsis* (рис. 3.5, А) або модифікувалася. Рослини *E. cristata*, *S. officinalis*, *S. montana* формували стрижнекитице-кореневу, а *M. didyma*, *L. anisatus*, *O. vulgare* – китице-кореневу, короткокореневищну, вторинно гоморизну систему (рис. 3). Інтродуценти *H. angustifolius*, *N. transcaucasica*, *H. officinalis*, *L. vera* – стрижнекореневі, епігеогенно-кореневищні, каудексоутворюючі рослини, яким властива партикуляція.

Більшість досліджуваних видів рослин формує безрозеткові пагони, види *S. aethiopsis*, *S. officinalis* і *S. sclarea* – напіврозеткові. Всі види інтродуцентів формують пагонові системи, які утворені переважно вегетативно-репродуктивними, зрідка вегетативними пагонами, що узгоджується з відомостями Й. М. Берко (2008) [1]. У переважній більшості інтродуцентів генеративні пагони монокарпічні, які проходять життєвий цикл за один вегетаційний період (моноциклічні). Рослини *S. sclarea* та *S. aethiopsis* упродовж першого року життя формують розетку листків, на другий рік життя утворюють генеративний пагін і після плодоношення відмирають. Після завершення життєвого циклу відмирання (некроз) тканин пагонів починається від верхівки і поширюється у базальному напрямі.

В умовах інтродукції пагони ортотропні у видів *D. moldavica*, *S. hortensis*, *O. basilicum*, *O. sanctum*, *M. citriodora*, *S. aethiopsis*, *S. sclarea*, *E. cristata*, *L. anisatus*, *M. didyma*, *O. vulgare*, ортотропні й висхідні – у *H. officinalis*, *H. angustifolius*, *S. montana*, *L. vera*, *N. transcaucasica*, *S. officinalis* (рис. 4). У структурі пагонів рослин *H. officinalis*, *H. angustifolius*, *S. officinalis*, *S. montana*, *L. vera* і *N. transcaucasica* формуються плагіотропні ділянки, які можуть метаморфізуватись в анізотропні пагони, гіпо- або епігеогенні кореневища, що, очевидно, є пристосуванням до умов середовища.

За ступенем здерев'яніння пагони рослин *H. officinalis*, *H. angustifolius*, *L. vera*, *S. officinalis*, *S. montana*, *S. hortensis* віднесено до напівдеревних, *D. moldavica*, *O. basilicum*, *O. sanctum*, *M. citriodora*, *S. aethiopsis*, *S. sclarea*, *E. cristata*, *L. anisatus*, *M. didyma*, *O. vulgare* – трав'яних.

Для рослин родини *Lamiaceae* за формою поперечного перерізу характерні чотиригранно квадратні пагони. Однак у рослин *S. hortensis* і *S. montana* у базальній частині пагони чотиригранні, округло-квадратні, у медіальній і апікальній – округлі.

У досліджених ароматичних рослин залежно від видових особливостей відмічено варіювання за показниками довжини й кількості пагонів. Встановлено, що в умовах інтродукції рослини-інтродуценти досягали максимальних біометричних показників у період цвітіння. Серед однорічних видів рослин за довжиною головного пагона й кількості бічних пагонів вирізняються рослини *D. moldavica* (72,7±2,3 см; 15,7±0,9 шт.) (табл. 3). Максимальні показники довжини головного пагона встановлено в багаторічних рослин *L. anisatus*

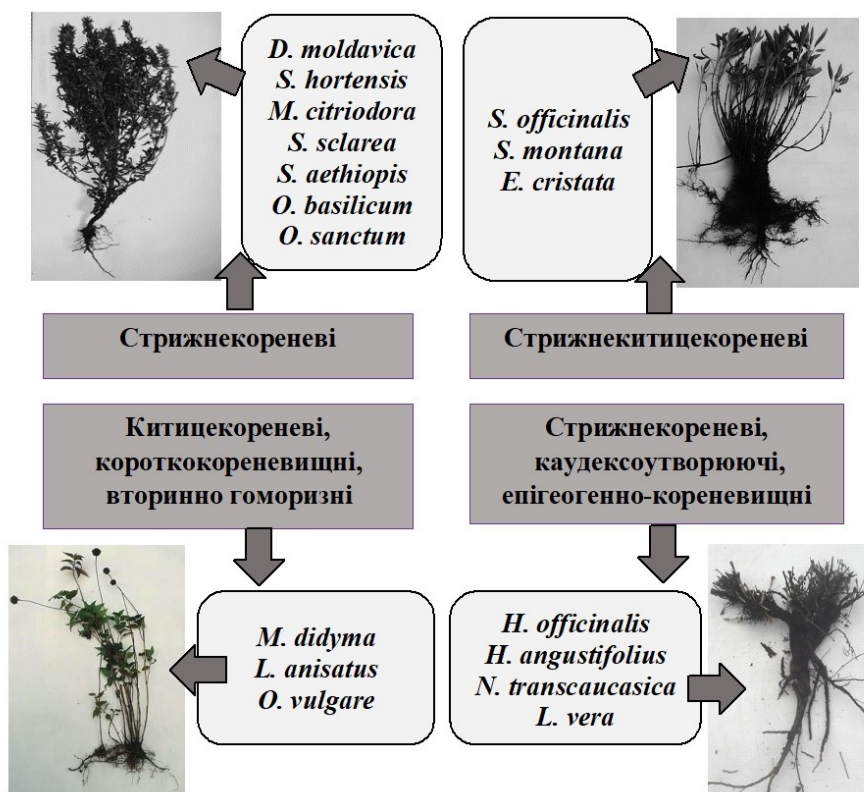


Рис. 3. Морфологічні особливості підземних вегетативних органів рослин родини *Lamiaceae*, інтродукованих в Центральному Поліссі України

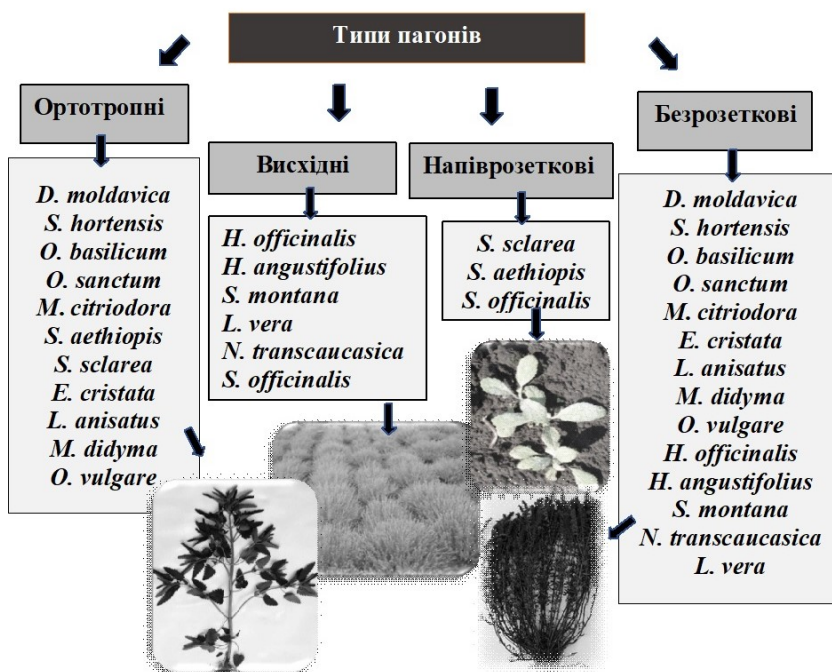


Рис. 4. Морфологічні особливості пагонів рослин родини *Lamiaceae*, інтродукованих в Центральному Поліссі України

(139,2±5,23 см), кількості вегетативно-генеративних пагонів – у *O. vulgare* (107,2±5,3 шт.) (табл. 4). У рослин *Lavandula vera*, роду *Hyssopus* і *Satureja* зазначено

перехід від типового для родини *Lamiaceae* супротивного або навхрест-супротивного листкорозміщення до кільчастого.

Таблиця 3

**Біометрична характеристика однорічних інтродуцентів родини *Lamiaceae* в період цвітіння в Центральному Поліссі України (2008–2012 рр.)**

Вид	Довжина головного пагона, см	Кількість пагонів II порядку, шт.
<i>D. moldavica</i>	72,7±2,3	15,7±0,9
<i>S. hortensis</i>	50,0±4,32	13,2±0,40
<i>E. cristata</i>	56,6±2,49	14,0±1,04
<i>M. citriodora</i>	62,3±2,6	4,2±0,6
<i>O. basilicum</i>	58,1±2,1	7,9±0,9
<i>O. sanctum</i>	46,1±1,9	3,6±0,7

Таблиця 4

**Біометрична характеристика багаторічних інтродуцентів родини *Lamiaceae* в період цвітіння в Центральному Поліссі України (2009–2014 рр.)**

Вид	Рік життя	Довжина пагона, см	Кількість вегетативно-генеративних пагонів
<i>H. officinalis</i>	1	50,9±3,0	1
	4	81,6±2,3	96,2±7,8
<i>H. angustifolius</i>	1	10,3±1,7	1
	4	42,7±2,0	35,3±2,6
<i>L. anisatus</i>	1	55,0±2,85	1
	3	139,2±5,23	14,2±0,92
<i>L. vera</i>	1	8,5±0,5	1
	4	63,2±4,5	28,2±3,7
<i>M. didyma</i>	1	17,7±1,1	1
	4	126,7±8,4	87,4±4,2
<i>O. vulgare</i>	1	11,6±1,1	1
	4	105,7±2,3	107,2±5,3
<i>N. transcaucasica</i>	1	16,9±1,1	1
	3	50,7±2,3	8,2±0,5
<i>S. officinalis</i> *	1	10,4±0,7	розетка листків або 1
	4	54,6±2,3	9,3±0,6
<i>S. sclarea</i> *	1	21,5±1,9	розетка листків
	2	136,4±2,6	4,8±0,5
<i>S. aethiopsis</i> *	1	23,6±1,2	розетка листків
	2	121,5±3,1	8,1±0,4

Примітка: \* – дворічні види, упродовж першого року життя формують розетку листків, на другий – генеративний пагін.

**Головні висновки.** Встановлено еколого-біологічні особливості нових малопоширених ароматичних рослин родини *Lamiaceae* за інтродукції в Центральному Поліссі України:

– Інтродуковані в Центральному Поліссі України ароматичні рослини родини *Lamiaceae* віднесено до п'яти генетичних центрів походження (за П. М. Жуковським, 1971). 9 видів рослин походять із Середньоземноморського генцентру, 3 види належать до Північноамериканського, 2 види – Індостанського, 2 види – Європейсько-Сибірського, 1 вид рослин – Передньоазійського. Серед інтродукованих рослин за Х. Раункіером (1934) виділено життєві форми: терофіти (6 видів), хамефіти (5 видів), гемікриптофіти (6 видів), за І. Г. Серебряковим (1962, 1964) – монокарпіки (8 видів) і полікарпіки (9 видів).

– Встановлено, що рослини на ранніх етапах онтогенезу формують стрижневу кореневу систему, яка зберігається впродовж всього життя або модифікується. Нами виділено стрижнекореневі (7 видів), стрижнеки-тицекореневі (3 види), китицекореневі, короткокореневищні, вторинно гоморизні (3 види), стрижнекореневі, епігеогенно-кореневищні, каудексоутворюючі рослини, яким властива партикуляція (4 види).

– Виявлено, що для більшості досліджених ароматичних рослин характерні пагони монокарпічні й моноциклічні, ортотропні та висхідні, трав'яні та напівдеревні. У досліджених ароматичних рослин в умовах інтродукції встановлено варіювання за показниками довжини й кількості пагонів залежно від видових особливостей. Визначено, що рослини-інтродуценти досягали максимальних біометричних показників у період квітіння. Серед однорічних видів рослин за довжиною головного пагону й кількості бічних пагонів вирізняються рослини *D. moldavica*. Максимальні показники довжини головного пагону встановлено у багаторічних рослин *L. anisatus*, кількості вегетативно-генеративних пагонів – у *O. vulgare*.

**Перспективи використання результатів дослідження.** Представлені еколого-біологічні особливості рослин родини *Lamiaceae* у нових умовах зростання підтверджують думку ряду дослідників (А. Л. Буданцева, 1987; А. Л. Тахтаджяна, 1981) про те, що родина *Lamiaceae* є еволюційно молодого і процеси формоутворення у неї тривають, тому подальші дослідження є досить актуальними для встановлення адаптивних властивостей рослин.

### Література

- Берко Й. Типи пагонів видів родини Губоцвітих (*Lamiaceae*) флори України та їхня екобіоморфологічна характеристика. Праці Наукового товариства ім. Шевченка. Екологічний збірник. Дослідження біотичного й ландшафтного розмаїття та його збереження. Л., 2008. Т. XXIII. С. 150–155.
- Буданцев А. Л. Система рода *Dracosephalum* (*Lamiaceae*). *Ботанический журнал*, 1987. Т. 72. № 2. С. 260–267.
- Буданцев Ф. Л. Конспект трибы *Nepetae* (*Lamiaceae*). *Lophanthus, Dracosephalum, Cedronella, Schizonepeta u Agastache*. *Ботанический журнал*, 1993. Т. 78. № 2. С. 106–115.
- Жизнь растений: Цветковые растения / под ред. акад. АН СССР А. Л. Тахтаджяна. М.: Просвещение, 1981. Т. 5. Ч. 1. С. 56–57.
- Жуковский П. М. Культурные растения и их сородичи. Л.: Колос, 1971. 751 с.

6. Котюк Л. А., Вергун О. М., Рахметов Д. Б. Біохімічні особливості *Dracocephalum moldavica* L. у зв'язку з інтродукцією в умовах Полісся України. *Екосистеми, їх оптимізація і охрана*. Симферополь: ТНУ, 2012. Вып. 7. С. 159–166.
7. Котюк Л. А. Біохімічний склад інтродуцента *Hyssopus officinalis* L. залежно від сортових особливостей. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2013. Вып. 62. С. 302–308.
8. Котюк Л. А. Вміст аскорбінової кислоти і каротину у сировині пряно-ароматичних рослин родини *Lamiaceae* Lindl. *Біологічні Студії/Studia Biologica*, 2013. Т. 7, № 2. С. 83–90.
9. Котюк Л. А. Якісний і кількісний склад ефірної олії зміголовника молдавського (*Dracocephalum moldavica* L.) залежно від фенологічних особливостей та фаз розвитку. *Фізіологія рослин і генетика*, 2014. Т. 46, № 6. С. 541–548.
10. Либусь О. К., Работягов О. Д., Кутько С. П., Хлыпенко Л. А. Эфирномасличные и пряноароматические растения. Херсон : Айлант, 2004. С. 139–143.
11. Машковська С. П., Перебойчук О. П. Колекційний фонд квіткових і декоративних рослин родини *Lamiaceae* Martinov Національного ботанічного саду імені М. М. Гришка НАН України. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2019. Вып. 15, № 3. С. 249–258. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.15.3.2019.181082>
12. Мельников Д. Г. Состояние и перспективы изучения семейства яснотковые (*Lamiaceae* Lindl.) в Удмуртии. *Вестник Удмуртского университета*, 2001. № 7. С. 106–124.
13. Мосякін С. Л., Федорончук М. М.. Судинні рослини України. Номенклатурний контрольний список. К.: Ін-т ботаніки імені М. Г. Холодного. 1999. DOI: 10.13140/2.1.2985.0409
14. Новіков А., Барабаш-Красни Б. Сучасна систематика рослин. Загальні питання: навчальний посібник. Львів: Ліга-Прес, 2015. 686 с.
15. Паршина Г. Н., Курбатова Н. В. Изучение видов лекарственных растений из семейства *Lamiaceae* Lindl при выращивании их в культуре. *Вестник КазНУ*, 2003. №2. С.132–136.
16. Серебряков И. Г. Экологическая морфология растений. Жизненные формы Покрытосеменных и Хвойных. Москва: Высшая школа, 1962. 378 с.
17. Серебряков И. Г. Жизненные формы высших растений и их изучение / под ред. Е. М. Лавренко; Полевая геоботаника. Москва – Ленинград: Изд.-во АН СССР, 1964. Т. 3. С. 378 с.
18. Тахтаджян А. Л. Система магнолиофитов. Л. : Наука, 1987. 439 с.
19. Хохлова К. О., Вишнеvsька Л. І., Здорик О. А., Ковпак Л. А. Порівняння хроматографічних профілей флавоноїдів і гідроксикоричних кислот деяких видів родини *Lamiaceae*, представлених на фармацевтичному ринку України. *Фармацевтичний журнал*, 2020, Т. 75, № 2. С.67–78.- флавоноїдні сполуки.
20. Цвелёв Н. Н. Семейство Губоцветные (*Lamiaceae*, или *Labiatae*). Жизнь растений: в 6 т. М., 1981. Т. 5. Ч. 2. С. 404–412.
21. Шанайда М. І. Фітохімічний аналіз сполук терпенової природи в сировині деяких представників триби *Mentheae* (родина *Lamiaceae*). *Фармацевтичний часопис*. 2021. №3. С. 5-13. DOI : <https://doi.org/10.11603/2312-0967.2021.3.12387>
22. Angiosperm Phylogeny Group. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 2016. Vol. 181 (1). P. 1–20, DOI: 10.1111/boj.12385
23. Kot V., Wierzchowska K., Piechota M., Czerniewicz P., Chrzanowski G. Antimicrobial activity of five essential oils from *Lamiaceae* against multidrug-resistant *Staphylococcus aureus*. *Natural Product Research*. 2019. Vol.33. № 24. DOI: <https://doi.org/10.1080/14786419.2018.1486314>
24. Kotyuk L. A. Hyssop composition depending on age and plants development phases. *Biotechnologia acta*. Kyiv, 2015. Vol. 8, № 5. P. 55–63. DOI: 10.15407/biotech8.0
25. Kotyuk L. A. Antimicrobial activity of oil-bearing plants *Lamiaceae* Lindl. towards *Escherichia coli*. *Biological Bulletin of Bogdan Chmelnytskyi Melitopol State Pedagogical University*, 2016. Vol. 6 (1), P. 216–236. DOI: 10.1007/s 11101 – 014 – 9349 – 1
26. Raunkiaer C. The life forms of plant and statistical plant geography. Oxford: Clarendon Press, 1934. 632 p.
27. Shanayda, M., Pokryshko, O. Antimicrobial activity of essential oils of plants belonging to *Lamiaceae* juss. family. *Annals of Mechnikov's Institute*, 2020. Vol. 4. P. 66–69. <http://journals.uran.ua/ami/article/view/193965>
28. Santos L.L., Brandão L.B., Costa A. L. P., Martins R. L., Rodrigues A.B.L., Almeida S.S.M.S. The potentiality of plant species from the *Lamiaceae* family for the development of herbal medicine in the control of diseases transmitted by *Aedes aegypti*. *Pharmacog Rev*. 2022; Vol. 16 (31). P. 40–44.
29. Subfamilies and tribes for *Lamiaceae* // Germplasm Resources Information Network (GRIN). URL: <https://npgsweb.ars-grin.gov/gringlobal/taxonomyfamily.aspx?id=619#infra>
30. Takhtajan A. Flowering Plants. *Springer Science & Business Media*. 2009. 871 p.
31. The International Plant Names Index (IPNI) URL: <http://www.ipni.org/>
32. The Plant List. Version 1.1. Royal Botanic Gardens, & Missouri Botanical Garden, 2013 URL: <http://www.theplantlist.org/1.1/browse/A/Lamiaceae/>
33. Thorne R. F.; Reveal J. L. An Updated Classification of the Class Magnoliopsida («Angiospermae»). *The Botanical Review*, 2007. Vol. 73 (2). P.67–181. DOI:10.1663/0006-8101(2007)73[67:AUCOTC]2.0.CO;2
34. United States National plant germplasm system. URL: <https://npgsweb.ars-grin.gov/gringlobal/taxonomyfamily.aspx?id=2094>
35. World Checklist of Selected Plant Families: Royal Botanic Gardens. URL:
36. [http://wesp.science.kew.org/prepareChecklist.do?jsessionId=194050154899EF5BDF32E5F905C09227.kppapp05-wesp?checklist=selected\\_families%40%40044130220221827010](http://wesp.science.kew.org/prepareChecklist.do?jsessionId=194050154899EF5BDF32E5F905C09227.kppapp05-wesp?checklist=selected_families%40%40044130220221827010)

## КОМПЛЕКСНА ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА СТАНУ ДОВКІЛЛЯ ЗА ІНДИКАТОРНИМИ ПОКАЗНИКАМИ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН РЕКРЕАЦІЙНИХ ЗОН М. ЗАПОРІЖЖЯ

Крупей К.С.<sup>1</sup>, Обруч К.І.<sup>2</sup>, Рильський О.Ф.<sup>2</sup>, Скляренко А.В.<sup>3</sup>, Количева Н.Л.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Запорізький державний медичний університет  
пр. Маяковського, 26, 69000, м. Запоріжжя

<sup>2</sup>Запорізький національний університет  
вул. Жуковського, 66, 69600, м. Запоріжжя

<sup>3</sup>Департамент освіти і науки Запорізької обласної державної адміністрації  
пр. Соборний, 164, 69107, м. Запоріжжя

krupeyznu@gmail.com, kolyceva68@gmail.com, chrisobruch2@gmail.com, rylsky@ukr.net, s-k2015@ukr.net

Проведено комплексне дослідження екологічного стану навколишнього середовища 3-х рекреаційних зон м. Запоріжжя за морфометричними параметрами індикаторних деревних рослин, що домінують на цих територіях (*Aesculus hippocastanum* L., *Acer platanoides* L. та *Betula pendula* Roth.). Розроблений авторами метод фітоіндикації стану навколишнього природного середовища за ознаками хлорозів і некрозів деревних рослин дозволяє комплексно оцінити стан території за три ранговою шкалою, яка складена на основі інтенсивності кольору пошкоджених листків. Наступним макроскопічним параметром дослідження було визначення інтегрального показника стабільності розвитку (п'яти рангова шкала) за коефіцієнтом флуктууючої асиметрії. Вид *Acer platanoides* L. є найбільш стійким у досліджуваних екотопах, стан довкілля за комплексною оцінкою характеризувався як «помірне забруднення» на території пам'ятки природи «Дубовий гай. Старі дуби» та «задовільний» на інших ділянках. За інтегральним показником флуктууючої асиметрії листки клену гостролистого на території «Дубовий гай. Старі дуби» мали незначне відхилення від норми, на відміну від інших рекреаційних зон, де відмічалася стабільність умовної зони.

З метою виявлення потенційних рослин для фітореMediaції досліджували показники зміщення кислотності листків дерев-індикаторів. Стійкість протопласту *Betula pendula* Roth. характеризувалася зниженими показниками буферної резистентності (28,04 %) на території «Дубовий гай. Старі дуби». Проте найбільшою стійкістю внутрішнього середовища листків на зовнішнє підкислення володіє *Aesculus hippocastanum* L. на ділянці біля «Скверу Прикордонників» і «Парку залізничної станції Запоріжжя-2» (35,7 та 38,08 %, відповідно). Каштан кінський звичайний володіє також високою всмоктувальною силою листя, тому цей вид можна рекомендувати висаджувати в зазначених зелених зонах з метою комплексного очищення атмосферного повітря.

Фітоіндикаційні й фітомоніторингові методи дозволять у перспективі розробити систему природоохоронних та ремедіаційних заходів щодо оптимізації рекреаційних зон промислових міст в умовах урбогенного середовища. *Ключові слова:* деревні рослини, фітоіндикація, рекреація, екологічна оцінка, флуктууюча асиметрія, pH протопласта.

### Complex ecological assessment of the environment by indicator signs of woody plants of recreational zones in Zaporizhzhia. Krupiei K., Obruch K., Rylsky O., Sklyarenko A., Kolycheva N.

A comprehensive study of the ecological state of the environment was carried out (3 recreational zones) in Zaporizhzhia on the morphometric parameters of indicator woody plants that dominate in these areas (*Aesculus hippocastanum* L., *Acer platanoides* L. and *Betula pendula* Roth.). The authors developed a method of phytoindication of the state of the environment on the basis of chlorosis and necrosis of woody plants. The method allows to comprehensively assess the state of the territory on a three-point scale, which is based on the color intensity of damaged leaves.

The next macroscopic parameter of the study was to determine the integral index of development stability (five rank scale) on the coefficient of fluctuating asymmetry. The *Acer platanoides* L. is the most stable in the investigated ecotopes, the state of the environment for a comprehensive assessment was characterized as «moderate pollution» in the territory of the nature «Oak Grove. Old oaks» and «satisfactory» in other areas. According to the integral indicator of fluctuating asymmetry of the leaves *Acer platanoides* L. in the territory of «Oak Grove. Old Oaks» had a slight deviation from the norm, unlike other recreational zones, where the stability of the conditional zone was noted.

To detect potential plants for phytoremediation, indicators of leaves acidity of indicators were investigated. *Betula pendula* Roth. protoplast resistance was characterized by reduced indicators of buffer resistance (28.04 %) in the territory of «Oak Grove. Old oaks». However, the largest resistance of the internal medium of leaves on external acidification had *Aesculus hippocastanum* L. on the section near the «Border Guards Square» and «Park of the railway station of Zaporizhzhia-2» (35.7 and 38.08 %, respectively). *Aesculus hippocastanum* L. also had a high suction force of leaves, so this kind can be recommended to plant in these recreational zones to comprehensive cleaning of atmospheric air.

Phytoindication and phytomonitoring methods will allow in future to develop a system of protection and remediation to optimize green zones of industrial cities in the conditions of the urbogenic environment. *Key words:* wood plants, phytoindication, recreation, ecological assessment, fluctuating asymmetry, pH of protoplast.

**Постановка проблеми.** Фітоіндикація є ефективним методом оцінювання екологічного стану території, оскільки живі системи дуже чутливі до змін зовнішнього середовища і мають властивість реагувати раніше, ніж ці зміни будуть виявлені інструментальними методами [1–3]. Окрім того, ана-

літичні методи дослідження не в змозі надати інформацію щодо фізіологічно активних форм полутантів та їх абіогенних і біогенних трансформацій. Листова пластинка деревних рослин є функціонально активним органом, який реагує на зміни навколишнього середовища і найбільш часто використовується в дослідженнях з біомоніторингу [4–7]. Пригнічення росту листя знаходиться в прямій залежності від ступеня загазованості місцеперебування: чим вище забруднення повітря, тим менше морфометричні параметри листя. Проте, на жаль, сьогодні фітоіндикаційні дослідження практично обмежуються декількома показниками, у тому числі морфометричними параметрами листя. Тому пошук інших індикаторних ознак деревних рослин та їх порівняльний аналіз дозволить проводити об'єктивну оцінку екологічного стану території.

**Актуальність дослідження.** Зазначена вище інформація окреслює значущість обраного дослідження та актуалізує необхідність проведення емпіричних досліджень для розширення спектру індикаторних ознак деревних рослин у системі біоіндикаційних досліджень.

**Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями.** Проведене дослідження дозволить науковцям, студентам, які займаються екологічним моніторингом та біоіндикацією, використовувати розширений спектр індикаторних показників деревних рослин для вивчення екологічного стану територій та застосовувати комплексний підхід в емпіричних дослідженнях задля надання практичних рекомендацій щодо вибору деревних рослин для біоіндикації та/або ремедіації.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** У якості біоіндикаційних об'єктів частіше виступають деревні культури, а саме, *Betula pendula* [8–11], *Acer platanoides* [12], *Acer pseudoplatanus* [13], *Salix alba*, *Populus pyramidalis* [14], *Salix caprea* L. [15]. Першочерговим та широковживаним методом дослідження якості навколишнього середовища є флюктуюча асиметрія, в основі якої лежить білатерально-симетрична структура органа рослин [16]. Перевагою цього способу є економічність, пристосованість тест-об'єкта до певного місця зростання, доступність матеріалу, що впливає на репрезентативність вибірки, можливість повторних досліджень однієї особини як протягом сезону, так і кількох років поспіль. Попри це, існують дослідження щодо спростування ефективності даного методу. Показник флюктуючої асиметрії не демонструє вплив важких металів та посухи на деревні рослини [17].

Виходячи з цього, автори запропонували спосіб дослідження стану довкілля за ступенем пошкодження листової пластинки дерев-індикаторів, наприклад, *Betula pendula* Roth. Сутність розробки полягає у створенні способу біоіндикації для комплексної оцінки стану атмосферного повітря шляхом аналізу інтенсивності пошкоджень на листових

пластинках дерев методами графічного редагування з подальшою інтерпретацією результатів в кількісний вираз [18]. Головною перевагою способу є його економічність, швидкість та простота виконання, відсутність потреби в наявності спеціалізованого обладнання. Незважаючи на це, обидва ці методи унеможливають відбір рослин для біоремедіації. Для реалізації цієї мети в контексті комплексного дослідження екологічного стану території доречним є застосування способу визначення біоіндикаторів / ремедіаторів серед видів рослин за величиною буферної місткості протопласта [19]. Дослідження N.I. Glibovytska, K.V. Karavanovyc (2018) показали, що стійкість буферної системи листя знижується під впливом нафтового родовища в порівнянні з фоновою ділянкою, але кислотність листових пластинок дерев, які ростуть в умовах родовища, збільшується. За результатами експерименту автори визначили залежність буферної системи асиміляційних органів дерев до впливу нафтових відкладень (за зменшенням стійкості): *Betula pendula* → *Salix alba* → *Populus tremula* → *Populus pyramidalis* → *Acer platanoides* [15].

Виходячи з цього, метою дослідження було вивчення антропогенного впливу на морфологічні і фізіологічні показники деревних рослин, які домінують в рекреаційних зонах м. Запоріжжя, за допомогою біоіндикаційних методів дослідження.

**Об'єктом** дослідження були індикаторні ознаки деревних рослин, **предметом** – ступінь пошкодження листових пластинок дерев-індикаторів в умовах комплексного забруднення атмосферного повітря.

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття.** Проведена комплексна екологічна оцінка стану рекреаційних територій м. Запоріжжя за морфометричними та фізико-хімічними критеріями деревних рослин.

**Новизна.** Вперше проведено комплексне фітоіндикаційне дослідження рекреаційних зон м. Запоріжжя за морфометричними й фізико-хімічними методами й показані можливості інтеграції індикаторних ознак деревних рослин для інформативної оцінки стану навколишнього середовища.

**Методологічне або загальнонаукове значення.** Проведені фітоіндикаційні дослідження за розробленою авторами методикою демонструють не тільки реальні можливості застосування нових індикаційних ознак рослин для комплексної екологічної оцінки території, але й наголошують на важливості використання комплексу біоіндикаційних методів для надання об'єктивних висновків та практичних рекомендацій щодо правильного вибору об'єктів деревних насаджень з метою індикації забруднень та фітомеліорації урбоєкосистем.

**Матеріали та методи дослідження.** Стан деревних рослин досліджували в 3-х рекреаційних

зонах м. Запоріжжя: ботанічна пам'ятка природи місцевого значення «Дубовий гай. Старі дуби» (№ 1), рекреаційна територія (РТ) поряд зі «Сквером Прикордонників» (№ 2) та парк-пам'ятка садово-паркового мистецтва місцевого значення «Парк залізничної станції Запоріжжя-2» (№ 3). Території № 1 та № 2 належать до об'єктів природно-заповідного фонду, які мають спеціальний юридичний статус та природоохоронну цінність. Картоосхеми ділянок відбору проб представлені на рис. 1.

У досліджуваних парках обрали 3 види деревних рослин: *Aesculus hippocastanum* L., *Acer platanoides* L. та *Betula pendula* Roth. Такий вибір обумовлений тим, що, по-перше, ці рослини є доміантними в рекреаційних зонах м. Запоріжжя, по-друге, їх активно використовують у фітоіндикаційних дослідженнях. Відбір листків проводили із нижнього ярусу крони з гілок першого порядку галузнення у червні 2021 року (в цей період відбувається активний розвиток системи асиміляції рослин). Кількість елементів вибірки – 10 дерев з екотопу (по 10 листків із кожного дерева) [20]. Після формування змішаної проби листки розкладали на білих аркушах паперу та фотографували на відстані 25-30 см від об'єкта знімання в режимі «Макрофільмування» без спалаху. Використовували цифровий дзеркальний фотоапарат Nikon D3100. Після цього фотографії завантажували в графічний редактор Adobe Photoshop CS8. Для усунення незначного цифрового шуму в зображенні використовували фільтр «Розмивання за Гаусом» з параметром «Радіус», що дорівнював 20 пікселям. Після цього встановлювали режим «Lab» та отримували параметри кожного з трьох каналів:  $L_2$  – яскравість;  $a_2$  – величина червоно-зеленої складової;  $b_2$  – величина жовто-синьої складової (у 10 довільних точках) [21]. Саме ця кольорова модель, на відміну від класичної моделі RGB, представляє кольори так, як бачить їх людина із нормальним зором. Потім розраховували середнє арифметичне значення для кожного з каналів Lab. Порівняння кольору здійснювали за формулою кольорової відмінності, яка дозволяє за показниками

каналів кольорової моделі СІЕ (кольорова модель Міжнародної комісії з освітлення) Lab чисельно виразити відмінності між двома кольорами – контрольним та дослідними зразками (dE) в умовних одиницях. Усі розрахунки проводили в прикладному програмному забезпеченні Microsoft Excel 2007. У якості контрольного кольору запропонований червоний колір із показниками моделі  $L_1=55$ ,  $a_1=79$ ,  $b_1=68$ , оскільки саме цей колір надає найбільшу відмінність із показниками кольорової моделі зеленого, жовтого та коричневого кольорів, які характерні для здорових та пошкоджених листків деревних рослин. Отримане значення dE зіставляли з визначником, розроблений авторами [18, 22], де вказані діапазони dE здорових та пошкоджених листків деревних рослин, що дозволяє зробити відповідний висновок про екологічний стан території (табл. 1).

Таблиця 1

## Показники комплексного стану довкілля

Ознака	Діапазон dE, ум. од.	Стан довкілля
Зелені (здорові) листки	46 – 56	Задовільний
Ділянки з хлорозом	35 – 45	Помірне забруднення
Ділянки з некрозом	24 – 34	Незадовільний

Після фотографування біоматеріалу проводили вимірювання показників флуктуючої асиметрії (ФА) за загальновідомою методикою та оцінювали стан деревних рослин за показником стабільності розвитку [16] (табл. 2).

Надалі листки вагою 1 г розтирали в фарфоровій ступці до однорідної маси й змивали в стакан 10 мл дистильованої води. На наступну добу вимірювали показники рН. Далі до гомогенату додавали 5 мл 0,1 N хлоридної кислоти. Повторні вимірювання проводили через 24 год. За різницею цих показників розраховували показники зміщення кислотності (ΔрН) [23, 24]. Повторність вимірювань чотирикратна. Математичну обробку отриманих результа-

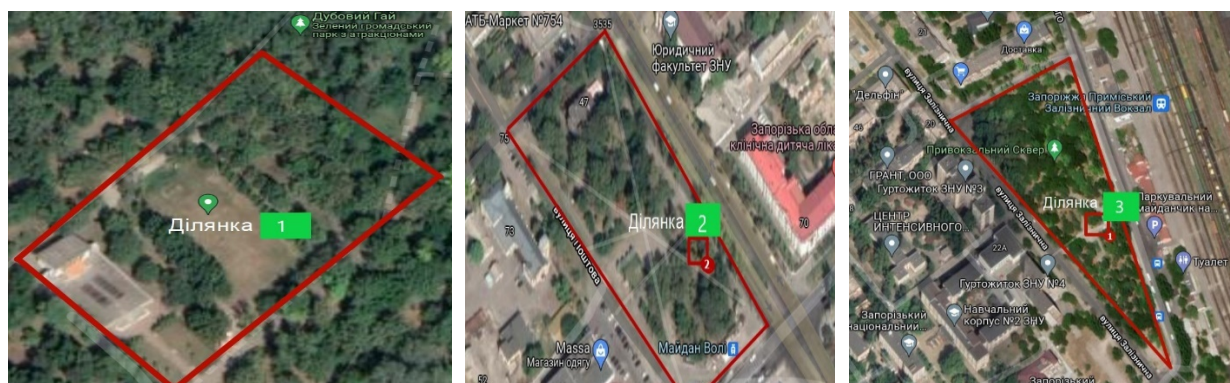


Рис. 1. Точки відбору проб



тів проводили варіаційно-статистичним методом. Статистичні розрахунки проводили за допомогою програмного пакета MS Excel 2007 та Statistica 6,0.

Таблиця 2

**Оцінка відхилень стану деревних рослин від умовної норми за величиною інтегрального показника стабільності розвитку**

Бал	Величина показника стабільності розвитку	Значення стабільності розвитку
I	<0,040	Стабільність умовної норми
II	0,040–0,044	Незначне відхилення від норми
III	0,045–0,049	Середній рівень відхилення від норми
IV	0,050–0,054	Значне відхилення від норми
V	> 0,054	Критичний стан

**Результати дослідження та їх обговорення.**

У промислових містах України, у тому числі в м. Запоріжжя, при біоіндикаційних дослідженнях стану навколишнього середовища та екологічному моніторингу в урбоекосистемах часто видається складним вибір контрольної (фонові) ділянки з мінімальним ступенем антропогенного навантаження. Якщо декілька років тому територія «Дубовий гай. Старі дуби» активно зазначалася в наукових публікаціях як умовно чиста (контрольна) ділянка [25–27], на сьогодні, на жаль, вивчення безлічі параметрів деревних рослин в цій зоні не дозволяє віднести її до категорії «фонова територія».

Комплексна оцінка стану навколишнього середовища за інтенсивністю кольорів листків з різним ступенем пошкодження передбачає три рангову інтерпретацію результатів, а за інтегральним параметром ФА – п'яти рангову (табл. 3, 4). Порівняння результатів за розробленим авторами методом із методом ФА продемонструвало чітку обернену та пряму тенденцію.

Так, зі збільшенням некротичних ушкоджень та хлорозу на листових пластинках деревних рослин спостерігали зменшення показника dE. Водночас зі збільшенням ушкоджених ділянок на листках дерев у паркових зонах, показники ФА також збільшувалися. Так, вид *Acer platanoides* L. виявився найбільш стійким у досліджуваних екотопах, стан доквілля за комплексною оцінкою характеризувався як «помірне забруднення» на території пам'ятки природи «Дубовий гай. Старі дуби» та «задовільний» (II бали) на інших ділянках. За інтегральним показником ФА листки клену гостролистого у парку Дубовий гай мали незначне відхилення від норми, на інших ділянках була стабільність умовної зони (I бал). Інші домінуючі види деревних рослин у всіх досліджуваних парках виявилися чутливими до стресових умов навколишнього середовища, їх стан характеризувався як «незадовільний» / «критичний». Дендрологічні спостереження та наукові дослідження інших авторів показали, що ці нестійкі до забруднень види є біоіндикаторами стану навколишнього середовища, особливо атмосферних задилянь [28].

Не менш інформативним показником стійкості деревних рослин до поллютантів є зміщення кислот-

Таблиця 3

**Комплексна оцінка стану доквілля за інтенсивністю кольору листків деревних рослин у рекреаційних зонах м. Запоріжжя**

Місце відбору проб	Досліджуваний об'єкт	$L_2$ $\bar{x} \pm m$	$a_2$ $\bar{x} \pm m$	$b_2$ $\bar{x} \pm m$	dE <sub>2</sub> , ум. од. $\bar{x} \pm m$	Стан доквілля
№ 1	<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	55±2,59	8,0±0,37	21±1,01	25,91±1,18	Незадовільний
	<i>Acer platanoides</i> L.	59±2,54	4,0±0,18	56±2,52	35,80±1,57	Помірне забруднення
	<i>Betula pendula</i> Roth.	46±2,07	7,0±0,3	19±0,84	27,86±1,22	Незадовільний
№ 2	<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	42±1,93	8,0±0,38	23±1,07	29,20±1,37	Незадовільний
	<i>Acer platanoides</i> L.	94±4,71	9,0±0,44	81±4,05	46,64±2,28	Задовільний
	<i>Betula pendula</i> Roth.	52±2,44	7,0±0,32	23±1,10	27,16±1,25	Незадовільний
№ 3	<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	54±2,60	8,0±0,37	20±0,94	25,80±1,19	Незадовільний
	<i>Acer platanoides</i> L.	91±4,46	7,0±0,33	88±4,22	47,45±2,23	Задовільний
	<i>Betula pendula</i> Roth.	51±2,35	9,0±0,39	22±0,99	25,58±1,12	Незадовільний

ності протопласту листків, вивчення якого за останні декілька років привертає увагу дослідників [23, 24].

У паркових зонах збільшення рН протопласту для всіх видів деревних рослин можна представити наступним рядом: № 1 → № 3 → № 2 (табл. 5). Максимальне залуговування внутрішнього середовища листків деревних рослин зареєстровано на РТ поблизу «Скверу Прикордонників», що можна пояснити надмірним транспортним навантаженням на просп. Соборний, який знаходиться поруч, та викидами автотранспорту. Так, деякі важкі метали (ВМ) (Плюмбум, Нікель, Хром, Кадмій, Цинк, Ферум тощо) здатні зменшувати рівень природного водневого показника внутрішнього середовища листків деревних рослин зеленої захисної смуги уздовж транспортних магістралей [29]. Для оцінки рівня стійкості деревних рослин до зовнішнього підкислення (рН') 0,1 N хлоридною кислотою розраховували співвідношення рН' до рН початкового (показник демонструє рівень протидії протопласта зовнішньому підкисленню).

Порівняльний аналіз екотопів за цим показником продемонстрував, що найменша стійкість протопласту деревних рослин відмічена на території «Дубовий гай. Старі дуби». Серед домінантних видів дерев значно знижена буферна резистентність на цій території у *Betula pendula* Roth. (28,04 %).

Проте найбільшою стійкістю внутрішнього середовища листків на зовнішнє підкислення володіє *Aesculus hippocastanum* L. на ділянці біля «Скверу Прикордонників» і «Парку залізничної станції Запоріжжя-2» (35,7 та 38,08 %, відповідно), тому цей вид можна рекомендувати висаджувати в зазначених

рекреаційних зонах з метою комплексного очищення атмосферного повітря та ґрунту від ВМ, оскільки він володіє високою всмоктувальною силою листя, що підтверджують дослідження інших авторів [30]. Проведені нами й іншими авторами дослідження є актуальними, оскільки до сьогодні вчені проводили подібні дослідження щодо інтенсивності акумуляції ВМ деревною рослинністю на інших об'єктах (в полязахисній лісосмузі), де встановили наступну послідовність зниження цієї здатності: липа дрібнолиста > клен американський > тополя [31].

Обчислення взаємозв'язків між фізико-хімічними параметрами, показниками dE та ФА деревних рослин підтвердило достовірну пряму залежність між ними. Підвищення рН та зміщення кислотності супроводжується зниженням показників dE та збільшенням інтегрального показника ФА. Виявлена висока позитивна кореляційна залежність між рН початковим і ΔрН для видів *Aesculus hippocastanum* L. та *Betula pendula* Roth. у всіх екотопах ( $r = 0,85 - 0,95$ ). Кореляційний зв'язок між цими фізико-хімічними параметрами та інтегральним показником ФА для цих деревних рослин був тісний позитивний та варіював у межах від 0,75 до 0,92. Проте для виду *Aesculus hippocastanum* L. на РТ біля «Скверу Прикордонників» відмічався середній кореляційний зв'язок між вище зазначеними показниками. Середній та тісний негативний кореляційний взаємозв'язок виявився між рН початковим, ΔрН та показниками dE для видів *Aesculus hippocastanum* L. та *Betula pendula* Roth. (від -0,59 до -0,89). Вид *Acer platanoides* L. є стійким до стресових чинників у паркових зонах міста. Подібні результати були отримані

Таблиця 4

## Якість середовища за інтегральним параметром флуктуючої асиметрії

Місце відбору проб	Досліджуваний об'єкт	Інтегральний показник флуктуючої асиметрії $\bar{x} \pm m$	Стандартне відхилення S	Якість середовища
№ 1	<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	0,1502±0,0018	0,1372	V балів – критичний стан
	<i>Acer platanoides</i> L.	0,0042±0,0001	0,0201	II бали – незначне відхилення від норми
	<i>Betula pendula</i> Roth.	0,1708±0,0110	0,3329	V балів – критичний стан
№ 2	<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	0,1024±0,0004	0,0672	V балів – критичний стан
	<i>Acer platanoides</i> L.	0,0205±0,0001	0,0096	I бал – стабільність умовної зони
	<i>Betula pendula</i> Roth.	0,1284±0,0020	0,1419	V балів – критичний стан
№ 3	<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	0,1375±0,0001	0,0350	V балів – критичний стан
	<i>Acer platanoides</i> L.	0,0347±0,0001	0,0121	I бал – стабільність умовної зони
	<i>Betula pendula</i> Roth.	0,0658±0,0002	0,0410	V балів – критичний стан

Таблиця 5

Показники зміщення кислотності  $\Delta pH$  листків деревних рослин у рекреаційних зонах м. Запоріжжя

Обрана ділянка	$pH$ початкове $\bar{x} \pm m$	$pH'$ (кінцеве) $\bar{x} \pm m$	$\Delta pH$ $\bar{x} \pm m$	$pH' / pH, \%$
<b>№ 1</b>				
<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	4,61±0,21	1,42±0,62	3,19±0,14	30,8
<i>Acer platanoides</i> L.	4,9±0,22	1,58±0,06	3,32±0,15	32,2
<i>Betula pendula</i> Roth.	4,6±0,20	1,29±0,05	3,31±0,14	28,04
<b>№ 2</b>				
<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	5,03±0,23	1,8±0,08	3,23±0,15	35,7
<i>Acer platanoides</i> L.	4,91±0,22	1,64±0,07	3,27±0,14	33,4
<i>Betula pendula</i> Roth.	5,17±0,25	1,76±0,08	3,41±0,16	34,04
<b>№ 3</b>				
<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	4,91±0,23	1,87±0,09	3,04±0,14	38,08
<i>Acer platanoides</i> L.	4,89±0,22	1,57±0,07	3,32±0,15	32,10
<i>Betula pendula</i> Roth.	4,76±0,27	1,53±0,07	3,23±0,15	32,14

Н.І. Глібовицькою зі співавт. (2018) при дослідженні урбогенного середовища м. Івано-Франківськ [24]. Кореляційна залежність між фізико-хімічними параметрами листків клену гостролистого та показниками  $dE$  і  $FA$  була слабкою (достовірної прямої залежності між цими параметрами не підтверджено).

**Головні висновки.** Результати дослідження показали, що деякі території м. Запоріжжя, які раніше зазначалися у наукових публікаціях як контрольні ділянки у моніторингових дослідженнях, на сьогодні не можна назвати «фоновими». Так, на природно-заповідній території № 3 «Дубовий гай. Старі дуби» за параметрами  $dE$  та показниками  $FA$  домінують деревних рослин (*Aesculus hippocastanum* L., *Betula pendula* Roth.) стан території характеризувався як «незадовільний» та «критичний». Проте стійким видом до антропогенного забруднення за цими показниками є

*Acer platanoides* L. Попри це, найбільшою стійкістю внутрішнього середовища листків на зовнішнє підкислення володіє *Aesculus hippocastanum* L. на ділянках № 2 та 3 (35,7 та 38,08 %, відповідно), тому цей вид можна рекомендувати висаджувати на цих територіях не тільки з метою рекреації, але й біоремедіації, оскільки у нього висока всмоктувальна здатність листових пластинок.

**Перспективи використання результатів дослідження.** Результати досліджень можуть бути використані для навчання та дослідницької діяльності викладачів і студентів-екологів, які займаються біоіндикаційними та моніторинговими дослідженнями. Перспективою подальших досліджень є розширення спектру індикаторних ознак деревних рослин та порівняння результатів досліджень у різних промислових регіонах України з метою надання рекомендацій по раціональному озелененню рекреаційних зон міст.

## Література

1. Готвянська В.О., Демура В.І. Розподіл та накопичення важких металів в ґрунтово-рослинному покриві в умовах техногенного впливу. *Вісник Дніпропетровського університету. Серія: Геологія. Географія.* 2013. Т. 21, Вип. 15. С. 112-115.
2. Бессонова В.П., Фендюр Л.М., Пересипкіна Т.М. Можливості використання декоративних квіткових рослин для фітоіндикації забруднення навколишнього середовища. Вміст зелених пігментів. *Український ботанічний журнал.* 1996. Вип. 53(2). С. 319-324.
3. Бессонова В.П., Іванченко О.Є. Оцінка видового різноманіття та життєвого стану придорожніх насаджень пр. С. Нігояна м. Дніпро. *Питання біоіндикації та екології.* 2019. Вип. 24, № 1. С. 36-56.
4. Franiel I., Babczyńska A. The Growth and Reproductive Effort of *Betula pendula* Roth. in a Heavy-Metals Polluted Area. *Polish Journal of Environmental Studies.* 2011. Vol. 20(4). P. 1097-1101.
5. Tree Leaves as Bioindicator of Heavy Metal Pollution in Mechanic Village, Ogun State / Ojekunle Z., Adeboje M., Taiwo A., Sangowusi R., Taiwo A., Ojekunle V. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management.* 2014. Vol. 18(4). P. 639-644.
6. Alves-Silva E., Santos J.C., Cornelissen T.G. How many leaves are enough? The influence of sample size on estimates of plant developmental instability and leaf asymmetry. *Ecological Indicators.* 2018. Vol. 89. P. 912-924.
7. Fasani D., Fermo P., Barroso P. Analytical Method for Biomonitoring of PAH Using Leaves of Bitter Orange Trees (*Citrus aurantium*): a Case Study in South Spain. *Water, Air, & Soil Pollution.* 2016. Vol. 227, № 10. P. 227-360.
8. Савинцева Л.С., Егошина Т.Л., Ширяев В.В. Оценка качества урбаноcреды г. Кирова на основе анализа флуктуирующей асимметрии листовой пластинки березы повислой (*Betula pendula* Roth.). *Вестник Удмуртского университета. Серия: Биология. Науки о Земле.* 2012. Вып. 2. С. 31-37.
9. Малащенко В.В., Старшикова Л.В., Гайдученко Е.С. Стабильность развития *Betula pendula* Roth. в урбоэкоcистемах Гомельского Полесья. *Вестник Мозырского государственного педагогического университета имени И.П. Шамякина.* 2013. Вып. 2(39). С. 19-36.

10. Application of fluctuating asymmetry indexes of silver birch leaves for diagnostics of plant communities under technogenic pollution / Ivanov V.P., Ivanov Yu.V., Marchenko S.I., Kuznetsov V.I.V. *Russian Journal of Plant Physiology*. 2015. Vol. 62(3). P. 340-348.
11. Буцяк А.А., Буцяк В.І., Музика Л.І. Використання рослинних біоіндикаторів для оцінки стану атмосферного повітря в зоні діяльності Добротвірської ТЕС. *НВ ЛНУ ветеринарної медицини та біотехнологій. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2018. Вип. 20(89). С. 122-126.
12. Приступа І.В., Шалімов І.В., Романчук Т.В. Динаміка вмісту фото синтезуючих пігментів як фітоіндикційний показник у представників р. *Juniperus*, що зростають в умовах промислового міста південного сходу України. *Питання біоіндикації та екології*. 2009. Вип. 14, № 1. С. 74-80.
13. Більчук В.С. Вплив техногенного забруднення на активність і компонентний склад амінотрансфераз репродуктивних органів деревних рослин. *Сучасні проблеми фізіології та інтродукції рослин* : матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції 22 травня 2005 р. Дніпропетровськ : ДНУ ім. О. Гончара, 2005. С. 6.
14. Плячук Д.Л. Проведення інтегральної експрес-оцінки якості атмосферного повітря в умовах зміни промислової інфраструктури регіону. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2015. Вип. 3/6(75). С. 58-63.
15. Glibovyt'ska N.I., Karavanovyc K.B. Morphological and physiological parameters of woody plants under conditions of environmental oil pollution. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018. Vol. 8(3). P. 322-327.
16. Захаров В.М. Кларк Д.М. Биотест: интегральная оценка уровней загрязнения воздуха в условиях промышленного города. М.: Биотест, 1993. 68 с.
17. Zverev V., Lama A.D., Kozlov M. Fluctuating asymmetry of birch leaves did not increase with pollution and drought stress in a controlled experiment. *Ecological indicators*. 2018. Vol. 84. P. 283-289.
18. Спосіб біоіндикації стану довкілля за ступенем пошкодження листової пластинки дерев : пат. 07632 Україна : МПК (2019 01) G01N 21/00 G01N 33/00. № u 2019 07632; заявл. 08.07.2019; опубл. 10.02.2020. Бюл. № 3. 5 с.
19. Isolation of Mesophyll Protoplasts from Mediterranean Woody Plants for the Study of DNA Integrity under Abiotic Stress / Kuzminsky E., Roberta Meschini R., Terzoli S., Pavani L., Silvestri C., Choury Z., Scarascia-Mugnozza G. *Front Plant Sci*. 2016. Vol. 7. P. 11-68.
20. Парпан В.І., Миленька М.М. Методологічні аспекти оцінки екологічного стану урбанізованих і техногенно змінених територій. *Вісник Дніпропетровського університету. Серія: Біологія. Екологія*. 2010. Вип. 18. Т. 2. С. 61-68.
21. Спосіб визначення інтенсивності пігментоутворення у бактерій : пат. 49812 Україна : МПК (2009) C12Q 1/00, C12M 1/00, C12M 1/34. № u 200912311; заявл. 30.11.2009; опубл. 11.05.2010, Бюл. № 9. 8 с.
22. Крупей К.С., Обруч К.І., Михайличенко А.А. Фітоіндикація стану довкілля за ступенем пошкодження листової пластинки *Betula pendula* Roth. *Питання біоіндикації та екології*. 2019. Вип. 2, № 24. С. 130-140.
23. Глібовицька Н.І. Фізико-хімічні параметри стану листків липи сердцелистої (*Tilia cordata* Mill.) в урботехногенних умовах зростання. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія: біологія*. 2013. Вип. 18, № 1079. С. 180-185.
24. Глібовицька Н.І., Бойчук І.В. Буферна стійкість та технології захисту деревних насаджень урбоєкосистем. *Науково-технічний журнал*. 2018. Вип. 17, № 1. С. 39-45.
25. Крупенко Л. Стан асиміляційного апарату *Tilia Cordata* в умовах аерогенного забруднення м. Запоріжжя. *Молода наука – 2014* : Матеріали наукових праць студентів, аспірантів і молодих вчених 8-10 квітня 2014 р. Запоріжжя : Запорізький національний університет, 2014. Т. 4. С. 57-58.
26. Самохвалова А. Використання *Azotobacter* у якості індикатора родючості урбоземів. *Молода наука – 2014* : Матеріали наукових праць студентів, аспірантів і молодих вчених 8-10 квітня 2014 р. Запоріжжя : Запорізький національний університет, 2014. Т. 4. С. 103-104.
27. Костюченко Н.І. Мікроміцетні комплекси кореневої зони газонних трав парків міста Запоріжжя. *Сучасні проблеми біології, екології та хімії* : Збірник матеріалів IV Міжнародної науково-практичної конференції 13-15 травня 2015 р. Запоріжжя : Поліграфічний центр «Сору Арт», 2015. С. 90-91.
28. Ткачук О.П., Панкова С.О. Екологічна стійкість дерев полезахисних лісосмуг до атмосферних забруднень. *Збалансоване природокористування (Екологія)*. 2021. № 1. С. 82-91.
29. Turner A.P., Dickinson M.N., Leed N.W. Indices of metal tolerance in trees. *Water, Air and Soil Pollution*. 1991. Vol. 57-58. P. 617-625.
30. Кляченко О.Л., Мельничук М.Д., Іванова Т.В. Екологічні біотехнології : теорія і практика : навчальний посібник. Вінниця : ТОВ «Нілан-ЛТД», 2015. 254 с.
31. Дуднік С.Г., Кравчук Г.І. Моделирование надходження важких металів у листову масу деревних рослин придорожніх смуг. *Agricultural sciences. Colloquium-journal*. 2021. № 15(102). С. 14-18.

## ЕКОЛОГІЧНА СКЛАДОВА ВСТАНОВЛЕННЯ СЕС В ЗАКАРПАТТІ

Роман Л.Ю.

Ужгородський національний університет  
вул. Підгірна, 46, 88000, м. Ужгород  
[liudmyla.roman@uzhnu.edu.ua](mailto:liudmyla.roman@uzhnu.edu.ua)

Проведено оцінку екологічних аспектів використання сонячних електростанцій у аграрній сфері Закарпаття різних ландшафтних зон: низинній, передгірній, гірській.

Кліматичні особливості області та її географічне розташування дозволяє впроваджувати сонячні електростанції, але варто пам'ятати, що область характеризується малоземеллям (1275,3 тис.га), в тому числі і сільськогосподарського призначення (всього 451 тис.га території, з них 200 тис.га ріллі), а встановлення сонячних електростанцій (СЕС) вимагає значних площ. Саме тому в даному регіоні найдоцільнішим є спорудження сонячних панелей на дахах будівель чи поверхнях тепличних споруд (при вазі конструкції до 170 кг), придатними можуть бути малоефективні площі передгірних чи гірських підзон області або площі, зайняті плодово-ягідними чи фруктовими культурами з перехресним спорудженням СЕС (коли вага конструкції становить більше 170 кг).

Встановлено незначні кореляційні відмінності між потребами споживання енергії фермерськими господарствами та потужністю роботи сонячних електростанцій. Особливо гострим це питання виникає у другій половині дня.

Використання СЕС в Закарпатській області, яка характеризується відносно малими ефективними сприятиме ефективному та раціональному використанню малоефективних площ земельних ділянок; покращити та інтенсифікувати вирощування ранніх овочевих, плодово-ягідних та садових культур, теплолюбних декоративних квітів; бути енергонезалежним господарством; підтримувати температурний режим у складових приміщеннях, теплицях, фермерських будівель чи господарських приміщень; контролювати нагрів води, необхідної для господарських потреб, підвищити економіку виробництва за рахунок надлишкової енергії, тощо.

Освоєння СЕС потужністю 20-30кВт в рік у агросфері Закарпаття є економічно вигідним і екологічно безпечним. Такий вид роботи фермерських господарств сприятиме ефективному раціональному використанню і низинних, і гірських земель не тільки в рекреаційно-туристичній діяльності, а також і в напрямку агросфери без шкідливого впливу на довкілля.  
*Ключові слова:* Закарпаття, сонячні електростанції, екологічні аспекти, ландшафтні зони.

### **Ecological component of SPP installation in Transcarpathia. Roman L.**

The assessment of ecological aspects of the solar power use was conducted in the agricultural sphere of Transcarpathia of different landscape zones: lowland, foothill, mountain.

Climatic features of the region and its geographical location allow the introduction of solar power plants, however it should be remembered that the region is characterized by scarcity of land (1275.3 thousand hectares), including agricultural (only 451 thousand hectares, of which 200 thousand hectares arable land), and the installation of solar power plants (SPP) requires significant areas. That is why in this region it is most expedient to build solar panels on the roofs of buildings or surfaces of greenhouses (with a construction weight of up to 170 kg), inefficient areas of foothills or mountain subzones of the region or areas occupied by fruit and berry or fruit crops with cross construction may be suitable. (when the weight of the structure is more than 170 kg).

Slight correlations were found between the energy consumption needs of farms and the capacity of solar power plants. This issue is especially acute in the afternoon.

The use of SPP in the Transcarpathian region, which is characterized by relatively low efficiency will contribute to the efficient and rational use of inefficient land areas; to improve and intensify the cultivation of early vegetable, fruit and garden crops, heat-loving ornamental flowers; to be an energy independent economy; maintain the temperature in component rooms, greenhouses, farm buildings or utility rooms; control the heating of water needed for economic needs, increase the economy of production due to excess energy, etc.

Development of SPP with a capacity of 20-30 kW per year in the agricultural sphere of Transcarpathia is economically viable and environmentally safe. This type of work of farms will contribute to the effective rational use of both lowland and mountain lands not only in recreational and tourist activities, but also in the direction of the agrosphere without harmful effects on the environment.  
*Key words:* Transcarpathia, solar power plants, ecological aspects, landscape zones.

**Постановка проблеми.** Використання альтернативних джерел енергії, а саме такою і є сонячна енергія, з кожним роком інтенсивно розвивається на світовому ринку. Україна також має всі можливості для розвитку СЕС (сонячні електростанції): вигідне географічне положення та високу сонячну інсоляцію.

Оскільки встановлення сонячних панелей із-за своїх розмірів вимагають значної території актуальним є дослідження екологічних та економічних

аспектів їх використання на територіях областей західної України, які є одними з найменших в країні за площею. Саме такою і є Закарпатська область. Особливістю краю є малоземелля та вертикальна зональність території (низинна, передгірна та гірська підзони).

Площа найзахіднішої області країни займає 2,2% площі всієї України та має найменшу кількість земель сільськогосподарського призначення

[1]. Загальновідомо, що на одного жителя в регіоні припадає 0,36 га сільськогосподарських угідь, з них частка ріллі 0,15га, що у 2,4 та 4,3 рази відповідно менше, ніж у загальному по Україні (а саме 0,82 га сільськогосподарських угідь, з них 0,65 га ріллі). Наведені факти обмежують потенційні можливості вирощування виробництва сільськогосподарської продукції. Землеробство у гірській підзоні немає перспектив розвитку. Пояснюється це не тільки суворими погодними умовами та низькою родючістю ґрунтів, а також й обмеженістю орних земель.

Співвідношення земельних площ за роки незалежності країни значно змінювались на користь господарств населення, що в результаті призвело до інтенсифікації процесу встановлення міні-СЕС на земельних ділянках сільськогосподарського призначення.

**Актуальність дослідження.** Ще наприкінці минулого століття вченими гірська територія Карпат розглядалась перспективною з точки зору встановлення сонячних електростанцій, але роботи в даному напрямку інтенсивно активізувались тільки десять років тому назад. Вочевидь це пов'язано з декількома факторами: по-перше, подорожчанням електроенергії, виробленої традиційними джерелами; по-друге, поява на ринку багатьох виробників сонячних батарей (панелей), що сприяло доступності їх більш широкому загалу.

Фахівцями-науковцями проведено підрахунки та встановлено, що у західній частині Карпат, а саме на Закарпатті земна поверхня отримує до 2024 год сонячної радіації на рік [1], що на 200 годин довше, ніж у інших прикарпатських регіонах. Очевидно, що в таких сприятливих кліматичних умовах галузь СЕС можуть розвивати не тільки великі компанії, а й усі власники приватних будинків, що обладнують дахи сонячними панелями.

Враховуючи систему «зелений тариф», що діє на території України значна частка приватних ділянок сільськогосподарського призначення у низинних районах Закарпатської області підлягла встановленню сонячних електростанцій. У свою чергу, це може призвести до порушення екологічного стану земельних ресурсів Закарпаття та нераціонального використання природних ресурсів краю. Саме тому метою дослідження стала оцінка екологічних аспектів використання СЕС у аграрному секторі Закарпатської області різних ландшафтних зон.

**Зв'язок авторського доробку із важливими та практичними завданнями.** Науково-практичні дослідження виконувались у відповідності з загальною комплексною темою кафедри екології та охорони навколишнього середовища хімічного факультету ДВНЗ «Ужгородський національний університет»: «Розробка та вдосконалення систем і методів моніторингу об'єктів довкілля в контексті екологічної безпеки». Номер держреєстрації: 0121U109776.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Ефективності та доцільності використання сонячної

енергії присвячено багато досліджень [2-10]. У літературі добре описано особливості роботи СЕС та їх вплив на довкілля. Показано, що коефіцієнт корисної дії сонячних електростанцій непостійний та залежить від багатьох факторів, головним серед яких є сонячна інсоляція та тип сонячних батарей [3-5].

Аналіз наукової літератури показав відсутність достатніх даних про використання сонячних панелей у окремих регіонах західної України, що і стало причиною досліджень невирішених раніше частин загальної проблематики, яким і присвячується дана стаття.

**Новизна.** Вперше проведено порівняльну оцінку екологічних складових використання СЕС у аграрній сфері різних ландшафтних підзон Закарпаття (низовинної, передгірної та гірської територій області), враховуючи інсоляцію сонячної радіації. Встановлено кореляцію зв'язків між потребами фермерських господарств та потужністю СЕС в Закарпатській області впродовж року.

**Методологічне або загальнонаукове значення.** Результати досліджень мають методологічне значення, яке полягає у формуванні уваги до міжпредметних зв'язків дисциплін екологічного, економічного та географічного спрямування. Проведені дослідження сприяють підвищенню раціонального природокористування, екологічної свідомості громадян та збереження належного екологічного стану різних ландшафтних підзон Закарпаття.

**Викладення основного матеріалу.** Встановлення СЕС на земельних ділянках Закарпатської області, в першу чергу передбачає необхідність врахування малоземелля області, зональність території та призначення с/г ділянок. Регіональні особливості радіаційного режиму Закарпаття визначається, в першу чергу географічним положенням, що і визначає кут падіння сонячних променів, експозицією схилів, режимом хмарності та циркуляції атмосферних мас і запиленістю атмосфери.

Середні показники сонячного випромінювання в області за даними Державної статистичної служби України [11] залежно від кліматичних умов та географічної широти впродовж 2020 року продемонстровано на рис. 1.

Аналізуючи дані рис. 1. можна відмітити, що гірська зона області має більшу інсоляцію, ніж низовинна. Що, передусім, пов'язано з прозорістю атмосферного повітря. Вище наведене дає можливість зробити припущення економічно вигідного та екологічно безпечного встановлення СЕС як у низинних, так і в гірських системах Закарпаття.

Очевидною є прямопропорційна кореляція між потужністю сонячних панелей та площею, яку займає дана конструкція, її ціною та продуктивністю. Середня потенційна можливість СЕС за термодинамічним циклом перетворення енергії оцінюється у 30-40 МВт з площі 1км<sup>2</sup>, але потенційні можливості одержання граничної потужності фотоперетворювачів можуть сягати 45-60 МВт з 1 км<sup>2</sup>.

Варто зазначити, що СЕС, які працюють на фотоперетворювачах використовують земельні ділянки вдвічі економніше за СЕС, працюючих за термодинамічним циклом із центральними приймачами.

Зазначимо, що у процесі будівництва та експлуатації СЕС мінімальними є ризики впливу на довкілля. Під час роботи сонячних батарей не спостерігається викидів забруднювальних речовин, відсутнім є шум та вібрація (порівняно з іншими видами відновлюваних джерел енергії). Більшої шкоди на об'єкти довкілля завдає сам процес виготовлення геліоелементів та їх утилізація. Найважливіша екологічна проблема використання СЕС в малоземельному Закарпатті може виникнути з точки зору не раціонального використання земельних ресурсів для масового встановлення сонячних панелей на поверхні ділянок сільськогосподарського призначення.

Для аналізу можливостей задоволення енергетичних потреб фермерських господарств Закарпаття необхідним є їх порівняння з потужністю СЕС. Середньодобову потужність сонячної батареї за сезонами року в Закарпатській області проведено за відповідними методиками [3-5, 10]. В якості модельних об'єктів дослідження взято типові фермерські господарства сімейного типу, в яких працює 5-8 чоловік (родинний бізнес) і які спеціалізуються в сфері рослинництва (в основному вирощування ранніх овочевих культур: картопля, помідори, огірки, перець, капуста, тощо) у низинних та передгірних зонах області. Для гірської зони в якості модельних взяті фермерські господарства, які спеціалізуються в області тваринництва та садівництва.

Оскільки потреби електроенергії ФГ у різних ландшафтних зонах не значно відрізнялись для демонстрації результату взято їх усереднені значення. Модельна СЕС має показник потужності 25кВт та встановлена на дахах будинків чи робочих примі-

шень. Моделювання кореляційних зв'язків між добовими потребами енергії ФГ та потужністю СЕС виконано теоретично, шляхом побудови графіків (рис. 2.).

Аналізуючи дані рис. 2. відмічаємо незначні кореляційні відмінності між потребами споживання енергії фермерськими господарствами та потужністю роботи СЕС. Особливо гострим це питання виникає у другій половині дня. Динамічна зміна потреб фермерських господарств та потужність СЕС (Вт) спостерігається як впродовж доби, так і впродовж року.

Результати показали, що отримана сонячна енергія регіону не може забезпечити господарства енергією у повному обсязі, особливо у пікові періоди (тобто з 18.00 до 22.00 к.ч.). Така стохастична поведінка СЕС потребує додаткових джерел енергії або необхідним є модуль накопичення надлишкової енергії, яка досягається в обідній час. В області тваринництва надлишкові енергетичні витрати можна компенсувати іншим видом альтернативної енергетики – отриманням біогазу. Але оцінка еколого-економічної ефективності даного напрямку потребує подальших досліджень.

Використання СЕС в Закарпатській області, особливістю якої є мала частка площ земель сільськогосподарського призначення, переважаючий гірський рельєф екосистем та високий ступінь заповідності території (близько 15%) [1] сприятиме ефективному природокористуванню, зокрема:

- задіяти під будівництво вільні та малоефективні площі земельних ділянок області;
- максимально ефективно використати потенціал урбанізованих територій, встановлюючи СЕС на поверхнях приватних будинків чи виробничих або інших нежилых приміщень;
- надасть можливість впродовж року вирощувати ранні овочеві чи плодово-ягідні культури, квіткові

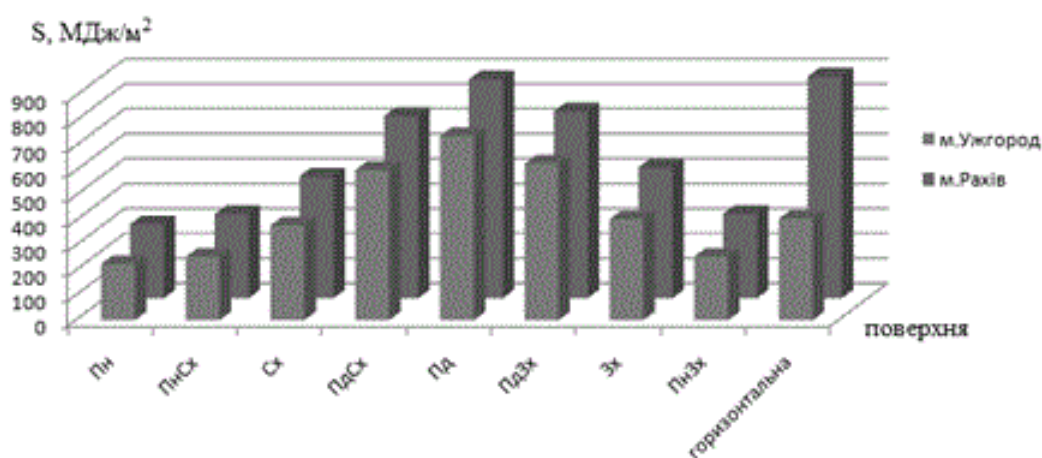


Рис. 1. Сума сонячної радіації за опалювальний період, що надходить на горизонтальну та вертикальну поверхні різної орієнтації за середніх умов хмарності

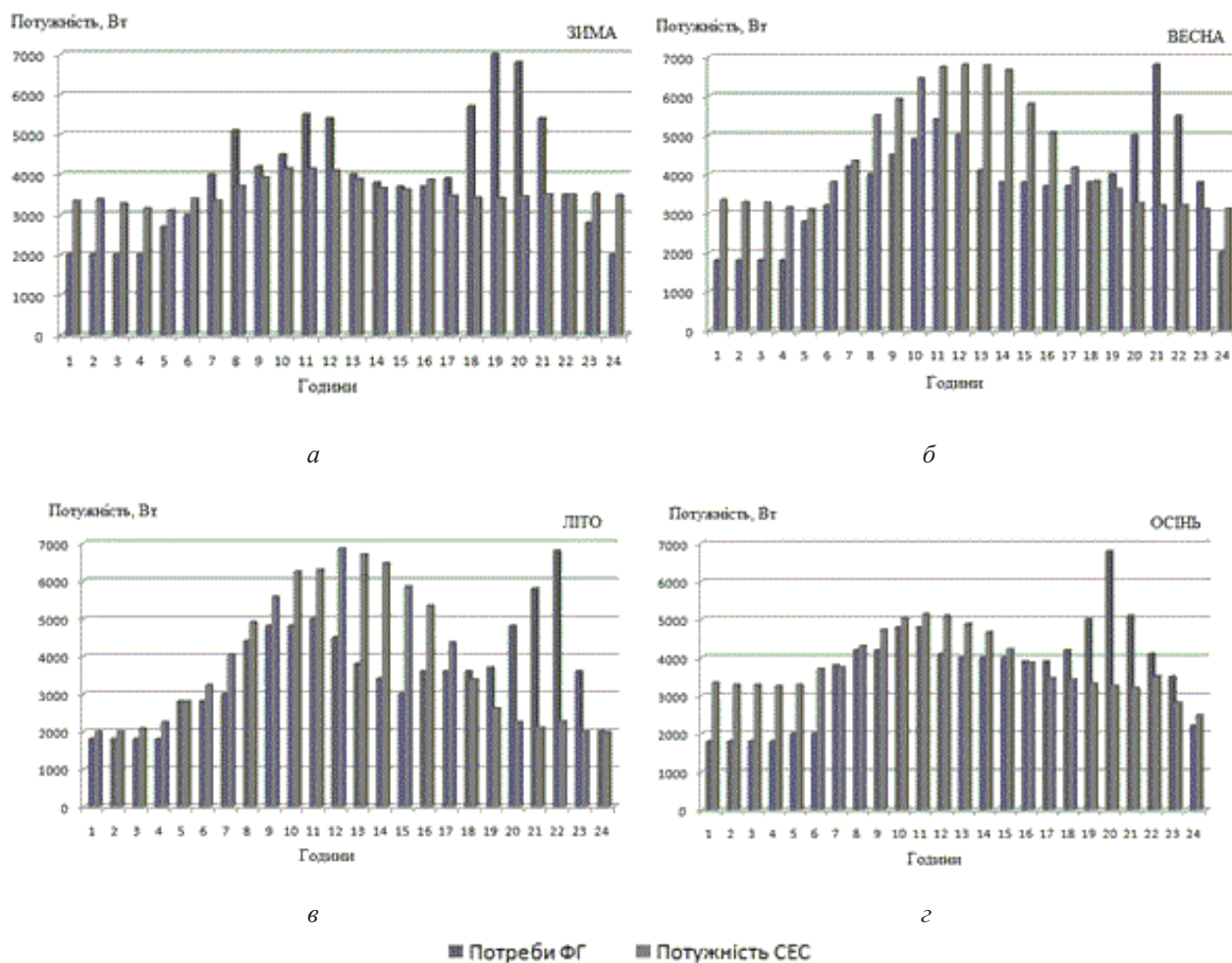


Рис. 2. Середньодобовий графік енергетичних потреб досліджуваних фермерських господарств за 2021 р.: а – зима; б – весна; в – літо; г – осінь.

декоративні рослини у тепличних умовах без надлишкових витрат;

- допоможуть підтримувати задану температуру повітря у виробничих приміщеннях: нагрівати у холодну пору року або охолоджувати у жаркі (спекотні) літні дні;

- покращить процес нагрівання води, яка використовується для різних цілей сільськогосподарської діяльності (напування тварин, полив садових та овочевих культур, тощо), що у свою чергу, пришвидшить час росту рослин та дозрівання продукції;

- підтримання необхідних температурних режимів, вологості повітря для належного зберігання сільськогосподарської продукції;

- можливе встановлення електропаркану для тваринницьких фермерських господарств чи науково-дослідних центрів;

- безпосереднє опалення виробничих приміщень;

- за рахунок отримання надлишкової енергії можна підвищити економіку виробництва за рахунок «зеленого тарифу» (Вартість 1кВт по «зеленому тарифу» становить 0,164 євро (з ПДВ), або 0,144 євро (без ПДВ)).

Освоєння СЕС у агросфері Закарпаття сприятиме ефективному раціональному використанню територій всіх вертикальних підзон області (низинних, передгірних та гірських) в рекреаційно-туристичній діяльності та в напрямку агросфери без шкідливого впливу на довкілля. Перехресна робота СЕС та розвиток сільськогосподарської діяльності даного західного регіону країни дасть можливість покращити та стабілізувати екологічний і соціально-економічний стан краю.

**Головні висновки.** Клімат Закарпаття та інсоляція сонячної радіації області дозволяють ефективно використовувати СЕС у аграрній сфері у всіх зональних територіях краю. Сумарна за рік інсоляція висока як для низинних районів (3,16 кВт\*год/м<sup>2</sup>/добу), так і для гірських (2,94 кВт\*год/м<sup>2</sup>/добу). Для домогосподарств та невеликих фермерських господарств області достатнім є встановлення СЕС потужністю 20-30 кВт, окупність яких складає 4-6 років.

У процесі планування встановлення СЕС варто враховувати кут нахилу поверхні та вагу сонячних батарей. СЕС вагою до 170 кг можна встановлювати на поверхні робочих будівель або споруджених



теплиць дотримуючись кута нахилу 40° для максимальної інсоляції сонячних променів на поверхні конструкції. Важливим є врахування матеріалу, з якого вироблено дах та вагу системи кріплення сонячних батарей. СЕС, вагою понад 170 кг доцільніше встановлювати на земельних ділянках не сільськогосподарського призначення, малоефективних територіях або ж на ділянках, відведених для садівництва (тобто перехресна робота СЕС та вирощування рослинних культур).

Залучення СЕС у сільськогосподарську діяльність Закарпаття дозволить господарствам бути енергоне залежними та вирішити ряд агрономічних потреб: збільшення урожайності культур, вирощуваних у тепличних умовах, нагрівання води (необхідної для поливу), зберігання та осушення зернових культур, зберігання корму для тварин, опалення приміщень, тощо.

Освоєння СЕС потужністю 20-30кВт в рік у агросфері Закарпаття є економічно вигідним і екологічно безпечним. Такий вид роботи фермерських

господарств сприятиме ефективному раціональному використанню і низинних, і гірських земель не тільки в рекреаційно-туристичній діяльності, а також і в напрямку агросфери без шкідливого впливу на довкілля. Одночасне використання СЕС з розвитком сільськогосподарської діяльності (рослинництво, садівництво, тваринництво) даного регіону дасть можливість покращити і соціально-економічний стан краю, і його екологічний стан.

**Перспективи використання результатів дослідження.** Здобуті результати досліджень можуть бути використані для моделювання процесів розвитку сільськогосподарської чи рекреаційної діяльності в Закарпатті та інших регіонах Карпат із застосуванням СЕС; як корисна інформація для власників сільськогосподарських ділянок (домогосподарств чи фермерських господарств) та органів місцевого самоврядування щодо запобігання погіршенню екологічного стану територій певної місцевості та покращення економіки краю.

### Література

1. Департамент екології природних ресурсів. Доповідь. Про стан навколишнього середовища Закарпатської області за 2018 рік. *Ужгород*: 2019, С. 158.
2. Sen Z. Solar energy in progress and future research trends. *Progress in Energy & Combustion Science*. 2004. 30. p. 367-416.
3. Бекиров Э.А., Сопов И.В., Межитов Р.С. Об эффективности использования фотоэлектрических преобразователей для автономного электроснабжения зданий. *Відновлювальна енергетика*, 2006. №2. С. 33-36.
4. Нечаева Т.П., Шульженко С.В., Сас Д.П., Парасюк М.В. Фактори екологічного впливу електроенергетичних об'єктів на довкілля. *Проблеми загальної енергетики*. 2008. № 18. С. 54 – 60.
5. Лях В.В. Вопросы перспективного развития распределительных электрических сетей напряжением 0,38-154 кВ. *Электрические сети и системы*. 2003. № 2. С. 8-13.
6. Котлер В.Р., Сосин Д.В. Солнечная энергетика и проблемы экологии. *Экология производства*. 2008. № 1. С. 14–15.
7. Підліпний Ю.В. Економічний аналіз ресурсної бази перспективного розвитку економіки Карпатського регіону. *Науковий вісник Херсонського національного університету. Серія: Економічні науки*. 2016. 17 (3). 82-87.
8. Топольний Ф., Гелевера О., Моспан С., Моспан Г., Чепур С. Екологічні проблеми сільського господарства Карпат. *Праці наукового товариства ім. Шевченка*. 2003. С. 351-359.
9. Голик О.П., Жесан Р.В. Розрахунок основних параметрів фотоелектричної системи для автоматизації енергопостачання автономного споживача в умовах Кіровоградського регіону. *Відновлювана енергетика XXI століття: матеріали ІХ міжнародної конф.*, 15-19 вересня 2008 р., АР Крим, с.м.т. Миколаївка. Київ: ТОВ «Віол принт». 2008. С. 111-113.
10. Голик О.П., Жесан Р.В., Степанова Я.В. Аналіз можливостей задоволення енергетичних потреб автономного споживача за рахунок відновлюваних джерел енергії. *Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація*. 2012. 25 (II). С. 155-173.
11. Офіційний сайт Державної служби статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>

## ЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ПОШИРЕННЯ ЕМЕРДЖЕНТНИХ ІНФЕКЦІЙ У ПРИРОДНИХ БІОЦЕНОЗАХ УКРАЇНИ

Волошин О.Г.<sup>1</sup>, Волошина Н.О.<sup>2</sup>, Карпенко Ю.О.<sup>1</sup>, Дубінський Д.В.<sup>2</sup>, Сушко Д.Ю.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка  
вул. Гетьмана Полуботка, 53, 14013, м. Чернігів

<sup>2</sup>Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова  
вул. Пирогова, 9, 01030, м. Київ  
VoloshynaNatali@gmail.com

Біологічна безпека в сучасному світі є глобальною проблемою. За останні десятиріччя в умовах антропогенно трансформованого середовища збудники природно-осередкових інфекцій набувають ознак емерджентності, перебіг епідемічного процесу стає важко контрольованим, а епізоотичні заходи – мало ефективними. Вірус африканської чуми свиней циркулює на території України з 2012 року і призводить до значних економічних збитків. Нині зареєстровано 543 спалахи на всій території держави. У статті узагальнено сучасні відомості про напрями і тенденції дослідження екологічних особливостей формування осередків африканської чуми свиней, екологічні зв'язки між компонентами епізоотичного ланцюга, механізми передачі вірусу, сприйнятливі організми та екологічне значення інфекції для природних біоценозів України. У роботі розглянуто історичну ретроспективу розширення нозоареалу збудника, причинно-наслідкові зв'язки та особливості формування осередків інфекції в умовах України. Проаналізовано специфіку формування паразитарної системи в ендемічних осередках, типи зав'язків між усіма членами епідемічного ланцюга. Особливу увагу акцентовано на типах циркуляції збудника хвороби та ролі кліщів роду *Ornithodoros* spp. у підтримці епізоотичного ланцюга і резервуванні вірусу у природних осередках інфекції, біолого-екологічні особливості видів, приуроченість до різних біоценозів. Досліджено роль дикого кабана в поширенні африканської чуми свиней і наслідки заходів із протидії для популяції тварин. Здійснено аналіз динаміки спалахів інфекції за 2012-2020 рр. у популяції диких кабанів, проведено порівняння карантинних втрат і відстрілу тварин відносно загальної кількості виявлених спалахів хвороби в Україні, кількості випадків у популяції і чисельності поголів'я в мисливських угіддях. Обґрунтовано загрози й виклики, що несуть емерджентні хвороби для біологічного різноманіття природних екосистем України, для популяцій дикого кабана, його ролі в поширенні африканської чуми свиней, а також значення виду у формуванні природних осередків інфекції. Нами визначено напрями подальших наукових пошуків. *Ключові слова:* емерджентні хвороби, африканська чума свиней, природні осередки, дикі кабани, домашні свині, кліщі *Ornithodoros* spp.

**Ecological features of the spread of emergency infections in the natural biocenoses of Ukraine. Voloshyn O., Voloshyna N., Karpenco U., Dubinskyi D., Sushko D.**

Biosafety in today's world is a global problem. In recent decades, under conditions of an anthropogenically transformed environment, pathogens of natural foci of infection acquire signs of emergence, the course of the epidemic process becomes difficult to control, and epizootic measures are ineffective. The African swine fever virus has been circulating in Ukraine since 2012 and causes significant economic losses. To date, 543 outbreaks have been registered throughout the state. The article summarizes current data on the directions and trends of research of ecological features of African swine fever outbreaks, ecological connections between components of the epizootic chain, mechanisms of virus transmission, susceptible organisms and ecological significance of infection in natural biocenoses of Ukraine. It examines the historical retrospective of the expansion of the nosoarea of the pathogen, causal relationships and features of the formation of foci of infection in Ukraine. Peculiarities of parasitic system formation in endemic foci, types of connections between all members of the epidemic chain are analyzed. Particular attention is paid to the types of circulation of the pathogen and the role of mites of the genus *Ornithodoros* spp. in the maintenance of the epizootic chain and the reservation of the virus in the natural foci of infection, biological and ecological characteristics of species, confined to different biocenoses. The role of wild boar in the spread of African swine fever and the effects of countermeasures on animal populations have been studied. The dynamics of outbreaks of infection in 2012-2020 in the population of wild boars, compared quarantine losses and shooting among animals relative to the total number of detected outbreaks in Ukraine, cases in the population and the number of livestock in hunting grounds. The threats and challenges posed by emerging diseases for the biological diversity of natural ecosystems of Ukraine, wild boar populations, its role in the spread of African swine fever, the importance of the species in the formation of natural foci of infection and the directions of further research are substantiated. *Key words:* emergent diseases, African swine fever, natural foci, wild boars, domestic pigs, mites *Ornithodoros* spp.

**Постановка проблеми.** Під впливом глобальних соціальних і кліматичних змін збудники природно-осередкових інфекцій набувають нових, не характерних для них властивостей, змінюють умови існування, що призводить до виникнення важко контрольованих епідемій і пандемій. Природні екологічні системи реагують на такі зміни трансформацією своєї структурно-функціональної організації,

зникненням видів або появою нових, розширенням ареалу, подовженням або скороченням життєвих циклів переносників тощо [4]. Така ситуація несе реальну загрозу біологічній безпеці, демонструючи недостатність наявних знань про екологію збудників та екологічні механізми саморегуляції. Патогенні та умовно-патогенні мікроорганізми нині вважаються найбільшою біологічною загрозою для світової спільноти й економіки країн. Одним із найпоширеніших емерджентних зоонозів, який визначено нині як національне лихо та глобальну проблему для країн із розвинутим свинарством, є африканська чума свиней (АЧС) (*Africana swine fever*) [6, 14].

**Актуальність дослідження.** Не контрольованість і непередбачуваність спалахів АЧС зумовили ситуацію, коли переважна більшість інформаційних джерел розглядають це питання в аспекті епізоотологічного моніторингу та санітарно-епізоотичних заходів із протидії хворобі. Водночас поза увагою дослідників залишаються питання екологічних особливостей формування природних осередків африканської чуми свиней на території України, екології збудника, механізмів формування епізоотичного ланцюга.

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття.** Враховуючи вищезазначене, наразі існує проблема систематизації літературних даних стосовно екологічної складової проблеми поширення АЧС на території України і світу.

**Мета нашого дослідження** - актуалізація цієї проблеми в Україні та у світі шляхом узагальнення розрізнених відомостей, існуючих напрямів і тенденцій досліджень АЧС, екологічних особливостей і причинно-наслідкових зв'язків у формуванні епізоотичного процесу у природно-кліматичних умовах України.

**Методологічне або загальнонаукове значення.** Цей огляд сприятиме визначенню напрямів екологічних досліджень біологічних систем, що формуються за виникнення епізоотичного процесу АЧС для виявлення природних механізмів протидії поширенню інфекції. Аналіз статистичних даних 2012-2021 рр. здійснювали на основі джерел Державної агенції лісових ресурсів України, Міністерства статистики України, Державної ветеринарної та фітосанітарної служби України, баз даних [www.asf.vet.ua](http://www.asf.vet.ua), [www.vet.gov.ua](http://www.vet.gov.ua), [www.fsvps.ru](http://www.fsvps.ru). Ми використовували епізоотичний, порівняльно-історичний, природно-географічний і статистичні методи досліджень.

**Виклад основного матеріалу.** Африканська чума свиней (АЧС) або хвороба Монтгомері – вірусна емерджентна інфекція диких і свійських свиней, яка має транскордонне поширення, характеризується високою смертністю і завдає значних економічних збитків. Хворобу відносять до списку А Всесвітньої організації охорони здоров'я тварин та Міжнародного епізоотичного бюро (МЕБ) через її стрімке поширення і високі показники смертності серед захворюєлих (у 98-100 % випадків), загрозу для здоров'я

людини, благополуччя тварин і продовольчої безпеки [10, 14].

Хворобу Монтгомері вперше було зареєстровано у 1909 році в Кенії після завезення у країну європейської домашньої свині. На європейській території спалах хвороби зареєстрували в Португалії у 1957 році, а пізніше – у Бразилії в 1978 році; його спочатку пов'язали зі згодовуванням залишків харчів від авіаперевезень. Перебіг інфекції у хронічній і латентній формах із низькою летальністю реєстрували впродовж 1965-1995 рр. в Іспанії, Бразилії та в інших країнах [5].

Збудником хвороби є вірус, що належить до родини *Asfviridae* роду *Asfivirus*. Це єдиний відомий ДНК-вмісний арбовірус (*arthropod borne virus*), ендемічною територією для якого є Африка [13]. Збудник вражає клітини імунної системи свиней, зберігається тривалий час у їхніх тканинах і компонентах навколишнього середовища. Нині відомо 23 генотипи збудника, сконцентровані в первинному ареалі. За межами Африки до 2007 р. циркулював І генотип вірусу, який неодноразово завозився на інші континенти, але масових спалахів хвороби не спричинював. У XXI столітті Європою стрімко поширився вірус генотипу II, що характеризувався новими спалахами хвороби, які вперше зафіксували у Грузії (2007) та в Кавказькому регіоні (2008). Пізніше вірус блискавично поширився в 16 країнах (Російська Федерація, Болгарія, країни Балтії, Угорщина, Польща, Бельгія та інші), а в 2018 році спалах АЧС було зареєстровано в Китаї [5, 13].

Для вірусу характерним є множинність механізму передачі: аліментарний, контактний, рідше – аерозольний і трансмісивний (через укуси кліщів) шляхи. Факторами передачі можуть виступати контаміновані об'єкти навколишнього середовища. Швидкому поширенню хвороби сприяють інфіковані продукти життєдіяльності свиней (гній, сеча) або їх забою (труп, м'ясо, сало, внутрішні органи та інші) [14].

У природних екосистемах африканської савани носіями вірусу є бородавочники (*Phacochoerus africanus*) та кистевухі або річкові свині (*Potamochoerus larvatus*, *P. porcus*), в організмі яких інфекційний процес триває в безсимптомній персистуючій формі, що свідчить про їхню тривалу еволюційну коадаптацію [13]. Експериментально підтверджено вірусносійство у 40% популяції бородавочників, а 75 % тварин є серопозитивними. З розширенням нозоареалу сприятливими організмами для вірусу стали дика європейська свиня (велика лісова свиня (*Hylochoerus meinertzhageni*) і домашні свині. Потенційними паратенічними переносниками вірусу вважають вовків, лисиць, воронів та сорок [5].

Зародження АЧС відбулося в біологічній системі «бородавочник-кліщі роду *Ornithodoros*», яка є стійкою і несе мінімум енерговитрат для підтримання гомеостазу. Фундаментальна екологічна ніша вірусу характеризується високою патогенністю по відношенню

до молодняка та ослаблених організмів із низьким імунітетом [5]. Вихід виду за межі раніше існуючих територій і заповнення екологічних ніш у нових біоценозах забезпечується формуванням нової фундаментальної екологічної ніші та нової біологічної системи. Відповідно до принципу несподіваного посилення патогенності, характерного для нещодавно створених, нестійких паразитарних систем, збудник АЧС стрімко «завойовує» нові території, є високо патогенним для домашніх свиней і диких кабанів.

Щодо ролі диких кабанів у поширенні збудника АЧС думки дослідників різняться. Водночас первинне проникнення збудника на європейську територію пов'язують з антропогенним чинником та інфікуванням домашніх свиней. У природні екосистеми вірус проник з антропоургічних осередків разом із трупами інфікованих тварин, під час транспортування інфікованих тварин, із м'ясом від них і кормами [17].

Дикий кабан для екосистем Європи вважається аборигенним видом. Це теплолюбні та вологолюбні тварини, трофічний ареал яких залежить від можливості видобувати корм із ґрунту та його приземного шару впродовж усіх сезонів [5, 7]. За даними дослідників, зміни ареалу виду та динаміка чисельності популяції суттєво змінювалися впродовж багатьох тисячоліть, що пов'язано із кліматичними чинниками й антропогенним впливом. У різні періоди на територіях окремих країн вид повністю був винищений, наприклад, наприкінці XIX століття тварини повністю зникли у степовому Причорномор'ї і в Центральній Україні. У 50-х роках XX століття на території гірських Карпат щільність популяції диких кабанів була надмірно високою, і вид визнавали шкідником. У період з 1957 по 1978 роки катастрофічно зменшилася чисельність популяції, тому довелося її штучно регулювати. В Україні було випущено у природні екосистеми 676 голів дикого кабана [7].

Дослідники виділяють два типи циркуляції збудника АЧС: природно-вогнищевий та антропоургічний («домашній») цикл із ураженням диких кабанів і домашніх свиней відповідно. Природно-вогнищевий тип циркуляції характерний для ендемічної зони (Східна і Південна Африка). Первинним джерелом зараження є організм бородавочника (*Phacochoerus spp.*), а переносником – кліщі *O. toubata*. Формування так званого лісового циклу АЧС відбувалося в популяції дикого кабана у 2014-2015 роках на території країн Євросоюзу. Рухливі вогнища інфекції пов'язують із переміщенням інфікованих родин диких кабанів на значні відстані. Вони безперешкодно долають від 2 до 10 км за день, а в період гону – до 30 км [11, 12]. Проте проникнення виду в населенні пункти реєструють вкрай рідко, а головною ланкою епідеміологічного процесу є людина.

Досвід європейських країн у боротьбі з АЧС виявився малоефективним; він спрямований передусім на депопуляцію дикого кабана шляхом відстрілу, припинення підгодовування тварин, карантинні заходи

в осередках інфекції, а також заміщення виду на альтернативні мисливські ресурси. Наприклад, у Польщі з 2015 по 2017 роки внаслідок мисливських дій було вилучено близько 1 млн. голів диких кабанів. Водночас чисельність виявлених випадків уражених вірусом тварин стрімко зростало: у 2015 р. – 44 випадки, у 2017 р. – 678, у 2018 р. – 3300 [3, 11, 14].

В Україні у 2012 році вперше було зареєстровано випадок АЧС. Масове занесення збудника відбулося у 2014 році з популяцією диких кабанів у північній частині країни на кордоні з Білоруссю. Із 16 випадків виявлення інфекції у державі 11 було зафіксовано у Чернігівській області, 8 з яких виявлено в диких тварин. Станом на 2021 рік зареєстровано 543 спалахи хвороби, з яких близько 22 % - в диких свиней, із них у 65% випадків це пов'язано з полюванням [3].

У природних осередках АЧС депопуляція кабана відбувається швидко (впродовж кількох днів) за рахунок високої контагіозності вірусу та летальності. У таблиці 1 наведено статистичні дані з відкритих баз, аналітичних оглядів і доповідей, досліджень науковців щодо виявлення спалахів АЧС в Україні, виявлених випадків у популяції диких кабанів, карантинних втрат і відстрілів [2, 9, 10]. Фактично ступінь депопуляції обмежується знищенням лише 10% тварин від загальної популяційної чисельності.

Нині більшість екологів вважають, що знищення дикого кабана як виду є завданням нереальним, недопустимим і таким, що протирічить екологічним, епізоотичним та етичним принципам збереження біологічного різноманіття [11, 12].

Для структурно-функціональної організації біоценозів значне скорочення або штучне вилучення виду є згубним. Це пов'язано з різким порушенням балансу в системі «хижак-жертва», адже кабан є елементом трофічного ланцюга. Крім того, вид відіграє санітарну роль, особливо цінну в лісовідтворенні [7].

Скорочення популяції тварин на перших етапах протидії АЧС дійсно зменшує частоту контактів між тваринами, водночас зростає швидкість заселення звільненої території тваринами-мігрантами [3, 7]. Карантинні втрати для популяції дикого кабана оцінити важко через значні площі спостереження і мало досяжні території. Більшість виявлених хворих звірів оцінювали за принципом «айсберга» [1].

Підтримка епізоотичного ланцюга та резервування вірусу пов'язують із наявністю членистоногих-переносників у регіоні. Резервуаром вірусу АЧС вважають аргасових кліщів роду *Ornithodoros*, який налічує 37 видів. Кліщі паразитують на домашній худобі, заселяють нори, барлоги, лігвища тварин, колоній птахів, в антропоургічних осередках оселяються в щілинах стін і підлоги приміщень для утримання свиней [14, 15]. За спалаху АЧС в Іспанії (1963) вперше було виявлено біологічних переносників та резервуарних господарів вірусу – аргасових кліщів *Ornithodoros spp.*, а саме вид *O. erraticus* [16]. Підтверджено, що в антропоургічних вогнищах хво-

Динаміка спалахів АЧС у популяції диких кабанів (2012-2020 рр.)

Показники / Роки	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Кількість виявлених спалахів АЧС в Україні	1	-	16	40	91	163	145	53	28
Спалахи серед диких кабанів	-	-	12	5	7	38	39	11	5
Диких кабанів у мисливських угіддях	-	-	-	-	-	40000	-	28300	28300
Карантинні втрати	64988	63440	64295	64834	64988	-	-	-	-
Відстріл	-	-	-	-	6043	4000	3053	2209	2020

роба трапляється переважно в невеликих підсобних господарствах, де є сприятливі умови для розмноження та існування кліщів [9].

Пізніше було встановлено, що в ендемічних осередках хвороби (Східна та Південна Африка, о. Мадагаскар) кліщі комплексу *O. toubata* (*O. toubata* та *O. porcinus*) виступають вектором трансмісії і є важливою ланкою епізоотичного процесу [18]. Аргасові кліщі є космополітами, полігостальними гематофагами, здатними тривалий час зберігати збудник у своєму організмі та передавати його потомству (трансovarіально) і трансstadію. Ареал їх поширення – пустельні та напівпустельні ландшафти, рідше – степові. Проявлення хвороби в популяції переважно серед підсисних порослят свідчить про підтримання епідемічного вогнища кліщами, які заселяють їхні лігвища. Трансмісія і тривала резервація збудника в організмі кліщів забезпечує збереження вірусу в міжсезонний період та можливість його передачі новому поколінню бородавочників [9]. Доведено здатність до зараження вірусом видів аргасових кліщів *O. turicata*, *O. coriaceus*, *O. puertoricensis*, *O. parkeri* та *O. savignyi* в лабораторних умовах. Водночас їхня сприйнятливість, тривалість зараження та інвазійність суттєво різняться. Зокрема, максимальна кількість днів присутності вірусу в організмі кліщів різних видів коливається від 23 до 502 днів [9, 16, 17, 18]. Залишаються не вивченими питання зараження кліщів описаних видів у природних умовах та наявність сформованих екологічних зв'язків у системі «паразит-хазяїн».

Доказової бази щодо участі аргасових кліщів у формуванні епідемічного трикутника природних

осередків АЧС в Європейському нозоареалі немає, як і доказів формування трофічних зв'язків місцевих видів *Ornithodoros* із дикими чи домашніми свинями. Українськими дослідниками підтверджено наявність популяції кліщів виду *O. verrucosus* у природних екосистемах Херсонської і Миколаївської областей, водночас не встановлена їхня участь в епізоотичному процесі АЧС [9].

Випадки інфекції у Чернігівській, Житомирській і Київській областях пов'язують також із неконтрольованою циркуляцією вірусу в популяції тварин зони відчуження – значних територій з утрудненим епідемічним наглядом, випадками браконьєрства та ймовірними контрабандними шляхами переміщення свинарської продукції між Україною та Білоруссю [1].

**Висновок.** Дослідження екологічних особливостей паразитарної системи, формування причинно-наслідкових зв'язків епізоотичного процесу у природно-кліматичних умовах України емерджентних зоонозних інфекцій на прикладі африканської чуми свиней потребує ґрунтовних наукових пошуків на основі системного підходу. Низька ефективність державних планів дій щодо недопущення і профілактики поширення хвороби в європейських країнах, які базуються на масштабному знищенні диких кабанів і забороні утримання свиней у приватних секторах, загрожує видовому багатству та сприяє руйнуванню структури і функції природних біоценозів, що спонукає до пошуку інших екологічно зважених підходів до вивчення питання, зокрема пов'язаного з дослідженням ролі аргасових кліщів у формуванні лісового епізоотичного циклу у природних екосистемах України.

### Література

1. Авраменко Н.О. Епізоотологічний моніторинг африканської чуми свиней. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2016. Вип. 6 (38). С. 111-115.
2. Аналітичний огляд стану техногенно і природної безпеки в Україні за 2018 рік / Державний науково-дослідний інститут цивільного захисту. URL: [https://www.dsns.gov.ua/files/prognoz/report/2018/AO\\_2018.pdf](https://www.dsns.gov.ua/files/prognoz/report/2018/AO_2018.pdf) (дата звернення: 12.06.2021).
3. Африканська чума свиней в Україні та прогнозування її розповсюдження / С. Хоменко та ін. *Біологія тварин*. 2016. Вип. 18, № 2. С. 133-143.
4. Волошина Н.О., Лазебна О.М., Покась В.П. Екологічна епідеміологія та епізоотологія : навч. посіб. Київ : НПУ ім. М.П. Драгоманова, 2015. 234 с.
5. Глебенюк В.В. Нозоареал африканської чуми свиней в Україні. *Науково-технічний бюлетень НДЦ біобезпеки і екологічного контролю ресурсів АПК*. 2016. Т.4, №3. С. 54-58. URL: <https://bulletinbiosafety.com/index.php/journal/article/view/34/31> (дата звернення: 02.07.2021).

6. Глобальный контроль африканской чумы свиней : инициатива GF-TAD. 2020-2025 / ФАО и МЭБ. URL: <http://www.fao.org.pdf> (дата звернення: 05.07.2021).
7. Данилкин А.А. Управление ресурсами кабана и других животных при африканской чуме свиней : монография. Москва : Товарищество научных изданий КМК, 2020. 150 с.
8. Довідь про стан навколишнього природного середовища в Чернігівській області за 2019 р. / Чернігівська обласна державна адміністрація. URL: <https://eco.cg.gov.ua/index.php> (дата звернення: 08.07.2021).
9. Значення кліщів роду *Ornithodoros* в епізоотології африканської чуми свиней. С.В. Філатов та ін. *Ветеринарна медицина*. 2016. Вип. 102. С. 190-193.
10. Корнієнко Л.М. Африканська чума свиней : епізоотологічний моніторинг і реалії сьогодення в Україні та основні чинники, що впливають на ситуацію. *Науковий вісник ветеринарної медицини*. 2018. № 1. С. 94-102.
11. Макаров В.В., Гусева Е.В. Природная очаговость африканской чумы свиней : учеб. пособ. Москва : МГАВМиБ / РУДН, 2014. 66 с.
12. Неволюк О.М. Роль дикого кабана в епізоотології африканської чуми свиней в Україні. *Ветеринарна медицина України*. 2015. №1 (227). С.13-16.
13. Особливості збудника африканської чуми свиней. С.С. Мандигра та ін. *Ветеринарна біотехнологія*. 2017. № 30. С. 163-175.
14. African Swine Fever/GAP Analysis Report. URL: <https://www.ars.usda.gov/ARSDocuments/np103/SymposiumWorkshopsMeetings/GARA%20Gap%20Analysis%20Report%202018%2011-11-18.pdf> (дата звернення: 08.07.2021).
15. Asfarviridae in Virus taxonomy. L.K. Dixon et al. *VIII th Report of the ICTV*. 2005. P. 135-143.
16. Scientific opinion on the Role of Tick Vectors in the Epidemiology of Crimean-Congo Hemorrhagic Fever and African Swine Fever in Eurasia. A. Botner et al. *EFSA Journal*. 2010. № 8 (8): 1703. P. 33-48. URL: <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2010.1703> (дата звернення: 08.07.2021).
17. Levin M.L. *Ornithodoros* spp. / VSD Veterinary Manual SD URL: <https://www.msdsvetmanual.com/integumentary-system/ticks/ornithodoros-spp> (дата звернення: 08.07.2021).
18. Sánchez Botija A.C. Reservorios del virus de la peste porcina africana. Investigación del virus de la P.P.A. en los artrópodos mediante la prueba de la hemadsorción. *Bulletin de l'Office International des Epizootie*. 1963. № 60. P. 895-899.

## ВПЛИВ РАДІОАКТИВНОГО ЗАБРУДНЕННЯ НА СТАН ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ ЧЕРНІГІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Лавріненко В.М., Шевченко В.Г.

Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова  
вул. Пирогова, 9, 01601, Київ  
viktlav@ukr.net, shevchenko-valentina@bigmir.net

Внаслідок аварії на ЧАЕС близько 80% населення України отримало значну дозу радіоактивного опромінення. Чернігівська область, з населенням 20%, стала одним з регіонів яка постраждала і сьогодні характеризується високими показниками екологічно-зумовлених захворювань, зокрема: злоякісні новоутворення, хвороби ендокринної системи, крові та кровотворних органів, кістково-м'язової системи, органів дихання. Радіоізотопи йоду, цезію та стронцію які надходять до організму разом з їжею та повітрям швидко розподіляються – порушуючи обмінні процеси або накопичуються в органах: щитоподібній залозі – йод, м'язах – цезій, кістках – стронцій, опромінюючи організм зсередини, що несе найбільшу небезпеку.

В області найбільше зростання захворюваності спостерігається в таких районах: Чернігівському, Корюківському, Козелецькому, Сосницькому, Семенівському, Ріпкинському, Менському. Розрахунки коефіцієнту рангової кореляції на встановлення залежності захворюваності цих районів, в залежності від щільності забруднення сільськогосподарських угідь радіонуклідами: стронцієм-90 та цезієм-137, показали певні закономірності. Слабка кореляційна залежність захворюваності від забруднення сільськогосподарських угідь стронцієм-90 спостерігається серед: органів дихання (0,26), ендокринної системи (0,21), системи кровообігу (0,25), середня кореляційна залежність захворюваності злоякісними пухлинами (0,64), крові та кровотворних органів (0,50), висока кореляційна залежність захворюваності на новоутворення (0,70), хвороби кістково-м'язової системи (0,71).

Залежність захворюваності від забруднення сільськогосподарських угідь цезієм-137, показує високі кореляційні показники на захворювання крові та кровотворних органів (0,72); середні показники захворювання ендокринної системи (0,45) та злоякісні пухлини (0,46); слабкі кореляційні залежності спостерігається на захворювання органів дихання (0,17). *Ключові слова:* радіонукліди, опромінення, захворюваність, дозове навантаження, кореляційна залежність, безпека, заходи.

### **The impact of radioactive contamination on the health of the population of Chernihiv region. Lavrinenko V., Shevchenko V.**

As a result of the Chernobyl accident, about 80% of the population of Ukraine received a significant dose of radiation. Chernihiv region, with a population of 20%, became one of the affected regions and today is characterized by high rates of environmental diseases, including malignant neoplasms, diseases of the endocrine system, blood and blood-forming organs, musculoskeletal system, respiratory system. Radioisotopes of iodine, cesium and strontium that enter the body with food and air are rapidly distributed - disrupting metabolic processes or accumulate in organs: thyroid - iodine, muscle - cesium, bone - strontium, irradiating the body from the inside, which is most dangerous. In the region, the largest increase in morbidity is observed in the following districts of the region: Chernihiv, Koryukivskiy, Kozeletskiy, Sosnitskiy, Semenov, Ripkinskiy, Manskiy. Calculations of the rank correlation coefficient to determine the dependence of the incidence of these areas, depending on the density of contamination of agricultural land with radionuclides: strontium-90 and cesium-137, revealed certain patterns. Weak correlation dependence of the incidence of strontium-90 contamination of agricultural lands is observed among: respiratory organs (0.26), endocrine system (0.21), circulatory system (0.25), average correlation dependence of malignancy (0.64), blood and hematopoietic organs (0.50), high correlation between the incidence of tumors (0.70), diseases of the musculoskeletal system (0.71).

The dependence of the incidence of contamination of agricultural land with cesium-137, shows high correlations for diseases of the blood and blood-forming organs (0.72); average diseases of the endocrine system (0.45) and malignant tumors (0.46); weak correlations are observed in respiratory diseases (0.17). *Key words:* radionuclides, irradiation, morbidity, dose load, correlation, safety, measures.

За редакцією преамбули Закону України «Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи» від 17.12.91 р. N 1991-ХІІ Чорнобильська катастрофа створила на території України небезпечну радіаційну обстановку для здоров'я населення [1].

Опромінення у підвищених дозах зазнали не тільки компоненти природного середовища але й населення. Так, за ст. 1. Р. 1. ЗУ «Загальні положення», радіоактивного забруднення зазнали території на яких виникло стійке забруднення радіонуклідами з дозою опромінення понад 1,0 мЗв (0,1 бер) за рік, що потребує вжиття заходів щодо радіаційного захисту населення та інших спеціальних втручань, спрямованих на обмеження додаткового опромі-

нення населення та забезпечення його нормальної господарської діяльності [2, ст. 1].

Із понад фоновим опроміненням докільля, яке за характером накопичення є хронічним і латентним, пов'язані певні вже реалізовані радіоекологічні ефекти. При цьому є всі підстави вважати, що у майбутньому виявлятимуться ще негативніші наслідки цього опромінення [3, с.149].

Через поширення радіоактивної хмари внаслідок аварії на ЧАЕС значна частина областей України, з населенням більше 80%, отримала значну дозу радіоактивного опромінення. Чернігівська область стала одним з регіонів, з населенням 20%, яка постраждала і сьогодні за даними МООЗ України характеризується високими показниками екологічно-зумовлених

захворювань, саме тому питання дослідження впливу радіоактивного забруднення на здоров'я населення є актуальним і потребує вивчення.

**Мета** дослідження – з'ясувати вплив радіоактивного забруднення на здоров'я населення в Чернігівській області провівши кореляційну залежність захворюваності від забруднення сільськогосподарських угідь  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{90}\text{Sr}$ .

**Методи дослідження:** літературний, метод збору статистичних даних, метод статистичної та математичної обробки.

**Результати дослідження.** Радіологічна ситуація на забрудненій території визначається співвідношенням дози опромінення із встановленими в країні лімітами дозових навантажень. Сумарне дозове навантаження на людину складається з доз внутрішнього і зовнішнього опромінення, при цьому кожне з них виявляє певну міру ландшафтною залежності. Загалом, на тлі фізичного розпаду радіонуклідів, чинниками формування зовнішнього дозового навантаження людського організму є радіонукліди, які знаходяться в ґрунті і перебувають під впливом процесів горизонтальної (змив-акумуляція) та вертикальної (заглиблення) міграції [4].

Радіоактивне опромінення може бути не лише внутрішнього а й зовнішнього типу. Зовнішнє опромінення людського організму в основному утворюється гамма-місткими радіонуклідами, а також рентгенівським випромінюванням. Його вражаюча здатність залежить від енергії випромінювання, тривалості дії випромінювання, відстані від джерела випромінювання до об'єкта [5].

Внутрішнє дозове навантаження на людський організм формується переважно від надходження радіонуклідів з їжею, що залежить від ландшафту зумовлених показників їхнього кореневого надходження з ґрунту до рослин та, меншою мірою, від інгаляційного надходження [6,7].

Отже, є три можливих шляхи по яким радіонукліди здатні потрапити до організму: 1) з їжею; 2) через дихальні шляхи з повітрям; 3) через пошкодження на шкірі.

Найбільш потенційно небезпечним є інгаляційне надходження радіонуклідів. Цьому сприяє величезна дихальна поверхня альвеол, площа якої близько  $100 \text{ м}^2$  (в 50 раз більше, ніж поверхня шкіри). Радіоактивність повітря може бути обумовлена вмістом в ньому радіоактивних газів або аерозолів у вигляді пилу, туману або диму. При потраплянні радіонуклідів до дихальної системи добре розчинні речовини в основному швидко (за кілька десятків хвилин) потрапляють в кров'яне русло, а потім, в процесі обміну речовин, відкладаються в певних органах і системах організму або виводяться.

Другий по значенню шлях – потрапляння радіонуклідів з їжею і водою. Поживні речовини поряд з фоновими концентраціями природних радіоактивних речовин можуть бути забруднені штучними

радіонуклідами, які із зовнішнього середовища по біологічним харчовим ланцюгам потрапляють в сільськогосподарські рослини, організми тварин і врешті-решт – в продукти харчування.

Група радіонуклідів аварійного походження після Чорнобиля досить велика. Небезпечними для людини є радіоізотопи йоду, цезію, стронцію та плутонію в зв'язку з їх розчинністю у воді, включенням до обміну речовин та іншими факторами.

Залежно від радіочутливості кожному біологічному об'єкту (органу, тканині) властива своя індивідуальна радіочутливість. Всі органи за радіочутливістю поділяються на 3 групи. Найбільш чутливими є статеві органи, червоний кістковий мозок. Меншою мірою чутливі м'язи, жирова тканина, щитовидна залоза, печінка, нирки, селезінка, стравохід, кришталик ока, легені. До 3-ї групи критичних органів належать шкіра та кісткова тканина [7].

Радіоізотопи йоду швидко включаються до метаболізму всіх тканин, але й швидко елімінуються з більшості тканин, тому не завдають їм значної шкоди. Винятком є накопичення радіоактивного йоду в щитовидній залозі. У дітей інкорпорація радіоактивного йоду значно більша, ніж у дорослих, що й обумовило більші дози.

Радіоізотопи цезію за своїми хімічними властивостями є аналогами калію, тому, проникаючи до організму, рівномірно розподіляються по всіх тканинах і замінюють його.

Компонента внутрішнього опромінення населення, пов'язана з забрудненням територій ізотопами стронцію і трансуранових елементів, за своєю величиною не перевищила 10% дози від основного дозоутворюючого радіонукліду – цезію. Водночас біологічні властивості стронцію, як хімічного аналогу кальцію, є відмінними від цезію. Він накопичується переважно в тканині кісток і призводить до довгострокового опромінення кісткового мозку, який є джерелом клітин крові. Визначення вмісту радіоактивного цезію та стронцію в організмі людини проводиться за допомогою так званих лічильників випромінювання людини.

Протягом багатьох років після Чорнобиля тривають дискусії щодо "гарячих частинок" – мікроскопічних частинок пилу, що містять трансуранові елементи – компоненти реакторного палива. Вважають, що такі частинки могли б потрапляючи до дихальних шляхів, завдавати значного локального опромінення тканини легенів [8,9].

Аналізуючи показники радіоактивного забруднення території Чернігівської області, використали метод рангової кореляції, який дозволяє встановити залежність між показниками радіоактивного забруднення і захворюваністю населення, що проживає на забруднених територіях. Зокрема, встановити залежність захворювання населення на новоутворення, на злоякісні пухлини, на захворювання ендокринної системи, органів дихання, крові та кровотворних



органів, захворюваності системи кровообігу від щільності забруднення сільськогосподарських угідь цезієм-137 та стронцієм-90.

Розрахунки проводяться за такою формулою:

$$Rc = 1 - \frac{6\sum(x'-y')^2}{N^3 - N}$$

де:  $Rc$  – ранговий коефіцієнт кореляції;  $x'$  – ранг показника забруднення;  $y'$  – ранг показника захворюваності;  $N$  – кількість пар показників.

Дані розрахунки допоможуть з'ясувати, як радіоактивне забруднення впливає на здоров'я людини.

Чернігівська область входить до групи областей України, де спостерігається зростання захворюваності населення на злякисні новоутворення, хвороби ендокринної системи, крові та кровотворних органів, кістково-м'язової системи, органів дихання [10-13].

Статистичні показники Головного управління статистики в Чернігівській області за останні 10 років показують, що стан здоров'я постраждалого населення поступово набуває середніх показників захворюваності, про що свідчать дані щорічної диспансеризації. Стабілізуються показники визнаних хворих внаслідок радіоактивного опромінення. Так, станом на 2015 – 2020 роки питома вага визнаних хворими серед потерпілого дорослого населення складала 62,8 %, дітей – 73,5%, а відповідно здоровими – 48,2% та 26,5%, то у 2020 році питома вага здорових серед дорослих складала 54,9% , а серед дітей – 76,4%.

Хоча на період з 1995 по 2005 роки ситуація по захворюваності населення була критичною. Так, показники загальної захворюваності дорослого потерпілого населення починаючи з 1995 років по 2005 роки збільшилась на 56,8 % (2465,2 осіб у 2005 р. проти 1572,2 у 1995 р. – на 10 тис. контингенту). У дітей зростання складало 72,0 % (2969,6 у 2005 р. проти 1726,2 у 1995 на 10 тис. контингенту). Відповідно з 1995 по 2005 роки показники захворюваності в області серед потерпілих усіх груп первинного обліку були найвищими по Україні.

У дорослих спостерігалось зростання загальної захворюваності за рахунок новоутворень (420,0 у 2005 р. проти 306,9 у 1995 р.), серцево-судинних хвороб (ріст у 2,2 рази або 8080,5 у 2005 р. проти 3632,1 у 1995 р.), хвороб органів травлення (ріст на 73,8% або 3089,7 у 2005 р. проти 1777,2 у 1995 р.), хвороб сечостатевої системи (на 71,0 % або 1193,0 у 2005 р. проти 697,4 у 1995 р.), хвороб кістково-м'язової системи (на 27,0 % або 2140,6 у 2005 р. проти 1684,4 у 1995 р.). Станом на 2019-2020 рік показники захворюваності населення регіону дещо знизилися, так у дорослого населення показники захворюваності на новоутворення склали – 200,4, серцево-судинні захворювання – 5847,3, хвороби органів травлення – 1204,9, хвороби сечостатевої системи – 432, хвороби кістково-м'язової системи 1118,6. Загалом спостерігається зниження відсоткових показників захворювання на 21,3% у порівнянні з минулими роками (див. рис. 1.).

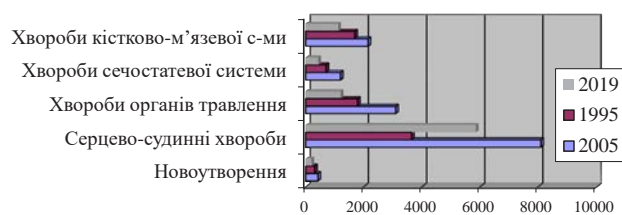


Рис. 1. Динаміка захворюваності потерпілого населення Чернігівської області (на 100 тис. осіб)

Найбільше зростання захворюваності за перерахованими класами хвороб спостерігається в таких районах області ОТГ: Чернігівському (Козелецька територіальна громада), Корюківському (Сосницька, Менська), Новгород-Сіверському (Семенівська, Ріпкинська)

Відразу після аварії фіксувались показники збільшення захворюваності населення хворобами ендокринної системи. Поширюваність захворюваності ендокринної системи за період 1995-2005 рр. збільшилась в 2 рази. Найбільше зростання захворюваності відбулося в Корюківському (Сосницька територіальна громада), Новгород-Сіверському (Ріпкинська територіальна громада).

На сьогодні, показники захворюваності за хворобою ендокринної системи також є достатньо високими, зокрема значне місце посідають хвороби щитовидної залози, так звана гіперплазія I, II ступеню і зоб. Причиною зростання захворювань щитовидної залози пояснюють недостатньою кількістю йоду у їжі і воді, наявністю хронічних вогнищ інфекції в організмі, перенесення гостро інфекційних захворювань, нерациональне харчування.

Однак, слід враховувати той факт, що в результаті аварії на ЧАЕС відбувся великий викид радіаційного йоду, до якого чутлива щитовидна залоза, особливо у дітей і враховуючи підвищені показники відсоток даного виду захворювань залишається на відносно високому рівні.

Провівши обчислення коефіцієнта рангової кореляції на встановлення залежності захворюваності на різні види захворювання від щільності забруднення сільськогосподарських угідь стронцієм-90 та цезієм-137, виявили такі закономірності.

Слабка кореляційна залежність захворюваності органів дихання (0,26), ендокринної системи (0,21), системи кровообігу (0,25), середня кореляційна залежність захворюваності злякисними пухлинами (0,64), крові та кровотворних органів (0,50), висока кореляційна залежність захворюваності на новоутворення (0,70), хвороби кістково-м'язової системи (0,71) від забруднення сільськогосподарських угідь стронцієм-90.

Що ж стосується залежності захворюваності від забруднення сільськогосподарських угідь цезієм-137, то тут ситуація інша. Висока кореляційна залежність на захворювання крові та кровотворних

органів (0,72); незначна кореляційна залежність спостерігається на захворювання ендокринної системи (0,45), злоякісні пухлини (0,46); слабка кореляційна залежність спостерігається на захворюваннях органів дихання (0,17) від забруднення сільськогосподарських угідь цезієм-137.

Отже, можна зробити висновок, що на захворюваність людини значно впливає забруднення сільськогосподарських угідь як цезієм-137, так і стронцієм-90. З стронцієм-90 пов'язані хвороби кістково-м'язової системи, новоутворення, а з цезієм-137 – хвороби крові та кровотворних органів.

**Висновки.** Аварійна ситуація призвела до викиду небезпечних радіоізотопів – йоду, цезію та стронцію, які потрапивши в навколишнє середовище впродовж вже тривалого часу діють на організм людини. В чернігівській області, яка має найбільший відсоток постраждалого населення по Україні, на нині фіксуються високі показники по захворюваності населення на злоякісні новоутворення, хво-

роби ендокринної системи, крові та кровотворних органів, кістково-м'язової системи, органів дихання. Захворюваність населення за хворобами даного типу вказує, що з 1995 по 2005 роки відбувся ріст захворюваності, а у період з 2010-2020 роки ситуація радіоактивного «навантаження» стабілізувалась і питома вага визнаних здоровими серед потерпілого дорослого населення складала 54,9%, а серед дітей – 76,4%.

Розраховані кореляційні коефіцієнти на встановлення залежності захворюваності на різні види захворювання від щільності забруднення сільськогосподарських угідь стронцієм-90 та цезієм-137, дозволили виявити залежність захворюваності від забруднення сільськогосподарських угідь цезієм-137 та стронцієм-90. Особливо внаслідок впливу стронцію-90 виникають хвороби кістково-м'язової системи та новоутворення. Радіонуклід цезій-137 є причиною виникнення хвороб крові та кровотворних органів.

### Література

1. Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи: Закон України від 27.02.1991 № 791а-ХІІ/Верховна Рада України. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/T0791A0?an=36929>
2. Про доступ до публічної інформації: Закон України. Документ 2939-VI, Редакція від 02.10.2021/Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2939-17#Text>
3. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Чернігівській області за 2020 рік. Чернігів, 2020. 253 с.
4. Чернобыль десять лет спустя. Радиационные и медицинские последствия. Москва, 1996. 127 с.
5. Степанова Є.І., Вдовенко В.Ю. та ін. Віддалені ефекти пренатального опромінення дітей, які постійно мешкають на територіях радіонуклідного забруднення. *Праці ІІІ З'їзду з радіаційних досліджень (радіобіологія і радіоекологія)*. Київ. 2003. С. 253.
6. Серкиз Я.И., Пинчук В.Г. Пинчук Л.Б. и др. Радиобиологические аспекты аварии на Чернобыльской АЭС. Киев: Наук. думка, 1992. 172 с.
7. Гродзинський Д.М. Радіобіологія. Київ: Либідь, 2001. 448 с.
8. Чоботько Г.М., Черненко О.Г. та ін. Показники системної відповіді організму на дію іонізуючого випромінювання. *Праці ІІІ З'їзду з радіаційних досліджень (радіобіологія і радіоекологія)*. Київ. 2003. С. 194.
9. Присяжнюк А.С., Грищенко В.Г. та ін. Епідеміологічне дослідження онкологічних ефектів опромінення населення, що проживає на найбільш забруднених радіонуклідами внаслідок Чорнобильської аварії території. *Праці ІІІ З'їзду з радіаційних досліджень (радіобіологія і радіоекологія)*. Київ. 2003. С. 246.
10. Пристер Б.С., Лоцилов Н.А., Немец О.Ф., Поярков В.А. Основы сельскохозяйственной радиологии. Киев: Урожай, 1988. 256 с.
11. Комаренко Н.В. Влияние аварии Чернобыльской АЭС на состояние здоровья населения Украины. *Сучасні екологічні проблеми Українського Полісся та суміжних територій (до 15-річчя аварії на ЧАЕС)*. Ніжин, 2001. С. 50-52.
12. Тронько Н.Д., Беникова Е.А., Радиоактивное излучение и железы внутренней секреции. Киев: Здоровье, 1990. 22 с.
13. Гавій В.М., Лаврінченко В.М. Радіаційна ситуація на Чернігівщині *Матеріали ІІ Міжнародної конференції молодих вчених „Біологія: від молекули до біосфери”*. 2007. С. 424-426.

## БЕЗСИМПТОМНА МАЛЯРІЯ, ЕРИТРОПОЕЗ ТА ПЛАЗМОДІЙ

Павліченко В.І., Приходько О.Б., Ємець Т.І., Малєєва Г.Ю.

Запорізький державний медичний університет  
пр. Маяковського, 26, 69000, м. Запоріжжя  
pavlichenko.victor@gmail.com, alexbor.336855@gmail.com,  
t.emets66@gmail.com, g.maleeva.1985@gmail.com

Багато століть людство веде боротьбу з малярією, але все рівно вона щорічно забирає життя майже у 0,5 млн. населення планети. Експерти ВООЗ вважають, що не існує ні біологічних, ні екологічних перешкод для її ліквідації і тому для зниження світового тягаря хвороби консультативна група MalERA Refresh представила оновлену програму багатограних інтегрованих досліджень, які мають об'єднати наукові зусилля в галузі імунології людини, паразитології та ентомології. На основі огляду даних різних дослідників нами виділено та узагальнено взаємопов'язані експериментальні та теоретичні роботи із безсимптомної малярії; термінальних стадій еритропоезу та впливу на нього плазмодіїв. Показано, що безсимптомна малярія має глобальне поширення і в ендемічних регіонах досягає 24–56 %. Відмічено, що ці інвазії є передвісником майбутніх клінічних проявів та резервуаром подальшої передачі переносникам незрілих статевих стадій паразита – комарам *Anopheles*. Підкреслено необхідність покращення діагностики носіїв патогена. Зазначено, що розвиток статевої лінії плазмодіїв відбувається у еритробластних острівцях кісткового мозку людини, з одночасним гальмуванням еритропоезу. Очевидно, розробка засобів впливу на розвиток гаметоцитів заблокує передачу. Встановлено, що ключову роль у еритропоезі грають мікроРНК-451 зрілих еритроцитів, які пригнічують розвиток *Plasmodium falciparum* шляхом ковалентної інтеграції в його мРНК. *Ключові слова:* безсимптомна малярія, плазмодії, гаметоцитогенез, еритробласти, еритропоез, мікроРНК.

**Asymptomatic malaria, erythropoiesis and plasmodium. Pavlichenko V., Prikhodko O., Yemets T., Maleeva G.**

Humans has been battling malaria for centuries, but it still kills nearly 0.5 million people a year. WHO experts believe that there are no biological or environmental barriers to its elimination, and to reduce the global burden of the disease, the MalERA Refresh Advisory Group has presented an updated program of multifaceted integrated research that combines research in human immunology, parasitology and entomology. Based on a review of data from various researchers, we have identified and summarized interrelated experimental and theoretical work on asymptomatic malaria; terminal stages of erythropoiesis and the influence of Plasmodium on it. It has been shown that asymptomatic malaria is global and reaches 24–56 % in endemic regions. It is noted that these invasions are a precursor of future clinical manifestations and a reservoir of further transmission from carriers of immature sexual stages of the parasite to the *Anopheles* mosquitoes. It is marked that necessary to improve the diagnosis of pathogen carriers. It is noted that the development of the sex generation of Plasmodium occurs in the erythroblastic islets of the human bone marrow, with simultaneous inhibition of erythropoiesis. Therefore, the development of means of influencing the development of gametocytes will block the transfer. It has been established that the key role in erythropoiesis is played by microRNA-451 of mature erythrocytes, which inhibit the development of Plasmodium falciparum by covalent integration into its mRNA. *Key words:* asymptomatic malaria, plasmodium, gametocytogenesis, erythroblasts, erythropoiesis, miRNA.

**Постановка проблеми.** Незважаючи на надзвичайні зусилля людства у боротьбі з малярією, у багатьох країнах світу вона продовжує бути ендемічною і провідною причиною щорічної захворюваності (~200 млн.) та смертності (~0,5 млн.) населення [1]. Зниженню тягаря хвороби та зменшенню її поширення заважає наявність в ендемічних районах безсимптомної малярії [2-10], за якої людина є носієм та джерелом передачі кровосисним комарам *Anopheles* для подальшого розвитку незрілих статевих стадій збудника і, в майбутньому, поширенню паразита серед людей.

В еритроцитах людини розвиваються 2 лінії різних видів малярійних плазмодіїв: статеві (гаметоцитарна) та безстатеві (еритроцитарна). Розвиток гаметоцитарних стадій паразита відбувається у еритробластних острівцях кісткового мозку, завдяки чому гальмується еритропоез хазяїна [11]. Виходячи з цього, розробка засобів впливу на розвиток гаметоцитів призведе до блокування передачі збудника і людина перестане бути їх джерелом [12].

У цьому огляді узагальнено взаємопов'язані дані досліджень трьох тем: безсимптомна малярія; термінальні стадії еритропоезу та вплив на них плазмодіїв.

**Актуальність дослідження.** Експерти ВООЗ вважають, що не існує ні біологічних, ні екологічних перешкод для ліквідації малярії і тому для зниження світового тягаря хвороби консультативна група MalERA Refresh представила оновлену програму багатограних інтегрованих досліджень, які мають об'єднати наукові зусилля в галузі імунології людини, паразитології та ентомології [13,14].

Необхідно удосконалити ідентифікацію безсимптомних носіїв збудників, які представляють значну загрозу повторного відродження малярії. Ідентифікація таких носіїв вимагає підвищеного рівня обізнаності, а біомаркери для компетенції передачі патогена покращать виявлення та розуміння гетерогенності природних інвазій. Важливою сферою для майбутніх досліджень є розробка необхідних клітинних ліній та інших інструментів культури *in vitro* *P. vivax* для генерування гаметоцитів

і перевірки блокування їх передачі комарам, а також підготовка кваліфікованого персоналу [14,15].

В Україні на думку Трихліба В.І. [16], науковці приділяють мало уваги вивченню малярії та дуже обмежені ґрунтовними працями у цій галузі, незважаючи на щорічні летальні випадки (близько 6 %) від імпорту у нашу державу цієї хвороби. Серед багатьох причин, що призвели до таких наслідків, є відсутність підготовки в Україні спеціалістів-маляріологів (лікарів, ентомологів, гідротехніків) [17].

**Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями.** Враховуючи, що в Україні щорічно реєструються випадки імпортованої малярії, залишаються актуальними наші попередні публікації про оптимізацію захисту територій від переносників та проведення моніторингових регіональних еколого-фауністичних досліджень [18]; про стратегію боротьби з різними видами та штамами плазмодіїв, особливо з *P. vivax*, яку слід спрямувати на безсимптомні інвазії [19]; що дозволяє стверджувати про значне збільшення загрози захворюваності та ризик її реінтродукції у зв'язку зі значними міграціями населення [20]. У цьому огляді ми зосереджуємо увагу на сучасному стані експериментальних та теоретичних питаннях взаємодії паразит-хазяїн.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Небезпека безсимптомної малярії полягає в тому, що вона призводить до утворення часткового імунітету, за рахунок якого лихоманка та інші гострі симптоми при цьому не виникають і люди за медичною допомогою не звертаються [3]. У Африці, на південь від Сахари, населення здебільше уражається *Plasmodium falciparum* (99 %), який, окрім важких наслідків, викликає безсимптомну малярію від 24 % [9] до 28,2 % [10], а за даними Slater H.C. et al. [8] – навіть 55,4 %. У Перу та інших регіонах Амазонії домінує *P. vivax* (77,2 – 94,8 %) і спричинює 56 % безсимптомного носійства [19], а на безмежно великому Азійсько-Тихоокеанському ареалі, він у 80 % випадків призводить до гострої, безсимптомної, субпатентної та латентної малярії [6]. Подібні інвазії є передвісником майбутніх клінічних проявів та резервуаром подальшої передачі переносникам, якщо під час живлення кров'ю, в їх організм потраплять чоловічі та жіночі гаметоцити (незрілі статеві стадії паразита).

У *P. falciparum* вони мають чітку морфологію, діагностуються мікроскопічно і розвиваються протягом 8-10 днів, а гаметоцити *P. vivax* можна виявити лише за допомогою ПЛР вже через 3-5 днів після появи перших клінічних симптомів хвороби [11]. Для краще дослідженого *P. falciparum* характерно п'ять стадій гаметоцитів, з яких у периферичній крові виявляється лише остання, а попередні уражують клітини термінальної диференціації еритропоєзу, інгібуючи його [11,21]. Створення культури однорідної статевої популяції цього виду дозволило вста-

новити її розвиток у часі. Так, на 2-й, 4-й, 6-й, 8-й та 12-й дні у культурі становили гаметоцити I стадії 92,30 %; II стадії 87,40 %; III стадії 86,20 %; IV стадії 89,00 % та V стадії 91,90 % відповідно [22]. Такі культури можна використовувати для тестування сполук – кандидатів на ліки / вакцини.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття.** Мета дослідження – звернути увагу науковців та лікарів на існування та небезпеку безсимптомної малярії, попередити лікарів про наявність труднощів її виявлення, підкреслити значимість вивчення розвитку і взаємодії еритроїдів та плазмодіїв.

**Новизна.** З'ясування ролей безсимптомної малярії, як джерела передачі збудників векторам, та еритропоетичної ніші у розвитку статевої (гаметоцитарної) та безстатевої (еритроцитарної) ліній малярійного плазмодія, сприятиме виявленню нових мішеней для впливу і збільшить інформативну базу для розробки нових терапевтичних засобів.

**Методологічне або загальнонаукове значення.** У результаті дослідження з'ясовано, що вітчизняні та іноземні науковці використовують різні терміни при розгляді однакових клітинних структур, явищ чи процесів. Бойко Н.І. та Бойко Г.В. [23] звертають увагу на невідповідність термінології морфологічно розпізнаваних клітин постнатального еритропоєзу до англійських джерел. Натомість майже у всіх опрацьованих нами закордонних статтях науковці використовують такий послідовний ряд клітин термінальної диференціації еритропоєзу: проеритробласт, базофільний еритробласт, поліхроматофільний еритробласт, ортохроматофільний еритробласт, ретикулоцит та еритроцит [24].

**Викладення основного матеріалу:**  
**I. Безсимптомна малярія.** Стандартного визначення терміну «безсимптомна малярія» не існує [3], але вона широко поширена в ендемічних регіонах, де її ще називають «субмікроскопічною» [4], «субпатентною» [6,8] та «невидимою» [6]. Безсимптомна малярія, зазвичай, діагностується експрес-методами та мікроскопічно і, як правило, при цьому пропускається близько 30-50 % інвазій [3], що призводить до важких наслідків: хронічного гемолізу та симптоматичним рецидивам, які супроводжуються щоразовою втратою 8-14 % еритроцитарної маси; плацентарній інвазії під час вагітності і як підсумок – викидням, передчасним пологам, післяпологовим кровотечам, збільшенню неонатальної смертності [3,9]; зниженню рівня тромбоцитів і гемоглобіну та підвищенню рівня С-реактивного білка (маркера запалення) та фактору Віллебранда (маркера активації ендотелію) [9], бактеріальній коінфекції [3]. Підраховано, що бактеріємія в Африці сягає 1 млн. випадків, з яких 20 % летальні, а 60 % з них пов'язані з малярією [3]. Ці результати свідчать про необхідність розробки чутливих діагностичних інструментів для виявлення різноманітного резервуара паразитів і потенційних джерел передачі інвазії [25].

Виходячи з того, що безсимптомна малярія має глобальне розповсюдження, а також, що її спричинюють всі види / штами плазмодіїв: *P. falciparum*, *P. malariae*, *P. knowlesi*, *P. vivax* та *P. ovale* (*curtisi* / *walikeri*), слід виокремити два останні види, які характеризуються наявністю «сплячих» печінкових форм – гіпнозоїтів. Ця стадія *P. vivax* та *P. ovale* призводить до латентної форми малярії, яка може давати клінічний прояв через тижні, місяці чи роки потому [7,17]. Отже персистенція малярії виникає у безсимптомних носіїв за рахунок еритроцитарних стадій та гіпнозоїтів, але циркуляцію збудника серед людей забезпечує лише вектор-*Anopheles*, який з кров'ю поглинає гаметоцитів V стадії розвитку.

**II. Термінальні стадії еритропоезу.** В організмі людини / ссавців плазмодії проходять складний шлях: спочатку вони інвазують клітини печінки, потім еритроцити кровообігу, звідки невелика частина популяції збудника переходить від безстатевої (шизонтої) проліферації до статевої (гаметоцитарної), яка диференціюється у еритробластних острівцях кісткового мозку. Науковці Американської спільноти гематологів Neveu G., et al. [21] створили синхронізовану культуру первинних еритробластів людини, яку інвазували еритроцитарними шизонтами *P. falciparum*. При зараженні еритроласти були на поліхроматофільній стадії, а виявлення специфічного для гаметоцитів білка Pf11-1, підтвердило нормальний розвиток незрілих статевих паразитів від стадії I до IV в паренхімі кісткового мозку, а V – в еритроцитах кровообігу. Виникає питання, яким чином можна блокувати цей розвиток та передачу збудників до вектора?

Розробка та використання методу аналізу активності антималярійних сполук SaLSSA (Saponin-lysis Sexual Stage Assay – аналіз статевої стадії на сапонін-лізис), відносно гаметоцитів, показало, що 90 % відомих препаратів не інгібують п'яту стадію [22]. Окремий аналіз, давно використовуваних на практиці 400 похідних хініну та артемізиніну, виявив, що 216 з них гальмують розвиток першої стадії, 78 – третьої та 79 – п'ятої. Також встановлена антитрансляційна дія на протеасому та апікопласт гаметоцита п'ятої стадії *P. falciparum* антибіотика тіострептона, який раніше не використовувався для лікування пацієнтів. Але механізм дії більшості сполук та ідентичність активних метаболітів залишаються невідомими.

**III. Вплив плазмодіїв на еритропоез.** Ураження людини збудниками малярії призводить до зниження продукції еритроїдних клітин, дизеритропоезу (анізоцитозу, поїкілоцитозу) та неефективному еритропоезу (передчасної загибелі еритроцитів та зниження їх продукції) [26]. Встановлено, що *P. falciparum* у Гамбії, а *P. vivax* у Таїланді спричинювали у хворих дизеритропоетичні зміни у кістковому мозку та деградацію еритробластів.

Сутність цих взаємодій на межі патоген/хазяїн малодосліджена, але відомо, що до них плазмодіїв

готується заздалегідь. Показано, що у *P. falciparum* до цього залучені процеси дерепресії гетерохроматину субтеломерних ділянок хромосом та експресія білку PfHP1 (*P. falciparum* Heterochromatin Protein 1) [27]. Ген цього білку асоційований із понад 400 генами мультигенних родин, які теж розташовані в гетерохроматині і переважно кодують білки, що транспортуються в еритроцити. Цей генотиповий потенціал паразита забезпечує його безмежним числом варіацій антигенів і як наслідок, інвазію в клітини хазяїна, адаптацію та виживання. Як зазначалось раніше, в еритроцитах йде розвиток 2 ліній плазмодія – безстатевих / статевих стадій. Після кожного циклу безстатевої реплікації білок PfHP1 знову і знову залучається до утворення гетерохроматину. Навпроти, за дії стресових факторів змінюється реструктуризація гетерохроматину і невелика частина трофозоїтів переходить до утворення статевих стадій, завдяки експресії ~100 генів [28]. Доведено, що активація гена *pfap2-g* призводить до утворення головного регулятора гаметоцитогенезу білку AP2-G, а різні стадії цього процесу представляють потенційні мішені для кандидатів-ліків та блокування передачі.

Реакція хазяїна на ураження проявляється через дії мікроРНК (міРНК), що є головними регуляторами еритропоезу. Серед 359 відомих еритроцитарних мікроРНК найбільший вплив на біологію плазмодіїв проявляє *miR-451* [29]. Встановлено, що при інвазії еритроцитів *P. falciparum* рівень *miR-451* підвищується в 50 разів, вона інтегрується у транскрипти плазмодія та інгібує його розмноження [30]. Навпаки, коли в еритроцитах її рівень низький – паразит продукує везикули з комплексом *miR-451-Ago2*, які полегшують його інвазію в інші клітини та збільшують патогенез. Міжклітинні комунікації за рахунок везикул також сприяють гаметоцитогенезу [31,32].

Також зазначено, що плазмодій пригнічує ериптоз (суїцидальна загибель еритроцитів) інвазованих еритроцитів та індукує його у неінвазованих. Загалом в огляді Lang E. and Lang F. [33] каталогізовано 127 стимуляторів та 33 інгібітори ериптозу, 20 хвороб асоційованих з ним та 12 таргет-генів. Ериптоз усуває інфіковані або дефектні еритроцити, протидіючи паразитемії при малярії та запобігаючи шкідливому гемолізу дефектних клітин. Ці спостереження є основним аргументом на користь використання індукторів ериптозу в якості протималярійного лікування.

Таким чином, взаємодії паразит/хазяїн дуже складні, наше розуміння цих відносин має багато прогалин і потребує подальших досліджень.

**Головні висновки.** Широке поширення безсимптомної малярії в ендемічних регіонах та наявність в них гамонтоносіїв заважає її ліквідації. Необхідна розробка чутливих діагностичних інструментів для виявлення потенційних джерел плазмодіїв та засобів впливу на розвиток гаметоцитів, щоб забезпечити блокування передачі збудників. З'ясування розвитку

різних стадій патогена під час еритропоезу та дії на них антималярійних препаратів вимагає нових зусиль науковців. Розкриття механізмів пригнічення плазмодієм ериптозу інвазованих еритроцитів та його індукція – неінвазованих, є основним аргументом на користь використання індукторів ериптозу в якості протималярійного лікування. Сучасне

розуміння біологічного сенсу цих питань наблизить до зменшення захворюваності на малярію, покращить її профілактику та елімінацію.

**Перспективи використання результатів дослідження.** Отримані результати доповнюють інформативну базу для інтеграції майбутніх стратегій боротьби з малярією.

### Література

1. World Health Organization: World malaria report 2018.
2. WWARN Gametocyte Study Group. Gametocyte carriage in uncomplicated Plasmodium falciparum malaria following treatment with artemisinin combination therapy: a systematic review and meta-analysis of individual patient data. *BMC Med.* 2016.14:79. doi:10.1186/s12916-016-0621-7
3. Chen I., et al. "Asymptomatic" Malaria: A Chronic and Debilitating Infection That Should Be Treated. *PLoS Med.* 2016 Jan 19.13(1): e1001942. doi: 10.1371/journal.pmed.1001942.
4. Vallejo A.F., et al. Plasmodium vivax gametocyte infectivity in sub-microscopic infections. *Malaria J.* 2016.15:48. <https://doi.org/10.1186/s12936-016-1104-1>
5. Nguiragool W., et al. Very high carriage of gametocytes in asymptomatic low-density Plasmodium falciparum and P. vivax infections in western Thailand. *Parasit Vectors.* 2017.10(1):512. doi:10.1186/s13071-017-2407-y
6. Baird J.K. Asia-Pacific malaria is singular, pervasive, diverse and invisible. *International Journal for Parasitology.* 2017. 47. 371–377. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpara.2016.06.006> 0020-7519/
7. Martin T.C.S., Vinetz J.M. Asymptomatic Plasmodium vivax parasitaemia in the low-transmission setting: the role for a population-based transmission-blocking vaccine for malaria elimination. *Malar J.* 2018. V. 17:89. doi: 10.1186/s12936-018-2243-3
8. Slater H.C. et al. The temporal dynamics and infectiousness of subpatent Plasmodium falciparum infections in relation to parasite density. *Nature communications.* 2019. 10:1433. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-09441-1>
9. Wamae K., et al. Transmission and Age Impact the Risk of Developing Febrile Malaria in Children with Asymptomatic Plasmodium falciparum Parasitemia. *The Journal of Infectious Diseases.* 2019. 219. V. 6. P. 936–944. <https://doi.org/10.1093/infdis/jiy591>
10. Kamau E. et al. Epidemiological and clinical implications of asymptomatic malaria and schistosomiasis co-infections in a rural community in western Kenya. *BMC Infect Dis.* 2021. 21:937 <https://doi.org/10.1186/s12879-021-06626-2>
11. Obaldia N., et al. Bone Marrow Is Major Parasite Reservoir in Plasmodium vivax. *Infection. mBio.* 2018. 9(3). doi: 10.1128/mBio.00625-18.
12. Usui M., Williamson K.C. Stressed Out About Plasmodium falciparum Gametocytogenesis. *Front Cell Infect Microbiol.* 2021. Dec 2. 11:790067. doi: 10.3389/fcimb.2021.790067.
13. WHO. Countries and Territories Certified Malaria-Free by WHO. 2021. <https://www.who.int/teams/global-malaria-programme/elimination/countries-and-territories-certified-malaria-free-by-who>.
14. The malERA Refresh Consultative Panel on Basic Science and Enabling Technologies. malERA: An updated research agenda for basic science and enabling technologies in malaria elimination and eradication. *PLoS Med.* 2017. 14(11): e1002451. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002451>.
15. Rabinovich R.N., Drakeley C., Djimde A.A., Hall B.F., Hay S.I., Hemingway J., et al. malERA: An updated research agenda for malaria elimination and eradication. *PLoS Med.* 2017. 14(11): e1002456. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002456>
16. Трихліб В.І. Патогенез тропічної малярії (Електронний ресурс). URL: <http://surl.li/bevox>. (дата звернення 25. 01.2022).
17. Голубовская О.А., Шкурба А.В., Колос Л.А. Малярія: монографія. К.: ВСИ «Медицина». 2015. 288 с.
18. 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.
19. Павліченко В.І. Сучасні біологічні дослідження збудника триденної малярії. *Екологічні науки.* 2019. № 1 (24). Т. 1. С. 126–129. DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-1-24-1-22>.
20. Павліченко В.І. Лабораторна діагностика збудників малярії у неендемичному середовищі: США, Китаї, країнах Європи. *Екологічні науки.* 2019. № 3(26). С. 65-70. DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-3-26-12>
21. Neveu G., et al. Plasmodium falciparum sexual parasites develop in human erythroblasts and affect erythropoiesis. *Blood.* 2020. 136 (12): 1381-1393. doi:10.1182/blood.2019004746
22. Plouffe D., et al. High-Throughput Assay and Discovery of Small Molecules that Interrupt Malaria Transmission. *Cell Host & Microbe.* 2016. 19. 114–126. January 13. 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chom.2015.12.001>
23. Бойко Н.І., Бойко Г.В. Морфологічна характеристика і термінологія клітин еритроїдного ряду. *Український часопис ветеринарних наук.* 2020. Т. 11. № 2. С. 72–81. <https://doi.org/10.31548/ujvs2020.02.007>
24. Жункейра Л.К., Карнейро Ж. Гистология: атлас: учеб. пособие. Пер. с англ. Под ред. В.Л. Быкова. М.: ГЭОТАР-Медиа. 2009. 576 с.
25. Hailemeskel E. et al. The epidemiology and detectability of asymptomatic plasmodium vivax and plasmodium falciparum infections in low, moderate and high transmissions settings in Ethiopia. *Malaria Journal.* 2021. 20:59 <https://doi.org/10.1186/s12936-021-03587-4>
26. Pathak V.A., Ghosh K. Erythropoiesis in Malaria Infections and Factors Modifying the Erythropoietic Response. *Anemia.* 2016. 2016:9310905. doi: 10.1155/2016/9310905.
27. Fraschka S.A., et al. Comparative Heterochromatin Profiling Reveals Conserved and Unique Epigenome Signatures Linked to Adaptation and Development of Malaria Parasites. *Cell Host & Microbe.* 2018. 23. 407–420. March 14. <https://doi.org/10.1016/j.chom.2018.01.008>

28. Acharya P., et al. Host–Parasite Interactions in Human Malaria: Clinical Implications of Basic Research. *Frontiers in Microbiol.* 2017 v.8.- Art.889.- p.-1-16. doi: 10.3389/fmicb.2017.00889
29. Sun L., et al. Red Blood Cells as Potential Repositories of MicroRNAs in the Circulatory System. *Front Genet.* 2020. Jun 3.11:442. doi: 10.3389/fgene.2020.00442.
30. Lamonte G., et al. Translocation of sickle cell erythrocytes microRNAs into Plasmodium falciparum inhibits parasite translation and contributes to malaria resistance. *Cell Host Microbe.* 2012. 12. 187–199. doi: 10.1016/j.chom.2012.06.007
31. Regev-Rudzki N., et al. Cell-cell communication between malaria-infected red blood cells via exosome-like vesicles. *Cell.* 2013. 153. 1120–1133. doi: 10.1016/j.cell. 2013.04.029
32. Mantel P.Y., et al. Infected erythrocyte-derived extracellular vesicles alter vascular function via regulatory Ago2-miRNA complexes in malaria. *Nat. Commun.* 2016. 7:12727. doi: 10.1038/ncomms12727
33. Lang E., Lang F. Triggers, Inhibitors, Mechanisms, and Significance of Eryptosis:
34. The Suicidal Erythrocyte Death. *BioMed Research International.* 2015. Volume 2015. Article ID 513518. 16 pages. <http://dx.doi.org/10.1155/2015/513518>

---

# ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ

---

УДК 628.4.032:332.14

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.1-40.19>

## РЕГІОНАЛЬНИЙ АСПЕКТ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ У ЖИТОМИРСЬКІЙ ОБЛАСТІ В КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Герасимчук Л.О., Валерко Р.А., Довбаш В.В.

Поліський національний університет

бульв. Старий, 7, 10008, м. Житомир

gerasim4uk@ukr.net

valerko\_ruslana@ukr.net

Досліджено стан поводження з відходами у Житомирській області в контексті сталого розвитку. Оцінена динаміка обсягів утворення, утилізації, спалювання, видалення та накопичення відходів на території Житомирської області протягом 2010 – 2020 рр., а також визначена питома вага області в загальнодержавних обсягах поводження з відходами. Зміни обсягів утворення, утилізації, спалювання, видалення та накопичення відходів на території Житомирської області протягом 2010 – 2020 рр. не мали однозначної закономірності. Встановлена тенденція зниження обсягів утворення відходів у 1,4 рази, їх утилізації – у 4,8 рази, спалювання – у 1,7 рази, накопичення – у 1,1 рази. Проте обсяги утворення та накопичення відходів у Житомирській області перевищують обсяги їх утилізації у 3,5 – 11,9 разів та у 39,4 – 168,8 разів відповідно. Частка утилізованих і спалених відходів відносно утворених становила 16 – 37,5%, а мінімальні значення мали місце у 2020 р., як у Житомирській області, так і в Україні (22%) при цільовому орієнтірі 35%. Значні обсяги відходів направляються на сміттєзвалища. І у 2010 р., і у 2020 р. обсяги видалених відходів у спеціально відведені місця чи об'єкти мали практично однакові абсолютні значення – 216,3 та 224,3 тис. т відповідно, левову частку яких (96,64%) складають побутові та подібні відходи. Обсяг накопичених відходів у Житомирській області у розрахунку на особу та на км<sup>2</sup> території знизився протягом 2010 – 2020 рр. у 1,1 рази, в той час, як по Україні збільшився – у 1,3 та 1,2 рази відповідно. Відходоємність ВРП Житомирської області у 2019 р. склала 78,6% рівня 2015 р., що знаходилося в межах цільового орієнтуру, а ВВП України перевищувало як значення цільового орієнтуру, так і критичної межі, і становила 126,6% рівня 2015 р. Питома вага області в загальнодержавних обсягах поводження з відходами за досліджуваний період є незначною і становила для утворення відходів – 0,08 (2020 р.) – 0,19% (2012 р.), утилізації – 0,03 (2020 р.) – 0,11% (2010 р.), спалювання – 1,97 (2015 р.) – 5,4% (2019 р.), видалення – 0,07 (2010 р.) – 0,13% (2012 р.), накопичення – 0,035 (2019 р.) – 0,049 (2014 р.). *Ключові слова:* утворення, утилізація, спалювання, видалення, накопичення, питома вага, цільовий орієнтір.

**Regional aspect of waste management in Zhytomyr region in the context of sustainable development. Herasymchuk L., Valerko R., Dovbash V.**

The state of waste management in Zhytomyr region in the context of sustainable development is studied. The dynamics of volumes of generation, utilization, incineration, disposal and accumulation of waste on the territory of Zhytomyr region during 2010 – 2020 is estimated, and also the specific weight of the region in the national volumes of waste management is determined. Changes in the volume of generation, utilization, incineration, disposal and accumulation of waste in the Zhytomyr region during 2010 – 2020 did not have a clear pattern. There is a tendency to reduce the volume of waste generation by 1.4 times, their utilization – by 4.8 times, incineration – by 1.7 times, accumulation – by 1.1 times. However, the volume of waste generation and accumulation in Zhytomyr region exceeds the volume of their utilization by 3.5 – 11.9 times and 39.4 – 168.8 times, respectively. The share of utilized and incinerated waste relative to the generated was 16 – 37.5%, and the minimum values took place in 2020, both in Zhytomyr region and in Ukraine (22%) with a target of 35%. Significant amounts of waste are sent to landfills. Both in 2010 and in 2020, the volume of waste disposed of in specially designated places or facilities had almost the same absolute values – 216.3 and 224.3 thousand tons, respectively, the lion's share of which (96.64%) is household and similar wastes. The amount of accumulated waste in Zhytomyr region per capita and per km<sup>2</sup> of territory decreased in 2010 – 2020 by 1.1 times, while in Ukraine it increased – by 1.3 and 1.2 times, respectively. Zhytomyr Oblast's GRP waste in 2019 amounted to 78.6% of the 2015 level, which was within the target, and Ukraine's GDP exceeded both the target and the critical limit, and amounted to 126.6% of the 2015 level. The weight of the region in the national volume of waste management for the study period is insignificant and was for waste generation – 0.08 (2020) – 0.19% (2012), utilization – 0.03 (2020) – 0.11% (2010), incineration – 1.97 (2015) – 5.4% (2019), disposal – 0.07 (2010) – 0.13% (2012), accumulation – 0.035 (2019) – 0.049 (2014). *Key words:* generation, utilization, incineration, disposal, accumulation, specific weight, target landmark.

**Постановка проблеми.** Проблема поводження з відходами є загально визнаним викликом для довкілля та здоров'я, а також економічним ресурсом. До відходів належать «будь-які речовини, матеріали і предмети, що утворилися у процесі виробництва чи споживання, а також товари (продукція),

що повністю або частково втратили свої споживчі властивості і не мають подальшого використання за місцем їх утворення чи виявлення і від яких їх власник позбувається, має намір або повинен позбутися шляхом утилізації чи видалення» [1]. На сьогодні на території будь-якого регіону нашої держави чи



його окремих адміністративно-територіальних одиниць гостро стоїть проблема поводження з відходами, що полягає у збільшенні обсягів їх утворення, накопичення, утилізації та зберіганням. Згідно доповіді Всесвітнього банку до 2050 року у світі очікується збільшення обсягів утворення відходів на 70% з 2,01 млрд. т у 2016 р. до 3,40 млрд. т відходів щорічно [2]. Щорічні зростаючі обсяги нагромадження відходів на сміттєзвалищах обумовлюють забруднення суміжних середовищ, що створює додаткові екологічні загрози, ризики для здоров'я людей та впливають на розвиток територій.

Переходячи до питань сталого розвитку, забезпечення переходу до раціональних моделей споживання і виробництва є 12 Ціллю на період до 2030 р. [3].

**Актуальність дослідження.** Підняття проблеми поводження з відходами та її першочергового рішення у низці прийнятих нормативно-правових документів (Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року [4], Цілей сталого розвитку на період до 2030 року [3], Національної економічної стратегії на період до 2030 року [5], Стратегії економічної безпеки України на період до 2025 року [6] тощо) обумовлює актуальність обраної теми. Проблематика відходів набула широкого поширення, як серед вітчизняних, так і зарубіжних науковців. Знання регіональних особливостей утворення, утилізації, нагромадження відходів мають важливе значення для формування політики у галузі поводження з відходами.

**Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями.** Дослідження виконувалось в рамках науково-дослідної роботи «Еколого-соціальна оцінка стану сільських селітебних територій у контексті сталого розвитку» (державний реєстраційний №: 0120U104233) та може бути використана Управлінням екології та природних ресурсів при розробці регіонального плану управління відходами.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблема поводження з відходами широко висвітлюється в науковій літературі. Зокрема, такі дослідження проведені в розрізі окремих регіонів: Карпатського [7], Тернопільської [8], Сумської [9], Чернігівської областей [10]. Наукові праці висвітлюють стан проблеми як в межах окремих областей, міст, так і сільських населених пунктів [11]. Частина наукових праць стосуються юридичних аспектів проблеми [12, 13], державного управління [14, 15], зарубіжного досвіду [13, 16].

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття та новизна досліджень.** Наявні дослідження недостатньо висвітлюють проблему поводження з відходами на рівні окремих регіонів України в контексті сталого розвитку, в тому числі і в Житомирській області, що й обумовило мету наших досліджень.

**Методологічне значення.** Інформаційною базою досліджень стали матеріали Державної служби статистики України [17] та Головного управління статистики у Житомирській області [18]. Прогрес у поводженні з відходами у Житомирській області в контексті сталого розвитку оцінювали на підставі аналізу динаміки обсягів утворення, утилізації, спалювання, видалених та накопичених відходів за період 2010 – 2020 рр., відходоємності ВРП у Житомирській області відносно 2015 р., а також визначення питомої ваги області в поводженні з відходами по Україні. Статистична обробка даних та їх графічне представлення здійснено за допомогою Statistica 10.

**Виклад основного матеріалу.** Проблема поводження з відходами торкнулася безпосередньо й Житомирської області. У 2020 р. на території Житомирщини було утворено 397,2 тис. т відходів, що становило 0,09% загальної кількості відходів, утворених у нашій державі. Відмітимо, що утворення відходів, починаючи з 2010 р. відбувалося нерівномірно: якщо у 2011 р. їх обсяги зросли на 1,3%, а у 2016 р. – на 6,2% відносно показників попереднього року, то у 2012 р. – аж на 51,5%; в інші ж роки мало місце зменшення обсягів утворення відходів відносно попереднього року від 0,02% у 2017 р. до 22,9% у 2015 р. В цілому ж за період 2010 – 2020 рр. обсяги утворення відходів скоротилися у 1,4 рази (рис. 1).

За категоріями матеріалів серед відходів I – IV класів небезпеки переважають побутові та подібні відходи – 114261,6 т (28,8%), інші мінеральні відходи – 106142,2 (26,72%) та деревні відходи – 80762,3 т (20,3%).

Із загального обсягу утворених у 2020 р. відходів 1038,2 т приходить на відходи I-III класів небезпеки. В розрізі окремих категорій матеріалів лівову частку займають відходи кислот, лугів чи солей – 314,4 т (30,3%), гумові відходи – 238,6 т (23%), шлами та рідкі відходи очисних – 104 т (10,02%), використані розчинники – 101 т. (9,7%), відпрацьовані оливи – 100,5 т (9,68%), пластикові відходи – 73,9 т (7,12%), відходи акумуляторів та батарей – 25,3 т (2,44%), осад промислових стоків – 16,8 т (1,62%), змішані та недиференційовані матеріали – 15,8 т (1,52%), непридатне обладнання – 14,7 т (1,42%), текстильні – 13,5 т (1,3%), хімічні – 5 т (0,48%), відходи чорних металів – 4,9 т (0,47%), скляні відходи – 3,4 т (0,33%), медичні відходи та біологічні – 3,1 т (0,3%), паперові та картонні – 2,1 т (0,2%), відходи тваринного походження та змішані харчові відходи – 0,3 т (0,03%), змішані відходи чорних та кольорових металів, а також залишки сортування – по 0,1 т (0,01%).

В розрізі видів економічної діяльності у 2020 р. 77,74% (308821,9 т) відходів утворилося від економічної діяльності підприємств та організацій, решта – 22,26% (88417,2 т) – від домогосподарств.

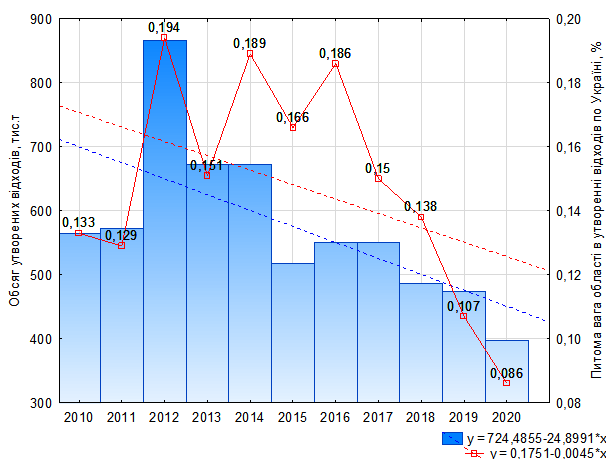


Рис. 1. Обсяг утворених відходів у Житомирській області

Аналізуючи обсяг утворених відходів на душу населення, відмічаємо його зменшення з 0,439 т/особу у 2010 р. до 0,329 т/особу у 2020 р. Для України ж, навпаки, характерне збільшення обсягу утворених відходів протягом зазначеного періоду – з 9,2 т/особу до 11 т/особу. Зазначимо, що по Житомирській області навантаження відходами у розрахунку на особу в середньому було менше від загальноукраїнських даних до 20 разів. Аналогічна тенденція характерна й для щільності утворених відходів у розрахунку на км<sup>2</sup> території: якщо для області загалом спостерігається зменшення щільності утворених відходів з 18,9 до 13,3 т/км<sup>2</sup>, то для території України – збільшення – з 700,1 до 766,1 т/км<sup>2</sup> (рис. 2).

Наряду з показником обсягів утворення відходів абсолютні значення обсягів утилізації відходів в цілому мають тенденцію до зменшення. Так, у 2020 р. було утилізовано 33,4 тис. т відходів, що

у 4,8 рази менше обсягу утилізованих відходів у 2010 р. У 2011, 2013, 2015, 2016, 2018, 2020 роках абсолютні обсяги відходів зменшувалися порівняно з попереднім роком на 37%, 26,6%, 13,8%, 3,9%, 40,9% та 37,3% відповідно, а у інші роки спостережень, навпаки, мало місце збільшення обсягу утилізованих відходів у порівнянні з попереднім роком: у 2012 р. – на 20,6%, 2014 р. – 3,4%, 2017 р. – 8,2%, 2019 р. – 9% (рис. 3).

Питома вага утилізованих відходів у загальному обсязі утворених коливалася від 8,4% у 2020 р. (в Україні ж у 2020 р. було утилізовано 21,7%) до 28,3% у 2010 р. (по Україні – 34,3%) і зменшилася в середньому у 3,4 рази. Що стосується відходів I-III класів небезпеки, то у 2020 р. з 1038,2 т утворених утилізовано було 82% (851,8 т). Відповідно стратегічній цілі 3 Національної економічної стратегії на період до 2030 року має бути забезпечено підвищення рівня утилізації промислових відходів до 60% [5].

Обсяг спалених відходів у 2020 р. становив 30,1 тис. т (7,6% обсягу утворених). Із загального обсягу спалених відходів 47,4% (14253,8 т) було спалено з метою отримання енергії, 52,6% (15809,1 т) – з метою теплового перероблення. Найбільше відходів в розрізі досліджуваних років було спалено у 2019 р. – 12,1% від утворених, найменше – у 2014 р. – 3,8%. Хоча в цілому частка таких відходів зменшилася у 2020 р. порівняно з 2010 р. у 1,7 разів, в окремі роки мало місце збільшення частки спалених відходів (у 2012 р. – на 6%, 2015 р. – на 14,8%), подекуди навіть дуже суттєве (у 2018 р. – на 34,5%, а у 2019 р. – на 32,9%). У 2020 р. було спалено 1,4 т відходів I-III класів небезпеки, з них 1,3 т (92,9%) з метою отримання енергії та 0,1 т – з метою теплового перероблення (рис. 4). Питома вага області в загальному обсязі спалених відходів у нашій державі склала у 2020 р. 1,65%.

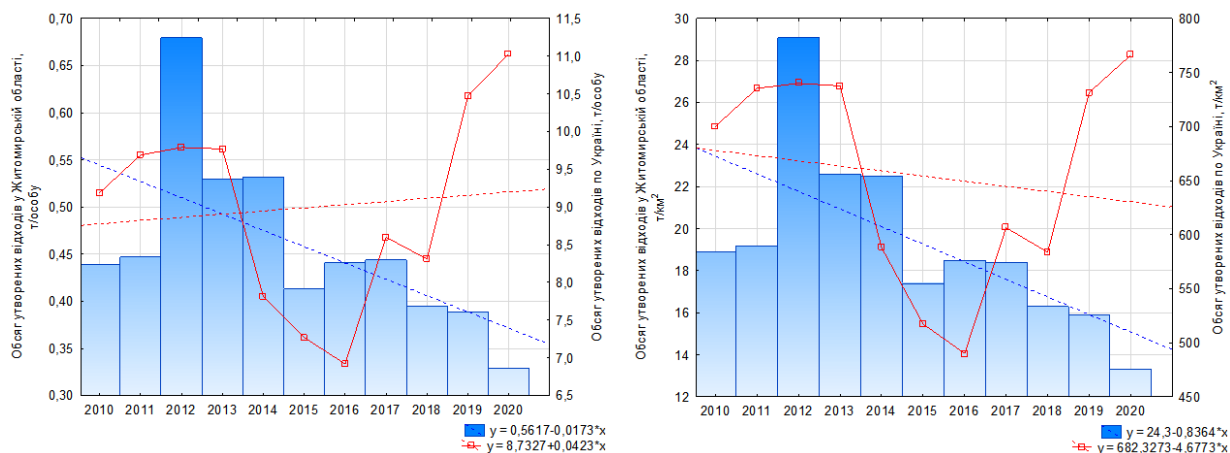


Рис. 2. Динаміка обсягу утворених відходів у Житомирській області у розрахунку на одну особу та км<sup>2</sup> території за період 2010 – 2020 рр.

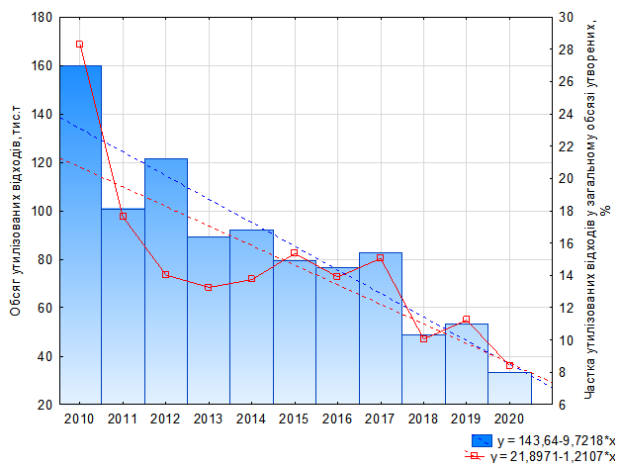


Рис. 3. Обсяг утилізованих відходів у Житомирській області

Частка утилізованих і спалених відходів відносно утворених у 2020 р. становила лише 16%. В Україні ж частка таких відходів відносно утворених у 2020 р. склала 22% при цільовому орієнтірі (п.12.4.2) 35%. Відмітимо, що зазначений показник має найменші значення за досліджуваний період.

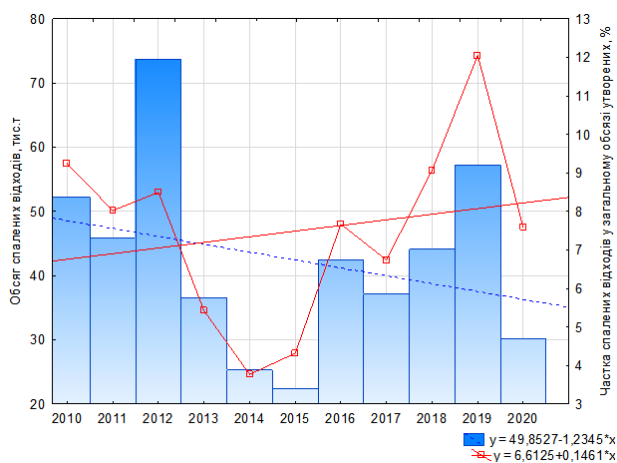


Рис. 4. Обсяг спалених відходів у Житомирській області

Значні обсяги відходів направляються на сміттєзвалища. І у 2010 р., і у 2020 р. обсяги видалених відходів у спеціально відведені місця мали практично однакові абсолютні значення – 216,3 та 224,3 тис. т відповідно. Максимальні кількості видалених відходів характерні для періоду 2011 – 2012 рр. – 314,6 та 337,6 тис. т, що перевищувало обсяг 2010 р. у півтора рази (рис. 5).

У 2020 р. були видалені наступні категорії відходів: побутові та подібні відходи – 96,64%, звичайний осад – 2,8%, інші мінеральні відходи – 0,19%, осад промислових стоків – 0,16%, відходи рослинного походження – 0,099%, шлами та рідкі відходи очисних споруд – 0,047%, деревні відходи – 0,037%, затверділі, стабілізовані або

засклянілі відходи та мінеральні відходи, що утворюються після переробки – 0,01%, змішані та недиференційовані матеріали – 0,009%, а також незначна частка текстильних відходів та відходів згоряння.

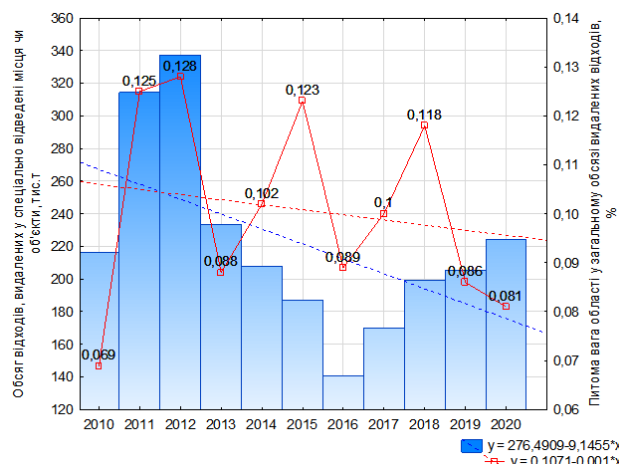


Рис. 5. Обсяги відходів, видалених у спеціально відведені місця чи об'єкти

У 2020 р. 106,4 т відходів I-III класів небезпеки було видалено у спеціально відведені місця чи об'єкти, з них 99,9% - шлами та рідкі відходи очисних, решта – текстильні відходи. Питома вага області в загальнодержавних обсягах видалених відходів становила у 2020 р. 0,08%.

Обсяг відходів, накопичених протягом експлуатації у спеціально відведених місцях у 2020 р. склав 5637,6 тис. т. Найсуттєвіше збільшення обсягу таких відходів відносно попереднього року було характерне для 2012 р. (на 7,8%) та 2016 р. (на 8,4%). За період 2017 – 2020 р. щорічне збільшення становило 2,1 – 3,4% (рис. 6).

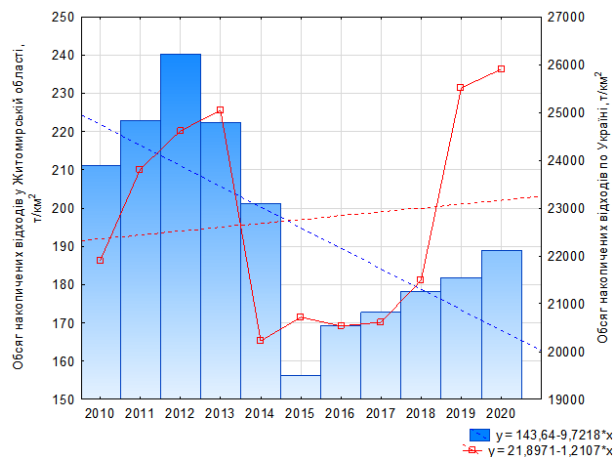


Рис. 6. Обсяги накопичених відходів у Житомирській області

Зміна обсягів накопичених відходів у розрахунку на особу та на км<sup>2</sup> території віддзеркалює динаміку аналогічних показників обсягів утворених відходів. Так, якщо у Житомирській області обсяг накопичених

відходів у розрахунку на особу та на км<sup>2</sup> території знизився у 1,1 рази, то по Україні збільшився – у 1,3 та 1,2 рази відповідно. Питова вага області в загальнодержавних обсягах накопичених відходів у 2020 р. склала 0,036%.

Відходоємність визначає виробничу безпеку країни та її окремих регіонів. Відповідно до Стратегії економічної безпеки України на період до 2025 року, критичною межею відходоємності ВВП є більше 95% рівня 2015 р., а цільовим орієнтиром є значення у 80% [6]. Відходоємність ВВП також є індикатором 12 Цілі сталого розвитку [3]. Відходоємність валового регіонального продукту Житомирської області у 2019 р. склала 78,6% рівня 2015 р., що знаходилося в межах цільового орієнтуру (рис. 7).

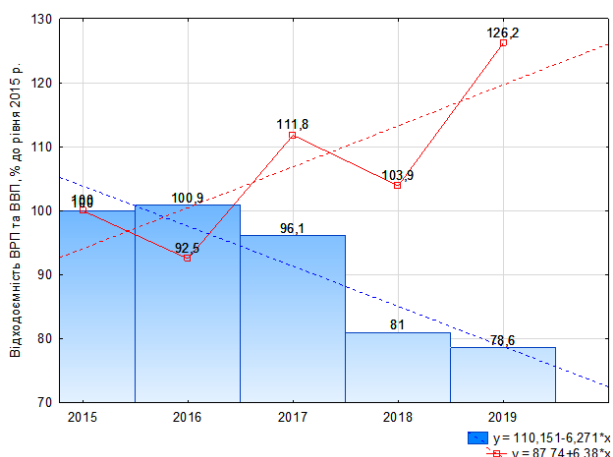


Рис. 7. Відходоємність ВВП Житомирської області

Відходоємність ВВП України у 2019 р. перевищувала як значення цільового орієнтуру, так і критичної межі, і становила 126,6% рівня 2015 р.

**Головні висновки.** Динаміка обсягів утворення, утилізації, спалювання, видалення та накопичення відходів на території Житомирської області протягом 2010 – 2020 рр. характеризується нерівномірністю. Відмічена тенденція зниження обсягів утворення відходів у 1,4 рази, їх утилізації – у 4,8 рази, спалювання – у 1,7 рази, накопичення – у 1,1 рази. Обсяги утворення та накопичення відходів у Житомирській області перевищують обсяги їх утилізації (8,4% у 2020 р. та 28,3% у 2010 р.), які значно менші за встановлені індикаторні показники. Частка утилізованих і спалених відходів відносно утворених у 2020 р. має найменші значення за досліджуваний період як у Житомирській області (16%), так і в Україні (22%) при цільовому орієнтирі 35%. Значні обсяги відходів направляються на сміттєзвалища. І у 2010 р., і у 2020 р. обсяги видалених відходів у спеціально відведені місця чи об'єкти мали практично однакові абсолютні значення – 216,3 та 224,3 тис. т відповідно, лівову частку яких (96,64%) складають побутові та подібні відходи. Обсяг накопичених відходів у Житомирській області у розрахунку на особу та на км<sup>2</sup> території знизився у 1,1 рази, в той час, як по Україні збільшився – у 1,3 та 1,2 рази відповідно. Відходоємність ВВП Житомирської області у 2019 р. склала 78,6% рівня 2015 р., що знаходилося в межах цільового орієнтуру, а ВВП України перевищувало як значення цільового орієнтуру, так і критичної межі, і становила 126,6% рівня 2015 р. Питова вага області в загальнодержавних обсягах поводження з відходами є незначною.

**Перспективами подальших досліджень** є оцінка поводження з відходами у розрізі адміністративно-територіальних одиниць Житомирської області.

### Література

1. Про відходи : Закон України від 05.03.1998 № 187/98-ВР. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/187/98-п> (дата звернення: 14.02.2021).
2. Silpa K., Lisa Y. C., Perinaz B., Frank V. W. What a Waste 2.0 : A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. Urban Development; Washington, DC: World Bank, 2018. URL: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317> (дата звернення: 14.02.2021).
3. Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року : Указ Президента України від 30.09.2019 № 722/2019. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019> (дата звернення: 14.02.2021).
4. Про схвалення Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року : Розпорядження Кабінету Міністрів України; Стратегія від 08.11.2017 № 820-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-п> (дата звернення: 14.02.2021).
5. Про затвердження Національної економічної стратегії на період до 2030 року : Постанова Кабінету Міністрів України; Стратегія від 03.03.2021 № 179. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/179-2021-п> (дата звернення: 14.02.2021).
6. Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 11 серпня 2021 року "Про Стратегію економічної безпеки України на період до 2025 року" : Указ Президента України; Стратегія від 11.08.2021 № 347/2021. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/347/2021> (дата звернення: 14.02.2021).
7. Орфанова М. М. Проблема управління та поводження з відходами у Карпатському регіоні. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2019. № 31. С. 130–138. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2019-31-12>.
8. Галаган О. К., Дух О. І., Ковалевич О. В. Поводження з відходами у місті Кременці (Тернопільська область). *Екологічні науки*. 2020. № 6(33). С. 133–137. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.6-33.20>.
9. Стрельник В.В., Ємець Н.О. До питання поводження з побутовими відходами в Сумській області. *Приватне та публічне право*. 2019. № 3. С. 64 – 67. DOI: <https://doi.org/10.32845/2663-5666.2019.3.14>.
10. Мініна О., Шадура-Никипорець Н. Дослідження регіональної специфіки процесів утворення і поводження з промисловими відходами. *Галицький економічний вісник*. 2020. № 3(64). С. 32–43. DOI: [https://doi.org/10.33108/galicianvisnyk\\_tntu2020.032](https://doi.org/10.33108/galicianvisnyk_tntu2020.032).

11. Валерко Р. А., Герасимчук Л. О. Екологічна оцінка стану сільських населених пунктів Житомирської області. *Екологічні науки*. 2020. № 6 (33). С. 96-102. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.6-33.14>.
12. Черниш Р., Бондарчук Н. Проблеми правового регулювання поводження з відходами за законодавством України. *Юридичний вісник*. 2020. №1. С. 137–142. DOI: <https://doi.org/10.32837/yuv.v0i1.1571>.
13. Балобанов О., Шпарло А. Правове регулювання поводження з відходами в Україні та ЄС. *Розвиток методів управління та господарювання на транспорті*. 2020. № 4(73). С. 67–78. DOI: <https://doi.org/10.31375/2226-1915-2020-4-67-78>.
14. Горожанкіна Ю. Проблеми реалізації державної політики у питаннях поводження з відходами. *ЛОГОС. Мистецтво наукової думки*. 2019. № 7. С. 86–88. DOI: <https://doi.org/10.36074/2617-7064.07.00.018>.
15. Колодійчук І. А. Ідентифікація факторів системи управління відходами. *Регіональна економіка*. 2019. № 3(93). С. 79–87. DOI: <https://doi.org/10.36818/1562-0905-2019-3-8>.
16. Самойлов О. О. Зарубіжний досвід управління твердими побутовими відходами. *Інвестиції: практика та досвід*. 2021. № 19. С. 45–50. DOI: 10.32702/2306-6814.2021.19.45.
17. Державна служба статистики України : офіційний веб-сайт. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 14.02.2021).
18. Головне управління статистики у Житомирській області : офіційний веб-сайт. URL: <http://www.zt.ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 14.02.2021).

## АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ УТИЛІЗАЦІЇ МУНІЦИПАЛЬНИХ ВІДХОДІВ

Крот О.П., Косенко Н.О., Левашова Ю.С., Строгіна Т.С., Лебедєва О.С.  
Харківський національний університет будівництва та архітектури  
вул. Сумська, 40, 61002, м. Харків  
nataliya1kosenko@gmail.com

На сьогодні немає однозначного і універсального методу для вибору технології знешкодження (утилізації) муніципальних відходів. Існує багато європейських методик по системі управління муніципальними відходами, які спираються на аналіз альтернатив по виділенню відходів (компостування, захоронення, утилізація, спалювання), або на аналізі варіантів розташування сміттєспалювальних підприємств. Кожен тип установки термічного знешкодження відходів має свої специфічні особливості і вимагає урахування конкретного критерію прийняття рішень. Зроблено порівняння обладнання для термічного спалювання відходів за такими факторами: найменший рівень негативного впливу на навколишнє середовище; залежність від попереднього сортування сміття; наявність подрібнення для полегшення подальшої переробки та підвищення однорідності; можливість отримання теплової та електричної енергії для різних систем використання тепла, що утворюється від спалювання побутових відходів; соціальне визнання. У роботі вперше розглянуто та запропоновано фактори, які впливають технологію термічного спалювання відходів в Україні, орієнтовну на відповідність формули R-1. Передбачається, що спалювання здійснюється з рекуперацією енергії, тобто спалювання без рекуперації енергії, єдиною метою якого є знищення відходів, не включено. Під час роботи були проаналізовані складові формули R1. Вираз має деякі невідповідності, які були розглянуті декількома дослідниками з моменту її введення. По-перше, формула не є термодинамічно коректною. При розрахунку за формулою R1 враховується ефективність використання енергії спалювання ТПВ, а не чиста вироблена енергія. Термін «вироблена енергія» відносять до валового виробництва енергії, а не до виробництва чистої енергії. З іншого боку, той факт, що електрика або тепло надходить в мережу, не обов'язково означає, що вони будуть використовуватися, враховуючи віддаленість сміттєпереробних підприємств. На основі запропонованого дослідження розкриваються сильні і слабкі сторони утилізації побутових відходів. *Ключові слова:* муніципальні відходи, багатокритеріальна оцінка, термічне знешкодження, спалювання, утилізація.

### **Analysis of environmental technologies for municipal waste disposal. Krot O., Kosenko N., Levashova Y., Strohina T., Lebedeva E.**

There is no unambiguous and universal method for choosing the technology of disposal (utilization) of municipal waste to date. There are many European methods for municipal waste management, which are based on the analysis of alternatives for waste disposal (composting, disposal, utilization, incineration, dumping of wastes) or on the analysis of options for the location of incinerators. Each type of thermal waste disposal plant has its own specific features and requires consideration of a specific decision criterion. The comparison of equipment for thermal incineration of waste is made on the following factors: the lowest level of negative impact on the environment; dependence on pre-sorting of garbage; the presence of grinding to facilitate further processing and increase homogeneity; the possibility of obtaining heat and electricity for various systems of heat generated from the incineration of household waste; social recognition. The paper considers for the first time the factors influencing the technology of thermal waste incineration in Ukraine, indicative of compliance with the formula R-1. It is assumed that incineration is carried out with energy recovery, ie incineration without energy recovery, the sole purpose of which is the destruction of waste, is not included. The components of formula R1 were analyzed during the work. The expression has some inconsistencies that have been considered by several researchers since its introduction. First, the formula is not thermodynamically correct. When calculating according to the formula R1, the efficiency of solid waste combustion energy is taken into account, not the net energy produced. The term "energy produced" refers to the gross production of energy, not to the production of clean energy. On the other hand, the fact that electricity or heat enters the grid does not necessarily mean that they will be used given the remoteness of recycling plants. Based on the proposed study, the strengths and weaknesses of household waste disposal have been revealed. *Key words:* municipal waste, multi-criteria assessment, thermal neutralization, incineration, utilization.

**Постановка проблеми.** Для знешкодження, видалення або утилізації муніципальних відходів в усьому світі існує безліч технологій. Розроблені методи і моделі для опису цих технологій. Роль термічного знешкодження відходів у цих процесах досить суперечлива з екологічної точки зору. Сьогодні є багато дослідницьких груп, компанії, організації тощо, які зробили свій висновок і дали відповідну оцінку, чи можна спалювати відходи. За останні 20-30 років кілька дослідницьких груп аналізували вплив спалювання на довкілля порівняно з іншими видами поводження з відходами. Результати системних дослі-

джень розрізняються, хоча вони були ретельно проведені і вважаються об'єктивними. Водночас багато тематичних досліджень показують, що спалювання є важливим засобом скорочення кількості утворених відходів та вирішення інших завдань (наприклад, скорочення потреби у звалищах), інші показують протилежне. Очевидно, що існують відмінності у вхідних даних для цих досліджень (морфологічний склад відходів, межі систем, методи тощо), які можуть пояснити відмінності в кінцевих результатах.

**Актуальність дослідження.** В Україні склалася критична ситуація по своїй масштабності

й актуальності у наслідок перенакопичення полігонів твердих побутових відходів (ТПВ). Значна кількість полігонів не відповідає природоохоронним та санітарним вимогам, безконтрольне зберігання сміття в непризначених для цього місцях спричиняє серйозне забруднення навколишнього середовища, ступінь якого залежить від складу ТПВ, їх кількості, клімату та інших факторів. У свою чергу склад залежить від специфіки регіону, його кліматичних особливостей, наявності поблизу промислових підприємств і соціального рівня населення. З іншого боку існує проблема дефіциту горючих корисних копалин (газу, нафти та вугілля). Побутові відходи можуть бути альтернативним джерелом енергії, які знаходяться у величезній кількості та не потребують видобутку. Впровадження сучасних технологічних рішень термічного знешкодження побутових відходів з отриманням теплової та електричної енергії з нульовим впливом на навколишнє середовище досить актуальне питання.

**Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями.** Тематика дослідження відповідає основним напрямкам наукової діяльності кафедри безпеки життєдіяльності та інженерної екології Харківського національного університету будівництва та архітектури. Деякі питання орієнтовані на «Національну стратегію управління відходами в Україні до 2030 року», а саме: розвиток роздільного збирання та перероблення відходів для підвищення ефективності використання природних ресурсів і переходу до сталої економіки; будівництво стаціонарних потужностей з термічної утилізації відходів, у тому числі з отриманням енергії.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Європейський Союз має чітке завдання в системі управління відходами. Його довгострокова мета - стати суспільством з переробки відходів, мінімум утворення відходів та використання їх як енергетичний ресурс. Щороку Конфедерація європейських заводів із переробки відходів в енергію «Confederation of European Waste-to-Energy Plants» (CEWER) публікує карту європейських заводів з виробництва енергії з відходів на основі даних, отриманих від членів CEWER та національних джерел. Карта представлена на рис.1, синій колір – це заводи, що працюють в Європі, які перетворюють відходи в енергію (не враховуючи заводи для спалювання небезпечних відходів). Червоний колір – відходи термічно оброблені на заводах у мільйонах тонн. Дані надані членами CEWER та національними джерелами. Прикладом екологічності підприємства по спалюванню відходів є Amager Resource Center, який розташований у місті Копенгаген (Данія). Уся промислова зона, у тому числі підприємство, використовуються для паркової та спортивної зон (рис. 2).



Рис. 1. Перетворення відходів на енергію в Європі [1]

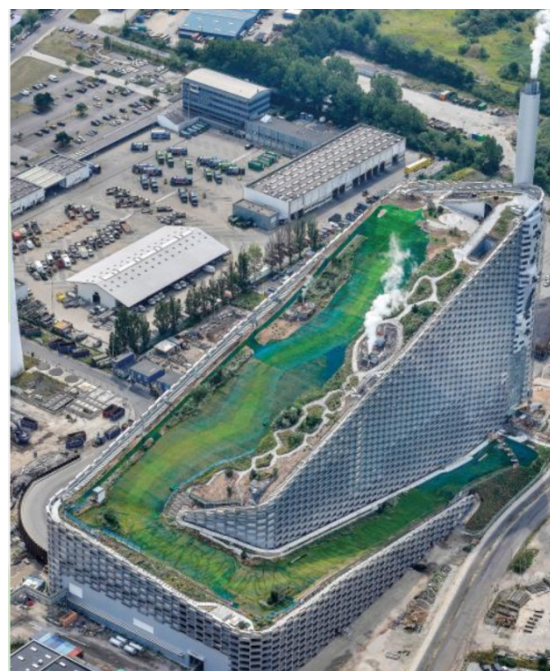


Рис. 2. Сміттєспалювальне підприємство у Копенгагені [2]

Автори [3] провели досконалий аналіз 20 міст різних країн, з різним кліматом, географічним походженням та економічним рівнем. Дослідження підтверджують, що неможливо чітко визначити «кращу» або «досконалішу» технологію для вирішення проблеми утилізації або переробки відходів. Будь-яка запропонована технологія має пройти ряд дуже строгих випробувань, а саме: оцінка морфологічного складу відходів; оцінка конкурентоспроможності конкретної технології у порівнянні з існуючою; доступність технології місцевій спільноті; рівень розвитку система

управління відходами. Виходячи з досвіду авторів [3], складні технології переробки відходів в енергію у більшості країн із середнім чи низьким рівнем доходів у середньостроковій перспективі можуть не отримати достатнього розвитку.

У світі користується величезною повагою Голландська система управління відходами [4]. Якоюсь мірою, національна політика управління відходами в Нідерландах останніми роками навіть вплинула на деякі європейські політики. В останні десятиліття, як і деякі інші розвинені країни, Нідерланди зіткнулися з проблемами збільшення матеріального споживання, відсутності фізичного простору та погіршення довкілля. У результаті уряд вирішив скоротити поховання відходів. Тому положення Нідерландів у галузі управління відходами може бути віднесене до загальнонаціональних зусиль щодо створення чітко визначеної національної політики у галузі управління відходами з кількісними цільовими показниками, а також із комплексною інфраструктурою обробки відходів. Було впроваджено контроль над процесами накопичення ТПВ, заборонено пряме видалення змішаних комунальних відходів на звалища та збільшено використання відходів до 86%.

Автори дослідження [5] розробили та оцінили показники екологічної ефективності системи поводження з відходами по таким країнам як Болгарія, Кіпр, Естонія, Греція, Литва та Словенія. Більшість країн, зберегли свої показники ефективності, і лише Чеська Республіка, Фінляндія, Ірландія, Мальта, Румунія та Словенія трохи покращили свої показники. У той же час можна помітити, що більшість країн мають вищі показники екологічної ефективності порівняно з минулими роками. Ці показники екологічної ефективності показують, що перехід до переробки відходів в енергію має дві основні мети, а саме: достатнє та стійке виробництво енер-

гії та ефективне оброблення ТПВ. Використання відходів для отримання енергії одночасно вирішує проблеми попиту на енергію, забезпечує управління відходами та викидами парникових газів, забезпечує надійну поставку енергії за розумними цінами для підприємств та споживачів та з найменшими екологічними ризиками.

У роботі [6] було зроблено оцінка енергетичного потенціалу ТПВ у місті Гавані. Середня низька теплотворна здатність відходів складала 7,74 МДж/кг і була отримана за допомогою різних моделей. Кількість викидів та енергії були визначені з масового та енергетичного балансів. Коефіцієнт R1 був вищим за 0,65, що свідчить про те, що завод з переробки відходів в енергію в Гавані можна розглядати як метод рекуперації енергії..

Країни з обмеженими природними ресурсами мають виявляти інтерес до повторного використання ресурсів. ТПВ є альтернативним джерелом енергії, яке не вимагає видобутку, транспортування та є невичерпним. Близько 250 мільйонів тонн твердих побутових відходів щорічно піддаються термічній обробці для виробництва електроенергії і тепла. Було побудовано 250 об'єктів які перетворюють відходи в енергію «Waste-to-energy» (WTE) протягом перших 15 років XXI століття, в основному в Європі й Східній Азії (рис.3).

Щодо питання екологічності спалювання відходів, завод з переробки відходів в енергію площею 41 000 м<sup>2</sup> з міським центром відпочинку та центром екологічної освіти у Копенгагені, відкриває нове покоління заводів з переробки відходів в енергію. На даху заводу розташовано лижний спуск, пішохідну стежку та стіна для скелелазіння. Метою Копенгагена – є стати першим у світі містом з нульовим викидом вуглецю.

**Виділення невіршених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття.**

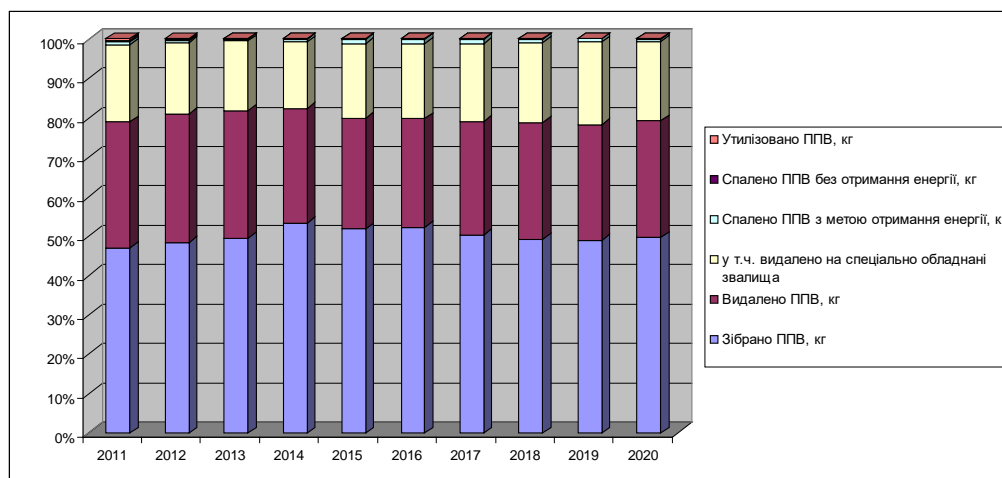


Рис. 3. Поводження з побутовими та подібними відходами за 2011-2020 роки у розрахунку кг відходів на одну особу



Протягом останніх 20-30 років кілька дослідницьких груп аналізували вплив термічного знешкодження відходів на навколишнє середовище, порівняно з іншими варіантами обробки та видалення відходів. Розроблено методи та моделі опису цих систем. Дослідження проводилися на місцевому, регіональному та національному рівні з використанням широкого спектру різних підходів до моделювання. Представлені результати та пропозиції щодо покращення технології термічного знешкодження. Залишається невирішеним питання відповідності технології термічного знешкодження муніципальних відходів міст України до Рамочної Директиви Європейського Союзу 2008/98/ЕС.

**Новизна.** У роботі вперше розглянуто та запропоновано фактори, які впливають технологію термічного спалювання відходів в Україні, орієнтовну на відповідність формули R-1. Передбачається, що спалювання здійснюється з рекуперацією енергії, тобто спалювання без рекуперації енергії, єдиною метою якого є знищення відходів, не включено.

#### Методологічне значення.

Рамочна Директива про відходи [7] введена в дію у 2008 році й визначає спалювання муніципальних відходів як операцію по відновленню, за умови, що вони відповідають певним критеріям. Метою цього визначення є сприяння використанню відходів для виробництва енергії в енергоефективних сміттєспалювальних установках і заохочування інновацій у термічне знешкодження відходів.

Згідно з Рамковою Директивою сміттєспалювальну установку для відновлення енергії характеризує так звана "Формула R1" – «відходи використовувати головним чином в якості палива або інших засобів для вироблення енергії». До таких установок відносять установки для спалювання, призначені для переробки твердих побутових відходів тільки у випадку, якщо їх ефективність використання енергії дорівнює або перевищує: 0,60 – для установок, що експлуатуються і пройшли перевірку на відповідність директиві [7] до 1 січня 2009 року та 0,65 – для установок, дозволених після 31 грудня 2008 року. Розглянемо основні складові формули для розрахунку енергоефективності. Відповідно до Додатка II Рамкової Директиви про відходи [7]. Для розрахунку енергоефективності пропонується використовувати «формулу R1»:

$$R1 = \frac{E_p - (E_f + E_i)}{0,97(E_w + E_f)} \quad (1.1)$$

де  $E_p$  – це кількість енергії, виробленої сміттєспалювальних установкою щорічно у вигляді електроенергії і тепла, в [ГДж/рік] або [МВт\*годину/рік].

Для обчислення  $E_p$  використовується два фактора еквівалентності, як визначено в документі [15]. Кількість виробленої електроенергії  $E_{el}$  множиться на "2,6", тоді як кількість тепла - на "1,1"  $E_{th}$ . Фактор "2,6" для електрики заснований на середньому європейському коефіцієнті вугільних установок з 38%, що означає потребу в енергії 2,6 кВт\*годин для виробництва одного кВт\*години електроенергії. Фактор "1,1" для генерованого тепла заснований на середньому європейському коефіцієнті теплових установок 91%. Отже,  $E_p$  розраховується наступним чином:

$$E_p = 2,6 \cdot E_{el} + 1,1E_{th} \quad (1.2)$$

$E_f$  – це кількість енергії, яка щорічно імпортується в систему. Це ефективна енергія від спалювання відходів, а також від використання звичайних видів палива для розігріву, в [ГДж/рік] або [МВт\*годину/рік]. Для розрахунку  $E_f$  (1.3) повинна бути обчислена чиста теплотворна здатність палива  $Q_i$ , в [кДж/кг] і розрахована кількість палива  $m$ , яке використовується для запуску і зупинки процесу спалювання, включаючи паливо для підтримки необхідних температур з використанням допоміжних пальників:

$$E_f = \sum_{i=1}^n m_{f,i} \cdot Q_i \quad (1.3)$$

$E_w$  – це річна енергія, що міститься в оброблених відходах у [ГДж/рік] або [МВт\*годин/рік], розрахована з використанням чистої теплотворної здатності ТПВ  $Q_w$  та щорічного притоку відходів  $M_w$ :

$$E_w = M_w \cdot Q_w \quad (1.4)$$

$E_i$  – це щорічно імпортована енергія, крім  $E_w$  і  $E_f$  у [ГДж/рік] або [МВт\*годин/рік], яка складається з постачання електроенергії, пари або гарячої (охолодженої води) тощо, що необхідні для ефективної роботи установки.

0,97 - це фактор, який кількісно визначає втрати енергії внаслідок випромінювання і зольності.

Теплотворну здатність відходів було розраховано за емпіричною формулою Менделєєва [8]. Нижча теплота згоряння ТПВ на робочу масу складає 16466 кДж/кг.

**Викладення основного матеріалу.** При виборі технології утилізації відходів спираються на їх властивості, швидкість генерації та на відсотковий вміст різних фракцій відходів. Цей параметр називають морфологічним складом відходів і визначають шляхом сортування та визначення масової частки кожної фракції окремо. Основні компоненти ТПВ представлені в таблиці 1. Для розрахунку було використано середні зведені дані морфологічного складу відходів міста Харкова.

Таблиця 1

#### Морфологічний склад відходів, %

Найменування компонентів ТПВ						
Харчові відходи	Папір, картон	Пластик	Скло	Чорні, кольорові метали	Текстиль, деревина	Залишок
42,78	14,35	7,76	7,74	2,9	5,2	19,27

Наведемо приклад розрахунку за так званою формулою  $RI$  установки, яка містить: системи прийому, транспортування і завантаження сміття, подачі палива, подачі лужного розчину, обертову піч, систему газівідного тракту, системи видалення, транспортування шлаку і уловленої пилу, теплоутилізаційну станцію, компресорну станцію, водопідготовчу установку, систему контролю і керування. Установка є традиційною, наприклад, для Харківської області: продуктивністю 1000 кг/годину, за умови виробництва електроенергії 25 кВт·год за годину, середня теплотворна здатність відходів 6476,832 кДж/кг при вологості 60%, використання додаткового дизельного палива 20 кг/год, питома витрата електроенергії 70кВт/год.

$$RI = \frac{E_p - (E_f + E_i)}{0,97(E_w + E_j)} = \frac{(43536 \cdot 1,1 + 7884 \cdot 2,6) - (7533 + 22075)}{0,97(57000 + 7533)} = 0,62. \quad (1.5)$$

**Проблеми з формулою  $RI$ .** 1. Клімат - використання тепла замість електрики значно збільшує значення  $RI$ . Здатність установки використовувати тепло, що виділяється, багато в чому залежить від клімату. Наприклад, значення градусоденного опалення (HDD) – кількісні показники, що відображають потребу в енергії для обігріву будинків та підприємств – сильно різняться по Європі: у Португалії – 1007,58, а у Фінляндії – 4871,03.

2. Розташування - установка, розташована в сільській місцевості, навряд чи зможе ефективно використовувати тепло, що виробляється. Однак промислові райони незмінно є споживачами тепла, тому підприємства, розташовані у міських чи промислових районах, мають набагато більшу ймовірність знайти клієнта тепла та покращити свій рейтинг  $RI$ .

#### Головні висновки.

Під час роботи були проаналізовані складові формули  $RI$ . Вираз має деякі невідповідності, які були розглянуті декількома дослідниками з моменту її введення. По-перше, формула не є термодинамічно коректною. При розрахунку за формулою  $RI$  враховується ефективність використання енергії спалювання ТПВ, а не чиста вироблена енергія. Термін «вироблена енергія» відносять до валового виробництва енергії, а не до виробництва чистої енергії. З іншого боку, той факт, що електрика або тепло надходить в мережу, не обов'язково означає, що вони будуть використовуватися,

враховуючи віддаленість сміттєпереробних підприємств. У визначенні членів  $E_f$  і  $E_w$  існує кілька двозначностей.  $E_p$  розраховується з використанням енергії у вигляді електрики, помноженої на “2,6”, і тепла, виробленого для комерційного використання, помноженого на “1,1”. Але коефіцієнти “2,6” і “1,1” не мають термодинамічного сенсу (як і коефіцієнт “0,97”). При виробництві теплової та електричної енергії (основні складові, що збільшують значення  $RI$ ), використовуються обладнання, в якому тепло від газів передається через стінку. Відомо, що теплопередача через стінку малоефективна і тому гази після теплоутилізаційного обладнання мають високу температуру. Тому у формулі енергоефективності доцільно було б враховувати коефіцієнт використання енергії спалювання відходів на промислові технології, наприклад при виробництві будівельних матеріалів. Крім того, великі підприємства мають більший рейтинг  $RI$  по спалюванню сміття (потужністю більше 100 000 т/рік).

Таким чином, надійний підхід має бути критичним та творчим, необхідно почати з існуючих сильних сторін міста та спиратися на них та залучити всі зацікавлені сторони до розробки своїх власних місцевих моделей. Навчання один у одного у глобальній спільноті практиків дає можливість «вибирати і змішувати», приймати та адаптувати рішення, які працюють у конкретній місцевій ситуації. Якщо місто знаходиться на ранній стадії модернізації своєї системи поводження з твердими відходами, то важливо проаналізувати те, що вже працює, і проектувати (будувати) спираючись на це, а не починати з нуля. Ключовим моментом тут є визначення простих, відповідних і доступних рішень, які можна впроваджувати поступово, надаючи мешканцям найкращу систему, яку вони можуть собі дозволити. Перший крок повинен включати поширення збору с сортуванням на все місто та поступову відмову від відкритих звалищ шляхом їх заміни місцями контрольованого поховання. Також необхідно зосередити увагу на пронаращування існуючих темпів рециклінгу та життя заходів щодо стримування зростання відходів.

**Перспективи використання результатів дослідження.** Результати досліджень можуть бути використані для розроблення рекомендацій для промислового впровадження стратегії отримання енергії з муніципальних відходів.

#### Література

1. Kapra Waste-to-Energy Plants in Europe in 2017. <https://www.cewep.eu/waste-to-energy-plants-in-europe-in-2017/> Last update: 25/04/2019.
2. Activity area top waste energy plant. Photo: Dragor Luftfoto. <https://iaks.sport/news/activity-area-top-waste-energy-plant>.
3. Wilson D.C., Rodic L., Scheinberg A. Comparative analysis of solid waste management in 20 cities. *Waste Management & Research*. 2012. № 30(3), 7. P. 237- 254. doi: 10.1177/0734242X12437569
4. Dijkgraaf E., Gradus R. Waste management in the Netherlands. *Handbook on waste management*. 2014. P. 287-315.
5. Halkos G., Petrou Kleoniki N. Analysing the Energy Efficiency of EU Member States: The Potential of Energy Recovery from Waste in the Circular Economy. *Energies*. 2019. Vol. 12(19). P. 1-32.
6. Llanes J. L., Kalogirou E. Waste-to-Energy Conversion in Havana: Technical and Economic Analysis. *Social and Economic Aspects of Waste Management 2019*. (4), 119. P.1-17.
7. Waste Framework Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council on waste. 2008-11-22. Official Journal of the European Union, 2008. P. L312/3–30.
8. Ильиных Г. В. Оценка теплотехнических свойств твердых бытовых отходов исходя их морфологического состава. *Вестник ПНИПУ. Урбанистика*. 2013. № 3. С. 125-136.

---

# ЗМІНА КЛІМАТУ

---

УДК 633.352

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.1-40.21>

## ВПЛИВ ЗМІН КЛІМАТУ НА ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЮ ВИКИ ЯРОЇ В ЗАХІДНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Вольвач О.В., Колосовська В.В., Данілова Н.В., Барсукова О.А., Костюкєвич Т.К.

Одеський державний екологічний університет

вул. Львівська 15, 65016, м. Одеса

rada.d.4109001@gmail.com, v.kolosov@ukr.net, nataliadanilova0212@gmail.com,

lena5933@ukr.net, kostyukevich1604@i.ua

Наслідки змін клімату для сільського господарства досить суттєві: прогнозується, що до 2030 рр. у різних куточках планети теплий період збільшиться на 15-23 доби, а сума ефективних температур, вища за 5°C збільшиться на 435-480°C. На сьогодні в Україні спостерігається підвищення температури на 1-1,5°C, поступово наближуючись до 2°C. Вже майже не лишилось територій з обмеженим термічним режимом для вирощування теплолюбних культур.

Досить актуальним для сільського господарства є вирішення проблеми щодо збільшення виробництва рослинного білка. Найбільшим джерелом повноцінного білка є зернобобові культури, серед яких важливе значення має вика яра. Яра вика – найпоширеніша бобова однорічна культура в районах Лісостепу. Широка біологічна пластичність, високі кормові переваги кормової маси, сіна, зерна і соломи вики ярої забезпечують можливість різноманітного використання її в сільськогосподарських підприємствах: зелений корм, зерно, трав'яне борошно, сіно та силос. Потенціал продуктивності вики складає близько 4,0-5,0 т/га зерна, в якому міститься 26-35 % білка. Високі кормові якості забезпечуються не лише наявністю білків, а й вітамінами та мінеральними солями, на які яра вика також багата. Вика дає урожай зерна 25–32 ц/га і нагромаджує у ґрунті до 50–80 кг/га азоту. Вику широко вирощують в усіх зонах України. Однак, площі її посіву у зв'язку з низькою урожайністю зерна скорочуються, інтерес до цієї культури втрачається, недостатньо вивчаються елементи технології, процеси росту і розвитку культур. Вирішити ці проблеми можна шляхом вдосконалення елементів технології вирощування вики ярої, які б сприяли збільшенню її продуктивності. На думку вчених, необхідно впроваджувати сорти нового покоління, які характеризуються стійкістю проти біотичних та абіотичних факторів, високою продуктивністю [13]. Метою дослідження являється оцінка агрокліматичних умов вирощування культури вики ярої в умовах змін клімату. Для дослідження було використано сценарій можливих змін клімату RCP 4.5. В результаті виконаного дослідження виявлено особливості в динаміці урожайності вики ярої за період, визначено особливості розподілу можливих урожаїв різної забезпеченості, проведено аналіз впливу можливих змін клімату на агрокліматичні умови вирощування та урожайність вики ярої. *Ключові слова:* вика яра, агрокліматичні умови, зміна клімату, базовий період, потенційний урожай, сценарій RCP 4.5.

**The influence of climate change on the formation of the vyka spring harvest in the western forest steppe of Ukraine. Volvach O., Kolosovska V., Danilova N., Barsukova E., Kostyukievych T.**

The consequences of climate change for agriculture are quite significant: it is projected that by 2030 in different parts of the world the warm period will increase by 15-23 days, and the sum of effective temperatures above 5°C will increase by 435-480°C. Today in Ukraine there is an increase in temperature by 1-1.5°C, gradually approaching 2°C. There are almost no areas left with limited thermal regime for growing heat-loving crops.

Solving the problem of increasing vegetable protein production is quite important for agriculture. The largest source of complete protein is legumes, among which the use of spring is important. Spring vetch is the most common annual legume in the Forest-Steppe regions. Extensive biological plasticity, high fodder advantages of fodder mass, hay, grain and spring vetch straw provide the opportunity for its various uses in agricultural enterprises: green fodder, grain, grass meal, hay and silage. The productivity potential of vetch is about 4.0-5.0 t/ha of grain, which contains 26-35% protein. High fodder qualities are provided not only by the presence of proteins, but also by vitamins and mineral salts, for which spring vetch is also rich. Vika gives a grain yield of 25-32 kg / ha and accumulates up to 50-80 kg/ha of nitrogen in the soil. Vick is widely grown in all areas of Ukraine. However, due to low grain yields, the area under crops is declining, interest in this crop is being lost, and elements of technology, growth and development processes are insufficiently studied. These problems can be solved by improving the elements of the technology of growing vetch spring, which would increase its productivity. According to scientists, it is necessary to introduce new generation varieties that are characterized by resistance to biotic and abiotic factors, high productivity. The aim of the study is to assess the agro-climatic conditions of growing spring crops in the context of climate change. The scenario of possible climate change RCP 4.5 was used for the study. As a result of the study, the peculiarities in the dynamics of spring vetch yield for the period were identified, the peculiarities of the distribution of possible yields of different security were determined, the impact of possible climate change on agro-climatic growing conditions and spring vetch yield was analyzed. *Key words:* spring yield, agroclimatic conditions, climate change, base period, potential yield, RCP scenario 4.5.

**Постановка проблеми.** Зміна клімату – одна з головних проблем всього світу. Наслідком глобального потепління для сільського господарства є скорочення виробництва аграрної продукції у зв'язку із зниженням урожайності сільськогосподарських культур. Найбільш небезпечні наслідки – «надзви-

чайні ситуації»: сильні засухи, шторми, аномально спекотні дні та інше [2]. Для забезпечення більш високих урожаїв сільськогосподарських культур необхідно оцінити агрокліматичні умови вирощування культур, а також дати оцінку урожайності в умовах змін клімату.

**Актуальність дослідження.** Однією з перспективних, але недостатньо вивчених культур в біологічному і господарському відношенні є вика яра. Це одна з високопродуктивних, скоростиглих культур. Вика – найпоширеніша бобова однорічна культура в районах Лісостепу. Широка біологічна пластичність, високі кормові переваги кормової маси, сіна, зерна і соломи вики ярої забезпечують можливість різноманітного використання її в сільськогосподарських підприємствах.

Яра вика – одна з найважливіших кормових рослин в районах достатнього зволоження. Вика дає дуже поживний і легко засвоюваний корм, який охоче поїдається всіма сільськогосподарськими тваринами. Сіно, зелена маса і особливо зерно вики дуже багаті білком. У насінні вики близько 35% білка та 2 % жиру. Високими кормовими якість володіє і викове соломка: вона містить близько 7% білка та 2% жиру.

Вики яру широко вирощують в усіх зонах України. В Лісостеповій зоні рівень урожайності сорту Євгена становить 28 ц/га, сорту Ярослава – 31 ц/га. В середньому по Україні рівень урожайності вики ярової коливається в межах 18-26 ц/га. За сучасної технології вирощування посівів можна збільшити урожай культури на 15-30 %.

**Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями.** Тема дослідження відповідає основним напрямкам наукової діяльності кафедри агрометеорології та агроекології Одеського державного екологічного університету і виконувалась в рамках науково-дослідних тем: «Розробка методу оцінки агроекологічних умов формування продуктивності зернобобових в Україні», «Оцінка впливу змін клімату на поновлювальні та невичерпні природні ресурси України».

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Вивченням даної проблеми на протязі багатьох років займаються в усьому світі. В Західному Китаї вчені провели серію досліджень щодо вивчення впливу підвищення температури на урожайність бобових культур. Дослідження показали, що при підвищенні температури на 0,5 °C урожайність збільшується на 10-17 %, а при підвищенні температури на 1,5-2°C – знижується на 38-90 % [4].

Вчені центральної та північної Уганди проводили дослідження щодо впливу стратегій адаптації до зміни клімату на продуктивність бобових культур. Було проведено моделювання впливу адаптації за допомогою інструментальних змінних і підхід функції контролю через потенційну ендогенність рішення про адаптацію. Рушійні сили прийняття двох обра-

них стратегій адаптації були неоднорідними. На інтенсивність адаптації вплинули фактори, що залежать від місця розташування [5, 6].

В Танзанії проводяться дослідження стосовно впливу зміни клімату на виробництво зернобобових. У цьому дослідженні використовувався Рікардіанський підхід для оцінки впливу мінливості температури та кількості опадів на чистий дохід від зернобобових культур. Підвищення температури збільшило чистий дохід від виробництва бобових у верхніх районах басейну [7].

В Новій Зеландії вченими було розроблено модель прогнозу урожайності, в якій розраховувались такі показники, як випаровуваність, вологозабезпеченість, тривалість міжфазних періодів, кількість поливів, кількість днів з посухою. Використовуючи дану модель можна отримати найвищі показники врожайності вики на даній території [9].

Вчені Латинської Америки вивчали реакції урожайності бобових на зміну клімату. Розглядався період з 1980 по 2005 рр. та сценарій змін клімату RCP 2.6 та 8,5 за період 2020 – 2045 рр., застосувалась модель CSM-CROPGRO-DRY BEAN. Результати досліджень показали, що при взаємодії температури та CO<sub>2</sub>, істотно змінюється рівень урожайності [12].

Вченими Єгипту проводилися дослідження впливу змін клімату на урожайність вики. Метою дослідження була оцінка впливу змін клімату на урожайність вики та вивчення можливих варіантів подолання негативних дій. Система DSSAT представляє собою імітаційну модель, яка порівнює значення спостережень, отримані в результаті експерименту, з передбаченими моделлю. [10] Автори DSSAT моделювали параметри врожаю вики в поточних умовах з різницею від 0,4 до 0,7% в порівнянні з фактичною врожайністю.

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття.** В наш в багатьох країнах світу проведено багато досліджень стосовно культури вики ярої: виявлені морфологічні особливості, агротехнічні вимоги вирощування. Незважаючи на досить велику кількість досліджень, питання оцінки умов вирощування культури за умов зміни клімату залишається й досі відкритим. Тому, виникає потреба у вивченні впливу агрокліматичних умов формування врожаю вики ярої в Західному Лісостепу та визначенні впливу можливих змін клімату на майбутні врожаї.

**Методологічне або загальнонаукове значення.** Дослідження впливу змін клімату на агрокліматичні умови вирощування та урожайність вики ярої стосовно досліджуваної території проводилися методом порівняння показників за базових умов, тобто період 1990-2010 рр., з сценарними варіантами. Для оцінки можливих змін клімату нами були використані дані за сценарієм RCP 4.5 (Репрезентативні траєкторії концентрацій – Representative Concentration Pathways) за період 2021-2050 рр. Репрезентативні

траєкторії концентрацій – сценарії, які включають часові ряди викидів і концентрацій всього набору парникових газів, аерозолів і хімічно активних газів. Досліджувалися такі сценарні періоди: 2011-2030 та 2031-2050 рр.

Для розрахунків агрокліматичних показників вегетаційного періоду культури за багаторічний період застосована інформація з агрокліматичних довідників [1]. Оцінка впливу змін клімату на продуктивність вики ярої виконана на основі математичної моделі оцінки агрокліматичних ресурсів формування продуктивності сільськогосподарських культур А.М. Польового [3]. Для ідентифікації параметрів моделі формування врожаю сільськогосподарських культур стосовно культури було використано дані спостережень на мережі гідрометеорологічних станцій Гідрометеорологічної Служби України та Державної служби із надзвичайних ситуацій України, а також дані літературних джерел. Вплив змін клімату на формування продуктивності вики ярої розглядався за умов сучасної агротехніки та сучасних сортів.

**Виклад основного матеріалу.** Динаміка надходження ФАР за вегетаційний період вики ярої та прирости сухої маси врожаїв за базовий період (1990-2010 рр.) представлено на рис.1. На початку вегетаційного періоду культури надходження ФАР становить 174 кал/(см<sup>2</sup>добу), поступово зростаючи набуває максимальних значень у шостій декаді вегетації – 248 кал/(см<sup>2</sup>добу). З сьомої по восьму декади розвитку надходження ФАР починає поступово зменшуватись і в кінці вегетації складає 240 кал/(см<sup>2</sup>добу).

Співставляючи ФАР з величиною потенційного врожаю культури, бачимо, що відповідно надходженню ФАР змінюються і прирости потенційного врожаю (ПВ). На початку вегетації приріст сухої маси ПВ становить 48 г/м<sup>2</sup>дек., досягає найбільшого значення 144 г/м<sup>2</sup>дек. у шосту декаду вегетації, наприкінці вегетації знижується до 37 г/м<sup>2</sup>дек.

Температура, значення якої відповідає максимальній продуктивності культури, називається оптимальною (ТОР). Ця температура має нижню (ТОР1) та верхню (ТОР2) межу. Оптимальна для фотосинтезу температура повітря змінюється впродовж всього періоду вегетації культури.

За нашими дослідженнями оптимальний діапазон температур для вики коливається у межах 6,5–20,6°C. Нижня межа температурного оптимуму починається з 6,8 °C, досягає максимуму 16,2°C у дев'яту декаду. Верхня межа температурного оптимуму починається з 13,2°C, поступово зростає до 18,6°C в дев'яту декаду вегетації. Протягом всієї вегетації середньодекадна температура була на 2,6-4,5°C вище за нижню оптимальну межу.

Сумарне випаровування ( $E_{\phi}$ ) посіву на початку вегетації складає близько 15 мм. Сумарне випаровування посіву зростає в міру наростання температури повітря та рослинної маси і з 3 по 9 декаду вегетації коливається у межах 21-30 мм.

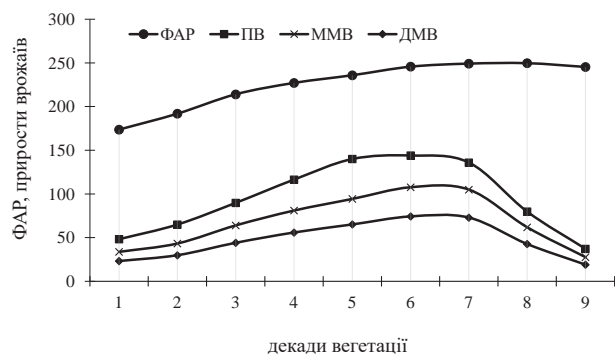


Рис. 1. Динаміка ФАР (кал/см<sup>2</sup>добу) та прирости сухої маси врожаїв (г/м<sup>2</sup>дек) вики ярої за базовий період

Метеорологічно можлива врожайність будь-якої культури (ММВ) є інтегральною характеристикою агрометеорологічних умов вирощування. На початку вегетації приріст ММВ складає 31 г/м<sup>2</sup>декаду. Починаючи з другої декади вегетації прирости кожної декади збільшуються і досягають максимального значення 110 г/м<sup>2</sup>декаду у шосту-сьому декади. Потім прирости поступово знижуються і в останні три декади вегетації ріст практично припиняється.

Аналіз приростів дійсно можливої врожайності посівів культури показав, що в першу декаду вегетації приріст ДМВ не перевищує 23 г/м<sup>2</sup>, потім протягом вегетації він поступово зростає і його максимальне значення у шосту – сьому декади вегетації становить 74 г/м<sup>2</sup>. Після сьомої декади приріст суттєво падає, а останні дві декади вегетації росту також практично не відбувається.

На рис. 2 представлена динаміка надходження ФАР за вегетаційний період вики ярої та прирости сухої маси врожаїв за перший сценарний період (2011-2030 рр.). Можна бачити, що динаміка декадного ходу ФАР протягом вегетаційного періоду культури за перший сценарний період повністю співпадає з базовою.

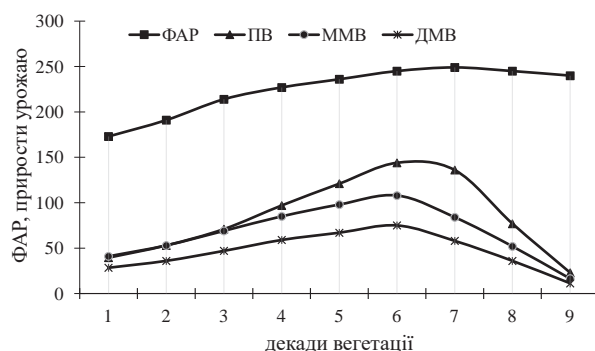


Рис. 2. Динаміка ФАР (кал/см<sup>2</sup>добу) та прирости сухої маси врожаїв (г/м<sup>2</sup>дек) вики ярої за перший сценарний період

На початку вегетації приріст сухої маси ПВ становить 35 г/м<sup>2</sup>декаду, досягає найбільшого значення 147 г/м<sup>2</sup>декаду у шосту декаду вегетації. З сьомої декади він починає зменшуватись і в кінці вегетації становить 37 г/м<sup>2</sup>дек.

мої до дев'ятої декади поступово знижується до 24 г/м<sup>2</sup> декаду.

Оптимальний діапазон температур для вики коливається у межах 6,7-20,9°C. Максимальних значень середня за декаду температура повітря набуває в дев'яту декаду вегетації 21,3°C. З четвертої по дев'яту декаду вегетації включно середньодекадна сценарна температура повітря перевищує верхню оптимальну межу на 0,3-2,8°C.

Сумарне випаровування посіву на початку вегетації складає 18 мм. Сумарне випаровування посіву зростає протягом 2-8 декад вегетації і коливається від 20 до 35 мм, зменшуючись в останню декаду вегетації до 30 мм. Потреба рослин у воді суттєво збільшується від другої до 5 декади вегетації і коливається у межах від 30 до 49 мм, протягом останніх чотирьох декад потреба рослин у воді зменшується і наприкінці вегетації становить 46 мм. Відношення  $E_{\phi}/E_o$ , яке характеризує умови вологозабезпеченості посівів, впродовж вегетації становить по декадах 0,46-0,68 відн. од.

Порівнюючи отримані результати базового та сценарного періоду, бачимо, що показники теплозабезпеченості вегетаційного періоду культури зміняться дуже несуттєво. Разом з тим, очікуються зміни умов вологозабезпеченості по декадах вегетації, значення збільшуватимуться, а це в свою чергу призведе до зростання ММВ, ДМВ.

Це припущення підтверджується даними, представленими на рис. 2. На початку вегетації приріст ММВ складає 41 г/м<sup>2</sup>дек. Починаючи з другої декади вегетації прирости кожної декади збільшуються і досягають максимального значення 109 г/м<sup>2</sup>дек у шосту декаду. Потім прирости поступово знижуються.

Аналогічна ситуація спостерігається і стосовно приростів ДМВ. Аналіз сценарних приростів ДМВ показав, що в першу декаду вегетації приріст ДМВ не перевищує 28 г/м<sup>2</sup>за декаду, потім протягом вегетації він поступово зростає і його максимальне значення у шосту декаду вегетації становить 75 г/м<sup>2</sup>за декаду. Після шостої декади приріст суттєво падає, а останні три декади вегетації росту також практично не відбувається.

На рис.3 представлена динаміка надходження ФАР за вегетаційний період вики ярої та прирости сухої маси врожайів за другий сценарний період (2031-2050 рр.). На початку вегетаційного періоду культури надходження ФАР становить 172 кал/(см<sup>2</sup>добу). Потім прихід ФАР зростає повільно до 7-8 декади вегетації і в ці декади її максимальна кількість становить 250 кал/(см<sup>2</sup>добу). З восьмої декади розвитку надходження ФАР починає поступово зменшуватись і становить в останню декаду вегетації 243 кал/(см<sup>2</sup>добу).

На початку вегетації приріст сухої маси ПВ становить 40 г/м<sup>2</sup>декаду, досягає найбільшого значення 145 г/м<sup>2</sup> в п'яту декаду вегетації, потім досить різко знижується, а протягом останньої декади приріст взагалі припиняється.

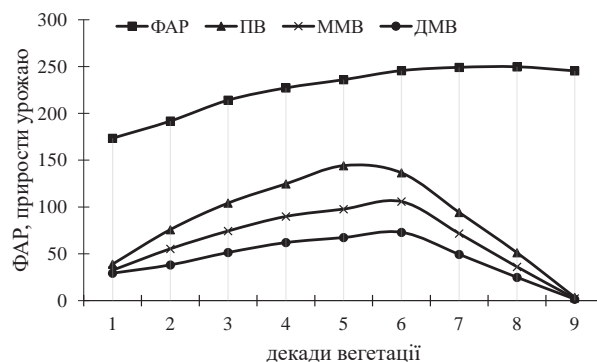


Рис. 3. Динаміка ФАР (кал/см<sup>2</sup> добу) та прирости сухої маси врожайів (г/м<sup>2</sup> дек) вики ярої за другий сценарний період

Середня за декаду сценарна температура повітря ( $T_c$ ) починається з 10,5°C, поступово підвищується від декади до декади і досягає максимальних значень 23°C в сьому декаду вегетації. Потім, поступово знижуючись, досягає наприкінці вегетації значення 21,5°C. Починаючи з четвертої декади і до кінця вегетації середньодекадна сценарна температура повітря перевищує верхню оптимальну межу, причому це перевищення є досить суттєвим і в окремі декади становить більше 5 °C. Таким чином можна бачити, що вегетація вики у другий сценарний період буде проходити на фоні температур, що перевищують оптимальні. За таких умов особливий інтерес представляє аналіз умов вологозабезпеченості. Сумарне випаровування ( $E_{\phi}$ ) посіву на початку вегетації складає 18 мм. Сумарне випаровування практично з першої і до восьмої декади вегетації коливається від 18 до 35 мм, в останню декаду вегетації знижується до 33 мм.

Як і у попередніх варіантах потреба рослин у воді ( $E_o$ ) суттєво збільшується протягом двох третин вегетаційного періоду. Найбільшого значення вона досягає в 5 декаду вегетації і становить відповідно 51 мм. Протягом останньої третини вегетації потреба рослин у воді зменшується і наприкінці вегетації становить 48 мм. Величини  $E_{\phi}/E_o$ , яка характеризує умови вологозабезпеченості посівів, впродовж вегетації змінюються по декадах від 0,48-0,7 відн. од.

Таким чином, можна сказати, що за умов реалізації другого сценарного періоду показники теплозабезпеченості вегетаційного періоду культури порівняно з базовими та першими сценарними зміняться досить несуттєво.

На початку вегетації приріст ММВ складає 34 г/м<sup>2</sup>за декаду. Починаючи з другої декади вегетації прирости кожної декади збільшуються і досягають максимального значення 105 г/м<sup>2</sup> у шосту декаду. Потім прирости різко знижуються і в останні дві декади вегетації приріст ММВ практично припиняється. Аналогічна ситуація спостерігається і стосовно приростів ДМВ. Аналіз сценарних приростів ДМВ вики ярої показав, що в першу декаду вегетації приріст ДМВ не перевищує 29 г/м<sup>2</sup>за декаду, потім

протягом вегетації він поступово зростає і його максимальне значення у п'яту – шосту декади вегетації становить 65-73 г/м<sup>2</sup>. Після шостої декади приріст суттєво падає, а останні дві декади вегетації росту також практично не відбувається.

**Головні висновки.** В цілому можна сказати, що за умов обох сценарних періодів змін клімату складуться сприятливі умови для вирощування вики ярої. Максимальні прирости потенційного врожаю, метеорологічно можливого та дійсно можливого врожаїв вики яра формує в фазу цвітіння – утворення бобів. Величини ПВ за сценарних варіантів очікується більшими ніж за базовий період. Урожай зерна за базовий період становить 24,6 ц/га, за перший

та другий сценарні періоди очікується підвищення врожаю до 30,5 ц/га та 31,8 ц/га, відповідно.

**Перспективи використання результатів дослідження.** Для розв'язання сталого виробництва тваринництва великого значення набуває вирощування кормових, високобілкових культур. В зерні вики ярої міститься близько 30 % сирого протеїну, невелика кількість клітковини та золи. Як показують наші розрахунки, за умов реалізації сценарію можливих змін клімату RCP 4.5 на території Західного Лісостепу очікуються досить високі врожаї культури. В подальшому, важливо провести розрахунки та порівняти отриманні результати для інших територій та різними сценаріями зміни клімату.

### Література

1. Агрокліматичний довідник по території України / за ред. Т.І. Адаменко, М.І. Кульбіди, А.Л. Прокопенко. Кам'янець-Подільський, 2011. 107 с.
2. Кліматичні ризики функціонування галузей економіки України в умовах зміни клімату : монографія / за ред. С.М. Степаненка, А.М. Польового. Одеса, 2018. 549 с.
3. Полевой А.Н. Базовая модель оценки агроклиматических ресурсов формирования продуктивности сельскохозяйственных культур. *Метеорология, климатология та гідрологія*. 2004. Вып. 48. С. 195-205.
4. Guoju X., Qiang Z. Influence of increased temperature on yield and quality of bean of north China. *Plant Soil Environmental*. 2017. Vol.63. P.220-225. DOI:10.17221/128/2017-PSE
5. Benard Onzima, Enid Katungi, Jackline Bonabana-Wabbi. The effect of climate change adaptation strategies on bean yield in central and northern Uganda. *African Journal of Agricultural and Resource Economics*. 2019. Vol. 14 N. 4. P. 279-291
6. Hailu N, Fininsa C & Tana T. The effect of climate change resilience strategies on productivity of common beans (*Phaseolus vulgaris*. L) in semi-arid areas of eastern Hararghe, Ethiopia. *African Journal of Agriculture Research*. 2015. Vol.10(15): 1852–62. DOI: 10.5897/AJAR2015.9634
7. Sanga G.J., Hella J.P., Mzirai N., Senga H. Impacts of Climate Change on Maize and Beans Production and Compatibility of Adaptation Strategies in Pangani River Basin, Tanzania. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research*. 2014. Vol.17, N.2, P. 196-213. ISSN 2307-4531
8. Fischer G., Velthuisen H., Shah M. Global Agro-ecological Assessment for Agriculture in the 21st Century: Methodology and Results. *IIASA Research Report*. 2002. URL: <http://webarchive.iiasa.ac.at/Research/LUC/SAEZ/>
9. Frank S., Schmid E. The dynamic soil organic carbon mitigation potential of European cropland. *Global Environmental Change*. 2015. Vol.35. P.269–278.
10. Saleh S. Influence of Climatic Changes on Faba Bean Yield in North Nile Delta. Egypt. 2017. Vol. 8(1). P.29-34. DOI: 10.21608/jssae.2017.37065
11. Schonhart, M., Schauppenlehner, T. Climate change impacts on farm production, landscape appearance, and the environment: Policy scenario results from an integrated field-farm-landscape model in Austria. *Agricultural Systems*. 2016. Vol. 145. P. 39-50. DOI: 10.1016/j.agry.2016.02.008
12. Heinemann, A.B., Ramirez-Villegas, J. Drought impact on rainfed common bean production areas in Brazil. *Agric. For. Meteorol.* 2016. Vol. 225. P. 57–74. DOI: 10.1016/j.agrformet.2016.05.010
13. Пелех Л. В. Роль бобових культур у підвищенні якості зелених кормів в умовах правобережного Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво. Вінниця*. 2010. Вип. 66. С. 164–169.

## ПОРІВНЯННЯ ДИНАМІКИ МІКРОКЛІМАТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ НА ТЕРИТОРІЇ ЧЕРЕМСЬКОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВІДНИКА У XX ТА XXI СТ.

Мирка В.В.<sup>1</sup>, Федонюк В.В.<sup>2</sup>, Іванців В.В.<sup>2</sup>, Федонюк М.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Черемський природний заповідник  
вул. Андрія Снітка, 48, 44600, смт. Маневичі

<sup>2</sup>Луцький національний технічний університет  
вул. Львівська, 75, 43018, м. Луцьк

[ecolutsk@gmail.com](mailto:ecolutsk@gmail.com), [v.fedoniuk@lutsk-ntu.com.ua](mailto:v.fedoniuk@lutsk-ntu.com.ua), [v.ivantsiv71@gmail.com](mailto:v.ivantsiv71@gmail.com), [m.fedoniuk@lntu.edu.ua](mailto:m.fedoniuk@lntu.edu.ua)

Розглянуто кліматичний режим та динаміку основних метеорологічних показників Черемського природного заповідника, розташованого в межах Маневицького району Волинської області. Проведено комплексне порівняння кліматичних показників, їх динаміки, річної і місячної зміни на протязі двох часових періодів: 1980 – 1984 рр. і 2016 – 2020 рр. Ці п'ятирічні часові періоди було вибрано для порівняння та оцінки змін, які відбулися у кліматичних процесах в наш час під впливом глобального потепління.

Метеорологічні показники та їх зміни визначалися за даними метеостанції Маневичі (найближчої до території заповідника), використано матеріали електронного архіву даних метеорологічних станцій (<https://www.ecad.eu/dailydata/customquery.php>). Верифікація метеорологічних даних здійснювалася за архівними даними Волинського центру з гідрометеорології. Вперше для території Черемського ПЗ було проведено статистичний та графічний порівняльний аналіз ходу мікрокліматичних показників за контрольні періоди XX ст. та XXI ст., виявлено актуальні тенденції кліматичних змін, що проявляються на досліджуваній території внаслідок регіонального впливу процесів глобальних змін клімату.

Виявлено тенденції зростання середніх річних, місячних та максимальних місячних і річних температур повітря на 2,3 – 3,6°C, зниження хмарності неба (загальної і нижньої) на 0,5 – 1,1 бал, зниження відносної вологості повітря на 3 – 5 %. Суми атмосферних опадів залишаються відносно сталими, що поки створює певний запас стійкості для гідроекологічних систем заповідника, зокрема, для Черемського болота. Відмічено суттєве зростання випадків проявів на протязі року таких метеорологічних явищ, як сильні тумани, а також активізацію конвективних процесів і стрімке зростання числа гроз на території заповідника. Варто відмітити також стабільну динаміку таких метеорологічних показників, як суми опадів, число днів з опадами, число випадків заметілей взимку та відносно сталу динаміку показників атмосферного тиску. *Ключові слова:* Черемський природний заповідник, зміни клімату, метеорологічні показники.

### Comparison of the dynamics of microclimatic indicators on the territory of Cheremsky Nature Reserve in the XX and XXI centuries. Mirka V., Fedoniuk V., Ivantsiv V., Fedoniuk M.

The climatic regime and dynamics of the main meteorological indicators of the Cheremsky Nature Reserve, located within the Manevychi district of the Volyn region, are considered. A comprehensive comparison of climate indicators, their dynamics, annual and monthly changes over two time periods: 1980 - 1984 and 2016 - 2020. These five-year time periods were chosen to compare and assess changes in climate processes in our time under the influence of global warming.

Meteorological indicators and their changes were determined according to the Manevychi meteorological station (closest to the reserve territory), materials from the electronic archive of meteorological stations data were used (<https://www.ecad.eu/dailydata/customquery.php>). Verification of meteorological data was carried out according to the archival data of the Volyn Center for Hydrometeorology. For the first time for the territory of Cheremsky software the statistical and graphic comparative analysis of a course of microclimatic indicators for control periods of the XX-th century was carried out. and XXI centuries, the current trends of climate change, which are manifested in the study area due to the regional impact of global climate change.

The tendencies of increase of average annual, monthly and maximum monthly and annual air temperatures by 2,3 – 3,6 0C, decrease of sky clouds (general and lower) by 0,5 – 1,1 points, decrease of relative humidity by 3 - 5 are revealed. %. The amount of precipitation remains relatively stable, which so far creates a certain margin of stability for the reserve's hydroecological systems, in particular, for the Cheremsky bog. There was a significant increase in the occurrence of meteorological phenomena during the year, such as heavy fog, as well as the intensification of convective processes and a rapid increase in the number of thunderstorms in the reserve. It is also worth noting the stable dynamics of such meteorological indicators as the amount of precipitation, the number of days with precipitation, the number of snowstorms in winter and the relatively stable dynamics of atmospheric pressure. *Key words:* Cheremsky nature reserve, climate change, meteorological indicators.

**Постановка проблеми.** Дослідження природних особливостей в межах ландшафтних комплексів та екологічних систем природно-заповідного фонду (далі – ПЗФ) України – це важливе наукове теоретичне та прикладне завдання, яке потребує застосування сучасних методів аналізу та оцінки екологічного стану цих комплексів, динаміки та відповідно,

передбачає прогнозування перспектив розвитку природних процесів у даних комплексах.

Це відноситься і до вивчення ходу мікрокліматичних процесів у межах Черемського природного заповідника (далі – Черемського ПЗ), одного з найцінніших об'єктів ПЗФ Волинської області, території найвищого рангу охорони,



еталонного ландшафтного комплексу Північно-Західного Полісся.

**Актуальність дослідження.** Актуальність дослідження пов'язана з тим, що в контексті регіональних проявів глобальних змін клімату такі системи, як водно-болотні угіддя Черемського ПЗ, стають надзвичайно вразливими і можуть зазнавати незворотніх змін. Важливе науково-практичне завдання – запобігання таким деградаційним процесам.

**Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та науково-практичними завданнями.** Дослідження регіональних кліматичних змін, їх впливу на природно-ландшафтні комплекси та розробка рекомендацій щодо адаптації до такого впливу – це одне з найактуальніших науково-практичних завдань нашого часу. Дане дослідження було виконано в процесі реалізації двох прикладних науково – дослідних тем («Оцінка динаміки змін природних комплексів Черемського заповідника за даними мультиспектральних супутникових зніманих» та «Порівняння кліматичних показників на території Черемського ПЗ у ХХ та ХХІ ст. в контексті регіональних змін клімату»), які виконувалися спільно науковцями Луцького національного технічного університету і Черемського ПЗ на протязі 2021 р.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питання сучасних кліматичних змін для території Північно-Західного Українського Полісся вивчалось в працях багатьох дослідників, серед яких Бойченко С., Гаврилюк Р., Гусев О., Савченко С., Яцків А., Мельник В., Тарасюк Ф., Остапчук В., Тарасюк Н., Федонюк В. та інші автори [1,2,3,7,8,9,10,11].

Зокрема, потенційний вплив кліматичних змін на природоохоронні території Волині проаналізовано у працях С. Бойченко, Іванців О.Я., Іванціва В.В. [1,3]. Зузук Ф.В., Колошко Л.К., Карпюк З.К. [2] наголошували на важливості врахування динаміки регіональних змін клімату для прогнозування екологічного стану водно-болотних комплексів на Волині, до яких відноситься і більшість ландшафтних систем Черемського ПЗ.

Проте найбільш детально для Волинського регіону у роботах Мольчака Я.О., Ковальчук В.В. [6], Мерленко І.М., Федонюк В.В., Бондарчука С.П., Христецької М.В., Федонюка М.А. [12] було досліджено наслідки кліматичних змін в межах Шацького національного природного парку, зокрема, вплив змін клімату на динаміку рівня води в озері Світязь.

Водночас для території Черемського ПЗ такі спеціалізовані кліматологічні дослідження практично не проводилися. У працях Коніщука В.В., Лопохи М.І., Федонюк В.В. [4,5,11] було окреслено необхідність відповідних досліджень у зв'язку можливим впливом регіональних змін клімату на водно-болотні екосистеми заповідника, а у минулому році авторами даної статті розпочато аналіз метеорологічних показників у Черемському ПЗ в наш час, у ХХІ ст. [13].

**Виділення не виділених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена**

**стаття.** *Об'єктом* даного дослідження є хід метеорологічних показників на території Черемського ПЗ протягом двох вибраних п'ятирічних періодів у ХХ ст. (1980 – 1984 рр.) та ХХІ ст. (2016 – 2020 рр.). Як вже було відзначено, сучасні особливості мікроклімату Черемського ПЗ практично не аналізувалися, що робить дане дослідження важливим завданням, яке є частиною більш загальної проблеми – вивчення проявів регіональних змін клімату на території Північно-Західного Полісся.

*Мета дослідження* – вияв змін в ході основних мікрокліматичних показників в Черемському ПЗ, які проявилися протягом останніх 5 років у контексті глобальних змін клімату, та оцінка потенційного впливу таких змін на природно-ландшафтні комплекси заповідника.

**Новизна.** Новизна визначається тим, що вперше для території Черемського ПЗ було проведено статистичний аналіз, графічне представлення та опис виявлених тенденцій мікрокліматичних змін, які проявляються на досліджуваній території протягом останніх 5 років, у порівнянні з типовим ходом таких показників у контрольний 5-річний період минулого, ХХ ст.

**Методологічне або загальнонаукове значення.** Дослідження проведено на основі математично-статистичного і графічного аналізу архівної метеорологічної інформації, польових натурних обстежень та інтерпретації їх результатів. Це визначає його методологічне та наукове значення як прикладу досліджень сучасних мікрокліматичних змін, що відбуваються в об'єктах ПЗФ України. Запропоновані авторами методи аналізу, підходи до оцінки показників мікроклімату заповідника, розроблені рекомендації матимуть значення при проведенні аналогічних робіт в інших заповідних об'єктах України.

**Виклад основного матеріалу.** Аналіз метеорологічних показників для території Черемського ПЗ було проведено за два п'ятирічні періоди: 1980 – 1984 рр. у ХХ ст. та 2016 – 2020 рр. у ХХІ ст. Період 1980 – 1984 рр. – це п'ятирічний період напередодні проявів змін клімату на планеті та в нашому регіоні. Він розглядався як типовий, контрольний період у ХХ ст., коли хід основних метеорологічних показників і явищ ще не зазнавав суттєвих змін, був ustalеним, стабільним, за виключенням окремих річних флуктуацій. Період 2016 – 2020 рр. – це останній п'ятирічний період у ХХІ ст. Він характеризується сучасними проявами змін клімату, які ми відчуваємо, але які потребують наукового дослідження та вивчення з метою встановлення трендів, прогнозів, розробки рекомендацій щодо адаптації до цих змін.

Використовувалися архівні матеріали найближчої до території заповідника метеорологічної станції – ст. Маневичі. Метеорологічні ряди даних були отримані з відкритих джерел, це – електронні архіви метеоданих: 1) [pogodaiklimat.ru](http://pogodaiklimat.ru); 2) <https://www.ecad.eu/dailydata/customquery.php>.

Для обох п'ятирічних періодів аналізувалися наступні метеорологічні показники та явища: середня температура повітря; мінімальна температура повітря; максимальна температура повітря; відносна вологість; суми опадів, річні; суми опадів, добові максимальні; середня швидкість вітру; мінімальна швидкість вітру; максимальна швидкість вітру; атмосферний тиск, середній, мінімальний та максимальний; хмарність неба, загальна і нижня; сніговий покрив, тривалість залягання та максимальна висота; число днів з метеорологічними явищами: дощ, сніг, туман, заметіль, гроза.

Для усіх вказаних показників були здійснено статистичне опрацювання числових рядів, кліматологічна обробка, осереднення, графічна інтерпретація динаміки. Основні результати представлено у таблицях 1 і 2.

Аналізуючи дані табл. 1 і 2, найсуттєвіші відмінності бачимо для середньої річної температури повітря, яка зросла від  $+7,1^{\circ}\text{C}$  для періоду 1980 – 1984 рр. до  $+9,4^{\circ}\text{C}$  для періоду 2016 – 2020 рр., зростання склало  $2,3^{\circ}\text{C}$ . Суттєво підвищилася середня максимальна температура повітря ( від  $+9,3^{\circ}\text{C}$  до  $+12,9^{\circ}\text{C}$ , зростання на  $3,6^{\circ}\text{C}$ ). Щодо абсолютних максимумів та мінімумів температури, то спостерігається підвищення значень цих показників (якщо найнижча температура періоду 1980 – 1984 рр. становила  $-38,0^{\circ}\text{C}$  і спостерігалася у 1980 р., то у період 2016 – 2020 рр. аналогічний показник склав  $-21,5^{\circ}\text{C}$ , він спостері-

гався у 2017 р.). Абсолютний максимум температури першого періоду складав  $+31,0^{\circ}\text{C}$  (спостерігався двічі, у 1981 та у 1984 р.), а у другому періоді було відмічено максимальну температуру  $+35,8^{\circ}\text{C}$  у 2019 р., що на  $4,8^{\circ}\text{C}$  вище.

Таким чином, підвищення температурних показників є стійким і значним.

Відмічено також деяке збільшення динаміки зміни показників атмосферного тиску протягом року (за значеннями мінімальних та максимальних показників амплітуда коливань зросла, хоча показники середнього атмосферного тиску практично не змінилися).

На рис. 1 – рис. 4 представлено ряд порівняльних графіків, що наочно демонструють виявлені тенденції та зміни в ході метеорологічних показників.

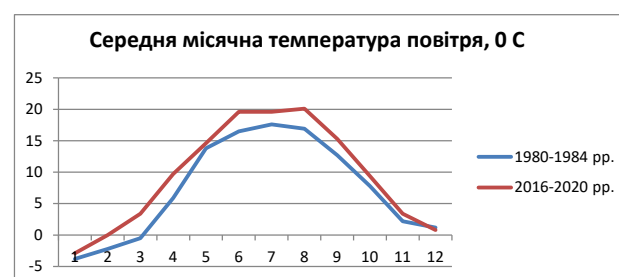


Рис. 1. Порівняння середніх місячних температур повітря за періоди 1980 – 1984 рр. та 2016 – 2020 рр.

Таблиця 1

Середні річні значення метеорологічних показників за період 1980 – 1984 рр.  
(за даними ст. Маневичі)

Показник	Рік					Середнє Значення
	1980	1981	1982	1983	1984	
Т сер. ( $^{\circ}\text{C}$ )	+5,7	+7,5	+7,0	+8,2	+7,1	+7,1
Т сер. мін. ( $^{\circ}\text{C}$ )	+3,6	+4,8	+5,0	+6,1	+4,5	+4,8
Т сер. макс. ( $^{\circ}\text{C}$ )	+7,3	+10,0	+8,5	+11,1	+9,5	+9,3
Т абс. мін. ( $^{\circ}\text{C}$ )	-38,0	-18,0	-18,8	-13,0	-14,8	-20,5
Т абс. макс. ( $^{\circ}\text{C}$ )	+23,0	+31,0	+29,2	+29,2	+31,0	+28,7
Відносна вологість, середня, %	85	79	81	84	81	82
Швидкість вітру, середня, м/с	3,0	2,7	2,5	2,8	2,5	2,7
Швидкість вітру, макс., м/с	40	30	10	25	12	23,4
Атмосферний тиск, сер., гПа	1016,0	1015,6	1010,0	1015,7	1019,0	1015,3
Атмосферний тиск, мін., гПа	1003,5	997,3	1003,6	1009,8	1007,3	1004,3
Атмосферний тиск, макс., гПа	1026,5	1028,8	1023,4	1022,4	1027,3	1025,7
Хмарність, загальна, бали	6,8	6,1	6,1	6,6	6,0	6,4
Хмарність, нижня, бали	6,1	5,1	4,8	4,8	4,2	5,0
Опади, сума, рік, мм	763	730	508	619	690	662
Опади, максимальна сума, мм	31	72	29	45	35	43
Сніжний покрив, залягання, дні	21	11	22	37	40	27
Сніжний покрив, макс. висота, см	29	10	48	17	17	24
Дощ, число днів протягом року	111	89	102	104	103	102
Сніг, число днів протягом року	26	29	17	28	28	26
Туман, число днів, рік	6	9	3	6	5	6
Заметіль, число днів, рік	-	-	-	-	-	-
Гроза, число днів протягом року	15	11	15	16	12	14

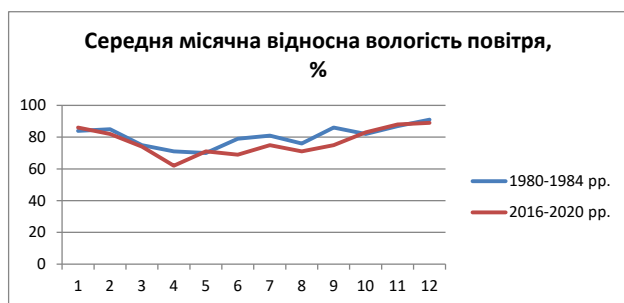


Рис. 2. Порівняння середніх місячних показників відносної вологості повітря за періоди 1980–1984 рр. та 2016–2020 рр.

У період 2016 – 2020 рр. проявилось зниження середніх швидкостей вітру та зростання кількості зафіксованих випадків таких явищ, як грози, сильні тумани, що, очевидно, пояснюється у контексті наростання температурних контрастів зростанням загальної нестійкості атмосфери, інтенсифікації конвективних явищ, наростання температурних контрастів між підстильною поверхнею та атмосферою, особливо протягом теплого періоду року. Варто відмітити стабільну динаміку таких метеопказників, як суми опадів, число днів з опадами, число заметілей. Водночас, спостерігається тренд до зниження відносної воло-

гості повітря та хмарності неба (як загальної, так і нижньої) протягом сучасного періоду 2016 – 2020 рр.

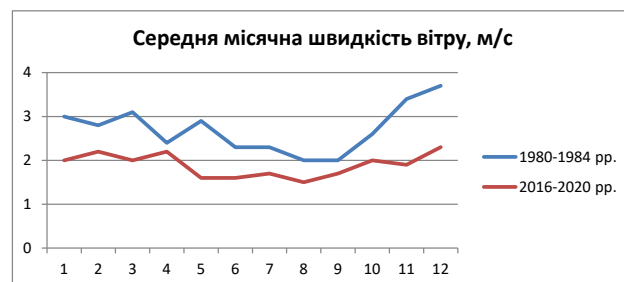


Рис. 3. Порівняння середніх місячних показників швидкості вітру за періоди 1980–1984 рр. та 2016–2020 рр.

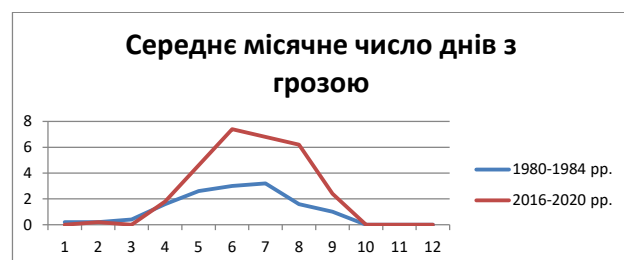


Рис. 4. Порівняння середнього місячного числа днів з грозою за періоди 1980–1984 рр. та 2016–2020 рр.

Таблиця 2

Середні річні значення метеорологічних показників за період 2016 – 2020 рр. (за даними ст. Маневичі)

Показник	Рік					Середнє значення
	2016	2017	2018	2019	2020	
Т сер. (°C)	+9,0	+8,8	+9,4	+10,0	+9,9	+9,4
Т сер. мін. (°C)	+4,9	+5,3	+5,7	+5,9	+5,7	+5,5
Т сер. макс. (°C)	+10,6	+12,5	+11,8	+14,8	+14,7	+12,9
Т абс. мін. (°C)	-19,7 04.01	-21,5 07.01	-20,6 01.03	-14,3 10.01	-8,3 24.03	-16,9
Т абс. макс. (°C)	+32,5 06.08	+33,5 02.08	+30,9 29.07	+35,8 01.07	+33,0 30.08	+33,1
Відносна вологість, середня, %	80	78	76	75	77	77,2
Швидкість вітру, середня, м/с	1,8	2,1	1,8	2,1	1,9	1,9
Швидкість вітру, макс., м/с	6 13.07	18 13.07	18 19.04	8 22.02	8 13.03	12
Атмосферний тиск, сер., гПа	1017,0	1013,8	1017,	1015,4	1016,8	1016
Атмосферний тиск, мін., гПа	995,4	986,0	990,0	982,4	991,9	989,1
Атмосферний тиск, макс., гПа	1038,4	1040,2	1042,1	1043,0	1042,4	1041,2
Хмарність, загальна, бали	5,9	6,3	5,7	6,3	6,5	6,1
Хмарність, нижня, бали	2,7	2,0	4,1	4,3	4,7	3,7
Опади, сума, рік, мм	559	804	581	639	733	663
Опади, максимальна добова сума, мм	24 04.10	36 13.07	43 01.08	39 30.07	57 02.09	40
Сніжний покрив, залягання, дні	6	7	64	33	29	28
Сніжний покрив, макс. висота, см	12 08.01	30 15.01	27 18.12	18 16.01	6 30.11	19
Дощ, число днів протягом року	95	128	88	91	140	108
Сніг, число днів протягом року	21	43	49	31	28	34
Туман, число днів за рік	20	14	20	21	29	21
Заметіль, число днів за рік	-	-	2	2	-	0,8
Гроза, число днів протягом року	27	20	22	29	37	27

Рис. 1 – 2 підтверджують чітку тенденцію до зростання температурних показників та зниження показників відносної вологості повітря у період 2016 – 2020 рр. в порівнянні з періодом 1980 – 1984 рр. Зниження середніх річних значень швидкості вітру (рис. 3), водночас, супроводжується зростанням сили окремих поривів та максимальних значень даного показника. Серед проаналізованих метеорологічних явищ найбільші зміни відмічені для гроз: їх річне число подекуди є вдвічі більшим, ніж це спостерігалось у ХХ ст. Відмітимо, що це потенційно призводить до підвищення пожежної небезпеки в лісах заповідника у теплий період року.

**Головні висновки.** Отже, на основі проведеного порівняльного аналізу динаміки кліматичних показників протягом двох 5-річних періодів у ХХ та ХХІ ст. (1980 – 1984 рр. та 2016 – 2020 рр.) можна зробити ряд висновків та запропонувати певні рекомендації з метою оптимізації функціонування і науково-дослідної діяльності в Черемському природному заповіднику:

1. Виявлені відмінності у місячній та річній динаміці основних метеорологічних величин, показників та явищ наочно демонструють прояви регіональних змін клімату на даній території. Відмічено такі тенденції, як зростання середніх та максимальних температур повітря, зниження хмарності неба (загальної і нижньої), зниження відносної вологості повітря. Суми атмосферних опадів залишаються відносно сталими, що поки дозволяє тримати запас стійкості гідроекологічним системам заповідника, зокрема, Черемському болоту. Відмічено суттєве зростання числа таких метеорологічних явищ, як тумани, та активізацію конвективних процесів і стрімке зростання числа гроз.

3. Всі описані та проаналізовані зміни, тенденції та кліматичні тренди вимагають підвищеної уваги до розробки науково обґрунтованої системи гідроекологічного моніторингу природних комплексів Черемського ПЗ.

3. Доцільним є встановлення автоматизованої метеорологічної станції на території заповідника. З урахуванням віддаленості ст. Маневичі від Черемського ПЗ на майже 20 км доцільно було б у майбутньому встановити таку автоматизовану метеорологічну станцію у межах ландшафтного комплексу Черемського болота. Це дозволить дослідити особливості мікроклімату безпосередньо у природно-ландшафтних комплексах заповідника, їх відмінності від мікроклімату прилеглих районів, специфіку зміни мікрокліматичних показників на території гідроекологічних систем та комплексів (Черемське болото, озера Черемське та Редичі).

4. В подальшому доцільно продовжити кліматичний моніторинг території Черемського природного заповідника для оцінки впливу регіональних кліматичних змін на природні комплекси, а також для розробки заходів по запобіганню негативних змін у гідробіологічних системах.

**Перспективи використання результатів дослідження.** Результати дослідження можуть бути використані працівниками Черемського ПЗ при розробці проекту гідроекологічного моніторингу, який зараз здійснюється, при складанні Літопису природи заповідника (Кліматичний блок), а також для планування подальшого розширеного аналізу регіональних проявів кліматичних змін в зоні Північно-Західного Полісся та впливу таких змін на ландшафтні комплекси, біоценози, природоохоронні території в цілому.

### Література

1. Бойченко С., Гаврилук Р., Гусев О., Савченко С., Яцків А. Зміни довкілля сфери Полісся: аспекти впливу антропогенних та кліматичних чинників. *Екологічний вісник*. 2010. № 3, С. 43 – 50.
2. Зузук Ф.В., Колошко Л.К., Карпюк З.К. Осушені землі Волинської області та їх охорона. Луцьк: Волин. нац. ун-т ім. Лесі Українки, 2012. 294 с.
3. Іванців О. Я., Федонюк В.В., Іванців В.В. Флористичні особливості гідрологічного заказника місцевого значення «Оріхівський» Ратнівського району Волинської області. *Науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки*. Луцьк: Вежа-Друк, 2017. № 7. С.36–40. Режим доступу: <http://journalbio.vnu.edu.ua/index.php/bio/article/view/52>
4. Коніщук В. В. Еколого – економічні передумови розширення Черемського природного заповідника та створення національного парку «Західне Побужжя». *Екологічний вісник*. 2010. № 3. С. 28-30.
5. Лопоха М.І., Федонюк В.В. Можливості організації системи гідроекологічного моніторингу в Черемському природному заповіднику. *Студентський науковий вісник. Серія "Природничі та технічні науки"*. Науковий збірник. Випуск 27. Луцьк: ІВВ Луцького НТУ, 2019. С. 250-263.
6. Мольчак Я.О., Ковальчук В.В. Моніторинг динаміки мікрокліматичних показників озера Світязь та прилеглої території на основі застосування ГІС-технологій. *Географічні інформаційні системи в аграрних університетах (GISAV)*. Матеріали 2-ої Міжнародної науково-методичної конференції. Херсон : 2007. С. 72 – 83.
7. Об'єкти природно-заповідного фонду Волинської височини / Мельник В. І. та ін. *Природа Західного Полісся та прилеглих територій* : збірник наукових праць. Волинський національний університет ім. Лесі Українки. 2010. № 7. С. 117-136.
8. Остапчук В.В. Сучасні особливості режиму зволоження Полісся як наслідок зміни циркуляції атмосфери. *Жива Україна*, 2004. № 9-10. С. 26 – 29.
9. Сучасний екологічний стан та перспективи екологічно безпечного стійкого розвитку Волинської області: колективна монографія / за ред. В.О. Фесюка. К. : ТОВ «Підприємство «Ві Ен Ей». 2016. 316 с.

10. Тарасюк Ф. П., Тарасюк Н.А. Режим зволоження і хмарності північного сходу Волинського Полісся. *Природа Західного Полісся та прилеглих територій : наук. зб.* Луцьк : Вежа, 2010. № 5. С. 39–46.
11. Федонюк В. В., Мерленко І.М., Федонюк М.А., Линюк Р.В., Ковальчук Н.С. Зміни агрокліматичних чинників в зоні Полісся в контексті глобального потепління (на прикладі Волинської області). *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування*. Рівне : 2019. № (2(86)). С. 124 – 134. Режим доступу: <http://visnyk.nuwm.edu.ua/index.php/agri/article/view/781>
12. Fedoniuk, V., Khrystetska, M., Fedoniuk, M., Merlenko, I., Bondarchuk, S. . Shallowing of the Svityaz Lake in the context of regional climate change. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, Т. 29 (4), 2020, P. 673-683. Режим доступу: <https://geology-dnu.dp.ua/index.php/GG/article/view/751>
13. Федонюк В.В., Федонюк М.А., Іванців В.В., Мирка В.В. Прояви змін клімату у Черемському природному заповіднику та адаптація до них екосистем. *Еко Форум – 2021*: збірка тез доповідей V спеціалізованого міжнародного Запорізького екологічного форуму, 14 – 16 вересня 2021 р. Запоріжжя: Запорізька торгово-промислова палата, 2021.(311 с.). С. 108 – 110.

## АГРОКЛІМАТИЧНА ОЦІНКА ПРОДУКТИВНОСТІ ОЛІЙНОГО ЛЬОНУ В УКРАЇНСЬКОМУ ПОЛІССІ В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ

Польовий А.М., Божко Л.Ю., Барсукова О.А., Кауненко Ю.В.

Одеський державний екологічний університет

вул. Львівська 15, 65016, м. Одеса

[apolevoy@te.net.ua](mailto:apolevoy@te.net.ua), [bozko@i.ua](mailto:bozko@i.ua), [lena5933@ukr.net](mailto:lena5933@ukr.net), [trach24julia@gmail.com](mailto:trach24julia@gmail.com)

У статті викладено результати досліджень впливу навколишнього середовища на ріст, розвиток і формування врожайності насіння олійного льону в Поліській зоні України в період з 1995 по 2018 рр, коли відзначилось значне потепління клімату. З 2014 року почалось поступове відродження галузі, посівні площі як льону-довгунця, так і олійних сортів, зростають. В результаті виконаних розрахунків встановлено, що варіабельність врожаїв за рахунок кліматичної складової спостерігається в усіх областях, але значення коефіцієнта варіації ( $C_n$ ) і середньоквадратичного відхилення ( $\sigma$ ) по областях значно змінюється. За значеннями коефіцієнта варіації можна сказати, що у Волинській, Житомирській та Львівській урожайність характеризується значною мінливістю, а у Чернігівській, Івано – Франківській та Київській – незначною мінливістю, що свідчить про сталі врожаї в цих областях. Крім того, встановлені основні впливові агрометеорологічні умови на формування врожаїв насіння льону. Неприятливі умови для формування врожаю насіння льону складаються тоді, коли запаси продуктивної вологи в орному шарі ґрунту на початок сівби менші 30 мм, середня температура повітря нижча 13 °С. Неприятливі також запаси продуктивної вологи в шарі 0-100 см, якщо їх значення не більші 50% НВ. Отримані статистичні залежності врожаїв льону від метеорологічних величин за вегетаційний період льону. На основі статистичних залежностей розроблена шкала оцінок агрометеорологічних умов продуктивності льону за різні міжфазні періоди.

Виконана оцінка агрокліматичних умов формування врожаю льону олійного за вегетаційний період в умовах Полісся. Встановлено, що найбільші прирости як сухої маси, так і насіння льону різних агроекологічних категорій врожайності (ПВ, ММВ, ДМВ та УВ) спостерігаються у Волинській області (833 г/м<sup>2</sup>, 634 г/м<sup>2</sup>, 374 г/м<sup>2</sup>, 165 г/м<sup>2</sup> відповідно). Найменшими ж значеннями цих показників характеризується Львівська область.

Встановлено також, що найнижчий рівень міри сприятливості кліматичних умов для вирощування льону складається в Чернігівській області, а найнижчий рівень використання агрокліматичних ресурсів спостерігається в Житомирській області. У Поліській зоні в усіх областях існують значні резерви для підвищення середніх урожаїв насіння льону до 25 ц/га.

*Ключові слова:* Олійний льон, навколишнє середовище, кліматичні умови, врожайність, агрокліматична оцінка.

### **Agroclimatic assessment of the productivity of oilseed flax in the Ukrainian Polesye under the conditions of climate change.** **Polevoy A., Bozhko L., Barsukova E., Kaunenکو Yu.**

The article presents the results of studies of the influence of the environment on the growth, development and formation of the yield of oilseed flax in the Polesye zone of Ukraine for the period from 1995 to 2018, when a significant warming of the climate was noted. Since 2014, a gradual revival of the industry has begun, the acreage of fiber flax and oilseed flax varieties is increasing. As a result of the calculations performed, it was found that the variability of the yield of flax seeds due the climatic component of the yield is observed in all regions of Polesye. However, the value of the coefficient of variation ( $C_n$ ) and standard deviation ( $\sigma$ ) vary significantly across regions. The value of the coefficient of variation indicates that in the Volyn, Zhytomyr and Lviv regions the yield is characterized by significant variability. But it is not significant in Chernihiv, Ivano-Frankivsk and Kiev, which indicates a fairly stable harvest in these areas. In addition, the main agrometeorological conditions have been identified that affect the formation of flax seed yields. Unfavorable conditions for the formation of flax crop are created when the reserves of productive moisture in the topsoil at the beginning of sowing are less than 30 mm, and the average air temperature is below 13 °C. Also unfavorable reserves of productive moisture in the soil layer 0-100 cm, if their value is not more than 50 % (LMC) at the date of flowering of plants.

A number of statistical equations were obtained for the dependence of the yield of flax seeds on meteorological values for different segments of the growing season of flax. On the basis of these dependencies, a scale for assessing the agrometeorological conditions of flax productivity in different interphase periods was developed. An assessment of the agro-climatic conditions for the formation of the yield of flax seeds for the growing season in Polesye zone was carried out. It was that, the greatest increase in dry weight of plants of different agroecological categories of yield (PV, MMV, DMV and UV) is observed in the Volyn region (833 g/m, 634 g/m, 374 g/m, 165 g/m respectively). Lviv region is characterized by the lowest values of these characteristics. The lowest level of the measure of conformity of climatic conditions for cultivation is created in the Chernihiv region, and the lowest level of use agro-climatic resources is observed in the Zhytomyr region. In the Polesye zone there are significant reserves for increasing the average yield of flax seeds up to 25 kg/ha. *Key words:* Oil flax, environment, climatic conditions, yield, agroclimatic assessment.

**Постановка проблеми.** В Україні із 200 видів льону в основному вирощуються 2 види – льон довгунець і льон олійний. Льон вирощується здавна і площі його посівів коливаються в залежності від

попиту. Площі під олійним льоном значно більші ніж площі льону – довгунцю і коливаються в межах 60 – 62 тис. га. В сьогоднішньому в усьому світі попит на насіння льону олійного зростає, а сфери його засто-

сування розширюються. Причина зростання попиту на насіння олійного льону полягає в тому, що він є цінною олійною і технічною культурою, яка є хорошим попередником для багатьох сільськогосподарських культур, має високий рівень рентабельності виробництва. Перед українськими виробниками стоїть важлива задача – збільшити виробництво насіння льону. Підвищення врожайності льону можливе тільки за використання інтенсивних технологій його вирощування, які б створювали оптимальні умови для формування високих врожаїв насіння, а природно-кліматичні умови вирощування відповідали його вимогам до навколишнього середовища [1-3].

Наприкінці минулого та початку поточного століття відбулось значне потепління клімату, яке за прогнозами науковців буде продовжуватись і в майбутньому. Умови вирощування сільськогосподарських культур змінилися і продовжують змінюватись через перерозподіл опадів між сезонами року і підвищення температури повітря. Для успішного вирощування льону необхідна оцінка змін, що відбулися і ще будуть спостерігатись на далі [6].

**Актуальність дослідження** полягає в тому, що льон олійний це цінна олійна і технічна культура. В насінні льону міститься біля 45-50 % олії, в складі якої є п'ять жирних ненасичених кислот – олеїнова, лінолева, ліноленова, пальмітинова та стеаринова.

В усьому світі зростає цікавість до використання лляної олії в їжу у зв'язку з її лікувальними властивостями. Дослідження теми актуалізується також недостатньо її розробленістю в межах впливу навколишнього середовища на продуктивність культури.

В Україні з 2014 року почалось поступове відродження галузі, посівні площі як льону-довгунця, так і олійних сортів, зростають. За умови підтримки держави та інвестування в льонопереробку наша країна може повернути собі славу світового лідера галузі [4].

**Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями.** Тема дослідження відповідає основним напрямкам політики України щодо розвитку Агропромислового комплексу, а саме: здійснити реструктуризацію АПК, прискорити реформування сільськогосподарських підприємств, адаптацію їх господарської та виробничої структури до вимог ринку, сприяти розвитку господарств з виробництва сільськогосподарської продукції і ін. Дослідження виконане в рамках НДР «Оцінка змін агрокліматичних умов вирощування сільськогосподарських культур в Україні у зв'язку зі змінами клімату» за номером Державної реєстрації 0119U002458. Тематика досліджень є основним багаторічним науковим напрямом діяльності кафедри агрометеорології та агроекології Одеського державного екологічного університету.

**Метою роботи є:** дослідження особливостей вирощування олійного льону і впливу агрометеорологічних умов на формування його врожайності в Поліссі України; оцінка агрокліматичних умов

формування врожаїв льону різного рівня. Для виконання дослідження вирішені такі задачі:

- досліджена динаміка середньої по області урожайності льону – олійного та його мінливість по території та в часі;

- визначні агроекологічні категорії врожаїв льону олійного та розраховані агрокліматичні оцінки умов формування;

- визначені статистичні залежності врожайності льону від агрометеорологічних показників за різні періоди його розвитку.

Для досліджень використовувались паралельні спостереження за ростом, розвитком і формуванням врожаю насіння олійного льону і метеорологічними елементами за період з 1995 по 2018 рр. Обробка матеріалів спостережень виконувалась із використанням стандартних статистичних програм, агрокліматичні оцінки розраховувались з використанням відповідної математичної моделі.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Особливостям біологічних властивостей олійного льону, його вирощуванню присвячено праці багатьох дослідників, більша частина яких висвітлює різноманітні питання особливостей вирощування олійного льону [3, 4, 5, 8, 9, 10]. Підкреслюється, що льон потребує частих сівозмін: не можна висаджувати цю рослину на одному місці більше трьох років поспіль. Якщо не дотримуватись цієї вимоги, урожай може загинути ще під час сходів. Причиною такого явища є так звана «льоновтома»: в ґрунті накопичується шкідлива мікрофлора. В сівозміні льоном можна замінити ярий ріпак. При цьому також слід звернути увагу на те, що для льону краще підходять органічні добрива, а саме розмолотий пташиний послід, який потрібно вносити восени. З азотними добривами слід бути обережними: льон до них дуже чутливий. Надлишок азоту при вологій погоді може спричинити вилягання стеблостою, а за умов посухи льон піддається підгорянню [11, 12, 13, 14, 15]. Багато авторів звертають увагу на те, що льон дуже вимоглива культура до умов освітлення, тепло та волого забезпечення [3, 6, 9, 12]. Деякі дослідження присвячені перспективі розвитку льонарства в різних регіонах України та якості його продукції. [16, 17, 18]. Багато праць висвітлюють таке важливе питання як особливості сівби та удобрення льону, агробіологічні його особливості, агротехніку отримання високих врожаїв [19, 20, 22, 28]. Чимало досліджень присвячено вивченню впливу факторів навколишнього середовища на формування врожайності як льону-довгунцю, так і олійного льону [23, 24, 25, 26]. Значну цікавість викликають праці щодо вирощування льону на меліорованих землях Полісся [27].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Урожайність сільськогосподарських культур зумовлюється великою кількістю факторів, а динаміка урожайності описується двома компонентами: стаціонарною і змінною.

Аналіз динаміки урожайності насіння олійного льону за досліджуваний період показав, що в усіх областях Полісся тренд стаціонарної компоненти має зростаючий характер і середній врожай насіння льону за трендом коливався на початок періоду (1995р) від 0,8 ц/га у Львівській області до 2,6 ц/га в Житомирській. На кінець періоду середній урожай за трендом зріс до 3,6 ц/га у Рівненській області та до 4,6 ц/га – у Чернігівській. При цьому спостерігається значне відхилення щорічних врожаїв від лінії тренду за рахунок змінної компоненти – кліматичної складової врожайності. Варіабельність врожаїв за рахунок кліматичної складової спостерігається в усіх областях, але значення коефіцієнта варіації ( $C_n$ ) і середньоквадратичного відхилення ( $\sigma$ ) по областях значно змінюється від 0,12 до 0,37 відн. од. (табл. 1).

За значеннями коефіцієнта варіації можна сказати, що у Волинській, Житомирській та Львівській урожайність характеризується значною мінливістю урожайності, а у Чернігівській, Івано-Франківській та Київській – незначною мінливістю, що свідчить про сталі врожаї в цих областях.

Для виявлення впливових факторів навколишнього середовища на продуктивність олійного льону були досліджені агрометеорологічні показники, які склалися в роки з високими і низькими врожаями насіння льону (табл.2). Високі врожаї формувались в роки з сумами температур за період від початку росту стебла до цвітіння в межах від 380 до 510°C, сумах опадів 70 – 93 мм, вологозабезпеченості посівів в межах 85 % від НВ, при густоті рослин більше 2000 шт/м<sup>2</sup> та висоті рослин більше 80 см. В роки

з низькими врожаями густота рослин завжди менша і не перевищувала 1650 шт./м<sup>2</sup>, висота рослин коливалась біля 51 – 53 см. 1997 рік відзначався підвищеними сумами опадів, високою вологозабезпеченістю до 100 %, тобто спостерігалось перезволоження рослин, яке також несприятливо впливає на формування насіння олійного льону.

Навпаки 2011 та 2018 роки відзначались високими температурами впродовж вегетаційного періоду льону, незначною кількістю опадів і низькою вологозабезпеченістю 56-60%, що зменшило врожай насіння льону до 0,8 – 1,4 ц/га.

На основі цих досліджень були розроблені статистичні залежності врожаїв насіння олійного льону від різних агрометеорологічних показників та їх комплексу, а саме: суми опадів від початку росту стебла до цвітіння, вологозабезпеченості за цей же період, суми температур, дефіциту насичення повітря, середніх запасів продуктивної вологи за період від сівби до появи сходів і від сходів до початку росту стебел. Коефіцієнти кореляцій цих залежностей наводяться в (табл. 3).

При оптимальних умовах зволоження (запасах продуктивної вологи у шарі 0 – 20 см 30 – 50 мм ) і температурі повітря не нижчій 14 °С період від сівби до появи сходів льону триває в середньому 10-12 днів.

Збільшення тривалості періоду сівба – масові сходи до 20 днів є показником поганих та дуже поганих умов формування густоти посіву. Оптимальна густота посівів льону формується в період появи сходів до початку росту стебла і в подальшому розвитку льону змінюється мало. На густоту посівів

Таблиця 1

Значення середнього квадратичного відхилення  $\sigma$  та коефіцієнта варіації  $C_n$  для областей Полісся

Область	Середнє квадратичне відхилення, $\sigma$	Коефіцієнт варіації, $C_n$	Характеристика
Волинська	1,97	0,31	Врожаї не стійкі
Житомирська	2,19	0,27	Врожаї не стійкі
Чернігівська	1,56	0,18	Врожаї стійкі
Львівська	1,38	0,37	Врожаї не стійкі
Івано-Франківська	1,27	0,12	Врожаї стійкі
Рівненська	1,96	0,17	Врожаї стійкі

Таблиця 2

## Агрометеорологічні показники в період від початку росту стебла до цвітіння в роки з високими і низькими врожаями льону

Роки	Урожай, ц/га	Сума температур, °С	Сума опадів, мм	Вологозабезпеченість, %	Висота рослин, см	Густота рослин, шт.
Роки з високими врожаями						
2011	6,8	481	93	86	82	2000
2012	8,6	386	79	80	96	2450
2015	7,4	516	83	88	94	2630
Роки з низькими врожаями						
1997	2,0	390	118	100	51	1320
2011	1,4	562	66	60	53	1540
2018	0,8	774	40	56	53	1356



льону впливають також опади. Оптимальною є сума опадів у цей період не більше 15 мм.

У період від початку утворення суцвіть до масового цвітіння спостерігається інтенсивний ріст стебел. Оптимальні умови для інтенсивного росту стебел складаються при запасах продуктивної вологи не менших ніж 30 мм в орному шарі ґрунту та температурі повітря 14 – 17°C [6].

У період після настання фази цвітіння оптимальними умовами є середня температура повітря 20 – 22°C та сума опадів 20 – 60 мм.

Розрахунки показали, що чіткого зв'язку врожаю льону із середньою температурою повітря не спостерігається. Але можна сказати, що за середньої температури повітря за період від сходів до цвітіння від 16 до 18 °C і достатніх запасів вологи формуються врожаї вище 4 ц/га.

Співставлення врожаю насіння льону з середніми запасами продуктивної вологи свідчить про тісну залежність врожаїв від значень запасів продуктивної вологи як в орному, так і в метровому шарі ґрунту

Було досліджено вплив дефіциту насичення повітря вологою на формування врожаїв насіння. Значення коефіцієнтів кореляції свідчать про те, що дефіцит насичення повітря вологою має значний вплив на формування врожаїв насіння впродовж всього періоду вегетації.

Встановлено, що на початок росту стебла густина рослин льону повністю сформована. Зв'язок урожаю насіння льону з густиною посівів характеризується високим коефіцієнтом кореляції  $r = 0,85 \pm 0,01$ . Високі врожаї насіння льону формуються за густоти посівів вище 2300 шт./м<sup>2</sup>.

Була розрахована багатофакторна статистична залежність врожаїв льону від суми опадів за цей період і густоти рослин (m) на дату цвітіння:

$$Y = 0,014x + 0,002m + 2,56$$

де x – сума опадів за період від початку росту стебла до цвітіння, мм;

m – густина рослин на дату цвітіння, шт./м<sup>2</sup>;

Отримане багатофакторне статистичне рівняння можна використовувати для прогнозу очікуваного врожаю середньостиглих сортів льону після перевірки на незалежному матеріалі вже на дату цвітіння льону.

Для оцінки агрокліматичних умов вирощування льону розроблена математична модель, основу якої становить положення Х.Г. Тоомінга про еталонні врожаї [29, 30]. За моделлю розраховується чотири рівні агроєкологічних врожаїв: ПВ – потенційний врожай, ММВ – метеорологічно можливий врожай (кліматично забезпечений); ДМВ – дійсно можливий врожай, УВ – урожай у виробництві. Співвідношення цих категорій врожаїв дає можливість розрахувати такі оцінки: ступінь сприятливості метеорологічних умов вирощування культури; ступінь сприятливості ґрунтових умов; ступінь ефективності використання агрокліматичних ресурсів; ступінь реалізації агроєкологічного потенціалу території.

При розрахунках за моделлю в якості вхідної інформації використовувалися середні багаторічні обласні дані температури повітря, суми опадів, дефіциту насичення повітря вологою, тривалості сонячного сйва, запасів продуктивної вологи на посівах льону.

У відповідності з положенням [30] встановлено, що потенційна врожайність олійного льону в кожній із областей Полісся забезпечується надходженням сумарної радіації. Для прикладу на рис. 1 наводяться дані по західному Поліссю, а саме по Волинській області.

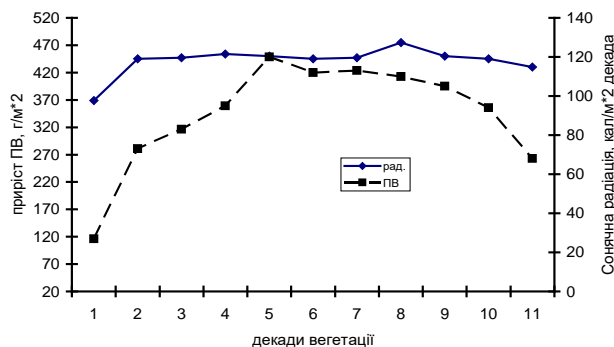


Рис. 1. Динаміка надходження сумарної радіації і приростів ПВ у Волинській області 1- надходження сумарної радіації, 2- декадні прирости сухої маси потенційного врожаю.

Розрахунки показали, що в усіх областях Полісся динаміка надходження сумарної радіації і динаміка приростів сухої маси ідентична, але кількісні показ-

Таблиця 3

**Значення коефіцієнтів кореляції між врожаєм насіння олійного льону і метеорологічними показниками в різні періоди його розвитку**

Період	Температура повітря, °C	Сума опадів, мм	Запаси вологи в шарі 0-20см, мм	Вологозабезпеченість, %	Густина рослин на 1 м², шт.	Дефіцит насичення повітря, мм
Сівба – поява сходів	0,51	0,38	0,66	0,53	-	0,59
Ріст стебла – цвітіння	0,34	0,51	0,41	0,55	0,85	0,57
Цвітіння рання жовта стиглість	0,46	0,47	0,35	0,55	-	0,57

ники різні і вони мають тенденцію до незначного підвищення і при переміщенні із заходу на схід.

Крім того, по кожній області представлена динаміка приростів сухої маси ММВ, ДМВ, УВ та динаміка температурних показників і показників зволоження. Для прикладу на рис.2 представлена динаміка приростів сухої маси усіх агроекологічних категорій врожаїв: ММВ, ДМВ, УВ для Волинської області.

Динаміка приростів сухої маси по декадах усіх категорій ідентична, але кожен рівень має свою кількісну характеристику. Найвищі прирости сухої маси спостерігаються перед цвітінням (рис.2).

Декадний хід температурного режиму у Волинській області представлено на рис. 3. Характеристика температурного режиму виконувалась за середньою за декаду температурою повітря, температурними межами фотосинтезу (ТОП1, ТОП2).

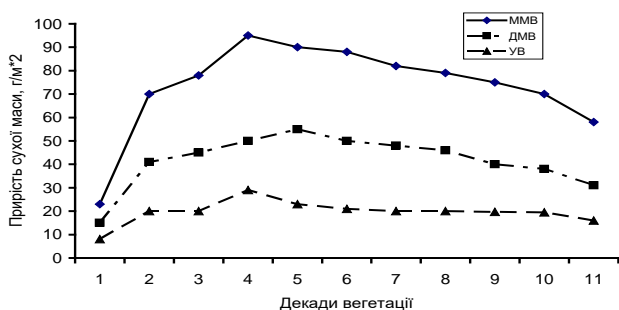


Рис.2. Динаміка приростів сухої маси екологічних категорій врожаїв олійного льону у Волинській області: 1-ММВ; 2-ДМВ; 3-УВ.

Порівняння середньої за декаду температури повітря з температурним оптимумом показало, що майже впродовж всього вегетаційного періоду середня температура повітря знаходилась вище температурного оптимуму.

Показники вологості оцінювались за величиною сумарного випаровування, випаровуваністю та їх відношенням.

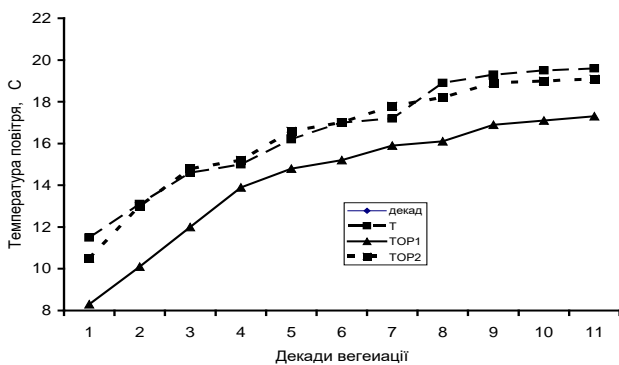


Рис. 3. Температурний режим впродовж вегетаційного періоду льону олійного у Волинській області: 1- середня температура повітря за декаду; 2- ТОП1; 3- ТОП2.

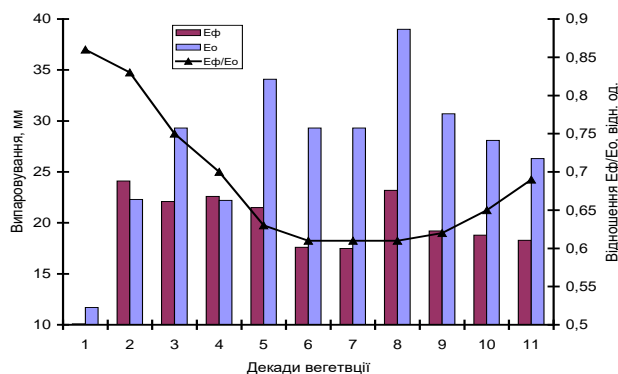


Рис. 4. Динаміка сумарного випаровування, випаровуваності з поля льону олійного та їх відношення у Волинській області: 1- сумарне випаровування, мм; 2- випаровуваність, мм; 3- відношення  $E_f/E_o$ .

Як видно з рис. 4 сумарне випаровування в період від сходів до бутонізації становило від 10,1 мм до 22,6 мм, наприкінці вегетації воно становило – 23,2 мм. У фазу повної стиглості випаровування становило 19 мм. Крива відношення  $E_f/E_o$  починається із значення 0,86 відн. од. і поступово зменшується до 0,6 відн. од. на кінець вегетації.

Слід відзначити, що підвищення середньої декадної температури сприяло підвищенню сумарного випаровування, що спричинило погіршення волого забезпечення посівів.

Такі ж дослідження щодо агрокліматичної оцінки формування різних агроекологічних рівнів врожайності льону виконані по всіх областях Полісся Для прикладу наводиться Житомирська область (табл. 4).

Порівняння величин надходження сумарної радіації по областях Полісся показує, що в Чернігівській області максимальне надходження сумарної радіації припадає на 4 і 7 декаду вегетації (485 і 483 кал/м²\*декаду) і має вищі значення, ніж в західному і Центральному Поліссі (табл. 5).

На основі розрахунків впливу умов навколишнього середовища на формування врожаю насіння олійного льону були створені таблиці узагальнених агрокліматичних характеристик продуктивності культури по областях Полісся (табл. 6).

**Головні висновки.** Виконані розрахунки та аналіз агрокліматичних умов вирощування олійного льону в Поліссі показав, що в усіх областях Полісся в умовах потепління клімату тренд стаціонарної компоненти має зростаючий характер. При цьому спостерігається значне відхилення щорічних врожаїв від лінії тренду за рахунок змінної компоненти – кліматичної складової врожайності. Варіабельність врожаїв за рахунок кліматичної складової спостерігається в усіх областях. За значеннями коефіцієнта варіації можна сказати, що у Волинській, Житомирській та Львівській урожайність насіння льону характеризується значною мінливістю, а у Чернігівській,

Івано – Франківській та Київській – незначною мінливістю.

Встановлені основні впливові агрометеорологічні умови на формування врожаїв насіння льону. Неприятливі умови для формування врожаю насіння льону складаються тоді, коли запаси продуктивної вологи в орному шарі ґрунту на початок січня менші 30 мм, середня температура повітря нижча

13°C, а запаси вологи в шарі 0-100 см не більші 50% НВ. Отримані статистичні залежності врожаїв льону від метеорологічних величин за вегетаційний період. На основі статистичних залежностей розроблена шкала оцінок агрометеорологічних умов продуктивності льону за різні міжфазні періоди.

Виконана оцінка агрокліматичних умов формування врожаю льону олійного за вегетаційний період

Таблиця 4

**Волого-температурні показники формування приростів різних категорій врожаїв льону олійного у Житомирській області**

Декади вегетації	Температура повітря, °С			E <sub>ф</sub> мм	E <sub>0</sub> мм	E <sub>ф</sub> /E <sub>0</sub>	Урожайність, г/м <sup>2</sup>		
	Середня	ТОП1	ТОП2				ММВ	ДМВ	УВ
1	12,9	9,4	11,3	16,0	23,4	0,68	37,56	22,42	9,0
2	14,9	11,2	13,1	21,9	34,1	0,64	57,66	34,42	13,83
3	15,8	13,1	14,9	22,8	37,5	0,61	79,39	47,39	19,0
4	17,1	14,6	16,5	19,6	34,1	0,57	75,62	45,14	18,14
5	17,9	15,8	17,7	19,1	34,1	0,56	71,98	42,98	17,27
6	18,0	16,6	18,5	18,6	34,1	0,55	68,32	40,79	16,39
7	19,4	17,0	18,9	21,2	39,0	0,54	60,61	36,18	14,54
8	19,3	16,9	19,0	19,3	34,1	0,56	45,44	27,13	11,89
9	19,5	16,8	19,0	20,1	32,3	0,62	44,12	23,42	9,89
10	19,2	16,4	18,9	18,6	30,1	0,61	36,18	19,6	8,31
11	18,9	15,8	18,0	16,6	24,9	0,64	30,81	17,8	7,26

Таблиця 5

**Волого-температурні показники формування приростів різних категорій врожаїв льону олійного у Чернігівській області**

Декади вегетації	Температура повітря, °С			E <sub>ф</sub> мм	E <sub>0</sub> мм	E <sub>ф</sub> /E <sub>0</sub>	Урожайність, г/м <sup>2</sup>		
	Середня	ТОП1	ТОП2				ММВ	ДМВ	УВ
1	13,0	9,3	11,3	20,2	27,3	0,74	37,6	23,3	11,2
2	15,0	11,1	13,1	23,4	34,1	0,68	56,35	34,8	16,8
3	16,2	13,0	14,9	24,1	37,5	0,64	77,1	47,7	23,0
4	17,6	14,6	16,4	22,4	39,0	0,57	73,6	45,5	22,0
5	18,5	15,8	17,7	20,5	39,0	0,53	66,2	41,0	19,7
6	18,5	16,6	18,5	18,1	34,1	0,53	61,8	38,2	18,4
7	19,9	17,0	19,0	21,0	39,0	0,54	55,4	34,2	16,5
8	20,1	17,0	19,0	19,1	35,1	0,54	37,8	23,4	11,3
9	20,8	17,9	19,3	19,2	34,8	0,54	35,3	20,1	10,4
10	20,3	17,8	19,4	19,0	34,0	0,55	32,1	19,8	9,2
11	19,8	17,4	19,0	18,0	32,1	0,56	28,3	15,4	7,3

Таблиця 6

**Узагальнені характеристики продуктивності олійного льону в зоні Полісся**

№	Показники	Області Полісся		
		Волинська	Житомирська	Чернігівська
1	Оцінка міри сприятливості кліматичних умов, відн.од.	0,801	0,667	0,644
2	Оцінка ефективності використання агрокліматичних ресурсів, відн.од.	0,265	0,240	0,298
3	Оцінка рівня господарського використання метеорологічних та ґрунтових умов, відн.од.	0,442	0,402	0,482
4	ПВ насіння, ц/га	49,3	46,7	45,4
5	ММВ насіння, ц/га	39,5	31,1	29,2
6	ДМВ насіння, ц/га	23,5	18,6	18,1
7	УВ насіння, ц/га	10,4	7,5	8,6

в умовах Полісся. Встановлено, що найбільші прирости як сухої маси, так і насіння льону різних агро-екологічних категорій врожайності спостерігаються у Волинській області (833 г/м<sup>2</sup>, 634 г/м<sup>2</sup>, 374 г/м<sup>2</sup>, 165 г/м<sup>2</sup> відповідно). Найменшими ж значеннями цих показників характеризується Львівська область.

Отримана таблиця комплексних агрокліматичних оцінок формування врожаїв насіння льону різного рівня показує, що найнижчий рівень міри сприятливості кліматичних умов для вирощування льону складається в Чернігівській області, а найнижчий рівень використання агрокліматичних ресурсів спо-

стерігається в Житомирській області. У Поліській зоні існують значні резерви для підвищення середніх урожаїв насіння льону до 25 ц/га.

**Перспективи використання результатів досліджень.** У подальшому матеріали досліджень можуть бути використані при розробці оцінок агрометеорологічних умов формування врожаїв насіння олійного льону, а також при розробці методів гідрометеорологічного обслуговування льонарства, а саме при розробці агрометеорологічних прогнозів дат настання фаз розвитку льону, та при розробці методів прогнозу врожаїв насіння з різною завчасністю.

### Література

1. Атлас полевых культур : 2-е изд., испр. и доп. Київ : Урожай, 1987. 144 с
2. Польовий А.М., Божко Л.Ю. Біологічні й екологічні основи формування продуктивності екосистем: підручник. Одеса : ОДЕКУ, 2016. 282 с.
3. Єременко О.А. Агробіологічні основи формування продуктивності олійних культур (*Helianthus annuus L.*, *Carthamus tinctorius L.*, *Linum usitatissimum L.*) в Південному Степу України: дис. д-ра сільськогосп. наук: 06.01.09 / Національний університет біоресурсів та природокористування України, Київ; Таврійський державний агротехнологічний університет, Мелітополь; ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет», Херсон, 2018. 403 с.
4. Льон олійний, гірчиця. Стратегія виробництва олійної сировини в Україні (малопоширені культури) : монографія / Шевченко І.А. та ін. *Інститут олійних культур Національної академії аграрних наук України*. Запоріжжя : СТАТУС, 2017. 44 с.
5. Льноводство : монографія / отв. ред. А.Р. Рогаш. Москва: Колос, 1967. 583 с.
6. Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем / под ред. С. М. Семенова. Москва, 2012. 511 с.
7. Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України : монографія / за ред. С. М. Степаненка та А. М. Польового. Одеса : Екологія, 2011. 694 с.
8. Вейси-Гензер М., Моррис Л. Х. Льняное семя. *Пищевые продукты, здоровье, свойства*. Канада. 1998.
9. Живетин В.В., Гинзбург А.Н. Масличный лен. Москва, 2000, 98 с.
10. Довідник по олійних культурах / З.Б. Борисонік, В.Г. Михайлов, Б.К. Погорлецкий та ін.; Упоряд.: В.Г. Михайлов. Київ : Урожай, 1988. 184 с.
11. Зінченко О.І. Салатенко В.Н., Білоножко М.А. Рослинництво : Підручник. / за ред. О.І. Зінченка. Київ : Аграрна освіта. 2001. 591 с.
12. Абушинова Е. В. Продуктивность семян льна масличного в зависимости от применения азотных удобрений на дерново-карбонатных почвах в условиях Ленинградской области: диссертация кандидата Сельскохозяйственных наук: 06.01.01/Абушинова Елизавета Владимировна; Местозащиты: ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», 2018. 142 с.
13. Бука А.Я., Кісіль В.І. Ефективність технологій застосування добрив при різних способах основного обробітку ґрунту / Удобрення польових культур при інтенсивних технологіях вирощування / за ред. Буки А.Я., Дуди Г.Г. Київ : Урожай, 1990. С. 130–146.
14. Кизяков Ю.Е. Плодородие почв и пути его расширенного воспроизводства. *Научные труды КГАТУ: с/х науки*. 2005. Вып. 90. С. 3-11.
15. Крохмаль А.Н. Влияние длительного применения различных систем удобрений и обработки почвы в севообороте на водный режим черноземов карбонатных и продуктивность льна масличного. *Научные труды КГАТУ: с/х науки*. 2005. Вып. 91.
16. Карпец І.П., Дрозд О.М. Якість продукції льону-довгунця і олійного за різних способів сівби й удобрення. *Вісник аграрної науки*. Київ. №6. 2005. 88 с.
17. Коротич П. Льон – нова перспектива в родині олійних. *Пропозиція*. 2006. №2. С. 36–41
18. Локоть О.Ю. Шляхи раціонального використання добрив у льонарстві / О.Ю. Локоть, І.В. Гриник / *Вісник аграрної науки. Рослинництво, кормо виробництво*. 2001. №3. С. 21–25.
19. Масляний О. Вирощування олійного льону на Півдні України. *Агроном*. 2005. №2. С. 78-79
20. Мищенко Л. Особенности выращивания льна масличного. *Олійно-жировий комплекс*. 2006. №2, С. 56
21. Товстановська Т.Г., Полякова І.О. Агробіологічні особливості вирощування льону олійного в Україні. *Агроном*, 2007. №1. С. 156–157.
22. Шанский Ю.А. Агротехника высоких урожаев масличных культур (на юго-востоке). Москва : Россельхозиздат, 1966. 136 с.
23. Польовий А., Божко Л., Барсукова О.А., Трач Ю.В. Вплив погодних умов на вирощування льону довгунцю в Чернігівській області / Розвиток сучасної освіти і науки: результати, проблеми, перспективи. Том IV : Зміни та синергія в розвитку науки та освіти : колективна монографія / Наукова редакція: Я.Г. Жесяк, І. Зимомря, В. Ільницький. Конін – Ужгород – Херсон – Київ : Просвіт, 2020. С. 197–206.
24. Андреев А.А. Методика составления прогноза урожая льноволокна в Нечерноземной зоне ЕТС : монографія. Калинин : Урожай, 1971. 24 с.

**Польовий А.М., Божко Л.Ю., Барсукова О.А. ... АГРОКЛІМАТИЧНА ОЦІНКА ПРОДУКТИВНОСТІ...**

25. Дмитренко В.П. Погода, клімат і урожай польових культур. Київ : Ніка-Центр. 2010. 619 с.
26. Комоцкая А.В. Оценка агрометеорологических условий произрастания льна-долгунца в основной зоне возделывания / *Метеорология и гидрология*. 1979. Вып. 6. С.21–32.
27. Мелиорация Полесья: монография: в 4 кн. / под общ. науч. ред. Ю.А. Мажайского, А. Н. Рокочинского, А.А. Волчека, О. П. Мешика, (Польша). Рязань; Украина, Беларусь, Кн. 2: *Мелиорация Украинского Полесья*. 2017. Т. 1. 902 с.
28. Польовий А.М. Сільськогосподарська метеорологія. Одеса : ТЕС, 2012. 612 с.
29. Польовий А.М. Моделювання продуктивності агроecosystem. *Вісник Одеського державного екологічного університету*. 2005. Вип. 1. С. 79–86.
30. Тооминг Х.Г. Экологические принципы максимальной продуктивности посевов. Ленинград : Гидрометеиздат, 1984. 264 с.

## СТАТИСТИЧНИЙ ПІДХІД ДО ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ КЛІМАТО-ГЕОГРАФІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ РОЗПОДІЛУ ОПАДІВ ЛІТНЬОГО СЕЗОНУ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ

Прокоф'єв О.М., Гончарова Л.Д.

Одеський державний екологічний університет,  
вул. Львівська, 15, 65016, м. Одеса  
[leggg0707@gmail.com](mailto:leggg0707@gmail.com), [goncharova.luda.50@gmail.com](mailto:goncharova.luda.50@gmail.com)

У статті наведені результати комплексного статистичного підходу до визначення клімато-географічних особливостей розподілу опадів літнього сезону та його зв'язок з основними індикаторами кліматичної мінливості Північної півкулі – Північно-Атлантичним коливанням (ПАК) та Північноморським-Каспійським коливанням (ПМКК). Предметом дослідження є місячна кількість опадів за червень, липень, серпень на 40 станціях України (рівномірно розташованих по її території) та індекси ПАК і ПМКК за період 1962-2006 рр. Використання багаторічних даних дозволило здійснити об'єктивну кластеризацію території України за місячною кількістю опадів літнього сезону. У червні та липні визначено по 5, а в серпні – 4 кластери, кожний з яких є фізично обгрунтованим. Для наочності в статті наведені регіональні статистичні моделі у вигляді карт-схем вірогідних (з імовірністю 90%) лінійних статистичних зв'язків між місячною кількістю літніх опадів на території України та Північно-Атлантичним і Північноморським-Каспійським коливаннями. Отримані результати є певним внеском у вивчення як теоретичних, так і практичних аспектів дослідження взаємозв'язків у кліматичній системі з використанням емпіричних даних. На основі наведених статистичних алгоритмів вдалося отримати напрямки макромасштабних взаємодій в системі океан-атмосфера в Атлантико-Європейському регіоні. Отримані карти-схеми дозволять (при складанні кліматичного прогнозу) зрозуміти вклад різних районів Північної півкулі в формування основного кліматичного показника зволоження на території України у літній сезон. Дослідження розподілу опадів в окремі сезони дозволяє визначити стан сучасного клімату, а отримані результати можуть бути враховані для вирішення конкретних соціально-економічних та природно-екологічних проблем, перспективного планування та адаптації різних галузей економіки України в умовах глобальних змін клімату. *Ключові слова:* клімат, кластерний аналіз, коефіцієнт кореляції, індикатори кліматичної мінливості, атмосферна циркуляція.

### **Statistical approach to solving the problems of climate and geographical features of the distribution of summer season distribution on the territory of Ukraine. Prokofiev O., Goncharova L.**

The article presents the results of a comprehensive statistical approach to determining the climatic and geographical features of the summer season and its relationship with the main indicators of climate variability in the North Hemisphere – North Atlantic Oscillation (NAO) and North Sea-Caspian Pattern (NCP). The subject of the study is the monthly precipitation for June, July, August at 40 stations in Ukraine (evenly distributed throughout its territory) and the NAO and NPC indices for the period 1962-2006. The use of long-term data summer season. In June and July, 5 clusters were identified, and in August, 4 clusters, each of which is physically justified. For clarity, the article presents regional statistical models in the form of maps of probable (with a probability of 90%) linear statistical relationships between the monthly amount of summer precipitation in Ukraine and the North Atlantic and North Sea-Caspian fluctuations. The results are a contribution to the study of both theoretical and practical aspects of the study of relationships in the climate system using empirical data. On the basis of the given statistical algorithms it was possible to receive directions of macroscale interactions in the ocean-atmosphere system in the Atlantic-European region. The obtained maps-schemes will allow (when compiling the climate forecast) to understand the contribution of different regions of the Northern Hemisphere in the formation of the main climatic indicator of humidity in Ukraine in the summer season. The study of the distribution of precipitation in individual seasons allows to determine the state of the modern climate, and the results can be taken into account to address specific socio-economic and environmental problems, long-term planning and adaptation of various sectors of Ukraine in global climate change. *Key words:* climate, cluster analysis, correlation coefficient, indicators of climatic variability, atmospheric circulation.

**Постановка проблеми.** В останні десятиріччя вивчення клімату нашої планети та його мінливості набули чітко визначеної практичної значущості [1, 2]. На думку вітчизняних науковців [3-9] внаслідок глобального потепління клімат на території України стане різко змінюватися і тому кожне нове дослідження в цьому напрямі дасть можливість проаналізувати клімато-зумовлені природні ресурси, щоб забезпечити сталий соціально-економічний розвиток нашої країни. Дослідження змін та коливань температурно-вологісного режиму в цілому, а також окремих його характеристик, в цілях врахування

в сферах господарської діяльності, і розробка досконалих методів його прогнозування для різних територій України з великою завчасністю мають у теперішній час велике значення. І якщо в питанні змін приземної температури повітря вчені досягли єдиної думки, то відносно змін кількості опадів однозначної точки зору поки не існує. Але опади є основним джерелом зволоження земної поверхні і з цієї точки зору вони визначають стан багатьох природних ресурсів, які є складовою частиною економічних ресурсів (фактором виробництва) [3, 4, 5, 8]. Недооцінка деяких аспектів у формуванні атмосферних опадів при-

звела до того, що вони на сьогодні досліджені все ще недостатньо. Тому перед науковою спільнотою ставиться задача їх вивчення та прогнозування.

**Актуальність даного дослідження** полягає в необхідності визначення клімато-географічних особливостей розподілу одного з основних показників режиму зволоження будь-якої території, а саме атмосферних опадів, для раціонального природокористування, вирішення природно-екологічних проблем, перспективного планування та адаптації різних галузей економіки України до умов глобальних змін клімату.

**Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями.** Дослідження виконано відповідно до цілей, сформульованих в науково-дослідних роботах кафедр Гідрометеорологічного інституту Одеського державного екологічного університету з тем: «Режим опадів по регіонах України наприкінці ХХ та на початку ХХІ століть» (№ ДР 0111U000590); «Прогнозування небезпечних метеорологічних явищ над південними районами України» (№ ДР 00115U006532); «Комплексний метод ймовірнісно-прогностичного моделювання екстремальних гідрологічних явищ на річках Півдня України для забезпечення сталого водокористування в умовах кліматичних змін» (№ ДР 0121U010964).

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Динаміка режиму атмосферних опадів наприкінці ХХ та на початку ХХІ століть та оцінка майбутніх змін і коливань річних, сезонних, місячних сум в різних регіонах України представлені в публікаціях українських вчених [3, 4-6, 8, 10-15]: Степаненка С.М. та ін. (2015, 2018); Польового А.М., Божко Л.Ю. (2015, 2018, 2021); Барабаш М.Б. та ін. (2004, 2007); Хохлова В.М. та ін. (2015, 2018); Лободи Н.С. (2015, 2018); Семенової І.Г. (2015, 2018); Івус Г.П. та ін. (2017, 2018); Гончарової Л.Д. (2010, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021), Прокоф'єва О.М. (2021). Результати досліджень відомих науковців вказують на суттєві регіональні зміни не тільки в часовому, а й у просторовому розподілі цього кліматичного показника. Особливо відчутні зміни реєструються у період другого глобального потепління клімату. А це потребує дослідження факторів, які впливають на кліматичну систему, з метою їх прогнозування для забезпечення сталого соціально-економічного розвитку України [4, 5, 8, 16-19].

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття.** Аналіз емпіричних даних та чисельне моделювання гідрометеорологічних параметрів вказує на те, що глобальне потепління клімату може змінити не тільки абсолютні значення температури повітря, а й атмосферних опадів, сезонний хід цих величин на території України і сприяти зміні видового складу рослинності та зміщенню природних зон в окремих її регіонах [4, 5, 8], Незважаючи на

те, що зміни найяскравіше простежуються для часового ряду приземної температури повітря, в останні роки багато уваги приділяється також і зміні режиму опадів, які на сьогодні досліджені все ще недостатньо. Ресурсний підхід до вивчення клімату, як одного з природних чинників, необхідний для розроблення вірогідних методів прогнозування метеорологічних явищ та ефективних заходів запобігання значних економічних збитків. Для визначення природи складних гідрометеорологічних процесів необхідне подальше всебічне їх дослідження, удосконалення і збільшення інформаційної бази з використанням сучасних методів статистичного аналізу та чисельного моделювання.

*Метою* даного дослідження є реалізація комплексного статистичного підходу до визначення особливостей розподілення атмосферних опадів літнього сезону на території України та визначення впливу на цей розподіл Північно-Атлантичного та Північноморського-Каспійського коливань в період другого глобального потепління.

Вихідними даними виступають ряди місячної кількості опадів у червні, липні, серпні на 40 станціях України та індекси ПАК (NAO) і ПМКК (NCP) за 12 місяців періоду 1962-2006 рр. *Основним завданням* є визначення ролі Північно-Атлантичного та Північноморського-Каспійського коливань, які можуть впливати на просторовий розподіл атмосферних опадів у літній сезон на території України в умовах змін та коливань глобального клімату.

**Методологічне або загальнонаукове значення.** Сучасні дослідження клімату показують, що вплив очікуваних його змін має як позитивні, так і негативні прояви практично у всіх секторах життєдіяльності [4, 5, 8, 16-19]. Сільське, паливно-енергетичне, водне та інші галузі економіки, здоров'я та туризм пов'язані зі станом природного середовища. Змінюється режим опадів: кількість, повторюваність, просторовий та часовий розподіл. Тому використання кліматичного ресурсу – інформації про атмосферу, її тепловий стан можуть бути враховані для вирішення конкретних соціально-економічних проблем. У зв'язку з цим, активніше розвиваються сучасні методи прогнозу глобальних змін клімату та їх можливих наслідків у різних регіонах нашої планети.

Як відомо, для довгострокових прогнозів погоди необхідно глибоке вивчення реально існуючих просторово-часових зв'язків між гідрометеорологічними процесами та ролі фізико-географічних факторів клімату. В сучасних умовах практичною основою вивчення клімату того чи іншого регіону та його динаміки є база емпіричних даних, яка включає не тільки ряди спостережень, але й вибір статистик та методів, за допомогою яких визначається просторово-часові масштаби метеорологічних полів, їх структура та мінливість. Перед сучасною кліматологією стоїть цілий ряд актуальних проблем, однією з яких є наддовгостроковий прогноз причин,

які зумовлюють коливання клімату. І в останні роки значна увага приділяється перспективам використання статистично значущих кореляційних зв'язків між випадковими процесами значно віддалених один від одного районів (так званих «далеких зв'язків») стосовно задач, перш за все, довгострокового і наддовгострокового прогнозів погоди по осередках додатних та від'ємних значень коефіцієнтів кореляції [10-11, 15, 20-25].

Відповідно до поставленої мети, реалізація комплексного статистичного підходу проводилася у два етапи. На першому етапі дослідження (використовуючи один з відомих методів багатовимірної статистичного аналізу) проведена фізично обґрунтована об'єктивна кластеризація території України за місячною кількістю опадів літнього сезону та сформовані узагальнені кластери, які представлені часовими рядами середніх векторів визначених кластерів. На другому етапі за допомогою кореляційного аналізу вдалося виявити статистично значущі зв'язки в полях атмосферних опадів на територіях визначених кластерів у літній сезон з Північноморським-Каспійським та Північно-Атлантичним коливаннями.

Районування території України за кількістю опадів досліджуваного календарного сезону проведено за алгоритмом «Універсального адаптивного ітеративного методу кластерного аналізу» («УАІМКА»), що був розроблений та апробований в Одеському державному екологічному університеті [26].

Перевірка гіпотези щодо існування автокореляційної системи безпосередньо в земних умовах

і твердження того, що формування багатьох кліматичних полів на території України залежить від північноатлантичних та європейсько-середземноморських макропроцесів, проводилася за допомогою кореляційного аналізу. Парні коефіцієнти кореляції приймалися статистично значущими на рівні значущості  $\alpha = 0,10$  і є вірогідними (з імовірністю 90%) за умови значень  $|r_{xy}| \geq 0,32$  [20, 21]

**Виклад основного матеріалу.** Результатом першого етапу дослідження є кластеризація місячної кількості опадів літнього сезону і побудова карт-схем просторового розподілу вказаного кліматичного показника, які наводяться на рис. 1. Як видно з рис. 1, у червні та липні на території України визначено по п'ять, а в серпні – чотири кластери, кожний з яких є фізично обґрунтованим. Крім того, в результаті реалізації алгоритму «УАІМКА» були отримані часові ряди середніх векторів визначених кластерів, які будуть використані на наступному етапі. Отримане районування території України за кластерами, по-перше, уточнює загальний кліматичний розподіл атмосферних опадів і, по-друге, відділяє зони з різними характерними типами погоди при випадінні опадів по регіону, що досліджувався.

Оскільки атмосферна циркуляція є головним проявом зміни клімату, представляє інтерес дослідити вплив саме цього кліматоутворювального фактора на формування полів атмосферних опадів. Тому на другому етапі було залучено кореляційний аналіз. Вірогідні парні коефіцієнти кореляції для статистичних зв'язків між станом Північноморського-

Таблиця 1

Місяць (NCP)	Місяць (опад)			Місяць (NAO)	Місяць (опад)		
	06	07	08		06	07	08
01	-0,40 (IV) 0,33 (V)	-	-	01	-	-	-0,44(III)
02	-0,37 (V)	-	-	02	0,33 (II) 0,32 (IV)	-	-0,38 (I)
03	-0,34 (IV)	-	-	03	-	-0,56 (I) -0,38 (III)	-
04	-	-	-0,44 (I)	04	0,40 (II) 0,38 (III)	-	-
05	0,43 (V) 0,36 (II)	-	-	05	-	-	-
06	-0,47 (II) -0,49 (III) -0,36 (IV)	-	-	06	-0,43 (II) -0,41 (III) -0,42 (IV)	-	-
07	-0,34 (IV)	-0,43 (I) -0,35 (II)	-	07	-	-	-
08	-	-	-0,36 (IV)	08	-0,37 (V)	-0,44 (I) -0,36 (III)	-0,44 (I)
09	0,48 (V)	-	0,44 (IV)	09	-	-	-0,35 (II)
10	-	0,41 (IV)	0,32 (I)	10	-	-0,34 (I)	-
11	-	-	-	11	-	0,35 (II)	-
12	0,48 (III)	-	-0,46 (II)	12	0,41 (I)	0,32 (I) 0,34 (II) 0,32 (IV)	-

Коефіцієнти кореляції (місячна кількість опадів – індекси NCP, NAO)



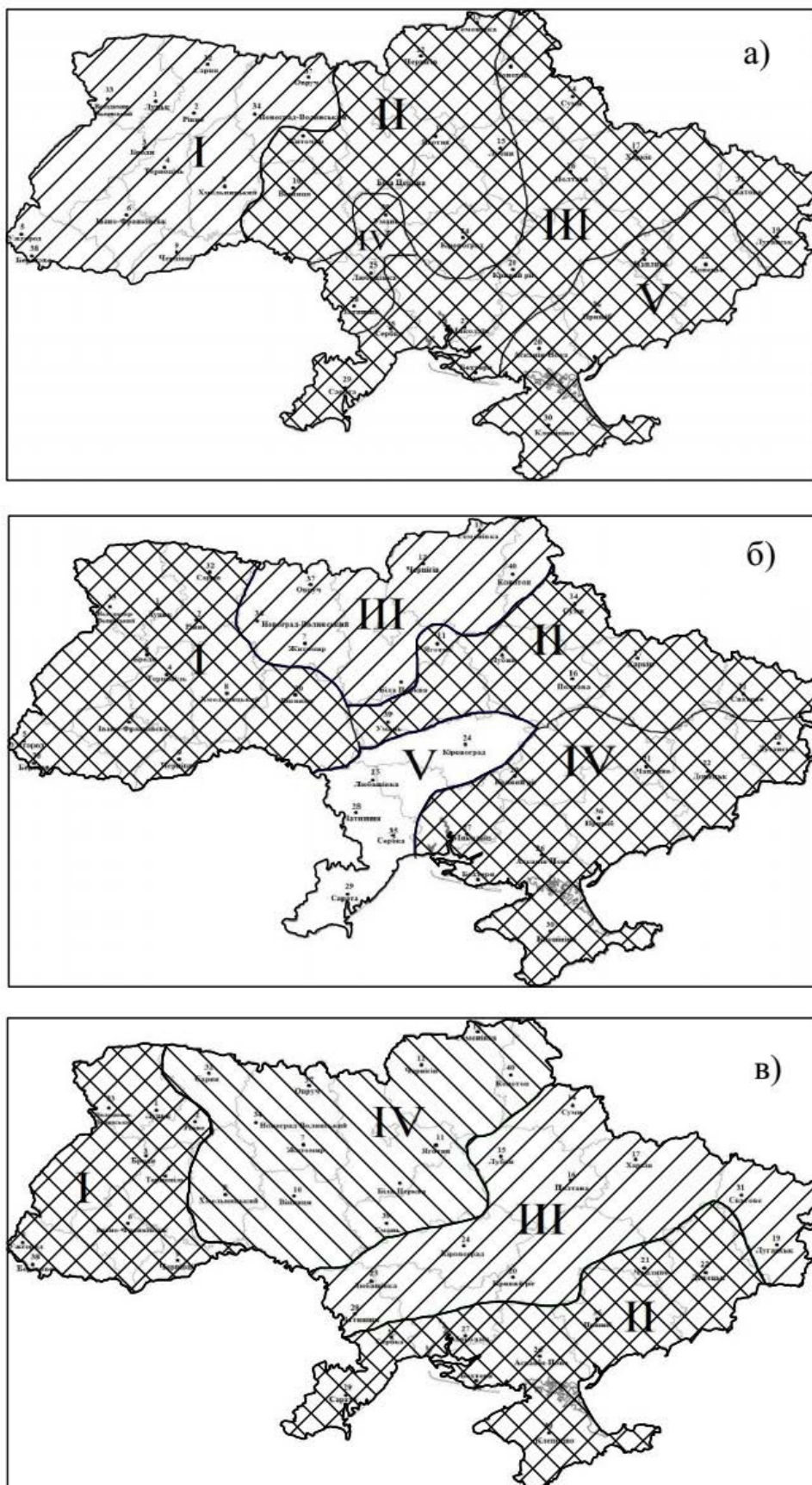


Рис. 1. Карти-схеми результатів кластеризації та сумісних впливів двох телеконекцій на просторовий розподіл місячної кількості опадів по території України

Каспійського коливання (індекс NCP) та кількістю атмосферних опадів на територіях визначених кластерів у місяці літнього сезону представлені в лівій частині табл. 1. Аналогічна інформація для Північно-Атлантичного коливання (індекс NAO) наведена в правій частині табл. 1. У дужках вказано номер кластера.

Клімато-географічні особливості відгуків північноатлантичних та європейсько-середземноморських макропроцесів в полях місячної кількості опадів літнього сезону наведено на картах-схемах (рис. 1).

Як випливає з табл. 1 та рис. 1а, у червні з імовірністю 90% на території Західної України та у північних районах Житомирської області (I кластер) встановлено тісний прямий ( $r_{xy} = 0,41$ ) лінійний кореляційний зв'язок між просторовим розподілом місячної кількості опадів у цей місяць зі станом тільки одного – Північно-Атлантичного коливання (запізнення відгуків на території України складає півроку). На решті території країни (II, III, IV, V кластери) зафіксовано сумісний вплив двох телеконекцій з визначеним місяцем ПМКК та ПАК ( $|r_{xy}| = 0,32-0,49$ ). Запізнення відгуків складає від двох місяців до року.

У липні (рис. 1б) на півночі України (Житомирська, Київська, Чернігівська та північно-західні райони Сумської областей – III кластер) формування опадів залежить лише від ПАК і цей зв'язок є оберненим зі значеннями коефіцієнтів кореляції від -0,36 до -0,38. На територіях Одеської, Кіровоградської та на заході Миколаївської областей (V кластер) у липні з імовірністю 90% не виявлено кореляційного зв'язку між опадами та низькочастотними осциляціями, визначеними в полях атмосферного тиску. На решті території країни (I, II, IV кластери) при кліматичному прогнозуванні опадів на липень треба враховувати обидва коливання, а саме: в областях Західної України та на Вінниччині (I кластер) зв'язок є оберненим ( $r_{xy}$ : від -0,34 до -0,56); на півдні України (Автономна Республіка Крим, Херсонська, східні райони Миколаївської та Запорізька області), частина Центральної України (Дніпропетровська область), які увійшли до четвертого кластера, визначено прямий лінійний кореляційний зв'язок ( $r_{xy}$ : від 0,32 до 0,41); формування опадів на територіях Харківської, Черкаської, Полтавської, півночі Луганської та півдні Сумської областей (II кластер) має як прямий, так і обернений лінійний кореляційний зв'язок з вказаними телеконекціями Північної півкулі ( $|r_{xy}| = 0,34-0,35$ ).

Карта-схема впливів Північно-Атлантичного та Північноморського-Каспійського коливань на просторовий розподіл місячної кількості опадів у серпні представлена на рис. 1в. На територіях, які увійшли до четвертого кластера (північ Рівненської, Житомирська, Хмельницька, Вінницька, Черкаська, Київська, Чернігівська та північно-західна частина Сумської областей) спостерігається вплив лише Північноморського-Каспійського коливання на просторовий розподіл місячної кількості опадів зі значеннями коефіцієнтів кореляції  $|r_{xy}| = 0,36-0,44$ . Формування опадів в областях III кластера (Харківська, Луганська, південний схід Сумської, Полтавська, майже вся Дніпропетровська, Кіровоградська, північні райони Миколаївської та Одеської) визначається впливом тільки Північно-Атлантичного коливання ( $r_{xy} = -0,44$ ). У серпні просторовий розподіл опадів на півдні України (Автономна Республіка Крим, Херсонська, Запорізька, південні райони Одеської та Миколаївської областей), невеликій східній частині Дніпропетровської, Донецької областей (II кластер) має обернений кореляційний зв'язок з ПМКК і ПАК ( $r_{xy} = -0,35 - -0,44$ ); для більшості областей Західної України (I кластер) визначено як прямий, так і обернений кореляційний зв'язок з визначеним місяцем Північноморського-Каспійського та Північно-Атлантичного коливань ( $|r_{xy}| = 0,32-0,44$ ). Запізнення відгуків складає від двох місяців до року.

**Головні висновки.** Отримані результати є певним внеском у вивчення як теоретичних, так і практичних аспектів дослідження взаємозв'язків у кліматичній системі з використанням еквідистантних емпіричних даних. Запропонований підхід до вирішення питання щодо клімато-географічних особливостей в розподілі атмосферних опадів по території України на основі залучених статистичних алгоритмів дасть можливість прогнозувати та моделювати складні природні процеси. Отримані вірогідні статистичні моделі у вигляді карт-схем дозволять враховувати напрямки переносу основних субстанцій, а це в свою чергу допоможе (при складанні кліматичного прогнозу) зрозуміти вклад різних районів Північної півкулі в формування важливого кліматичного показника. Грамотне і своєчасне використання наведеної у цій статті кліматичної інформації зробить свій внесок у подальший стабільний розвиток України.

### Література

1. Розпорядження Кабінету Міністрів України № 932-р «Про схвалення Концепції реалізації державної політики у сфері зміни клімату на період до 2030 року» від 7 грудня 2016 р. / Кабінет Міністрів України. URL: <http://www.kmu.gov.ua/control/uk/cardnpd?docid=249573705>.
2. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)] / Intergovernmental Panel on Climate Change. URL: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/SYR\\_AR5\\_FINAL\\_full\\_wcover.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/SYR_AR5_FINAL_full_wcover.pdf).
3. Reshetchenko S.I., Dmitriev, S.S., Cherkashyna, N.I., Goncharova, L. D. Climate indicators of changes in hydrological characteristics (a case of the Psyol river basin). *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія»*. 2020. Вип. 53. С. 155-168.

4. Кліматичні зміни та їх вплив на сфери економіки України: монографія / за ред. С.М. Степаненка, А.М. Польового. Одеса, 2015. 520 с.
5. Кліматичні ризики функціонування галузей економіки України в умовах зміни клімату: монографія / за ред. С.М. Степаненка, А.М. Польового. Одеса, 2018. 548 с.
6. Барабаш М.Б., Гребенюк Н.П., Татарчук О.Г. Особливості зміни ресурсів тепла та вологи в Україні при сучасному потеплінні клімату. *Наук. праці УкрНДГМІ*. 2007. Вип. 256. С. 174-186.
7. Осадчий В.І., Бабіченко В.М. Температура повітря на території України в сучасних умовах клімату. *Український географічний журнал*. 2013. № 4. С. 32-39.
8. Клімат України: монографія / за ред. В.М. Ліпінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. Київ: Вид.-во Раєвського, 2003. 343 с.
9. Светличний А.А., Ибрагимова М.С. К вопросу о современных изменениях климата Северо-Западного Причерноморья. *Вісник Одеського національного університету. Серія «Географічні та геологічні науки»*. 2016. Т. 21. Вип. 1. С. 22-41.
10. Гончарова Л.Д., Прокоф'єв О.М., Решетченко С.І., Черниченко А.В. Вплив атмосферних макропроцесів на просторовий розподіл опадів по території України у весняний сезон. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2021. № 27. С. 5-15.
11. Гончарова Л.Д., Прокоф'єв О.М. Клімато-географічні особливості розподілу опадів на території України в осінній період. *Екологічні науки*. 2021. № 2 (35). С. 94-98.
12. Кліматичні ресурси Одеської області для сталого розвитку: науково-практичний довідник / за ред. Ж.В. Волошиної. Одеса: Державна гідрометслужба України, 2010. 180 с.
13. Ivus G.P. Goncharova L.D., Kosolapova N.I., Zubkovych C.O. Modern seasonal features of the risk mode on the territory of Odesa region. *Scientific Journal (Science Review)*. 2018. Vol. 1. Issue 3 (10). P. 27-33. <http://archive.ws-conference.com/wp-content/uploads/pw0774.pdf>
14. Івус Г.П. Гончарова Л.Д., Косолапова Н.І. Просторово-часове розподілення атмосферних опадів в Одеському регіоні на початку ХХІ століття. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2018. №22. С.16-27.
15. Гончарова Л.Д., Косолапова Н.І. Вплив основних телеконекцій Північної півкулі на режим опадів по території України. *Вісник Одеського національного університету. Серія «Географічні та геологічні науки»*. 2017. Т. 22. Вип. 1 (30). С.11-27.
16. Вишневський В.І., Косовець О.О. Зміни стану довкілля України. Географія в інформаційному суспільстві. Зб. наук. праць. Київ: ВЛГ Обрії, 2008. Т. 3. С. 5-13.
17. Шурда К.Е. Реалії України у процесі сучасної зміни клімату. *Вісник Одеського державного екологічного університету*. 2014. №18. С. 56-64.
18. Стихійні метеорологічні явища на території України за останнє двадцятиріччя (1986-2005 рр.) : монографія / за ред. В.М. Ліпінського, В.І. Осадчого, В.М. Бабіченко. Київ, 2006. 311 с.
19. Руденко В.П. Критичний екологічний стан компонентів природи в регіонах України. *Український географічний журнал*. 2010. № 2. С. 60-68.
20. Гончарова Л. Д., Школьнік Є. П. Методи обробки та аналізу гідрометеорологічної інформації (збірник задач і вправ): навчальний посібник. Одеса: Екологія, 2007. 464 с.
21. Гончарова Л.Д. Методи багатовимірного статистичного аналізу метеорологічних полів та атмосферних процесів: навчальний посібник. Одеса: ТЕС, 2016. 196 с.
22. H. Kutiel, Y. Benaroch North Sea-Caspian (NCP) – an upper level atmospheric teleconnection affecting the Eastern Mediterranean: Identification and definition. *Theor. Appl. Climatol.* 2002. Vol. 71. P. 17-28.
23. Korres G., Pinardi N., Lascaratos A. The ocean response to low-frequency interannual atmospheric variability in the Mediterranean Sea. Part. I: Sensitivity experiments and energy analysis. *J. Climate*. 2000. Vol. 13. P. 705-731.
24. Полонский А.Б. Роль океана в изменениях климата: монография. Киев: Думка, 2008. 184 с.
25. Bodri L., Cermak V. High frequency variability in recent climate and the north Atlantic oscillation. *Theor. Appl. Climatol.* 2003. Vol. 74. P. 33-40.
26. Серга Э.Н. Универсальный адаптивный итерационный метод кластерного анализа. *Метеорология, климатология та гидрология: Міжвід. наук. зб. України*. Одеса. 2003. Вип. 47. С. 83-89.

---

# РОЗВИТОК ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ УКРАЇНИ

---

УДК 581.9 (477.72)

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.1-40.25>

## РІДКІСНІ ВИДИ СУДИННИХ РОСЛИН БІОСФЕРНОГО ЗАПОВІДНИКА «АСКАНІЯ-НОВА» ІМЕНІ Ф.Е. ФАЛЬЦ-ФЕЙНА

Крецул Н.І., Кочнов С.О.

Університет Григорія Сковороди в Переяславі  
вул. Сухомлинського, 30, 08400, Переяслав  
[nataikr@ukr.net](mailto:nataikr@ukr.net), [sergeyonechok@gmail.com](mailto:sergeyonechok@gmail.com)

У результаті проведених досліджень встановлено 22 рідкісних види судинних рослин, що зростають на території Біосферного заповідника «Асканія-Нова». Дослідження проводилися протягом 2017–2021 років за літературними, гербарними та власними даними. Подано огляд основних літературних матеріалів щодо дослідження флори асканійського степу та її раритетної компоненти. За останніми даними видовий склад флори Біосферного заповідника «Асканія-Нова» налічує 521 вид вищих судинних рослин. З них за різними джерелами наводиться від 26 до 40 рідкісних видів рослин, що охороняються на різних рівнях. Проведено оновлені дані по внесенню рідкісних видів рослин у міжнародні та регіональні охоронні списки. Слід відмітити, що до червоного списку Міжнародного союзу охорони природи (МСОП) включено – один вид (*Damasonium alisma*), Європейського червоного списку – чотири види (*Allium regelianum*, *Allium scythicum*, *Ferula orientalis* та *Damasonium alisma*), до списку Конвенції про охорону дикої фауни та флори та природних середовищ існування в Європі (або Бернської конвенції) – один вид (*Allium regelianum*), Червоної книги України – 17 (*Centaurea talievii*, *Allium regelianum*, *Astragalus henningii*, *Allium scythicum*, *Caragana scythica*, *Phlomis scythica*, *Damasonium alisma*, *Tulipa scythica*, *Stipa lessingiana*, *Stipa maetotica*, *Stipa ucrainica*, *Stipa capillata*, *Tulipa schrenkii*, *Astragalus reduncus*, *Fritillaria meleagroides*, *Juncus sphaerocarpus* та *Elatine hungarica*) та до списку регіонально рідкісних видів Херсонської області – п'ять видів (*Damasonium alisma*, *Prangos odontalgica*, *Ranunculus scythicus*, *Prospero autumnale* та *Utricularia vulgaris*). Встановлено, що рідкісні види судинних рослин Біосферного заповідника «Асканія-Нова» потребують постійного контролю за станом популяцій та поширенню по території заповідника. **Ключові слова:** біосферний заповідник, рідкісні види, охорона біорізноманіття.

### Rare species of vascular plants of Askania-Nova Biosphere Reserve named after Friedrich Falz-Fein. Kretsul N., Kochnov S.

As a result of the research, 22 rare species of vascular plants growing on the territory of the Askania-Nova Biosphere Reserve were identified. The research was conducted during 2017–2021 according to literature, herbarium and own data. A review of the main literature materials on the study of the flora of the Askanian steppe and its rarity component is presented. According to the latest data, the species composition of the flora of the Askania-Nova Biosphere Reserve includes 521 species of higher vascular plants. From them, according to various sources, from 26 to 40 rare species of plants are protected at different levels. Updated data on the inclusion of rare plant species in international and regional protection lists. It should be noted that the Red List of the International Union for Conservation of Nature (IUCN) includes – one species (*Damasonium alisma*), the European Red List – four species (*Allium regelianum*, *Allium scythicum*, *Ferula orientalis* and *Damasonium alisma*), and flora and natural habitats in Europe (or the Bern Convention) – one species (*Allium regelianum*), the Red Data Book of Ukraine – 17 (*Centaurea talievii*, *Allium regelianum*, *Astragalus henningii*, *Allium scythicum*, *Caragana scythica*, *Phlomis scythica*, *Stipa lessingiana*, *Stipa maetotica*, *Stipa ucrainica*, *Stipa capillata*, *Tulipa schrenkii*, *Astragalus reduncus*, *Fritillaria meleagroides*, *Juncus sphaerocarpus* and *Elatine hungarica*) and to the list of regionally rare species of Kherson region – five species (*Damasonium alisma*, *Pranthos odontalgica*, *Ranunculus scythicus*, *Prospero autumnale* and *Utricularia vulgaris*). It was established that rare species of vascular plants of the Askania-Nova Biosphere Reserve require constant monitoring of the state of populations and distribution throughout the reserve. **Key words:** biosphere reserve, rare species, biodiversity protection.

**Постановка проблеми.** Природно-заповідний фонд (ПЗФ) України включає об'єкти, що мають особливу природоохоронну, наукову, естетичну, рекреаційну та іншу цінність та виділені з метою збереження природної різноманітності ландшафтів, генофонду тваринного і рослинного світу, підтримання загального екологічного балансу та забезпечення фонових моніторингу навколишнього природного середовища. Станом на 2020 рік ПЗФ України має в своєму складі 8512 територій та об'єктів загальною площею 4,418 млн. га в межах України (фактична площа 4,085 млн. га) та 402500,0 га

в межах акваторії Чорного моря [1]. Відношення фактичної площі ПЗФ до площі держави («показник заповідності») становить 6,77%, що є вкрай недостатнім та потребує реорганізацію та розширення. Тому на сьогодні є актуальним дослідження об'єктів ПЗФ України для уточнення сучасного стану рідкісних видів рослин та їх розповсюдження. Як об'єкт дослідження нами були обрані рідкісні види рослин, що зростають на території Біосферного заповідника «Асканія-Нова» імені Ф.Е. Фальц-Фейна.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Різносторонні біологічні дослідження на території

Біосферного заповідника «Асканія-Нова» проводилися здавна. Перші флористичні відомості щодо видового складу спонтанної флори заповідника належать Францу Тецманну, який наводить для досліджуваної території 250 видів судинних рослин [2]. Протягом всієї історії існування Біосферного заповідника багатьма науковцями здійснювалося постійне вивчення та моніторинг спонтанної флори заповідного степу, Великого Чапельського поду та Дендропарку [3, 4]. Більш ранні спостереження проведені Є.П. Веденьковим [5], Л.Д. Слоновою [6] та В.В. Шаповалом [7]. Щодо дослідження рідкісних видів флори заповідника слід відмітити роботи Краснової А.М., Кузьмичова А.І., Водоп'янової В.Г., Веденькова Є.П., Дрогобич Н.Ю. та Шаповала В.В. [8, 9, 10, 11].

**Новизна.** Встановлено сучасний стан рідкісних видів рослин, що зростають на території Біосферного заповідника «Асканія-Нова». Приведено оновлені дані по внесенню рідкісних видів рослин у Червоний список МСОП, Європейський червоний список, список Конвенції про охорону дикої фауни та флори та природних середовищ існування в Європі, Червоної книги України та до списку регіонально рідкісних видів Херсонської області [12, 13, 14, 15, 16].

**Мета дослідження** – встановити сучасний стан рідкісних видів Біосферного заповідника «Асканія-Нова» та їх місце у міжнародних та регіональних охоронних списках.

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття.** Незважаючи на низку ґрунтовних наукових праць, присвячених окремим аспектам рідкісних видів рослин Біосферного заповідника «Асканія-Нова», відсутність сучасної оновленої інформації

щодо місця досліджуваних видів в системі міжнародних та регіональних охоронних списків спонукало авторів до більш детального розгляду вказаної теми.

**Методологічне або загальнонаукове значення.** Об'єктом досліджень є рідкісні види рослин, що розповсюджені на території Біосферного заповідника «Асканія-Нова» та підлягають комплексним заходам щодо збереження, охорони та уточнення їх місцезростання. Дослідження проводилися маршрутно-польовим і напівстаціонарним методами. Авторами було здійснено понад шість експедиційних виїздів (2017–2021 рр.), в ході яких складалися геоботанічні описи, проводилося фотографування та документувалися уточненні місця зростання. За основу уточнення рідкісних видів взято список «Флори судинних рослин асканійського степу» [7]. Також авторами були опрацьовані матеріали гербарних фондів Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України [KW] та ДУ «Інститут еволюційної екології НАН України», щодо зборів з асканійського степу.

**Регіон дослідження.** Біосферний заповідник «Асканія-Нова» розташований у Каховському районі, Херсонської області. За геоботанічним районуванням України досліджувана територія належить до Понтично степової провінції, Чорноморсько-Азовської степової підпровінції, Нижньодніпровського округу піщаних степів, пісків та плавнів [17]. Загальна площа заповідника складає 33 307 га, з яких заповідна зона – 11 054 га, буферна зона – 6 909 га, зона антропогенних ландшафтів – 15 344 га [18]. Дослідження проводилися в основному на масивах «Південний» та «Північний» та загонах Великого Чапельського поду (рис. 1).

**Виклад основного матеріалу.** Будь-яка територія характеризується певним набором рідкісних

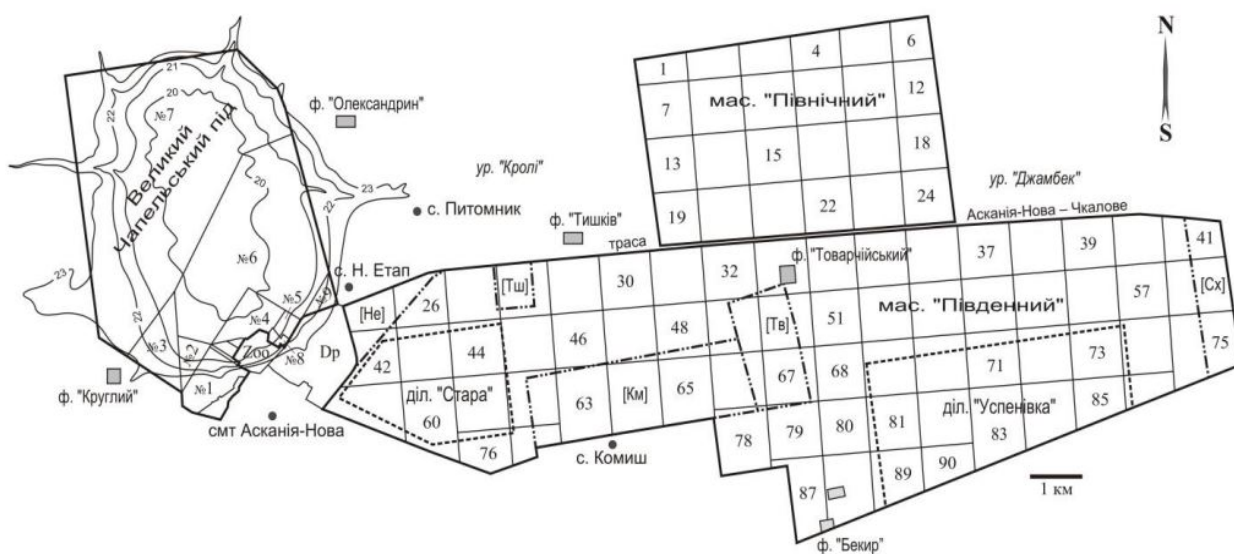


Рис. 1. Картосхема Біосферного заповідника «Асканія-Нова» імені Ф.Е. Фальц-Фейна НААН та суміжних територій [за 7]

видів рослин різного ступеню охорони. Будь-який природоохоронний об'єкт має у своєму складі унікальний набір рідкісних, зникаючих та ендемічних рослин [10, 11]. Не є винятком і Біосферний заповідник «Асканія-Нова». За останніми даними видовий склад флори асканійського степу налічує 521 вид вищих судинних рослин [7]. З них за різними джерелами наводиться від 26 до 40 видів рослин, що охороняються на різних рівнях [8, 9, 10, 11]. За даними Веденькова та Дрогобич до міжнародних та регіональних червоних списків занесено: Червоний список МСОП – 5 видів, Європейський – 6, Бернська конвенція – 2, Червона книга України – 14, Червоний список Херсонської області – 4 (таблиця) [10]. Деякі види у зазначеній публікації охороняються відразу у декількох списках (*Allium regelianum*, *Caragana scythica* та ін.), що вказує на їх унікальність та охоронну цінність. Найбільшу кількість із зазначених видів (14) відмічено у Червоній книзі України [19].

Насьогодні на основі літературних, гербарних та власних спостережень рідкісні види Біосферного заповідника налічують 22 види судинних рослин. Це менше ніж за останніми даними [10]. Двоє видів є ймовірно зниклими з досліджуваної території (*Orchis*

*laxiflora* Lam., *Diploaxis cretacea* Kotov) [7], тому ми їх не розглядаємо. Також ряд видів були виключені з нових редакцій природоохоронних списків, проте зростають на території заповідника понині. Так, у МСОП відзначалось п'ять видів (таблиця), у останній редакції вони не наводяться, проте там з'являється *Damasonium alisma*. Загалом даний вид є досить рідким і унікальним для території Європи та скорочує свій ареал, через втрату природних біотопів. Нині даний вид входить до охоронних списків МСОП, Європейського червоного списку, Червоної книги України та регіонально рідкісних видів Херсонської області. Також слід звернути увагу на *Allium regelianum*, який на сьогодні відмічається у трьох списках. Із списку МСОП його виключили, а включили в останню редакцію Європейського червоного списку [12, 13]. До Європейського червоного списку було віднесено шість видів, на сьогодні залишилося лише чотири види (табл. 1). Список видів Бернської конвенції для асканійського степу складався із двох видів, нині *Ferula orientalis* виключено. Значні зміни стосуються видів з Червоної книги України.

За останніми даними відмічено збільшення охоронюваних видів. До останнього видання Червоної

Таблиця 1

Охоронювані види рослин Біосферного заповідника «Асканія-Нова»

Назви видів	Червоний список МСОП		Європейський червоний список		Бернська конвенція		Червона книга України		Регіонально рідкісні види Херсонської обл.	
	A*	2011	1991	2011	1998	2011	1996	2009	2002	2012
<i>Centaurea talievii</i> Kleop.	+	-	-	-	-	-	+	+	-	-
<i>Allium regelianum</i> A. Beck. ex Iljin	+	-	-	+	+	+	+	+	-	-
<i>Astragalus henningii</i> (Stev.) Boriss.	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Allium scythicum</i> Zoz	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-
<i>Caragana scythica</i> (Kom.) Pojark.	-	-	+	-	-	-	+	+	-	-
<i>Phlomis scythica</i> Klok. et Shost.	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-
<i>Ferula orientalis</i> L.	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-
<i>Damasonium alisma</i> Mill.	-	+	-	+	-	-	+	+	-	+
<i>Tulipa scythica</i> Klok. et Zoz	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-
<i>Stipa lessingiana</i> Trin. et Rupr.	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-
<i>Stipa maeotica</i> Klok. et Ossychnjuk	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-
<i>Stipa ucrainica</i> P. Smirn.	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-
<i>Stipa capillata</i> L.	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-
<i>Tulipa schrenkii</i> Regel	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-
<i>Astragalus reduncus</i> Pall.	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Fritillaria meleagroides</i> Patr. ex Schult.	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-
<i>Juncus sphaerocarpus</i> Nees	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Elatine hungarica</i> Moesz	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Prangos odontalgica</i> (Pall.) Herrnst.	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
<i>Ranunculus scythicus</i> Klov. ex Ostapko	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Prospero autumnale</i> (L.) Salisb.	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
<i>Utricularia vulgaris</i> L.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+

Примітка\*. А – Червоний список МСОП за Веденьков, Дрогобич [10]; + - наявність виду у списках, - - відсутність.

книги України [15] занесено 17 видів. Такі види, як: *Astragalus henningii*, *Phlomis scythica*, *Astragalus reduncus*, *Juncus sphaerocarpus* та *Elatine hungarica* наводяться вперше.

Регіональний список рідкісних видів Херсонської області у новій редакції із видів асканійського степу включає п'ять видів. Три з них *Damasonium alisma*, *Ranunculus scythicus* та *Utricularia vulgaris* наводяться вперше.

З огляду на зміни у наведені рідкісних видів Біосферного заповідника «Асканія-Нова» їх місце у міжнародних та регіональних охоронних списках важливе. Незважаючи на те, що досліджувані види поширені по заповідній території і охороняються комплексно. З огляду на прийняті у заповіднику методи контролю та охорону популяцій рідкісних видів рослин, у більшості їхній стан незадовільний,

про що свідчать зміни у списках та флористичних зведеннях за останні роки [12, 13, 14, 15, 16].

**Головні висновки.** Отже, у результаті проведених досліджень встановлено 22 рідкісних види судинних рослин, що зростають на території Біосферного заповідника «Асканія-Нова». Проведено оновлені дані по внесенню рідкісних видів рослин у міжнародні та регіональні охоронні списки, так до Червоного списку МСОП внесено – 1 вид, Європейського червоного списку – 4, Бернської конвенції – 1, Червоної книги України – 17 та до списку регіонально рідкісних видів Херсонської області – 5 видів.

**Перспективи використання результатів дослідження.** Результати проведених досліджень у подальшому можуть бути використані для порівняння та для ведення моніторингу подібних досліджень на інших об'єктах ПЗФ України.

### Література

1. «Аналіз площ природно-заповідного фонду України в розрізі адміністративно-територіальних одиниць»: інформаційно-аналітичні матеріали Міністерства енергетики та захисту довкілля України, 2021 <https://mepr.gov.ua/timeline/Prirodozapovidniy-fond.html>
2. Teetzmann F. Ueber die Sudrussischen Steppen und uber die darin im Taurischen Gouvernement belegen Beisitzungen des Herzogs von Anhalt-Kothen / Beitrage zur Kenntniss des Russischen Reiches und der angranzenden Lander Asiens. St. Petersburg: Akademie der Wissenschaften, 1845. S. 89–135.
3. Пачоский И.К. Список растений, обитающих на территории Государственного Заповедника «Аскания-Нова». *Изв. Гос. Степного Заповедника «Аскания-Нова»*. Херсон, 1923. Т. II. С. 97–144.
4. Пачоский И.К. Наблюдения над целинным покровом в Аскании-Нова в 1923 году. *Вісті Держ. Степового Заповідника «Чаплі» ім. Х. Раковського*. Харків, 1926. Т. III. С. 17–47.
5. Веденьков Е.П. Флора заповедника «Аскания-Нова» (аннотированный список цветковых растений заповедной степи) / Под ред. В. Н. Тихомирова. М., 1989. 52 с.
6. Елонова Л.Д. Реинвентаризация и анализ современного состояния флоры цветковых растений заповедной степи «Аскания-Нова» // Мониторинг состояния геофизической среды и биоты Украинского государственного биосферного заповедника «Аскания-Нова» в его типичном природно-антропогенном ряду экосистем: Отчет о НИР (заключительный). УНИИЖ «Аскания-Нова». № ГР 01870098818. Аскания-Нова. 1990. 181 с.
7. Шаповал В. В. Флора судинних рослин асканійського степу. Асканія-Нова: ФОП Андреев О. В., 2012. 195 с.
8. Водоп'янова В. Г. Рідкісні, зникаючі та ендемічні види заповідного степу Асканії-Нова. *Охорона природи на півдні України*. К.: Наук. думка, 1977. С 55–59.
9. Краснова А.М., Кузьмичов А.І. Стан охорони рідкісних та ендемічних видів рослин заповідника «Асканія-Нова». *Укр. ботан. журн.* 1987. Т. 43. № 3. С. 77–80.
10. Веденьков Е.П., Дрогобыч Н.Е. Распространение редких, исчезающих и эндемичных видов флоры цветковых в заповедной степи «Аскания-Нова». 1. Особо охраняемые виды. *Вісті біосферного заповідника «Асканія-Нова»*. 2003. Т. 5. С. 18–30.
11. Дрогобыч Н.Е., Шаповал В.В. Распространение редких, исчезающих и эндемичных видов флоры цветковых в заповедной степи «Аскания-Нова». 2. Эндемическое ядро. *Вісті біосферного заповідника «Асканія-Нова»*. 2004. Т. 6. С. 6–13.
12. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2016-2. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Downloaded on 22 September 2016. (<https://www.iucnredlist.org/species/164894/5935114>)
13. European Red List of Vascular Plants. Luxembourg: Publications office of European Union. 2011. 130 p.
14. Вініченко Т.С. Рослини України під охороною Бернської конвенції. Київ: Хімджест. 2006. 176 с.
15. Червона книга України. Рослинний світ / За ред. Я.П. Дідуха. К.: Глобалконсалтинг, 2009. 900 с.
16. Офіційні переліки регіонально рідкісних рослин адміністративних територій України (довідкове видання) / Укладачі: докт. біол. наук, проф. Т.Л. Андрієнко, канд. біол. наук М.М. Перегрим. Київ: Альтерпрес, 2012. 148 с.
17. Дідух Я.П., Шеляг-Сосонко Ю.Р. Геоботанічне районування України та суміжних територій. *Укр. ботан. журн.* 2003. Т. 60. № 1. С. 6–17.
18. Проект організації території та охорони природних комплексів Біосферного заповідника «Асканія-Нова» імені Ф.Е. Фальц-Фейна НААН на 2021-2030 роки / [https://drive.google.com/file/d/1VZnjSH\\_Kzodnu9R0YD-WcJWWNrDX6Cpq/view](https://drive.google.com/file/d/1VZnjSH_Kzodnu9R0YD-WcJWWNrDX6Cpq/view).
19. Червона книга України. Рослинний світ / Редкол.: Ю.Р. Шеляг-Сосонко (відп. ред.) та ін. К.: Українська енциклопедія. 1996. 680 с.

## ВИДОВЕ РІЗНОМАНІТТЯ ПРЕДСТАВНИКІВ АГАРИКОЇДНИХ ГІМЕНОМІЦЕТІВ ТЕРИТОРІЇ УРОЧИЩА «ПОМІРКИ»

Кречківська Г.В., Павлишак Я.Я.

Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка  
вул. Т. Шевченка, 23, 82100, Дрогобич  
gkrechkivska@gmail.com

На стан природи важливе місце займає засвоєння людиною навколишнього середовища. Чим більший вплив людини на природу тим більше змінюється її характерна стійкість, що спричиняє зникненню певних видів. Тому, у сучасній біології пріоритетним є вивчення біорізноманіття живих організмів, яке показує постійність екосистеми.

Територія дослідження є одним із найбагатших регіонів Львівщини у якому зростає найбільше видове різноманіття афілофороїдних гіменомицетів. Афілофороїдні гіменомицети мають велике значення для природи та життя людини. Оскільки основне місце зростання грибів – ліс, тому найбільшу роль вони відіграють для дерев утворюючи з ними взаємовигідні умови існування як для дерев, так і для грибів. На території дослідження вивчено 95 видів агарикоїдних гіменомицетів. Із них порядок *Agaricales* налічує приблизно половину усіх знайдених видів (40 видів), порядок *Boletales* – 23 види і порядок *Russulales* – 22 види. Два види гледон щетинистий (*Gloiodon strigosus*) та тилопіл солодкий (*Tylophilus alutarius*) є червонокнижними видами. Досліджено, що на ділянках з хвойним лісом (в основному це ялиця біла (*Abies alba* L.) та сосна гірська (*Pinus mugo* L.)), зростає 57 видів агарикоїдних гіменомицетів. Ділянки з листяними породами (грабом звичайним (*Carpinus betulus* L.), буком лісовим (*Fagus sylvatica* L.), кленом гостролистим (*Acer platanoides* L.) представлені – 56 видами. Ділянки з мішаними деревостанами (ялицею білою (*Abies alba* L.), сосною гірською (*Pinus mugo* L.), грабом звичайним (*Carpinus betulus* L.), буком лісовим (*Fagus sylvatica* L.), кленом гостролистим (*Acer platanoides* L.), осикою звичайною (*Populus tremula* L.) та ін.) трапляється лише 21 вид. Приурочення певних видів грибів до певного типу лісоценозу, пояснюється тим, що більшість агарикоїдних грибів є симбіотрофами та утворюють мікоризу з певним видом дерева чи куща. *Ключові слова*: хвойний, листяний, мішаний ліс.

### Species diversity of agaricoid hymenomycetes in the Pomirky landtype association. Krechkivska H., Pavlyshak Y.

An important place in the state of nature is occupied by human assimilation of the environment. The greater is the human impact on nature, the more it changes its characteristic stability, which leads to the extinction of certain species. Therefore, the priority in modern biology is to study the biodiversity of living organisms, which shows the sustainability of the ecosystem. The study area is one of the richest regions of the Lviv region where the largest species diversity of aphiphoroid hymenomycetes grows. Since the forest is the main place of growth of fungi, they play the greatest role for trees, creating with them mutually beneficial living conditions for both trees and fungi. 95 species of agaricoid hymenomycetes were studied in the research area. The order *Agaricales* in the species composition has about half of all found species (40 species), the order *Boletales* – 23 species, and order *Russulales* – 22 species. Two species of gliodon (*Gloiodon strigosus*) and tilopil sweet bolete (*Tylophilus alutarius*) are Red Book species. It was investigated that 57 species of agaricoid hymenomycetes grow in areas with coniferous forests (mostly silver fir (*Abies alba* L.) and mountain pine (*Pinus mugo* L.)). Areas with deciduous species (common hornbeam (*Carpinus bethulus* L.), common beech (*Fagus sylvatica* L.), norway maple (*Acer platanoides* L.) are represented by 56 species. There are only 21 species in areas with mixed forest stands (silver fir (*Abies alba* L.), mountain pine (*Pinus mugo* L.), common hornbeam (*Carpinus bethulus* L.), common beech (*Fagus sylvatica* L.), norway maple (*Acer platanoides* L.), common aspen (*Populus tremula* L.), etc.). The linking of certain species of fungi to a certain type of forest coenosis is explained by the fact that most agaricoid fungi are symbiotrophic and form mycorrhizae with a certain type of tree or shrub. *Key words*: coniferous, deciduous, mixed forest.

**Постановка проблеми.** Тема видового різноманіття агарикоїдних гіменомицетів грибів актуальна як для України, так і для Львівщини. Територія якої є однією у мікологічному плані найбагатшою в нашій країні. Проте, видовий склад агарикоїдних гіменомицетів Львівщини або окремих її ділянок є недостатньо вивченим. Тому, вивчення видового складу агарикоїдних гіменомицетів урочища «Помірки» є дуже актуальним як із наукової точки зору так і практичної.

Урочище «Помірки», розташоване в оточенні мальовничої природи прикарпатських лісів, було і залишається одним із рекреаційних оазисів Трускавецького курорту. Знаходиться ця чудодійна місцина у південно-східній частині міста, на висоті 440-500 м. н.р.м., за 3 км. від центру Трускавця [5].

Вивчення видового різноманіття агарикоїдних грибів створює динамічну у часі і просторі систему,

яка постійно взаємодіє зі впливом антропогенних чинників та змінами абіотичного середовища. Від такої інтенсивної взаємодії залежать мікроеволюційні процеси у популяціях, видовий склад окремих екосистем, динаміка та організація біосистем.

Агарикальні гіменомицети відіграють вагомую роль у ґрунтоутворних процесах та кругообігу біогенних речовин, мають вирішальне значення для нормального розвитку деревних та чагарникових порід, утворюючи екто-та ендотрофну мікоризу [7].

### Матеріали і методи дослідження

Агарикоїдні гіменомицети – це справжні гриби (представники відділів Basidiomycota), плодові тіла яких помітні без спеціального обладнання. Агарикоїдні гіменомицети здебільшого утворюють плодові тіла на наземній частині ґрунтосубстрату [8]. За типом живлення агарикоїдні гіменомицети переважно є симбіотрофами, проте трапляються сапро-



трофи і паразити, продуктами їх асиміляції є різні органічні та неорганічні сполуки [4].

**Матеріалом дослідження** були натуральні зразки агарикоїдних гіменоїдів (представники родин: Болетальні, Агарикальні і Сироїжкові), знайдені у протягом 2018-2021 рр. року на території урочища «Помірки».

Для визначення агарикоїдних гіменоїдів польові дослідження проводили маршрутним методом так, щоб охопити якомога більше досліджуваної території місцезростань грибів. При знаходженні гриба розглядали субстрат, на якому він зростає, характер навколишньої рослинності, породу деревини та тип її гнилі. Агарикоїдні гриби визначали за визначниками [1; 2; 4; 8; 9; 10] та мобільним додатком «iNaturalist».

Сучасні назви видового різноманіття погоджували з номенклатурною базою даних «Index Fungorum».

**Виклад основного матеріалу.** Понад 60% території урочища «Помірки» вкрита лісами. Ліси на даній території представлені: хвойними, мішаними та листяними породами дерев.

Ділянки з хвойним лісом в основному представлені ялицею білою (*Abies alba* L.), ділянки з мішаними деревостанами представлені: ялицею білою (*Abies alba* L.), сосною гірською (*Pinus mugo* L.), грабом звичайним (*Carpinus betulus* L.), буком лісовим (*Fagus sylvatica* L.), кленом гостролистим (*Acer platanoides* L.) та ін, ділянки з листяними породами представлені в основному: грабом звичайним (*Carpinus betulus* L.), буком лісовим (*Fagus sylvatica* L.), кленом гостролистим (*Acer platanoides* L.).

Кожній із цих трьох ділянок притаманне своє видове різноманіття агарикальних гіменоїдів. Результати досліджень наведені у таблиці 1.

За результатами наших досліджень на території дослідження зростає 95 видів агарикоїдних гіменоїдів. Із них порядок Агарикальні (*Agaricales*) налічує приблизно половину усіх знайдених видів (40 видів), порядок Болетальні (*Boletales*) – 23 види

Таблиця 1

Видове різноманіття агарикоїдних гіменоїдів

№	Порядок	Вид	Місце зростання
1	Болетальні ( <i>Boletales</i> ) Болетальні ( <i>Boletales</i> )	Білий гриб, або боровик ( <i>Boletus edulis</i> ) Bull.	листяний хвойних мішаний ліс
2		Боровик зернистий, або синяк ( <i>Neoboletus luridiformis</i> ) (Rostk.) Gelardi, Simonini & Vizzini	хвойний ліс
3		Боровик рожевошкірий ( <i>Rubroboletus rhodoxanthus</i> ) (Krombh.) Kuan Zhao et Zhu L.	листяний ліс
4		Дубовик звичайний ( <i>Suillellus luridus</i> ) (Schaeff.) Murrill	листяний хвойних мішаний ліс
5		Дубовик оливково-бурий ( <i>Suillellus luridus</i> ) (Schaeff.) Murrill	листяний хвойних мішаний ліс
6		Жовчний гриб ( <i>Tylopilus felleus</i> ) (Bull.) P. Karst.	листяний хвойний мішаний ліс
7		Козляк ( <i>Boletus bovinus</i> L.) Roussel	хвойний ліс
8		Маслюк звичайний ( <i>Suillus luteus</i> L.) Roussel	хвойний ліс
9		Міцена голковидна ( <i>Mycena acicula</i> ) (Schaeff.) PKum	листяний ліс
10		Мокруха клейка ( <i>Gomphidius glutinosus</i> ) (Schaeff.) Fr.	хвойний ліс
11		Моховик зелений ( <i>Boletus subtomentosus</i> L.) Quel.	листяний хвойних мішаний ліс
12		Моховик припорошений ( <i>Cyanoboletus pulverulentus</i> ) (Opat.) Gelardi, Vizzini & Simonini	листяний хвойних мішаний ліс
13		Моховик тріщинуватий ( <i>Xerocomus chrysenteron</i> ) (Bull.) Šutara	листяний ліс
14		Підосиновик ( <i>Leccinum aurantiacum</i> ) (Bull.) Gray	листяний ліс
15		Підберезник ( <i>Leccinum scabrum</i> ) (Bull.) Gray	листяний ліс
16		Підберезник чорний ( <i>Leccinum melaneum</i> ) (Smotl.) Pilát & Dermek	листяний ліс
17		Підберезник синючий ( <i>Leccinum cyaneobasileucum</i> ) Lannoy & Estadès	листяний ліс
18		Підберезник болотний ( <i>Leccinum holopus</i> ) (Rostk.) Watling	листяний ліс
19		Польський гриб ( <i>Imleria badia</i> ) (Fr.) Vizzini	хвойний ліс
20		Свинуха тонка ( <i>Paxillus involutus</i> ) (Batsch) Fr.	листяний ліс
21		<b>Сатанинський гриб</b> ( <i>Rubroboletus satanas</i> )	листяний хвойних мішаний ліс
22		Синяк ( <i>Gyroporus cyanescens</i> ) (Bull.) Quéf.	мішаний ліс
23		Тилопіл солодкий ( <i>Tylopilus alutarius</i> ) (Fr.) Henn.	хвойний ліс

Продовження таблиці 1

№	Порядок	Вид	Місце зростання
24	Сироїжкові, або Русуляльні (Russulales) Сироїжкові, або Русуляльні (Russulales)	Вовняна біла ( <i>Lactarius pubescens</i> ) Fr.	листяний хвойних мішаний ліс
25		Вовнянка рожева ( <i>Lactarius torminosus</i> ), (Schaeff.) Pers.	листяний хвойних мішаний ліс
26		Геріцій гребінчастий ( <i>Hericium erinaceus</i> ), (Bull.) Pers.	листяний ліс
27		Геріцій кучерявий ( <i>Hericium cirrhatum</i> ), (Pers.) Nikol.	листяний ліс
28		Глеодон щетинистий ( <i>Gloiodon strigosus</i> ), (Sw.) P. Karst.	листяний ліс
29		Груздь білий ( <i>Lactarius resimus</i> )	хвойний ліс
30		Зеленушка ( <i>Tricholoma equestre</i> )	листяний ліс
31		Лентинелл вовчий ( <i>Lentinellus vulpinus</i> ), (Sowerby) Kühner & Maire	хвойний ліс
32		Рижик звичайний ( <i>Lactarius deliciosus</i> L.), Gray	хвойних мішаний ліс
33		Рядовка тополева ( <i>Tricholoma populinum</i> ), J.E. Lange	листяний ліс
34		Рядовка фіолетова ( <i>Lepista nuda</i> )	хвойний ліс
35		Сироїжка булавонога ( <i>Russula clavipes</i> ), Velen	хвойний ліс
36		Сироїжка блискуча ( <i>Russula nitida</i> ), (Pers.) Fr	листяний хвойних мішаний ліс
37		Сироїжка бурюча ( <i>Russula xerampelina</i> ), (Schaeff.) Fr	хвойний ліс
38		Сироїжка істівна ( <i>Russula vesca</i> Fr.)	листяний хвойних мішаний ліс
39		Сироїжка зеленувата ( <i>Russula aeruginea</i> )	листяний хвойних мішаний ліс
40		Сироїжка крихка ( <i>Russula badia</i> ), Quél.	хвойний ліс
41		Хрящ-молочник темний ( <i>Lactarius obscuratus</i> ), (Lasch) Fr	листяний хвойних мішаний ліс
42		Хрящ-молочник смолисто-чорний ( <i>Lactarius picinus</i> Fr)	хвойний ліс
43		Хрящ-молочник оливково-чорний ( <i>Lactarius turpis</i> ), (Weinm.) Fr	хвойний ліс
44		Хрящ-молочник золотий ( <i>Lactarius chrysorrhoeus</i> Fr)	листяний ліс
45		Хрящ-молочник ліловий ( <i>Lactarius lilacinus</i> ), (Lasch)	листяний ліс
46	Агарикальні ( <i>Agaricales</i> )	Білогнойовик Бедхема ( <i>Leucocoprinus badhamii</i> ), (Berk. & Broome) Locq.	листяний ліс
47		Вольваріела крихітна ( <i>Volvariella pusilla</i> ), (Pers.) Singer	листяний ліс
48		Геміфоліота відхилена ( <i>Hemipholiota heteroclita</i> ), (Fr.) Bon	листяний ліс
49		Опеньок осінній справжній ( <i>Armillaria mellea</i> ), (Vahl) P. Kumm.	листяний хвойних мішаний ліс
50		Опеньок літній ( <i>Kuehneromyces mutabilis</i> ), (Schaeff.) Singer & A.H. Sm	листяний хвойних мішаний ліс

і порядок Сироїжкові (*Russulales*) – 22 види. Два види глеодон щетинистий (*Gloiodon strigosus*) та тилопіл солодкий (*Tylopilus alutarius*) є червонокнижними видами.

На ділянках, де зростають лише хвойні породи дерев зростає 57 видів агарикоїдних гіменоміцетів, листяні – 56 видів, на ділянках де зростають хвойні і листяні дерева у переміжку видове різноманіття налічує 21 вид.

Приурочення певних видів грибів до певного типу лісоценозу, пояснюється тим, що більшість

агарикоїдних грибів є симбіотрафами та утворюють мікоризу з певним видом дерева чи куща.

**Головні висновки.** На території дослідження зростає 95 видів грибів, групи порядків Агарикоїдні гіменоміцети. Два види глеодон щетинистий (*Gloiodon strigosus*) та тилопіл солодкий (*Tylopilus alutarius*) занесені до Червоної книги України.

Найбільше видів агарикоїдних грибів зростає у хвойному (57 видів) та листяному (56 видів) лісоценозі. І лише незначна кількість агарикоїдних грибів представлена (21 вид) у мішаних лісоценозах.

№	Порядок	Вид	Місце зростання
51	Агарикальні (Agaricales)	Арсенія дошовикові ( <i>Arrhenia retiruga</i> ), (Bull.) Redhead	хвойний ліс
52		Астерофора дошовикова ( <i>Asterophora lycoperdoides</i> ), (Bull.) Ditmar	хвойний ліс
53		Білопечериця довгокоренева ( <i>Leucoagaricus barssii</i> ), (Zeller) Vellinga	листяний ліс
54		Бліда поганка ( <i>Amanita phalloides</i> ), (Fr.) Link	листяний хвойних мішаний ліс
55		Галерина булавовидна ( <i>Galerina heterocystis</i> ), (G.F. Atk.) A.H. Sm. & Singer	хвойний ліс
56		Галерина сфагнова ( <i>Galerina sphagnum Pers.</i> ) Kühner	хвойний ліс
57		Гебелома недосяжна ( <i>Hebeloma fastibile</i> ), (Pers.) P. Kumm.	хвойний ліс
58		Гігрофор дібровний ( <i>Hygrophorus nemoreus Fr.</i> )	листяний ліс
59		Гігрофор істівний ( <i>Hygrophorus penarius Fr.</i> )	листяний ліс
60		Гігрофор козячий ( <i>Hygrophorus camarophyllus</i> ), (Alb. & Schwein.) Dumée, Grandjean & Maire	хвойний ліс
61		Гігрофор ялиновий ( <i>Hygrophorus piceae</i> ), Kühner	хвойний ліс
62		Гігроцибе лимонно-жовта ( <i>Hygrocybe vitellina Fr.</i> ) P. Karst.	листяний ліс
63		Гебелома гірчична ( <i>Hebeloma sinapizans</i> ), (Paulet) Gillet	листяний ліс
64		Геміміцена молочно- біла ( <i>Hemimycena lactea</i> ) (Pers.)	хвойний ліс
65		Геміміцена тендітна ( <i>Hemimycena gracilis</i> ), (Quél.) Singer	хвойний ліс
66		Гнойовик в'янучий ( <i>Coprinopsis marcescibilis</i> ), (Britzelm.)	листяний ліс
67		Гнойовик павутинистий ( <i>Coprinopsis cortinata</i> ), (J.E. Lange)	хвойний ліс
68		Головач продовгуватий ( <i>Calvatia excipuliformis</i> ) (Scop.)	хвойний ліс
69		Головач келиховидний ( <i>Calvatia cyathiformis</i> ) Bosc Morgan	хвойний ліс
70		Головач мішковидний ( <i>Calvatia utriformis</i> ), (Bull.) Jaap	листяний ліс
71		Глива дубова ( <i>Pleurotus dryinus</i> ), (Pers.) P. Kumm	листяний ліс
72		Гриб-зонтик червоніючий ( <i>Chlorophyllum rhacodes</i> )	хвойний ліс
73		Гриб-зонтик великий ( <i>Macrolepiota procera</i> ) (Scop.) Singer	листяний ліс
74		Дошовик чорніючий ( <i>Lycoperdon nigrescen</i> ) Wahlenb.	хвойний ліс
75		Дошовик каштановий ( <i>Lycoperdon lividum</i> ) Pers.	хвойний ліс
76		Іноцибе зірковоспоровий ( <i>Inocybe asterospora</i> ), Quél.,	листяний ліс
77		Іноцибе м'ясо-червоний ( <i>Inocybe pyriodora</i> ), (Pers.) P. Kumm	листяний ліс
78		Іноцибе красивоспоровий ( <i>Inocybe calospora</i> ) Quél	хвойний ліс
79		Іноцибе волокнистий ( <i>Inocybe fibrosa</i> ), (Sowerby) Gillet	хвойний ліс
80		Іноцибе гострий ( <i>Inocybe acuta</i> ), Boud.	хвойний ліс
81		Ентолома весняна ( <i>Entoloma vernum</i> ), S. Lundell	листяний ліс
82		Келишок смугастий ( <i>Cyathus striatus</i> ), (Huds.) Willd	листяний ліс
82		Клітоцибе зимовий ( <i>Clitocybe brumalis</i> ) (Fr.) Quél.	хвойний ліс
84		Клітоцибе дрібнолускатий ( <i>Clitocybe squamulosa</i> ), (Pers.)	хвойний ліс
85		Клітоцибе вузький ( <i>Clitocybe angustissima</i> ), (Lasch)	листяний ліс
86		Крепідот м'який ( <i>Crepidotus mollis</i> ), (Schaeff.) Staude	листяний ліс
87		Лепіота щитовидна ( <i>Lepiota clypeolaria</i> ) (Bull.) P. Kumm	листяний ліс
88		Лепіота шипаста ( <i>Lepiota echinacea</i> ), J.E. Lange.	хвойний ліс
89		Міцена лужна ( <i>Mycena alcalina</i> ) P. Kumm)	хвойний ліс
90	Мухомор червоний ( <i>Amanita muscaria</i> L.) Lam.	листяний хвойний мішаний ліс	
91	Агарикальні (Agaricales)	Мухомор цитриновий ( <i>Amanita citrine</i> ), (Schaeff.) Pers.	листяний хвойних мішаний ліс
92		Павутинник гірський ( <i>Cortinarius orellanus</i> )	листяний ліс
93		Павутинник красивіший ( <i>Cortinarius rubellus</i> ) Cooke	хвойний ліс
94		Парасолька строката ( <i>Macrolepiota procera</i> )	листяний хвойних мішаний ліс
95		Псатирелла Кандолля ( <i>Psathyrella candolleana</i> ), (Fr.) Mair	листяний ліс

## Література

1. Горленко М.В., Гарибова Л.В., Сидорова И.И. Все о грибах. М.: Лесная промышленность, 1986. 280 с.
2. Дудка И.А., Вассер С.П. Грибы: справочник миколога и грибника. К.: Наукова думка, 1987. 535 с.
3. Евлахова А.А. Энтапатогенные грибы. Систематика, биология, практическое значение. Л.: Наука, 1974. 260 с.
4. Коваленко А.Е. Современные взгляды на филогенетические отношения и систематику агариковых грибов. Эволюция и систематика грибов. Теоретические и прикладные аспекты. Л.: Наука, 1984. С. 118 – 136.
5. Літній курорт «Помярки» або оаза, про яку ви нічого не знали. Веб-сайт. URL: <https://photo-lviv.in.ua>
6. Маланюк В.Б., Заморока А.М., Леонтъев Д.В. Знахідки грибів Червоної книги України на території Галицького НПП. Знахідки рослин і грибів Червоної книги України та Бернської конвенції: колективна монографія/ За ред. А.А. Куземко. Івано-Франківськ. Т.1. 2019. С. 287–290.
7. Маланюк В.Б. Агарикоїдні та болетоїдні гриби Галицького національного парку: автореф. дис. на здобуття наук, ступеня канд. біол. наук: 03.00.16. Київ, 2020 : Веб-сайт. URL: <https://www.botany.kiev.ua>
8. Сухомлин М.М., Джаган В.В. Гриби України. Атлас-довідник. Вид 2-ге. КМ-Букс, 2017 . 240 с.
9. Усіченко А.С. Нові знахідки афілофороїдних грибів з Північного Сходу України. Чорноморськ. Ботанічний журнал. 2009. Т. 5, №2. С. 276–289.
10. Kirk, P.M., Cannon, P.F., Minter, D.W. and Stalpers, J.A. Dictionary of the Fungi. 10th Edition, Wallingford, CABI, 2008. 22.

---

# ЗБЕРЕЖЕННЯ БІОЛОГІЧНОГО ТА ЛАНДШАФТНОГО РІЗНОМАНІТТЯ

---

УДК 630.4:632.7

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.1-40.27>

## ЕКОЛОГІЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ШКІДНИКІВ ТА СПОСОБИ ЗАХИСТУ РОСЛИН ВІД НИХ (НА ПРИКЛАДІ ПОШИРЕННЯ АМЕРИКАНСЬКОГО БІЛОГО МЕТЕЛИКА НА ТЕРИТОРІЇ КОЛКІВСЬКОЇ ОТГ)

Коробчук Л.І., Мисковець І.Я.

Луцький національний технічний університет

вул. Львівська, 75, 43000, м. Луцьк

[luda.iv13a@gmail.com](mailto:luda.iv13a@gmail.com), [myskovetsirina@lutsk-ntu.com.ua](mailto:myskovetsirina@lutsk-ntu.com.ua)

У статті розкривається негативний вплив на біоценоз карантинних організмів. Акцентується увага на їх ареали й темпи поширення та надзвичайну шкоду для екосистеми, сільського господарства з масштабними наслідками – збитками еколого-економічного характеру, особливо стосується зниження врожайності за рахунок знищення плодкових дерев та кущів. Висвітлюється роль екологічного управління в галузі охорони й збереження біологічних природних ресурсів. Необхідність створення на міжнародному рівні зовнішнього карантину рослин з метою збереження рослинного світу та продукції рослинного походження, адже ввезення на територію країни шкідливих організмів чи заражених рослин чи їх продукції завдасть значної шкоди екології навколишнього природного середовища та життєдіяльності людини.

В представленій нами статті викладено дослідження «популярності» та вогнищ зосередження американського білого метелика, котре проводилось на території Колківського ОТГ Волинської області: моніторинг кількості гнізд метелика, кількості гусені, її вік, обсяги споживання зелених рослин тощо. Визначено фактори, котрі чинять вплив на ріст і розвиток шкідника.

Також відмічається, що несвоєчасне донесення інформації до громадськості про небезпеку та захист, значно ускладнює екологічно небезпечну дію шкідника.

Окрім опису шкодочинності американського білого метелика у науковій статті представлена динаміка поширення метелика за певний період по території України та Волинської області, й відмічено щорічне збільшення ареалів його поширення. Також розроблено й подано карту можливих шляхів його пересування з території Колківської ОТГ на території інших населених пунктів.

Як результат, з метою боротьби з представленою екологічною проблемою в даній статті запропоновано запобіжно-природоохоронні заходи. *Ключові слова:* американський білий метелик, шкідник, фітосанітарні спостереження, екосистема, навколишнє природне середовище, карантинний організм, карантинні заходи, фітосанітарні заходи, фактор.

### **Environmental research of pests and ways to protect plants from them (on the example of the spread of the American white butterfly on the territory of Kolki Territorial Community). Korobchuk L., Myskovets I.**

The article reveals the negative impact on the biocenosis of quarantine organisms. The attention is focused on their ranges and rates of distribution, and extreme harm to the ecosystem, agriculture with large-scale consequences such as damage to the ecological and economic nature, especially regarding the decline in harvests due to the destruction of fruit trees and bushes. Also, we highlighted the role of environmental management in the field of protection and conservation of biological natural resources. The need to create an external plant quarantine at the international level in order to preserve the flora and plant products, because the importation of harmful organisms or infected plants, or even their products into the country, will cause significant damage to the ecology of the natural environment and human life.

The article presented by us outlines the study of the "popularity" and centers of concentration of the American white butterfly, which was conducted on the territory of the Kolki territorial community of Volyn` region. On this area were performed such actions: monitoring the number of butterfly nests, the number of caterpillars, their age, consumption quantity of green plants, etc. The factors influencing the growth and development of the pest are also determined.

It is also noted that the untimely delivered information to the public about the danger and protection, greatly complicates the ecologically dangerous pests influence.

Besides describing the harmfulness of the American white butterfly, the scientific article provides also information on the distribution dynamics of the butterfly over a certain period of time in Ukraine and Volyn` region, and notes the annual increase in its distribution areas. A map of possible ways of its movement from the Kolki territorial community to the location of other settlements was also developed and presented.

As a result, in order to overcome the presented environmental problem, this article proposes precautionary measures. *Key words:* American white butterfly, pest, phytosanitary observations, ecosystem, environment, quarantine organism, quarantine measures, phytosanitary measures, factor.

Карантинні організми завдають значної екологічної шкоди біоценозам в які вони потрапляють. Проте не всі шкідливі карантинні організми мають такий широкий діапазон господаря, як американський білий метелик і наслідком його потрапляння на нову для нього територію. Із сприятливими для розвитку фізико-географічними умовами середовища дані організми завдають значних екологічних та економічних збитків.

Актуальність наукової праці полягає в тому, що на нових територіях американський білий метелик швидко стає основним шкідником, що чинить значний вплив на екосистеми. Дослідження способів та шляхів його поширення дозволить краще контролювати та обмежити його розповсюдження на нові території.

Аналіз останніх публікацій і досліджень показав, що через погане фінансування наукових досліджень в цій сфері, а також невчасне або ж неповне інформування населення та працівників сфери сільського господарства призводить до того, що з шкідником починають боротися вже тоді коли він починає завдавати значної шкоди, а не на ранніх стадіях його розвитку.

Питаннями оцінки впливу на довкілля популярного в останні роки шкідника, займалась низка науковців: інтенсивне поширення патотипів по території України, як проблеми нашого сьогодення, розкриті в наробках: А.С. Заповловського, А.І. Ігнатюк, Ю.Ф. Руденко, Н.М. Плотницької, М.І. Дідух [3], Олексія Гумовського [1], М.О. Мовчан, О.О. Сикало, І.Д. Устінова [5]; удосконаленням заходів захисту рослин від шкідника – американського білого метелика присвячені роботи С.П. Кривошеева [4], В. П. Федоренко, Л. І. Бублик, Н. О. Козуб [7] та ін.

Новизна нашого дослідження полягає в тому, що вперше досліджено поширення американського білого метелика на прикладі однієї з об'єднаних територіальних громад Волинської області – Колківської ОТГ. Виявлено взаємозв'язок між природними кліматичними умовами та періодом вильоту першого покоління американського білого метелика.

На практиці багатьох країн світу зафіксовано виникнення нових «злих» патотипів (шкідників), які часто створюються довгостроковим використанням у сільськогосподарській практиці стабільних сортів та гібридів на однаковій генетичній основі. Україна приймає активну участь в міжнародних організаціях, що займаються захистом та карантинном організмів, саме даними організаціям належить провідна роль в формуванні та прийнятті основних нормативно-правових та законодавчих актах, а також обговорення принципів карантину рослин. В наш час існують три надзвичайно важливі тексти документів, за якими і виділяють нормативні статутні вимоги фітосанітарного спостереження та контролю карантину рослин у всіх країнах світу. Дані документи містять в собі основні принципи, керуючись якими було створено державно-національні положення та пра-

вила, а також законодавство щодо карантину рослин в нашій державі [6]:

– Міжнародна конвенція із захисту рослин, 1997 рік;

– Угода Всесвітньої торгової організації про застосування санітарних та фітосанітарних заходів, 1994 рік;

– Принципи карантину рослин, пов'язані з міжнародною торгівлею, 1995 рік – саме ці три документи є основними в формуванні законодавства в сфері карантину рослин.

За останні десятиріччя з нашою державою відбулися суттєві зміни в сфері політики і в соціально-економічній сфері. На сьогоднішній день Україна незалежна самостійна держава, одна з найбільших держав Європи. Для того, щоб попередити проникнення на територію держави шкідливих організмів було створено 189 прикордонних пункти, в аеропортах, на поштах, у портах, на пристанях, на аеродромах, на автомобільних дорогах, на залізничних вокзалах, на автовокзалах, автостанціях, спеціалізація цих прикордонних пунктів саме – карантин рослин [6]. Зовнішній карантин рослин організований та створений для того щоб оберігати флору та рослинну продукцію в Україні від потрапляння в її природне середовище шкочинних видів, від бур'янів та від хвороб рослин, а ще він створений для того щоб перешкодити вивезенню шкідливих організмів з України на території інших держав. При дослідженні світової флори та фауни, включаючи фізико-географічні та кліматичні особливості умов території, й дотримуючись рекомендацій та положень створених міжнародними організаціями, що спеціалізуються на карантині рослин також спираючись національні та держані показники та особливості, держави створюють свій власний Перелік шкідливих організмів проти яких застосовують карантинні заходи, а саме проти: шкідників; бур'янів; збудників хвороб рослин [3, 4].

З метою дослідження й розкриття представленої нами теми ми вибрали об'єкт вивчення – американський білий метелик. І провели екологічний моніторинг його поширення на території Колківської ТГ (Колківська об'єднана територіальна громада, площею 764,9 км<sup>2</sup>), котра розташована у Волинській області, в східній її частині [8].

Американський білий метелик перебуває на території України вже пів століття, і за даний період часу спалахи вогнищ даного шкідника були зафіксовані по всій території нашої держави. На території Колківської ОТГ появу метелики було вперше відмічено в кінці вересня минулого року.

Метелик відноситься до поліфагів, до раціону якого входить більш ніж 300 видів різних культур: деревних, кущових та трав'янистих [35]. Він робить на рослинах павутинні гнізда, об'їдаючи листя у великій кількості, та залишаючи гілки «лисами» обвитими павутиною (рис. 1).



Рис. 1. Початок пошкоджень на дереві внаслідок зараження американським білим метеликом

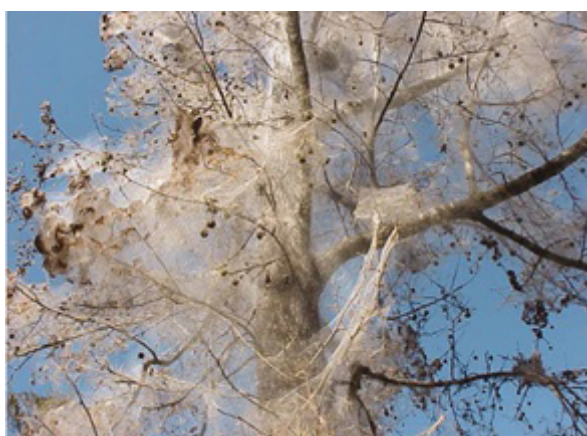


Рис. 2. Пошкодження ясена внаслідок живлення поліфага

Якщо зосереджено більше 7 гнізд на дереві або більше, то їх наявність може спричинити призвести до загибелі дерева тому, що такі пошкодження провокують пониження рівня захисних функцій рослинного

організму, а також спричиняє порушення метаболічних процесів. Виявлені нами гнізда шкідника на кущі смородини були невеликих розмірів. Загальна кількість гусені підрахованої нами в даних гніздах становила близько 123 особини. За виглядом гусені в гнізді нами було встановлено, що дана личинка американського білого метелика відноситься до гусені старших віків (та, що закінчила живлення і розвиток) [5, 9].

Окрім того, в одному гнізді може бути більше 50 особин гусениці, згідно результатів проведених досліджень встановлено що одна така гусениця за 24 години може з'їсти приблизно від 4,3 до 8 сантиметрів квадратних листя ясена (рис. 2) [9].

Також значною проблемою являється швидке поширення комах даного виду. Заходи, які спрямовані на обмеження розповсюдження американського білого метелика в місцях де було зафіксовано його виявлення діють впродовж двох років, але попри це метелик швидко поширюється по території Волинської області. У вересні 2020 року нами було зафіксовано вогнища американського білого метелика на території смт. Колки (рис. 3).

Поширення метелика зазвичай відбувається способом перельоту з місця на місце, за час його періоду розвитку американський білий метелик може здолати відстань від двадцяти п'яти до сорока кілометрів, в більшості випадків перелітає в напрямку вітру. Гусінь метелика також може мігрувати за допомогою повітряних потоків, вони також часто переміщуються за допомогою транспорту, і з цієї причини можуть долати значні відстані.

Гусінь, що вилупилася з яєць влаштовують на рослині гнізда обплітаючи листя та гілки павутиною. Гусінь за час харчування може з'їсти все листя рослини і коли на рослині не залишається чим харчуватися гусінь мігрує в пошуках нової їжі і для цього може здолати відстань від 10 до 25 метрів [9].

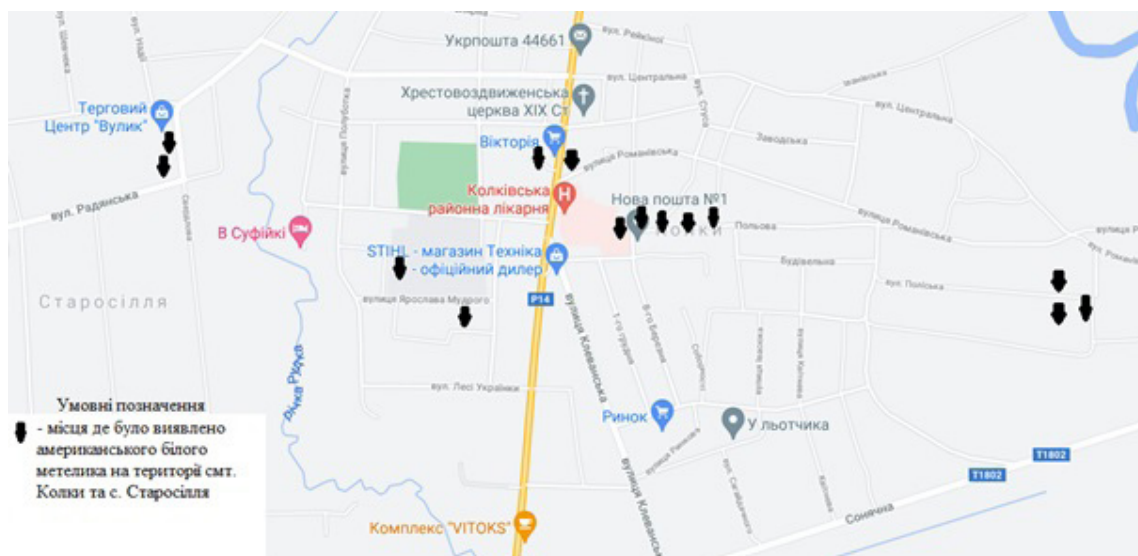


Рис. 3. Карта поширення шкідника на території Колківської ОТГ

Шкода яку завдає американський білий метелик є дуже великою, шкідник завдає пошкоджень 234 видам рослин лише в Європейському регіоні. Американський білий метелик в харчуванні надає перевагу плодовим деревам та кущам і через це врожайність даних видів сильно знижується, а у випадку сильних пошкоджень дерево може не плодоносити декілька років, або ж взагалі загинути [1]. Якщо на рослині наявні павутинні гнізда, то це є основною ознакою того, рослинний організм заражений американським білим метеликом, дану ознаку легко помітити. Маленькі гусениці ранніх віків обплітають лише декілька листків, але з ростом і розвитком вони можуть обплести гілку дерева повністю.



Рис. 4. Динаміка площі зараження американським білим метеликом по території України

Відстеживши динаміку розповсюдження американського білого метелика по Україні, ми дійшли висновку, що даний шкідник з кожним роком займає нові території, які хоча б трохи придатні для його життєдіяльності (рис. 4).

Як бачимо, площа території яку займав шкідник варіювалася протягом років. З 2006 до 2012 р.

площа на якій було зафіксовано поширення шкідника становила від 67 529 до 44 382 гектарів і мала тенденцію до спаду чисельності популяції. Значно збільшилася площа заселена американським білим метеликом в 2015 році, показник перевищував показник в 81 986 гектарів площі, заселеної поліфагом. На протязі наступних років територія, що заселена американським білим метеликом мала стабільні показники зайнятої площі і збільшувалася в незначних межах близько на 700 гектарів. Станом на 01.01.2020 року територія, на якій було зафіксовано шкідника була 85 000 гектарів [2].

Проаналізувавши дані ми розробили карту можливих шляхів поширення американського білого метелика з території Колківської ОТГ саме за ступенем ймовірності можливих шляхів подальшого поширення шкідника по досліджуваній території, та його можливого поширення у сусідні об'єднані територіальні громади та по всій території області (Рис. 5.). Червоним кольором позначено шляхи які ми вважаємо найбільш небезпечними, адже по них шкідник разом із транспортом може швидко поширитися не тільки в сусідні населені пункти, але і по всій території області, та за її межі. Помаранчевим кольором позначені шляхи, що сполучають смт. Колки з іншими селами, та по яких разом із транспортом також можливе швидке поширення шкідника на нову для нього територію. Зеленим кольором позначено шляхи поширення які метелик може подолати самостійно, відмінність в тому, що «своїми силами» шкідник може швидко поширитися в будь-якому напрямку в прилеглих територіях від зараженої місцевості.

На розвиток шкідника впливає чимало факторів, серед яких варто згадати [9]:

1. Перша група факторів – існування в місцевості поширення американського білого метелика

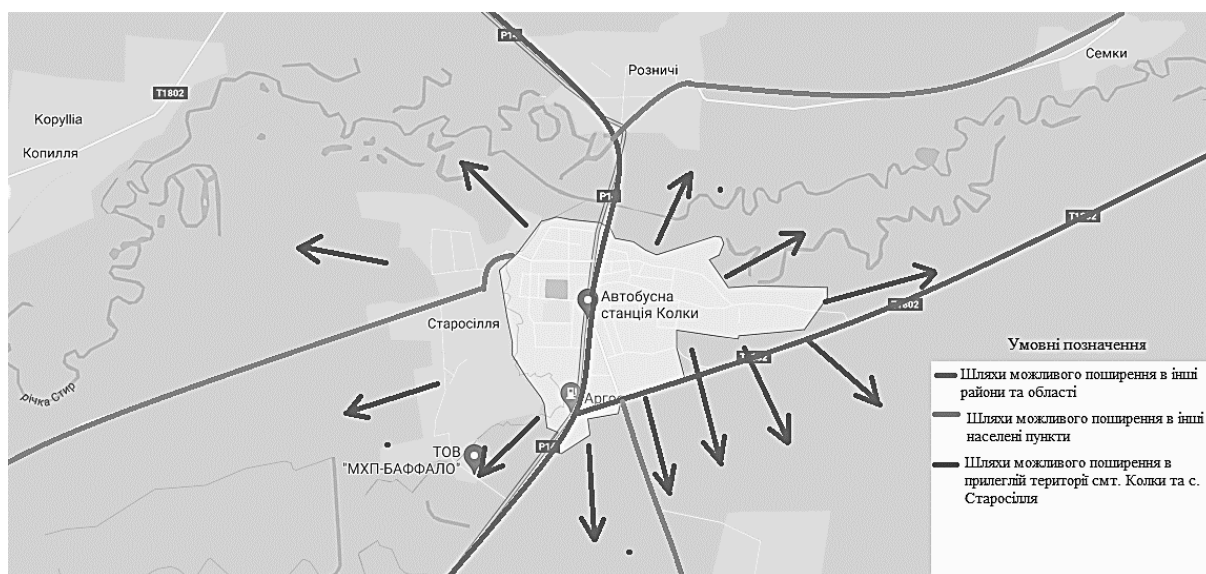


Рис. 5. Карта можливих шляхів поширення американського білого метелика з смт. Колки



ентомофагів – природних ворогів шкідника; другим фактором цієї групи є – наявність достатньої кількості їжі.

2. Друга група факторів – абіотичні фактори середовища (впливають на розвиток шкідника).

3. Третя група факторів відноситься до антропогенних факторів: карантинні заходи, які впроваджують на заражених шкідником територіях та заходи спрямовані на ліквідацію шкідника – біологічні й хімічні.

Для ефективної регуляції чисельності американського білого метелика та для запобігання його подальшого поширення в Колківській ОТГ варто було б:

– створити ряд карантинних заходів, які потім запроваджують на зараженій території;

– інформувати населення актуальною та своєчасною інформацією про шкідника та про способи його ліквідації тому, що незнання населення провокує те, що з метеликом не борються масштабно;

– проведення суворішого моніторингу та контролю за зеленими насадженнями (сади, парки) і обов'язкове проведення заходів по ліквідації шкідника в разі його виявлення двічі на рік під час його вегетаційного періоду;

– строгий огляд товарів, вантажу та транспорту, що переміщується за межі території, яка знаходиться під карантинном;

– застосування ефективних методи боротьби з шкідником: хімічний, агротехнічний (найбільш доцільний та ефективний), біологічний. Їх відмінність в тому, що застосовувати їх потрібно в різних місцях [7].

Отже, запропоновані нами заходи регуляції чисельності американського білого метелика базуються на профілактиці гальмування його розповсюдження по досліджуваній нами території, на запровадженні заходів винищувальної концепції в місцях де є зафіксовані вогнища шкідника та на обов'язковому інформуванні населення про вище згаданий карантинний організм, що дасть можливість ефективніше виявляти нові місця поширення метелика.

Результати наших досліджень можуть бути використані працівниками сільського та лісового господарств для регулювання чисельності шкідника – американського білого метелика. Окрім того, ми продовжуємо проводити інформаційно-просвітницьку роботу серед населення щодо методів регулювання американського білого метелика, що покращить врожайність сільськогосподарських культур. Проведені нами дослідження та розроблені карти можливих шляхів поширення дозволять в подальшому проводити дослідження та регулювати розповсюдження американського білого метелика.

#### Література

1. Олексій Гумовський: Небезпека карантинних шкідників в Україні полягає у відсутності заходів захисту URL: <https://superagronom.com/articles/369-oleksiy-gumovskiy-nebezpeka-karantinnih-shkidnikov-v-ukrayini-polyagaye-u-vidsutnosti-zagroz-dlya-nih>
2. Головна державна фітосанітарна інспекція URL <http://karantin.gov.ua/>
3. Заповольський А.С. Американський білий метелик – небезпечний карантинний шкідник / А.С. Заповольський, А.І. Ігнатюк, Ю.Ф. Руденко, Н.М. Плотницька, М.І. Дідух. Житомир, 2013. 31 с.
4. Кривошеєв С.П. Американський білий метелик (*Hyphantria cunea* Drury) та удосконалення заходів захисту багаторічних насаджень від нього в Північному Лісостепу України : автореф. дис... канд. с.-г. наук : 06.01.11. Київ, 2006. 21 с.
5. М.О. Мовчан, О.О. Сикало, І.Д. Устінов. Карантинні шкідливі організми: підручник К. : Колообіг, 2005. Ч. 1. 411 с.
6. Мовчан О. М. Карантинні шкідливі організми. О. М. Мовчан, І. Д. Устінов. К. Світ, 2000. 197 с.
7. Стратегія і тактика захисту рослин. В. П. Федоренко, Л. І. Бублик, Н. О. Козуб та ін. за ред. В. П. Федоренка. Т. 1. Стратегія. К.: Альфа-стевія, 2012. 500 с.
8. Фітосанітарні принципи карантину та захисту рослин і застосування фітосанітарних заходів в міжнародній торгівлі. Секретаріат Міжнародної конвенції із захисту рослин; Міжнародні стандарти з фітосанітарного захисту. Рим: ФАО, 2006. № 1. 19 с.
9. Biology and Management of the Fall Webworm, *Hyphantria cunea* (Lepidoptera: Erebidae) URL : <https://academic.oup.com/jipm/article/8/1/7/3064075>

## ВІДМІННІСТЬ ЗРАЗКІВ ХУРМИ ВІРГІНСЬКОЇ (*DIOSPYROS VIRGINIANA* L.) У КОЛЕКЦІЇ ХОРОЛЬСЬКОГО БОТАНІЧНОГО САДУ

Красовський В.В.<sup>1</sup>, Черняк Т.В.<sup>1</sup>, Гапон С.В.<sup>2</sup>, Орловський О.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Хорольський ботанічний сад  
вул. Кременчуцька 1/79, оф. 46, 37800, м. Хорол

<sup>2</sup>Полтавський національний педагогічний університет імені В.Г. Короленка  
вул. Остроградського, 2, м. Полтава, 36000  
[horolbotsad@gmail.com](mailto:horolbotsad@gmail.com), [gaponsv58@gmail.com](mailto:gaponsv58@gmail.com)

За змін клімату серед населення лісостепової зони України зростає зацікавленість у культивуванні субтропічних плодкових культур, зокрема, *D. virginiana*, адже рослина морозостійка, витримує температуру до мінус 25 – 28°C. Крім того *D. virginiana* відрізняється від традиційних плодкових культур Лісостепу багатьма морфологічними ознаками, біоекологічними особливостями та біохімічними властивостями плодів і може бути поширена в нові райони обробітку.

Для поступового введення в садівництво нової плодової рослини виникає необхідність у створенні і подальшому формуванні в природно-кліматичних умовах Лісостепу генофонду виду із залученням методів інтродукції, закладанні колекційних ділянок виду та виявленні кращих зразків.

У Хорольському ботанічному саду у науковій зоні у 2014 році закладена спеціальна колекція *D. virginiana* призначена для вирішення селекційних, наукових та інших завдань. Колекція зразків *D. virginiana* працівниками установи підтримується в життєздатному стані та зберігається як місцевий генофонд виду. Дана колекція знаходиться на північній межі культурного ареалу виду, є цінним генетичним матеріалом для виявлення кращих зразків за господарськими показниками.

Зазначено, що колекція рослин *D. virginiana* презентована 28 особинами віком 14 років. З них 11 утворюють жіночі квітки і 14 чоловічі, у інших на даний час стать невизначена, оскільки не квітують. Середня висота дерев становила 2,8 м, висота штамбу 0,7 м, діаметр штамбу біля кореневої шийки 10 см, середній діаметр крони – 4,2 м.

За посадковий матеріал колекції було взято адаптовані до місцевих кліматичних умов 6-річні сіянці *D. virginiana*, вирощені в місті Хорол у розсаднику з насіння, заготовленого в містах Феодосія та Нова Каховка. У ботанічний сад саджанці перенесено навесні 2014 року. Рослини висаджено у два ряди з кроком у ряду 4 м. Форми дерев щорічно поліпшуються шляхом обрізки та формування штамбу і крони.

У процесі досліджень з-поміж 28 задокументованих зразків *D. virginiana* описано 11 плодоносних, виділено 3 відмінні генотипи, придатні до поширення. **Ключові слова:** ботанічний сад, *Diospyros virginiana*, колекція, зразок, відмінність.

### **Difference between virgin pumpkin samples (*Diospyros virginiana* L.) in the Khorol Botanical Garden collection. Krasovsky V., Cherniak T., Hapon S., Orlovsky O.**

According to climate change, the population of the forest-steppe zone of Ukraine is interested in cultivating of subtropical fruit crops, including *D. virginiana*, because the plant is hardy and can resist temperatures down to minus 25 – 28°C. In addition, *D. virginiana* differs from traditional forest-steppe fruit crops in many morphological features, bioecological features and biochemical properties of fruits and can be spread in new areas of cultivation.

For the gradual introduction of a new fruit plant in horticulture there is a need for the creation and further formation in the natural and climatic conditions of the forest-steppe gene pool of the species with the involvement of methods of introduction, laying the collection areas of the species and identifying the best specimens.

In 2014, the Khorol Botanical Garden in the scientific zone established a special collection of *D. virginiana* designed to solve selection, scientific and other problems. The collection of *D. virginiana* specimens is maintained in viable condition by the staff of the institution and is preserved as a local gene pool of the species. This collection is located on the northern border of the cultural range of the species, is a valuable genetic material for identifying the best samples of economic indicators.

It is noted that the collection of *D. virginiana* plants is presented by 28 individuals aged 14 years. There are 11 kinds of female flowers and 14 males among them, the sex of the others is currently uncertain because they do not bloom. The average height of the trees was 2.8 m, the height of the trunk was 0.7 m, the diameter of the trunk near the root neck was 10 cm, and the average diameter of the crown was 4.2 m.

The planting material of the collection was 6-year-old seedlings of *D. virginiana* adapted to local climatic conditions, grown in city Khorol from seeds harvested in cities Feodosia and Nova Kakhovka. The seedlings were transferred to the botanical garden in spring of 2014.

The plants are planted in two rows with a step of 4 meters. The shape of the trees is improved annually by pruning and forming the trunk and crown.

During the process of research among 11 documented samples of *D. virginiana* it was described 11 fruits, identified 3 distinctive genotypes suitable for distribution. **Key words:** botanical garden, *Diospyros virginiana*, collection, sample, difference.

**Постановка проблеми.** В умовах змін клімату, коли скорочується кількість днів з низькими температурами в осінньо-зимовий період, серед населення лісостепової зони України зростає зацікавленість у культивуванні субтропічних плодкових культур, зокрема, хурми віргінської. Це пов'язано з тим, що хурма віргінська морозостійка адже витримує морози до мінус 25 – 28°C [1]. Крім того, вона відрізняється від традиційних плодкових культур Лісостепу багатьма морфологічними ознаками, біологічними особливостями та біохімічними властивостями плодів і може бути поширена в нові райони обробітку для введення в садівництво.

Хурма віргінська (*Diospyros virginiana* L.) належить до роду *Diospyros* L. родини *Ebenaceae* Guer., інших представників якої в лісостеповій зоні України немає. *D. virginiana* – гексаплоїд ( $2n = 90$ ), проте слід зазначити, що поряд з гексаплоїдною існує й тетраплоїдна раса ( $2n = 60$ ) [2].

*D. virginiana* – це листопадна рослина, висота – 15–20 м [2]. Форма крони від округлої до розлогої, стовбур товстий, гілки іноді пониклі. Молоді пагони з гладенькою світлосірою, іноді опушеною корою. Багаторічні гілки сірі, з корою, що розтріскується. Кора на стовбурі темно-сіра, глибоко розділена на квадратики [1].

Листки прості, черешкові, суцільні, ланцетовидні, видовжені, овальні. Листкова пластинка зверху темно-зелена і блискуча, знизу – ледь опушена і світлого кольору. Форма листкової пластинки змінюється не лише у різних рослин, але також і в межах крони одного дерева. Виду притаманне явище анізофілії, тому форма та величина листка помітно змінюється на одному і тому ж однорічному пагоні. Якщо найбільш типовими слід вважати еліптичні листки, то в межах одного дерева, як і у різних екземплярів можна знайти листки яйцеподібні, широко клиноподібні або серцеподібні [1].

Хурма віргінська переважно дводомна рослина. Зрідка трапляються однодомні рослини [1]. У рослин чоловічі та жіночі квітки розташовуються на пагонах приросту поточного року. Чоловічі квітки – дрібні, містяться у три- п'ятиквіткових суцвіттях, жіночі – великі, поодинокі. Забарвлення пелюсток віночка від жовто-зеленого до білого [2]. Віночок тичинкових квіток зрослий більш ніж до половини, дзвоникоподібний, маточкових – зрослий на половину довжини. Вільні кінці пелюсток маточкових квіток відігнуті, прямі, товстуваті, восковидні, ледь опушені. Їх зазвичай чотири, але бувають квітки з трьома та п'ятьма пелюстками. Кількість тичинок в квітці маточкових рослин від 0 до 11 шт., тичинкових рослин – від 6 до 19 шт. Тичинки сірі, на дуже коротких тичинкових нитках. Пиляк розкривається уздовж, біля основи він густо опушений. Тичинки складаються конусом, в центрі якого розташована одна редукована маточка (у тичинкових рослин). Зав'язь верхня, куляста, чотири- восьмигнізда. Маточкові квітки

мають крупніші та менш зрілі клиновидні чашолистки, ніж тичинкові квітки. Чашечка залишається після цвітіння і розростається біля плоду. Чашечка і квітконіжка світлозеленого кольору, опушені. Кількість чашолистків у досліджуваних рослин – від 3 до 6 шт., зазвичай їх 4 [1]. Відсоток корисної зав'язі досить високий – 27–29% [2].

Плоди хурми віргінської являють собою соковиті ягоди округлої форми. За розміром плоди дрібні, дуже солодкі, приємно пахнуть. Зазвичай вони оранжевого кольору різних відтінків, з червоним румянцем. Достигають плоди хурми віргінської пізно, нерідко вони залишаються на дереві після масового листопаду [1]. У твердому стані плоди терпкі, проте зрілі – дуже солодкі і приємні на смак, вміст цукрів сягає до 20% [2]. Кількість насінин в плодах або їх відсутність залежить від сорту чи форми зразка.

Насінина хурми віргінської овальної форми темно-коричневого кольору з масляним блиском, плоска, насіннєвий шов ясно виражений, а рубчик слабо помітний. Насіннєва оболонка в півтора рази тонша, ніж у хурми східної, і втричі товстіша, ніж у хурми кавказької [2].

*D. virginiana* світлолюбна рослина, вимоглива до літнього тепла, регулярно плодоносить, адже генеративні бруньки формуються щорічно. Вона стійка до захворювань та вражень шкідниками, на відміну від плодкових культур Лісостепу України.

Основна цінність *D. virginiana* – її плоди, що використовуються в харчуванні людини. Багатий і своєрідний їхній біохімічний склад, через що цінуються за свої профілактичні та лікувальні властивості. У традиційній медицині плоди використовують для зниження кров'яного тиску, лікування кашлю. Висока антиоксидантна активність плодів *D. virginiana* зумовлена високим вмістом танінів та вітаміну С. Було встановлено, що антиоксидантна активність м'якоті плодів хурми може досягати значень в ацетоновому – від 680,59 до 1472,22  $IC_{50}^1$ , в етанольному – від 622,03 до 4444,05  $IC_{50}^1$ , метанольному – від 387,67 до 444,08  $IC_{50}^1$  і водному – від 409,09 до 5017,27  $IC_{50}^1$  екстрактах. Відносно високу антиоксидантну активність відмічено у корі дерев і чашечках плодів, які використовуються у фармацевтичній промисловості багатьох країн світу [3].

Для поступового введення в садівництво нової плодової рослини виникає необхідність у створенні і подальшому формуванні в природно-кліматичних умовах Лісостепу генофонду виду із залученням методів інтродукції, закладанні колекційних ділянок виду та виявленні кращих зразків. Велика роль у розв'язанні цієї проблеми відведена ботанічним садам, які проводять інтродукцію та селекцію рослин, що має важливе екологічне, наукове та економічне значення [4 – 7].

Хорольський ботанічний сад працює над розв'язанням вище зазначеної проблеми, адже головним напрямком наукових досліджень установи

є інтродукція субтропічних плодкових культур в Лісостеп України. На території саду в науковій зоні у 2014 році закладена спеціальна колекція *D. virginiana*, призначена для вирішення селекційних, наукових та інших завдань. Вона підтримується працівниками установи в життєздатному стані та зберігається як місцевий генофонд виду. Дана колекція знаходиться на північній межі культурного ареалу виду, є цінним генетичним матеріалом для віднаходження кращих зразків за господарськими показниками.

**Мета дослідження.** Охарактеризувати наявні в колекції зразки *D. virginiana* на відмінність та виявити перспективні для поширення в лісостеповій зоні України.

**Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями.** Здійснене дослідження зорієнтоване на збагачення різновиду плодкових культур в регіоні. Також матеріали досліджень можуть бути використані при реєстрації відібраних зразків хурми віргінської в Національному центрі генетичних ресурсів рослин України Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН України [8].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Зусиллями науковців Національного ботанічного саду ім. академіка М.М. Гришка НАН України в результаті досліджень хурми віргінської сортів Джон Рік, Вебер, Мідер та привезених із Америки, штату Орегон рослин насінневого походження вперше, в змінених умовах середовища виявлено морфологічні та біоекологічні особливості виду. Вони на інтродукованих рослинах вивчили мінливість різних морфологічних ознак для можливості їх потенційного використання, отримання інформації про вплив умов Лісостепу України на мінливість біологічних і екологічних ознак. Ними також досліджено морфологічні та біологічні особливості хурми віргінської, зимостійкість, репродуктивну здатність, з'ясовано морфометричні характеристики вегетативних та генеративних органів, випробувано способи насінного і вегетативного розмноження [1, 9 – 13].

Споживчі та цінні властивості хурми віргінської висвітлені в роботах О.В. Григор'євої, Я. Бріндза, С.В. Клименко [3], Григор'євої О. В., Вергун О. М., Фіщенко В. В. [14], О.А Грабовецької [15], В.В. Красовського, Т.В. Черняк [16].

**Новизна.** Вперше в Хорольському ботанічному саду досліджено на відмінність зразки *D. virginiana*, вирощені в лісостеповій зоні з насіння, мобілізованого в установу як інтродукційний матеріал з південних регіонів України.

**Матеріали і методи досліджень.** Матеріалом досліджень був вид хурма віргінська (*Diospyros virginiana* L.) гексаплоїд ( $2n = 90$ ). Насадження зростає на ботаніко-географічній науково-дослідній колекційній ділянці субтропічних плодкових культур

Хорольського ботанічного саду. Рослини *D. virginiana* мали здоровий вигляд, не уражені хворобами і шкідниками.

Колекція рослин *D. virginiana* презентована 28 особинами віком 14 років. Серед яких 11 утворюють жіночі квітки і 14 чоловічі, у інших на даний час стать невизначена, оскільки не квітують. Середня висота дерев становила 2,8 м, висота штамбу 0,7 м, діаметр штамбу біля кореневої шийки 10 см, середній діаметр крони – 4,2 м.

За посадковий матеріал колекції було взято адаптовані до місцевих кліматичних умов 6-річні сіянці *D. virginiana*, вирощені в місті Хорол у розсаднику (на той час ще створюваного Хорольського ботанічного саду) з насіння, заготовленого в містах Феодосія та Нова Каховка. У ботанічний сад сіянцеві саджанці перенесено навесні 2014 року. Рослини висаджено у два ряди з кроком у ряду 4 м. Форми дерев щорічно поліпшуються шляхом обрізки та формування штамбу і крони.

Об'єкт дослідження: морфологічна відмінність зразків *D. virginiana*.

В основу проведення досліджень морфологічної відмінності зразків хурми віргінської спеціальної колекції виду в Хорольському ботанічному саду покладено методику проведення експертизи сортів хурми східної (*Diospyros kaki* L.) на відмінність, однорідність і стабільність. Методика стосується всіх сортів і гібридів виду *Diospyros kaki* L. [17].

Методи досліджень: спостереження, опис, морфометрія, порівняння, штучний відбір.

Загальні визначення методики:

– зразком генофонду виду (культури) є найнижча одиниця колекції зразків генофонду рослин, здатна відтворюватись у генетичній цілісності;

– у випадку плодової культури зразок може бути представлений рослинами або їх частинами, зокрема живцями (у нашій роботі зразки представлені рослинами);

– зразок відповідає умові відмінності, якщо за виявленням його ознак він чітко відрізняється від будь-якого іншого зразка колекції.

Дослідження на відмінність зразків *D. virginiana* проводили після морфологічного опису наявних зразків живого матеріалу колекції упродовж 2019–2021 років. За цей період 25 зразків щорічно квітували і 11 плодоносили. За період вегетації вони повністю устигають пройти усі властиві їм фази розвитку і росту та підготуватися до переходу у стан спокою. Зразок відносили до відмінного у випадку вирізнення його з-поміж інших методом порівняння описів та числових характеристик.

**Виклад основного матеріалу.**

У процесі досліджень зразків *D. virginiana* Хорольського ботанічного саду виявлено цінні генотипи, а саме 3 зразки відмінних з-поміж наявних в колекції (табл. 1).

Плодоношення відібраних зразків (рис. 1 – 3).

**Біометрична відмінність відібраних зразків хурми віргінської (2019-2021 рр.)  
(параметри листків, плодів, насіння усереднені)**

Показники		Зразки		
		3–9–9 'Красава'	6–9–11 'Красотка'	6–9–12 'Красуня'
Висота рослин, см		320	205	225
Сила росту дерева		сильна	середня	середня
Вегетаційний період, днів		188	193	198
Однорічний пагін за довжиною, см		96,0	91,0	75,0
Однорічний пагін за товщиною, см		1,3	0,9	1,0
Забарвлення однорічного пагону		сіро-коричневе	червоно-коричневе	сіро-коричневе
Розміри листка, см	довжина	13,2	10,5	10,7
	ширина	6,6	4,7	5,6
Розміри плоду, см	діаметр	3,6	4,1	3,6
	висота	2,9	3,3	3,0
Основна форма плоду (вид збоку)		округла	округла	округла
Рифлення верхівки плоду		дуже слабке	помірне	відсутнє
Маса плоду, г		23,9	34,4	22,3
Прикріплення чашечки до плоду		горизонтальне	злегка увігнуте	злегка увігнуте
М'якоть плоду (консистенція)		желеподібна	желеподібна з крупинками	желеподібна
Присмак плоду		—	—	незначна терпкість
Кількість насінин в плоді, шт		6	5	6
Розміри насінини, мм	довжина	16	18	18
	ширина	11	11	12
	товщина	2,5	3,0	4,0
Маса насінини, г		0,48	0,68	0,48
Забарвлення насіння		темно-коричневе	темно-коричневе	помірно-коричневе



Рис. 1. Плодоношення зразка 3–9–9 'Красава', 10.11.2021 р.



Рис. 2. Плодоношення зразка 6–9–11 'Красотка', 10.11.2021 р.



Рис. 3. Плодоношення зразка 6–9–12 'Красуня', 10.11.2021 р.

Найважливіші елементи новизни зразків:

- найкоротший вегетаційний період: 3–9–9;
- найбільший розмір листків: 3–9–9;
- найбільші розміри плодів: 6–9–11;

- відсутнє рифлення верхівки плоду: 6–9–12;
- найбільша маса плоду: 6–9–11;
- горизонтальне прикріплення чашечки до плоду: 3–9–9;
- відсутня терпкість плоду: 3–9–9; 6–9–11;
- найменша кількість насінин в плоді: 6–9–11;
- найменше відсоткове відношення маси насіння до маси плоду: 6–9–11.

**Головні висновки.** Основним методом селекції *D. virginiana* в Хорольському ботанічному саду є штучний відбір. Критерієм оцінки зразків на відмінність був біометричний опис рослин.

З-поміж 28 задокументованих зразків *D. virginiana* описано 11 плодоносних, виділено 3, що характеризуються низкою біометричних показників і які, за нашою оцінкою, придатні до поширення. Відібрані зразки є господарсько-цінним матеріалом для подальшої селекції та плодового садівництва лісостепової зони України. Природно-кліматичні умови Лісостепу України сприяють культивуванню відібраних зразків за відмінними ознаками, адже вони характеризуються і високою вегетативною продуктивністю та плодоношенням. Поширення виду в лісостеповій зоні України, а отже і використання плодів *D. virginiana* як харчового продукту має велике значення для поповнення раціону населення цінними біологічно активними речовинами.

### Література

1. Григор'єва О. В. Морфологічні та біоекологічні особливості і репродукція хурми віргінської (*Diospyros virginiana* L.) в умовах Лісостепу України. *Наукові доповіді НУБіП*. 2011. № 2 (24). 20 с.
2. Омаров М. Д., Омарова З. М. Биологические особенности хурмы виргинской (*Diospyros virginiana* L.). *Новые технологии*. 2020. Т. 16, № 5. С. 80–86.
3. Григор'єва О. В., Бріндза Я., Клименко С. В. Біохімічний склад і перспективи використання хурми віргінської (*Diospyros virginiana* L.). *Лікарське рослинництво : від досвіду минулого до новітніх технологій* : матеріали третьої Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., 15–16 травня 2014 р. Полтава. Полтава, 2014. С. 106–109.
4. Рахметов Д. Б., Гапоненко М. Б., Червченко Т. М. Адаптація інтродукованих рослин в Україні : монографія. Київ : Фітосоціоцентр, 2017. 516 с.
5. Рябчун В. К., Кузимишина Н. В., Задорожна О. А. Стан і проблеми формування банку генетичних ресурсів плодкових, ягідних, горіхоплідних, малопоширених і декоративних культур в Україні. *Досягнення та концептуальні напрями вирощування малопоширених плодово-ягідних культур та переробки їх сировини* : матеріали I Всеукр. наук.-практ. конф., 18–19 грудня. 2018 р. Київ, 2019. С. 15–17.
6. Червченко Т. М., Рахметов Д. Б., Гапоненко М. Б. Збереження та збагачення рослинних ресурсів шляхом інтродукції, селекції та біотехнології: монографія. Київ : Фітосоціоцентр, 2012. 432 с.
7. Шайтан І. М., Мороз П. А., Клименко С. В. Интродукция и селекция южных и новых плодовых растений. Киев : Наукова думка, 1983. 216 с.
8. Положення про реєстрацію зразків генофонду рослин у Національному центрі генетичних ресурсів рослин України / Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН. Харків, 2012. 16 с.
9. Григор'єва О. В., Клименко С. В. Внутрішньовидова мінливість листової пластинки хурми віргінської в умовах Лісостепу України. *Інтродукція рослин на початку XXI століття: досягнення і перспективи* : матеріали Міжнар. наук. конф. Київ, 2007. С. 208–313.
10. Григор'єва О. В., Клименко С. В. Особливості розмноження видів роду *Diospyros* L. в Лісостепу України. *Проблеми збереження, відновлення та збагачення біорізноманітності в умовах антропогенно зміненого середовища* : матеріали Міжнар. наук. конф. Дніпропетровськ : Проспект. 2005. С. 194–196.
11. Григор'єва О. В., Клименко С. В. Особливості цвітіння видів роду *Diospyros* L. в мовах інтродукції. *Вісник Київського Національного університету імені Тараса Шевченка*. Київ, 2007. С. 15–17.
12. Григор'єва О. В. Оцінка зимостійкості видів хурми в умовах інтродукції в НБС НАН України. *Тематичний збірник Інституту екології Карпат НАН України*. Львів : Ліга-Прес. Вип. 7. С. 24–28.

13. Григор'єва О. В., Клименко С. В. Хурма віргінська (*Diospyros virginiana* L.) у Лісостепу України. *Різноманіття фітобіоти : шляхи відновлення, збагачення і збереження* : матеріали Міжнар. наук. конф. Кременець–Тернопіль, 2007. С. 50.
14. Григор'єва О. В., Вергун О. М., Фіщенко В. В. Вміст та динаміка накопичення вітаміну С у вегетативних органах хурми (*Diospyros* L.). *Біогеохімічні аспекти збереження здоров'я людини* : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. Ужгород : УжНУ «Говерла», 2010. С. 294–297.
15. Грабовецька О. А. Споживчі та цінні властивості малопоширених плодових: азиміна, зізіфус, хурма. *Досягнення та концептуальні напрями вироцування малопоширених плодово-ягідних культур та переробки їх сировини* : матеріали I Всеукр. наук.-практ. конф., 18–19 грудня 2018 р. Київ, 2019. С. 21–24.
16. Красовський В. В., Черняк Т. В. Фітохімічні дослідження *A. triloba*, *Z. jujuba*, *F. carica*, *D. virginiana* інтродукованих в Лісостепу України». *Перспективні напрями наукових досліджень лікарських і ефіроолійних культур* : матеріали IV Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених (с. Березоточа, 25 березня 2020 р.). Лубни : Комунальне видавництво «Лубни». 2020. С. 212–214.
17. Методика проведення експертизи сортів рослин групи плодових, ягідних, горіхоплідних, субтропічних та винограду на придатність до поширення в Україні. Вид. 2-ге., випр. і доп. / відп. ред. С. О. Ткачик. Вінниця : ФОП Корзун Д. Ю., 2016. 85 с.

---

# ПИТАННЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

---

УДК 316:005.31:342.25

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.1-40.29>

## СОЦІО-ЕКОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ РОЗРОБКИ СТРАТЕГІЇ ПЕРЕХОДУ ДО СТАЛОГО РОЗВИТКУ СІЛЬСЬКОЇ ГРОМАДИ

Пустова С.О.

Національний університет біоресурсів і природокористування України  
вул. Героїв Оборони 15, 03041, м. Київ  
[pustova85@gmail.com](mailto:pustova85@gmail.com)

Важливим напрямом розвитку регіональної політики є реалізація нової, активної ролі регіонів як суб'єктів переходу до сталого розвитку суспільства. Наукове забезпечення задач регіонального управління вимагає додаткових соціальних та еколого-економічних системних досліджень з урахуванням показників та факторів сталого розвитку. Оцінка процесів переходу регіонів країни до сталого розвитку необхідна також для визначення внутрішніх й зовнішніх загроз, що дозволить виробити заходи запобігання їх негативного впливу з метою виявлення сценаріїв розвитку і вироблення оптимальної стратегії функціонування регіональних систем країни.

Метою дослідження є розробка комплексного структурно-методичного підходу до оцінки процесів переходу регіонів до сталого розвитку та визначення ризиків і загроз для об'єднаної територіальної громади на шляху до сталого розвитку.

У статті визначено та обґрунтовано алгоритм соціально-екологічного дослідження селітебних територій сільських громад. Виокремлено основні етапи соціально-екологічного дослідження населеного пункту. Особлива увага приділяється екологічними проблемам, що виникли в умовах інтенсивної господарської діяльності та змінам, що виникли в результаті цих процесів.

Проведений аналіз соціо-екологічних проблем досліджуваного села та визначені основні джерела забруднення. В роботі використані такі методи дослідження: екологічні, які включали методи аналізу зразків ґрунту, води та повітря згідно стандартизованих методик; соціологічні, які включали опитування населення із застосуванням анкет зі стандартизованим переліком запитань і алгоритмом оцінки відповідей. Автором запропоновано інструмент для розробки проектів розвитку населених пунктів та регіонів та окреслено перспективи подальших наукових досліджень у цьому напрямі. *Ключові слова:* екологічні дослідження, сталий розвиток, селітебні території, сільська громада, навколишнє середовище, опитування.

### **Definition and justification of environmental indicators at the regional level. Pustova S.**

An important direction in the development of regional policy is the realization of a new, active role of the regions as subjects of the transition to sustainable development of society. Scientific support of regional management tasks of necessary social and ecological-system researches with indicators and factors of sustainable development. Assessment of the process of transition of regions of the country to sustainable development is also necessary to identify internal and external threats that will develop measures to prevent their negative impact in order to identify development scenarios and create an optimal strategy for regional systems. The aim of the study is to develop a comprehensive structural and methodological approach to assessing the processes of transition of regions to sustainable development and identify risks and threats to the united territorial community on the path to sustainable development. The article defines and substantiates the algorithm of socio-ecological research of residential areas and rural communities. The main stages of socio-ecological research of the settlement are singled out. Particular attention is paid to environmental problems that have arisen in conditions of intensive economic activity and changes that have arisen as a result of these processes.

The analysis of socio-ecological problems of the studied village is carried out and the main sources of pollution are determined. The following research methods were used in the work: ecological, which included methods of analysis of soil, water and air samples according to standardized methods; sociological, which included surveys of the population using questionnaires with a standardized list of questions and an algorithm for estimating answers. The author proposes a tool for the development of projects for the development of settlements and regions and outlines the prospects for further research in this area. *Key words:* ecological research, sustainable development, residential areas, rural community, environment, survey.

**Постановка проблеми.** Сьогодні розвинені країни світу проголошують головні ідеї переходу до сталого розвитку: покращення якості життя відповідно до можливостей оточуючих екологічних систем; високі стандарти життєдіяльності населення повинні поєднуватися з його ставленням до довкілля як до безпосереднього продовження середовища власного помешкання [1]. В рамкових документах зі сталого розвитку наголошується на необхідності

забезпечення доступності якості питної води, каналізації, безпечних продуктів харчування, що актуально не тільки для бідних, а й країн з високим рівнем людського розвитку [2,3].

**Актуальність досліджень.** Останніми роками в Україні досить активно досліджувались проблеми сталого розвитку взагалі [4], значно менше приділялось уваги сталому розвитку сільського господарства і сталому розвитку сільських територій.



Найскладнішими проблемами сільських територій можна виділити наступні: недостатній розвиток соціальної інфраструктури; занепад культури землеробства через послаблення розвитку та відсутність інновацій; низький рівень прибутків та слабка економічна, суспільна і культурна активність селян; низький рівень екологічної культури. Покращення соціально-побутових умов життя на селі є ефективним засобом притоку трудових ресурсів в сільські населені пункти.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питанням сталого розвитку присвячені праці М. З. Згуровського [5], В. П. Кучерявого, С. В. Хлобистова, Г.О. Білявського, М. А. Хвесика, М. О. Клименка, О. А. Брежицької та ін. [6]. Значну частину праць присвячено питанням оцінювання сталого розвитку регіону чи території за допомогою показників та індикаторів.

**Методологічне або загальнонаукове значення.** Екологічна ситуація в сільських населених пунктах потребує системних досліджень і узагальнення наявної інформації, що є основою для розробки норм безпечної життєдіяльності мешканців сільських населених пунктів [7]. Соціально-екологічні дослідження є вагомим інструментом для створення стратегії переходу до сталого розвитку сільської громади.

**Новизна** дослідження полягає в комплексному аналізі соціально-еколого-економічних факторів розвитку територіальної громади для розробки місцевого плану дій переходу до сталого розвитку громади села Велика Снітинка Фастівського району Київської області. Дані соціо-екологічного дослідження, проведеного в населеному пункті В. Снітинка проаналізовано вперше, вони є початковими та містять значну кількість теоретичних обґрунтувань.

**Виклад основного матеріалу.** Метою дослідження є оцінювання соціо-екологічної ситуації сільської громади, використовуючи статистичні дані, стандартизовані методики аналізу зразків і анкетування населення. Основою дослідження були наступні завдання: вивчення екологічної та соціальної складової. Об'єктом дослідження є сільська громада с. Велика Снітинка Київської області. В процесі дослідження були використані такі методи досліджень: екологічні, які включали методи аналізу зразків ґрунту, води та повітря згідно стандартизованих методик; соціологічні, які включали опитування населення із застосуванням анкет зі стандартизованим переліком запитань і алгоритмом оцінки відповідей.

На сьогодні існує така класифікація екологічних ситуацій за рівнем техногенного навантаження: катастрофічні, критичні, кризові, напружені, задовільні, умовно сприятливі. Для спрощення і доступності оцінки респондентами екологічної ситуації була запропонована шкала градації: добра, задовільна,

погана, дуже погана. Аналіз отриманих даних засвідчує, що оцінки мешканців щодо екологічної ситуації населеного пункту В. Снітинка розділились таким чином: майже половина жителів оцінюють її як задовільну (43,5 %), 32,4 % характеризують її як погану, 12 % - дуже погану, тоді як лише 6,5 % вважають її доброю, а 5,6 % не визначилися з відповіддю (рис. 1). Щодо оцінки екологічної ситуації в Україні (рис. 2), то 34,3 % респондентів характеризують її як задовільну, 36,1 % - як погану, однакова кількість (4,6 %) опитаних вважають, що екологічна ситуація є дуже поганою і доброю. При цьому не визначилися з відповіддю 20,4 %. Таким чином, за оцінками жителів с. В. Снітинка, екологічна ситуація в населеному пункті гірша, ніж в цілому по Україні. Це обумовлено недостатньою поінформованістю населення про екологічну ситуацію в регіонах України.

При такій оцінці сучасної екологічної ситуації 54 % опитаних вважають, що протягом останніх 2-3 років екологічна ситуація в населеному пункті погіршилась, 44 % вважають, що вона не змінилась і лише 2 % - що покращилась (рис. 3). Для більш детального вивчення даного питання жителям населеного пункту В. Снітинка було запропоновано дати оцінку таких складових навколишнього природного середовища: ґрунтів, води, лісів, атмосферного повітря, продуктів харчування, не беручи до уваги їх типології, класифікації, систем ведення господарства та систем обробки продуктів.

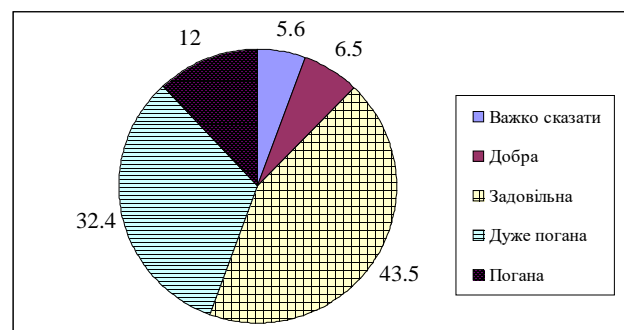


Рис. 1. Розподіл респондентів за оцінками екологічної ситуації населеного пункту В. Снітинка (у %)

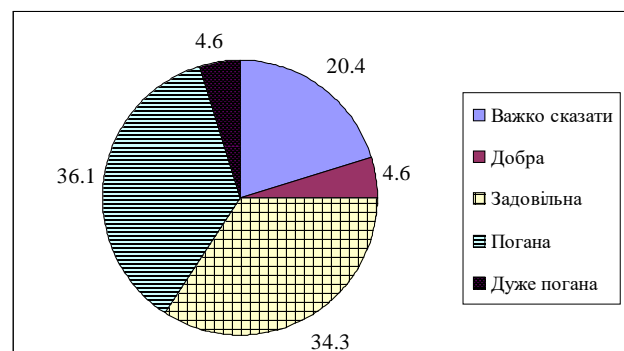


Рис. 2. Розподіл респондентів за оцінками екологічної ситуації в Україні (у %)

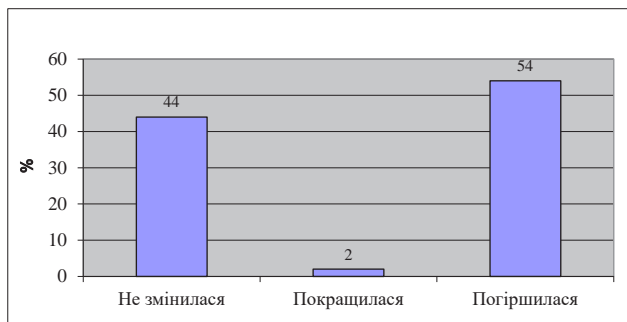


Рис. 3. Розподіл респондентів за оцінками зміни екологічної ситуації с. В. Снітинка протягом останніх років (у %)

Щодо забрудненості довкілля думка жителів розділилась наступним чином (табл. 1). Найменш забрудненими на думку населення є ґрунти – 22,2 % опитаних вважають їх абсолютно чистими і більше половини респондентів (51,9 %) – мало забрудненими (рис. 4).

Таблиця 1

**Розподіл респондентів за оцінками забруднення ґрунтів, вод, повітря, лісів, харчових продуктів**

Об'єкт	Оцінка забруднення, %				
	Дуже забруднені	Значно забруднені	Мало забруднені	Абсолютно чисті	Пропущена відповідь
Ґрунти	1,9	23,1	51,9	22,2	0,9
Вода	9,3	39,8	37,0	13,0	0,9
Повітря	5,6	41,7	38,0	13,9	0,9
Ліси	1,9	51,9	42,6	2,8	0,9
Продукти харчування	8,7	15,2	43,5	32,6	0

Щодо продуктів харчування (рис. 4, 5), то, хоча 8,7 % опитаних вважають їх дуже забрудненими, проте майже половина (43,5 %) характеризують їх як мало забруднені і 32,6 % - як абсолютно чисті (це найбільша частка голосів у порівнянні з іншими об'єктами навколишнього природного середовища). Тобто, харчові продукти на думку населення є порівняно чистими.

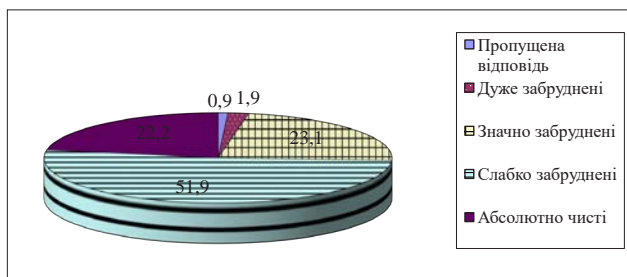


Рис. 4. Розподіл респондентів за оцінками забруднення ґрунтів (у %)

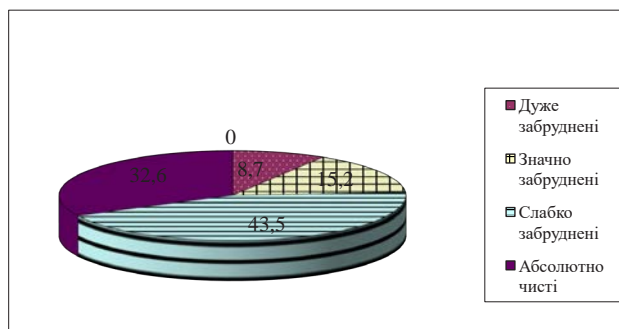


Рис. 5. Розподіл респондентів за оцінками забруднення продуктів харчування (у %)

Повітря 41,7% респондентів характеризують як значно забруднене, 38,0% - мало забруднене і 13,9 % – абсолютно чисте (див. рис. 6).

Жителям, для доступності, було запропоновано оцінити стан води без поділу на води відкритих водойм, підземні води і т.д. З'ясовано, що 39,8 % характеризують цей об'єкт як значно забруднений, 37 % - мало забруднений і 13 % як абсолютно чистий (див. рис. 7).

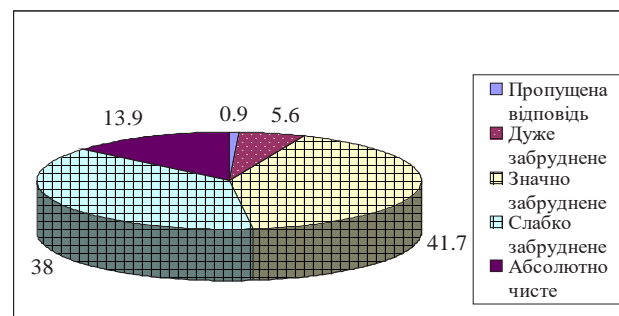


Рис. 6. Розподіл респондентів за оцінками забруднення повітря (у %)

Ліси, порівняно з іншими ресурсами, на думку селян є найбільш забрудненими (рис. 8). Частка опитаних, які вважають їх значно забрудненими складає 51,9 %, мало забрудненими – 42,6 %, абсолютно чистими – лише 2,8 %. Характеристика жителями лісів як найбільш забрудненого об'єкту довкілля пов'язана з підміною ними понять забрудненості в цілому поняттям засміченості. Дійсно, існує проблема значної засміченості лісових насаджень, зумовленої створенням стихійних несанкціонованих сміттєзвалищ.

Таким чином, респонденти вважають найбільш забрудненими ліси, помірно забрудненими, згідно опитування є повітря, вода, харчові продукти. А характеристика ґрунту, як порівняно чистого ресурсу пов'язана з тим, що він, на відміну від інших об'єктів (води, повітря) має опосередкований вплив на здоров'я людей через продукти харчування.

Джерелами, що вносять найбільший вклад у забруднення довкілля в цілому (табл. 2) на думку опитаних, є тваринницькі ферми (20,9 %), автомо-

більні дороги (18,7 %), машинно-тракторна станція (17,2 %) і застосування пестицидів (16,5 %). Вклад комунально-побутових підприємств у забруднення довкілля становить 11,4 %, складу мінеральних добрив та залізниці, відповідно, - 8,8 і 6,6 %.

Щодо перспектив зміни екологічної ситуації в населеному пункті, 51 % опитаних переконані в її погіршенні у майбутньому, 43 % вважають, що вона не змінюватиметься, 6 % - що покращиться (рис. 9).

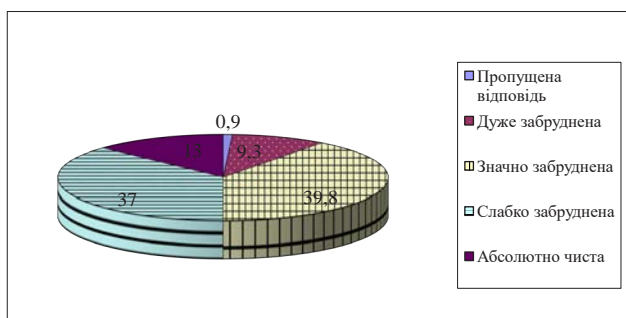


Рис. 7. Розподіл респондентів за оцінками забруднення води (у %)

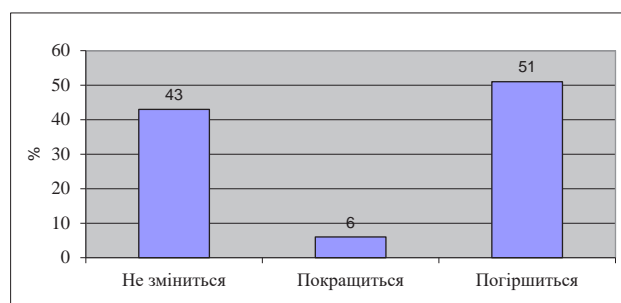


Рис. 9. Розподіл респондентів за оцінками зміни екологічної ситуації с. В. Снітинка на перспективу (у %)

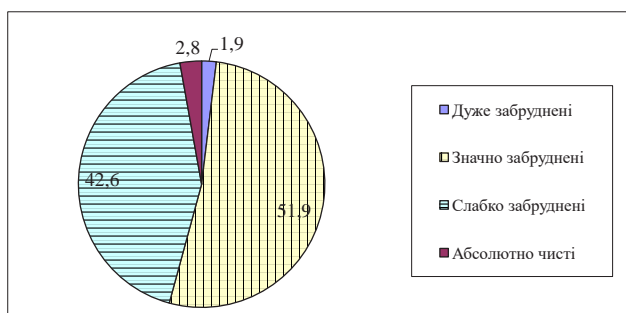


Рис. 8. Розподіл респондентів за оцінками забруднення лісів (у %)

**Висновки та перспективи.** Відповідно до мети дослідження, були зроблені такі висновки:

1. Соціо-екологічні дослідження сільських територій, екологічна інформація і думка зацікавлених жителів (різних груп населення) має важливе науково-практичне значення, в першу чергу для прийняття соціально та екологічно значимих управлінських рішень. Відповідно до українського законодавства, кожен з українців має право на безпечне для його життя і здоров'я навколишнє середовище та вільний доступ до інформації про стан навколишнього природного середовища.

2. Результати проведених екологічних досліджень та анкетування сільського населення свідчать про зацікавленість мешканців у поліпшенні екологічної ситуації та підвищенні екологічної безпеки, зменшенні антропогенного впливу на довкілля, досягненні безпечного для здоров'я людини стану навколишнього природного середовища.

3. Забезпечення екологічно збалансованого природокористування та підвищенні рівня суспільної екологічної свідомості можливе шляхом створення місцевого плану дій або розробки стратегії переходу до сталого розвитку.

4. Залучення громадськості на всіх етапах стратегічного планування є одним із ключових принципів створення стратегії переходу до сталого розвитку.

Таблиця 2

Розподіл респондентів за оцінками джерел забруднення довкілля (у %)

№ п/п	Джерела забруднення	% опитаних
1	Тваринницькі ферми	20,9
2	Машинно – тракторна станція	17,2
3	Автомобільні дороги, що проходять через село	18,7
4	Комунально-побутові підприємства	11,4
5	Застосування пестицидів і отрутохімікатів	16,5
6	Склад мінеральних добрив і отрутохімікатів	8,8
7	Залізниця	6,6

### Література

- Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. *Introduction to Sustainable Agriculture*. URL: <http://www.omafra.gov.on.ca/english/busdev/facts/15-023.htm> (Last accessed: 16.02.2022)
- Gu, X.K.; Xie, B.M.; Zhang, Z.F.; Guo, H. Rural multifunction in Shanghai suburbs: Evaluation and spatial characteristics based on villages. *Habitat Int.* 2019, 92, 10. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2019.102041>
- Abbas Z. B. Is our urban water system still sustainable? A simple statistical test with complexity science insight". *Journal of Environmental Management.* 2021, 280, 111748. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111748>
- Стратегія розвитку міста Києва до 2025 року. *Департамент суспільних комунікацій*: веб-сайт. URL: <https://dsk.kyivcity.gov.ua/content/strategiya-rozvytku-kyieva-do-2025-roku.html> (дата звернення: 16.02.2022)

5. Згуровський М. З. Форсайт та побудова стратегії соціально-економічного розвитку України на середньостроковому (до 2020 року) і довгостроковому (до 2030 року) часових горизонтах (Виступ на Конгресі Академії політичних наук 17 листопада 2017 року) / М. З. Згуровський // Суспільно-політичні процеси. – 2018. – Вип. 1. – С. 20-25. – URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/pubpolpr\\_2018\\_1\\_4Zghurovskyi](http://nbuv.gov.ua/UJRN/pubpolpr_2018_1_4Zghurovskyi)
6. Клименко М. О., Прищепя А. М., Брежицька О. А. Оцінювання стану територій міста за показниками сталого розвитку : монографія. Рівне : НУВГП, 2018. 221 с. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/13020>
7. Liu, Y., Zang, Y. & Yang, Y. China's rural revitalization and development: Theory, technology and management. *J. Geogr. Sci.* 30, 1923–1942 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11442-020-1819-3>

---

# ОСВІТА ДЛЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

---

UDC 574:574.3:57.0545:595.754

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.1-40.30>

## EPIDEMIOLOGICAL ASPECTS OF TRAINING ECOLOGISTS IN UKRAINE

Voloshyna N.<sup>1</sup>, Shevchenko V.<sup>1</sup>, Lazebna O.<sup>1</sup>, Voloshyn O.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>National Pedagogical Dragomanov University  
Pyrohova str, 9, Kyiv, 01601, Ukraine

<sup>2</sup>Taras Shevchenko National University “Chernihiv Colehium”  
str. Hetman Polubotko, 53, Chernigiv, 14013, Ukraine

VoloshynaNatali@gmail.com, Shevchenko-valentina@bigmir.net,  
Olga.lazebnaya@gmail.com, VoloshynAlex@gmail.com

The article substantiates the need to study the issues of ecological epidemiology and epizootiology as the basic components of the formation of professional competencies of future ecologists in the current circumstances. Anthropogenic changes in the environment are subject to comprehensive study, and it is also necessary to apply new innovative approaches in the training of specialists-ecologists. To be successful, specialists-ecologists need to gain knowledge not only from professional disciplines but also the related ones. The article states that the priority in the training of specialists is compliance with industry educational standards. The ecological component in case of outbreaks of emergent diseases among the population, domestic and wild animals is considered. The progress of epidemiological diseases affects the mechanisms of population regulation, as well as the structure, functions, and components of the ecosystem, its connections. Examples of such emergent processes as African swine fever among wild and domestic animals, the affection of coniferous plantations by bark beetles, and the spread of the planetary scale of the zoonotic SARSCoV-2 virus are considered. The results of the analysis of the sectoral standards of higher education in Ukraine, as well as some curricula, working programs are given. Certain aspects of ecological epidemiology can be studied by students while studying such disciplines as “Human Ecology”, “Environmental Safety”, “Plant Ecology”, “Animal Ecology”. The place, structure, and content of the new discipline “Ecological Epidemiology and Epizootiology” in the curriculum for training bachelors of ecology is specified. The educational and methodic set is developed, which includes lecture materials, practical works, tests, and modular tasks. Also, a brief description of the content of the modules of the discipline “Ecological Epidemiology and Epizootiology” is given in the article. *Key words:* ecological epidemiology and epizootiology, professional competencies of ecologists, the health of the population.

### Епідеміологічні аспекти підготовки екологів в Україні. Волошина Н.О., Шевченко В.Г., Лазєбна О.М., Волошин О.Г.

У статті обґрунтовано необхідність вивчення питань екологічної епідеміології та епізоотології як базової складової формування професійних компетентностей майбутніх екологів у сучасних умовах. Антропогенні зміни навколишнього середовища підлягають всебічному вивченню і також потрібно застосовувати нові інноваційні підходи у підготовці фахівців з екології. Для успішної діяльності екологам необхідно отримати знання не тільки з фахових дисциплін, але і суміжних. В статті зазначено, що пріоритетним напрямком у підготовці фахівців є відповідність галузевим освітнім стандартам. Розглянуто екологічну складову при виникненні спалахів емерджентних захворювань населення, домашніх і диких тварин. Розвиток епідеміологічних захворювань впливає на механізми регуляції чисельності популяцій, на структуру, функції і компоненти екосистеми, а також на її численні зв'язки. Розглянуті приклади таких емерджентних процесів, як африканська чума диких і свійських свиней, ураження хвойних насаджень жуками-короїдами, розповсюдження планетарного масштабу зоонозного вірусу SARSCoV-2. Наведено результати аналізу галузевих стандартів вищої освіти України, деяких навчальних планів, робочих програм. З окремими аспектами екологічної епідеміології студенти можуть бути ознайомлені під час вивчення навчальних дисциплін «Екологія людини», «Екологічна безпека», «Екологія рослин», «Екологія тварин». В статті визначено місце, структуру та зміст нової дисципліни «Екологічна епідеміологія та епізоотологія» у навчальному плані підготовки бакалаврів екології. Розроблено навчальний та методичний комплекс: лекційний матеріал до курсу, практичні роботи, тестові завдання, завдання для модульних контрольних робіт. У статті подано коротку характеристику змісту модулей дисципліни “Ecological Epidemiology and Epizootiology”. *Ключові слова:* екологічна епідеміологія та епізоотологія, професійні компетенції екологів, здоров'я населення.

**Statement of the problem.** In the modern world, environmental factors play an increasing role in the formation of public health. The degradation of the environment directly affects human health and life span. It became obvious that the features of the structure and dynamics of human diseases, their occurrence and outcome, are directly related to global transformations of natural ecological systems and phenomena in society.

Anthropogenic factors significantly change the properties of pathogens of infectious and parasitic diseases. Thus, natural disasters, local military conflicts, migration processes, urbanization – all these create conditions for the formation and functioning of new biotopes of pathogens of diseases or the introduction of new pathogens and their vectors that are not inherent to the specific territory, which occur together with an intensification of biological pollution, antibiotic

resistance, etc. In such conditions, the new hotbeds of diseases are formed and spread (AIDS, SARS, COVID-19, avian flu (H1N1), spongiform anemia, the Ebola disease, etc.), and the already known socially dangerous infections return (tuberculosis, cholera, typhoid, etc.), which ultimately lead to real crises and need the operational transformation of focuses in healthcare [4, 6].

Today, biological pollution needs more and more attention. An important aspect of improving health, both an individual and society, is the familiarization of the general population with probable biological risks, their manifestations and consequences, as well as with modern methods of prevention. Also, special attention needs to be paid to the regularities of the development of pathogens of a non-infectious nature and risk factors in the occurrence of oncological, cardiovascular, allergic, and occupational diseases. A significant number of poisonings with heavy metals, pesticides, nitrates, etc. are recorded annually [3].

Most researchers tend to believe in the subsequent unpredictable anthropogenic transformations of the environment and the ‘man-made evolution’ of the epidemiology of diseases. The current situation requires accumulation, scientific analysis, and forecasting of regularities of the epidemiological process in the current circumstances, as well as a rethinking of tactics and approaches in solving specific epidemiological problems.

**Relevance of the study.** Modern times require changes in approaches to the training of highly qualified specialists-ecologists, the formation of their knowledge and skills for an objective assessment, effective prevention and solving of environmental, in particular, environmental and epidemic problems. The introduction of innovative approaches in the field of well-balanced use of natural resources and environmental protection to the professional training of ecologists is necessitated by the need to update the content and search for the new methods and means of training that improve the professional and practical training of ecologists in higher educational institutions of Ukraine [1, 2, 6].

**Highlighting of previously unsolved parts of the main problem to which this article is devoted.** The purpose of the research is to determine the feasibility, role, and place of ecological and epidemiological knowledge in the system of training students-ecologists of the specialty ‘Ecology’.

**Novelty.** The level of knowledge and the range of professional competencies of graduate students-ecologists regarding the issues of environmental epidemiology are determined; systematization, generalization of scientific and methodological information took place to prepare the curriculum on such basis, which includes corresponding disciplines of the selective part of the cycle of professional and practical training.

**Methodological or general scientific significance.** This review will contribute to the development

and implementation of results of the research in the educational process of training of future ecologists.

**Presentation of the main material.** In our days, the problems of ensuring the epidemic well-being of the population in all spheres of human life have ceased to be the prerogative of the medical and sanitary-epidemic services. The tension of ecological, epidemiological, and epizootic situations requires intersectoral integration and improvement of training of specialists in higher educational institutions, who can solve applied environmental problems. The directed orientation of the content of the educational process should be focused on environmentally rational use of natural resources in the context of human health as the main criterion for the feasibility and efficiency of all spheres of economic activity of the countries of the world without exception [2].

At the same time, human health problems are rarely mentioned in environmental programs and programs of sustainable development, and often environmental protection measures are in direct conflict with the canons of human health, creating serious environmental problems. Thus, the implementation of individual environmental projects has created favorable conditions for the spread of dangerous human diseases. For example, the formation of urban hotbeds of tick-borne encephalitis is associated with the attraction of chipmunks with their companions – ticks – to city parks and the simultaneous refusal to threaten parks with insecticides. The increase in cases of Lyme disease, caused by microorganisms-borrelia, is related to the increase in the number of deer, which are protected by the law. Mass epidemic outbreaks of cercariasis (cercarial dermatitis) are caused by the reproduction of wild ducks in urban water bodies [2, 6].

From an ecological point of view, the manifestation of emergent diseases is a biotic mechanism for regulation of the size of the population of species and reflects the disturbance of structure, functions of the components of the ecosystem, its resistance, and the disturbance of evolutionarily formed connections.

In Ukraine, an example of such emergent outbreaks is African swine fever among wild and domestic animals. As of 2021, 540 cases of the disease are reported, 117 of which are among wild boars. The high contagiousness of the disease and the rate of the spread lead to a threatening situation in pig farming [3, 7].

Another telling example is related to the ecological catastrophe in Ukrainian forests, namely, the affection of coniferous plantations by the parasitizing of bark beetles (the family *Scolytidae*). The split-second and uncorrelated reproduction of these pests (*Ips acuminatus* (Apical bark beetle) and *Ips typographus* (Engraver beetle)) are associated by the researchers with global climatic changes, i.e., an increase in the sum of effective temperatures, a decrease in snow cover in winter, and an increase in the growing season [5].

At the same time, it is impossible to ignore the pandemic caused by the penetration of the zoonotic

SARSCoV-2 virus from the natural biocenoses from bats to humans. The control of emergent outbreaks is rather limited since the population of new host-pathogens lacks the regulatory and inhibiting mechanisms of the epidemic process [7].

All the abovementioned and other examples are vivid evidence of the fact that to solve urgent practical problems, ecologists need integrated knowledge from related specialties, including a deep understanding of mechanisms of formation and functioning of hotbeds of natural focal infections.

In such a case, the traditional approaches and methods of educational activities in the system of training specialists-ecologists need to be rethought, revised and restructured, since they do not provide the need for acquiring the knowledge necessary to solve vital environmental problems and to implement the program of a balanced development effectively.

The priority direction of training specialists-ecologists is compliance with industry standards, the generalized object of which is the organization of events aimed at ensuring well-balanced use of natural resources and protecting the environment from excessive anthropogenic impact. Bachelors and masters with the qualification "Ecologist" are the specialists trained to provide services in the crop and livestock production, management in the social sphere, in particular, the management of programs aimed at increasing the well-being of people in the fields of health care, environmental protection, education, culture, sports, construction of housing, etc. At the same time, the involvement of ecologists in solving the real problems of environmental management specified above should include a thorough theoretical training and provide for the acquisition of necessary skills and interdisciplinary synthesis of modern ecology, toxicology, chemistry, and epidemiology by the students.

Therefore, a new direction is developing in world and domestic science – ecological epidemiology. This is a science that studies the influence of natural, anthropogenic, technogenic, and social factors of the environment on the health and well-being of the population [4, 6]. The rapid development of this discipline is related to the urgent need to solve the tasks of defining, identifying, and assessing the influence of a whole complex of negative environmental factors, their medical and biological consequences in dynamics, and quantitative indicators.

Most universities in Ukraine that train ecologists do not have special courses, which form competencies related to knowledge and understanding of the conditions for the emergence and spread of ecologically caused diseases among the population and animals. To some extent, the issues of environmental epidemiology are included in training programs for medical workers, and certain aspects related to ecological epizootiology (animal diseases) are studied by the students of veterinary and biological faculties.

The analysis of the sectoral standards of higher education in Ukraine, as well as available curricula and working programs for the training of ecologists (both bachelors and masters), has revealed the absence of disciplines or content modules reflecting the task of epidemic epidemiology. Partially, certain aspects of ecological epidemiology can be covered in the disciplines "Human Ecology", "Environmental Safety", etc., although a decrease in the number of classroom hours does not fully ensure the formation of the necessary competencies.

The Department of Ecology in National Pedagogical Dragomanov University has developed and, starting from 2015, introduced into the educational process the discipline "Ecological Epidemiology and Epizootiology" for the bachelors of the specialty "Ecology". A training manual has been prepared, which contains lecture material and practical work, as well as situational tasks, modular tasks, and examination papers. Also, an online version of the course at the university's service Moodle has been developed to ensure students' distance and individual work. The purpose of the educational discipline "Ecological Epidemiology and Epizootiology" is to help students to learn the basic ideas about the regularities of influence of the complex of natural and socio-economic environmental factors on the health of the population, the emergence and spread of diseases, epidemics, pandemics, as well as to learn about the methodology of a comprehensive medical and environmental assessment of specific territories.

6 ECTS credits are reserved for the study of the discipline, which is 180 hours. This academic discipline consists of 2 modules: "Ecological Epidemiology and Epizootiology of Infectious Diseases" and "Ecological Epidemiology of Non-Infectious Pathologies". The theoretical material included in the first module is divided into six topics and acquaints students with the history of the formation of the scientific discipline "Ecological Epidemiology and Epizootiology", the prerequisites for its emergence, terminological apparatus and basic definitions, scientific theories, concepts, and regularities of development of the epidemic process. Also, the issues of the triad of factors, the formation and functioning of the epidemic process, epidemiological hotbed and its indicators, are considered in detail.

The parasitic systems as the components of biocenosis, their organization, models, types, and properties are considered separately, as well as an ecological component that ensures the stability of the "parasite-host" systems.

The second module includes five topics, which reflect modern trends in the epidemiology of diseases of non-infectious origin, the causes and conditions for the occurrence of vector-borne, emergent diseases, mixed and associated pathologies, the development and spread of which is related to the technical progress and the constantly deteriorating environmental situation. Special attention is paid to the development of epidemics among the population in

the territories affected by natural disasters and environmental disasters, as well as to the ways of control and prevention of environmentally dependent pathologies.

The topic “Ecological Epidemiology of Non-Infectious Diseases” discusses in detail the role of chemical elements and substances in the development of non-infectious pathology, provides real examples of the influence of an anthropogenic factor on the development of such diseases as “multiple chemical sensitivity”, “black heel”, “Itai-Itai”, Minamata and Yusho diseases, asbestos disease, etc.

The large-scale development of nanotechnology in the world, as well as the pace of research, development, and production of nanomaterials (fullerenes, metal nanoparticles, nanotubes, etc.) significantly exceeds the acquisition of knowledge about their toxicological and exposition aspects. The range of manufactured nanotechnology products is quite wide, starting from electronic equipment to personal hygiene products; from disinfectants to the creation of nanomaterial-based filters and membranes for the purification of water, drinks, air; from feed additives and crop protection products to packaging materials and food.

In this regard, when presenting the course, the authors pay special attention to modern, little-studied factors as a potential source of environmental risks in the formation of the epidemiological process. Considering the increasing production volumes of nanomaterials, the authors use in their material the advanced experience of foreign specialists in managing nanotechnological risks in production, limiting the negative impact of nanoparticles on the health of personnel, as well as the emissions in the technological area, and the pollution of the environment.

A separate topic is devoted to the study of epidemiological situations arising in emergency natural (earthquakes, floods, forest fires, etc.) and anthropogenic (military conflicts, acts of terrorism and bioterrorism, industrial accidents, etc.) situations.

During the practical training students: analyze the ecological and epidemic situation in Ukraine on the example of a specific region; determine the cause-and-effect relationships in the occurrence of epidemics and epizootics; determine the mechanisms of transmission

of pathogens and the conditions for the occurrence of emergent, transmissible pathologies, epidemics during technological disasters, environmental disasters, emergencies; analyze the risks to public health caused by the influence of unfavorable environmental factors. The theoretical knowledge gained by the students during the study of the discipline “Ecological Epidemiology and Epizootiology” is aimed at developing the ability to assess various components of the environment, foodstuff, risks related to the influence of unfavorable anthropogenic factors in constantly changing conditions of our time.

The course also provides for independent and individual work of the students based on an in-depth study of the main provisions and partial regularities with the use of additional educational and scientific literature, the information provided on the Internet, the selection and analysis of the information, necessary for writing an essay and preparing a report. Individual situational tasks on environmental and epidemic topics ensure learning, generalization, and systematization of the material, and its practical application in a real situation, which contributes to the formation of students' professional competencies.

Thus, the realities of social, economic, and environmental transformations of social development outline some problems; in particular, the urgent problem of our time is the training of highly qualified personnel in the field of ecology, who are capable of solving specific practical environment and epidemic situations in the context of human health. Bringing the competence of future ecologists in line with the world standards requires improvement, reform, and modernization of education, including the development of new innovative courses.

**Main conclusions.** The improvement of the professional training of ecologists in the aspect of epidemiological and epizootic problems of our time can be realized by introducing the practice of teaching the discipline “Ecological Epidemiology and Epizootiology” in the training of ecologists. The expediency of teaching the course is grounded, the subject and content of lectures and practical classes in accordance with specified professional competencies are determined.

### References

1. Волошина Н.О., Волошин О.Г. Екологічні передумови поширення емерджентних хвороб в Україні. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. (Спеціальний випуск «Тернопільські біологічні читання»)*. 2017. № 3 (70). С. 120-128.
2. Волошина Н.О., Покась В.П., Лазебна О.М. Екологічна епідеміологія та епізоотологія: навчальний посібник. К.: НПУ ім. М.П. Драгоманова, 2015. 233с.
3. Глобальный контроль африканской чумы свиней : инициатива GF-TAD. 2020-2025, 2020. 17 с. URL: <http://www.fao.org/3/ca9164ru/ca9164ru.pdf> (дата звернення 8.05.2021)
4. Олейникова Е.В. Экологическая эпидемиология – научно-практическое направление в диагностике и экспертизе эколого-зависимой патологии: автореф. на соискание науч. степени докт. мед. наук : спец. 14.0.30– эпидемиология. Петербург, 2009. 40 с.
5. Поліщук П.В., Волошина Н.О. Стан вивченості еколого-біологічних та генетичних особливостей представників родини Scolytidae. *Екологічні науки: науково-практичний журнал*. 2020. №2 (29), Т.1. С. 150–157. URL: [http://escoj.dea.kiev.ua/archives/2020/2/part\\_1/27.pdf](http://escoj.dea.kiev.ua/archives/2020/2/part_1/27.pdf) (дата звернення 4.02.2022)
6. Ройтман В.А. Паразитизм как форма симбиотических отношений . М.: РАН, 2008. 310 с.
7. Voloshyna N.O. Ecological prerequisites for the emergence of emergency pathologies. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. Volume 11. №2. P. 169-176. URL: <https://www.ujecology.com/articles/ecological-prerequisites-for-the-disease-outbreaks.pdf> (дата звернення 4.02.2022).



## ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРАКТИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ З ДИСЦИПЛІНИ «ТОПОГРАФІЯ З ОСНОВАМИ ГЕОДЕЗІЇ»

Климчик О.М.

Поліський національний університет  
бульв. Старий, 7, 10008, м. Житомир  
[olga-su@ukr.net](mailto:olga-su@ukr.net)

Навчальна практика з дисципліни «Топографія з основами геодезії» є невід'ємною складовою навчального процесу підготовки фахівців з наук про Землю. Вона є однією з форм закріплення теоретичних знань, отриманих студентами у процесі вивчення дисципліни, набуття практичних навичок у використанні геодезичної основи та проведенні топографо-геодезичної зйомки. Студенти приступають до проходження практики, маючи знання про головні положення щодо відображення поверхні Землі на площині, основні способи проведення зйомок місцевості та їхню сутність, техніки безпеки під час використання вимірювальних приладів на місцевості. Ці знання забезпечуються фундаментальними дисциплінами, які викладаються протягом першого та другого років навчання майбутніх фахівців з наук про Землю.

Проходження навчальної практики з дисципліни «Топографія з основами геодезії» забезпечує формування у студентів компетентностей, визначених стандартом вищої освіти за спеціальністю 103 «Науки про Землю». Зокрема, формуються загальні компетентності по набуттю навичок щодо використання інформаційних і комунікаційних технологій. А також спеціальні компетентності: здатність застосовувати базові знання з математики, інформаційних технологій тощо при вивченні Землі та її геосфер, здійснювати збір, реєстрацію та аналіз даних за допомогою відповідних методів і технологічних засобів як у польових, так і лабораторних умовах.

В результаті проходження студентами навчальної практики з даної дисципліни за програмою підготовки фахівців за спеціальністю 103 «Науки про Землю» забезпечуються такі програмні результати навчання: вміння використовувати інформаційні технології, картографічні та геоінформаційні моделі в галузі наук про Землю; застосовувати моделі, методи і дані фізики, математики, інформаційних технологій при вивченні природних процесів формування та розвитку геосфер; обґрунтовувати вибір і використовувати польові та лабораторні методи для аналізу природних й антропогенних систем і об'єктів.

Як метод вивчення земної поверхні виступає топографічна зйомка, яка виконується відповідними методами з використанням різних геодезичних приладів. Вона включає в себе комплекс польових і камеральних робіт, що завершуються побудовою оригіналу топографічної карти або плану місцевості. *Ключові слова:* навчальна практика, компетентності, програмні результати навчання, топографічна зйомка, картографічні матеріали.

### **Practical training supply of higher education recipients in the «Topography with fundamentals of geodesy» discipline.** **Klymchuk O.**

Educational practice in the «Topography with the basics of geodesy» discipline is an integral part of the educational process of training specialists in Earth sciences. It is one of the forms of consolidation of theoretical knowledge acquired by students in the process of studying the discipline, acquiring practical skills in the use of geodetic basis and providing of topographic and geodetic surveying. Students begin the internship with knowledge of the main provisions for the reflection of the Earth's surface on the plane, the main methods of surveying the area and their nature, safety precautions during usage of measuring instruments in the field. This knowledge is provided by the fundamental disciplines taught during the first and second years of training of future specialists in Earth sciences.

Passing an internship in the «Topography with the basics of geodesy» discipline provides students with the formation of competencies defined by the standard of higher education in the specialty 103 «Earth Sciences». In particular, general competencies for acquiring skills in the use of information and communication technologies are going to be formed. As well as special competencies: the ability to apply basic knowledge of mathematics, information technology, etc. in the study of the Earth and its geospheres; providing of data collection, registration and analysis using appropriate methods and technological means in both field and laboratory conditions.

As a result of students' internships in this discipline in the training program for specialty 103 «Earth Sciences» provides the following studying results: the ability to use information technology, cartographic and geoinformation models in the field of Earth sciences; apply models, methods and data of physics, mathematics, information technology in the study of natural processes of formation and development of geospheres; justify the choice and use field and laboratory methods for the analysis of natural and anthropogenic systems and objects.

The method of studying the earth's surface is topographic surveying, which is performed by appropriate methods using various geodesic instruments. It includes a set of field and in-house work, culminating in the construction of the original topographic map or terrain plan. *Key words:* educational internship, competencies, program learning outcomes, topographic survey, cartographic materials.

**Постановка проблеми.** Сучасний молодий фахівець для успішної подальшої роботи з обраної спеціальності поряд із глибокими теоретичними знаннями повинен мати необхідні уміння та навички для ефективного їх застосування на практиці, що досягається шляхом практичної підготовки студентів у про-

цесі навчання, яка, поряд з навчальними заняттями та самостійною роботою, є однією з важливих форм організації навчального процесу. Сучасний ринок праці вимагає від випускника вищих навчальних закладів (ВНЗ) вміння використовувати набуті теоретичні знання у ситуаціях, що постійно зазнають

змін. Тому від якості практичної підготовки здобувачів вищої освіти, їх всебічної компетентності в галузі своєї професійної діяльності залежить конкурентоспроможність випускників ВНЗ на ринку праці.

**Актуальність дослідження.** В жорстких умовах формування ринку праці молодому фахівцю достатньо важко посісти достойне місце у виробничих умовах. Почасті причиною такої ситуації є недостатня практична підготовка студентів. Водночас, сучасний ринок праці відчуває нестачу кваліфікованих фахівців, зокрема у природничій галузі, обізнаних із сучасними польовими та лабораторними методами досліджень природних й антропогенних систем і об'єктів. А відтак, метою освітніх закладів має бути не лише підготовка кадрів із ґрунтовними теоретичними знаннями, але й кваліфікованих спеціалістів з розвиненими практичними навичками, здатних до виконання відповідних до фаху професійних дій.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Практична підготовка майбутніх фахівців, як запорука їх фахової зрілості й спроможності проводити самостійну практичну діяльність, є предметом дослідження багатьох вітчизняних і зарубіжних науковців. Різні аспекти формування професійних компетентностей випускників ВНЗ досліджували Рідей Н.М., Балабан П.Ю., Балабан М.П., Іванов Ю.В., Шевчук Т.В., Сідельник О.П. та інші [4, 5, 7]. Питання практичної підготовки, як важливого інструменту професійного становлення, висвітлені також під час проведення науково-практичних конференцій, зокрема конференції «Практична підготовка студентів – запорука ефективної професійної діяльності» [8].

**Методологічною основою роботи** є теоретичні положення та висновки щодо надбань світової та вітчизняної освітньої думки, фундаментальні концепції й закони сучасної навчально-дослідницької системи [7]. Розробка положень та методики проведення навчальної практики з дисципліни «Топографія з основами геодезії» базувалась на положеннях Закону України «Про вищу освіту», стандарту вищої освіти та освітньої програми спеціальності 103 «Науки про Землю», «Положення про проведення практики студентів вищих навчальних закладів України» з використанням освітньо-кваліфікаційної характеристики [1-3].

**Викладення основного матеріалу.** Як зазначено у нормативних документах щодо організації освітнього процесу у ВНЗ, «...практика студентів передбачає безперервність та послідовність її проведення при одержанні необхідного обсягу практичних знань і умінь відповідно до конкретних освітніх та кваліфікаційних рівнів» [2, 3]. Практична підготовка студентів є обов'язковим компонентом освітньо-професійної програми «Науки про Землю» для здобуття кваліфікаційного рівня бакалавр.

Метою практики, зокрема навчальної, відповідно до «Положення про проведення практики студен-

тів вищих навчальних закладів України» є «...оволодіння студентами сучасними методами, формами організації та знаряддями праці в галузі їх майбутньої професії, формування у них, на базі одержаних у вищому навчальному закладі знань, професійних умінь і навичок для прийняття самостійних рішень під час конкретної роботи в реальних ринкових і виробничих умовах, виховання потреби систематично поновлювати свої знання та творчо їх застосовувати в практичній діяльності» [3].

Навчальна практика є наступним після практичних і лабораторних занять етапом, що забезпечує перехід від теоретичного навчання до професійної діяльності студентів. Крім того, практика є першим кроком психологічної та професійної адаптації студента, як майбутнього фахівця, до виробництва.

Топографія, як наукова дисципліна, вивчає геометрію земної поверхні, займається отриманням точних даних про форми земної поверхні (при вивченні рельєфу), про розташування на ній природних об'єктів ситуації, а також об'єктів і ситуацій, зумовлених діяльністю людини. Саме методами і способами зйомки місцевості й займається топографія [6].

Одним з найважливіших напрямків топографії є забезпечення різних організацій картографічними матеріалами на досліджувану територію, рішення інженерно-геодезичних задач при проведенні спеціальних досліджень, що проводяться на земній поверхні та в її надрах.

Навчальна практика з дисципліни «Топографія з основами геодезії» для студентів, що навчаються за спеціальністю 103 «Науки про Землю», призначена для закріплення теоретичних основ дисципліни та надбання студентами практичних навичок виконання орієнтування на місцевості, прив'язки до Державної геодезичної мережі (ДГМ), проведення робіт по підготовці та виконанню планової зйомки місцевості, обробки та аналізу вихідних матеріалів, камеральної обробки польових вимірювань та складання плану місцевості з описом її характеристик.

Метою навчальної практики є закріплення, поглиблення та розширення теоретичних і практичних знань, отриманих студентами при вивченні дисципліни «Топографія з основами геодезії», ознайомлення з улаштуванням, обладнанням і організацією пунктів ДГМ, засвоєння способів орієнтування на місцевості та методів топографо-геодезичної зйомки, складання плану місцевості, набуття навичок проведення польових робіт по зйомці та камеральній обробці матеріалів, складання звітності.

Завдання навчальної практики полягає у ознайомленні студентів із змістом і методами топографо-геодезичних досліджень; одержанні студентами елементарних навичок в орієнтуванні на місцевості та організації горизонтальної (планової) зйомки місцевості; набутті практичних навичок у виконанні робіт по оцінці ДГМ та проведенні обстежень стану пунктів ДГМ; набутті студентами практичних нави-

чок у складанні, обробці та аналізі матеріалів планової зйомки місцевості; розвитку навичок проведення камеральних робіт, обробки та систематизації даних польових вимірювань і складання плану місцевості.

В результаті виконання програми навчальної практики з дисципліни «Топографія з основами геодезії» студенти отримують знання щодо структури ДГМ, порядку її побудови і використання; способів позначення на місцевості пунктів ДГМ, їх збереження та перевірки; способів орієнтування на місцевості та їх сутності; особливостей виконання польових геодезичних робіт, сутності способів зйомки місцевості, призначення та характеристики приладів, що застосовуються під час топографо-геодезичної зйомки; методики проведення опису місцевості в районі проведення топографо-геодезичних робіт.

Здобувачі вищої освіти отримують також практичні навички та уміння по вимірюванню кутів і відстаней на місцевості, опису об'єктів місцевості та обробці матеріалів топографо-геодезичної зйомки, вчать скласти план місцевості та оформлювати звіт.

Навчальна практика з дисципліни «Топографія з основами геодезії» проводиться на території Житомирської області. Польові роботи проводяться у районі населеного пункту Зарічани на правому березі р. Тетерів (рис. 1).



Рис. 1. Район проведення навчальної практики

У період проходження практики підвищуються вимоги щодо дисципліни студентів та дотримання правил техніки безпеки при проведенні польових геодезичних робіт. В результаті вступного інструктажу з техніки безпеки студент повинен знати: обстановку проведення певних видів робіт, загальні вимоги охорони праці, правила безпеки, розпорядку та організації робіт.

Навчальна практика з дисципліни «Топографія з основами геодезії» пов'язана з роботами безпосередньо на місцевості, а також у відповідних організаціях та закладах Державної служби геодезії, картографії та кадастру (Укргеодезкартографія).

Виконання більшості польових робіт пов'язане з достатньо тривалим перебуванням на відкритій місцевості, тому студенти повинні володіти необхідними знаннями про можливі небезпечні природні явища та процеси. Інструктаж з техніки безпеки доцільно проводити за основними видами робіт: польові вимірювання та спостереження, опис ділянки місцевості, відвідування установ Укргеодезкартографії, робота у лабораторіях.

На підготовчому етапі студенти повторюють теоретичні розділи про способи та порядок орієнтування на місцевості, способи проведення зйомки місцевості та порядок їх виконання; ознайомлюються з програмою та календарним планом проведення практики; вивчають особливості місцевості, де будуть виконуватися польові роботи. Вони також ознайомлюються з «Інструкцією по топографічній зйомці у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 і 1:500»; готують потрібні матеріали та спорядження для виконання робіт, передбачених програмою практики, матеріали для виконання польових робіт (планшети, візирну лінійку, компас, бланки, таблиці тощо); вирішують відповідні організаційні питання.

Основний етап навчальної практики включає три найбільш важливих види робіт: орієнтування на місцевості, планоу зйомку, камеральну обробку результатів зйомки та складання плану місцевості.

Для орієнтування на місцевості без карти потрібно знайти напрями за сторонами горизонту, вибрати орієнтири, визначити напрями на орієнтири (магнітні азимути) та виміряти відстані до місцевих предметів. Орієнтирами доцільно обирати місцеві предмети або деталі рельєфу, які чітко виділяються на фоні місцевості (рис. 2).



Рис. 2. Точки орієнтування без карти та по карті

Орієнтування по карті шляхом звірення її з місцевістю на даний час є основним способом орієнтування. При орієнтуванні на місцевості, як правило,

користуються топографічними картами масштабу 1:25 000 - 1:100 000. Звірення карти з місцевістю полягає у наступному: вивчають місцевість; виявляють ступінь відповідності карти цій місцевості; уточнюють розташування об'єктів, показаних на карті.

Оцінка ДГМ здійснюється в районах точок орієнтування: точки № 3 – можливість спостереження пунктів ДГМ «Собор» і «Школа 1», та точки № 4 – наявність пункту ДГМ «Зарічани» та його стан (рис. 3, 4).



Рис. 3. Візуальне спостереження пунктів ДГМ

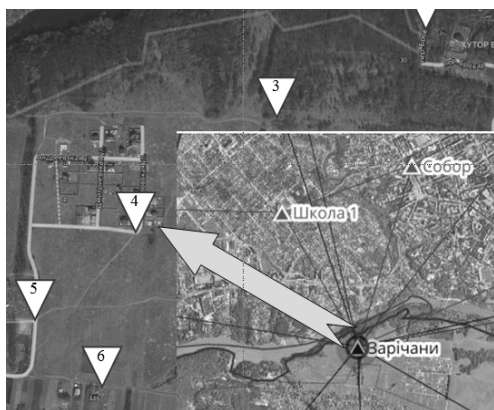


Рис. 4. Місце обстеження пункту ДГМ

Після цього встановлюють місце розташування пункту ДГМ, оцінюють його стан та порівнюють з даними паспорту на пункт Зарічани (М351728000).

Наразі окомірна зйомка – один з найпростіших у геодезичній практиці способів топографічної зйомки. Робочою основою окомірної зйомки ділянки місцевості є опорний хід, який прокладається в процесі зйомки у вигляді замкнутого багатокутника.

На першій станції планшет орієнтують за компасом, візують на другу станцію (точку зйомки) і прокреслюють напрям. Потім візують і прокреслюють напрями на віддалені предмети, розташування яких визначається методом засічок. На кінцях ліній підписують назви предметів або креслять умовний знак. При зйомці необхідно постійно спостерігати за орієнтуванням планшету по лінії північ–південь. Закінчивши зйомку ситуації на першій точці, переходять на другу, потім третю і т. д. (рис. 5).

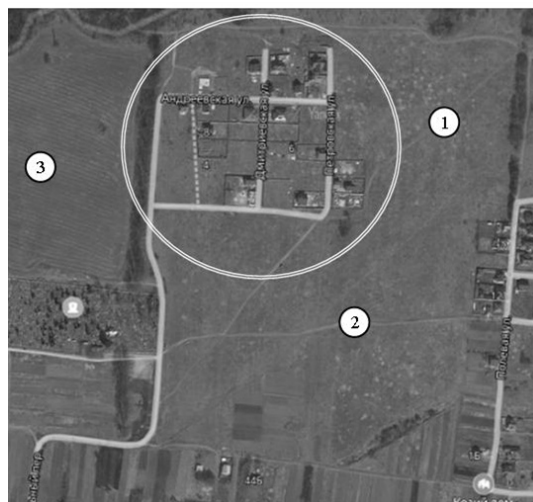


Рис. 5. Станції та район окомірної зйомки

На другій точці спочатку візують ті самі об'єкти, що вже візувались із першої станції (точки) для отримання засічок (рис. 6). Потім візуються усі інші предмети або нерівності рельєфу. Якщо є дані, які не можна зобразити графічно, вони підписуються.

Остаточне оформлення плану доцільно проводити, не знімаючи його з планшету. На плані обов'язково стрілкою зазначають напрям «північ–південь», за яким він був орієнтований під час зйомки.

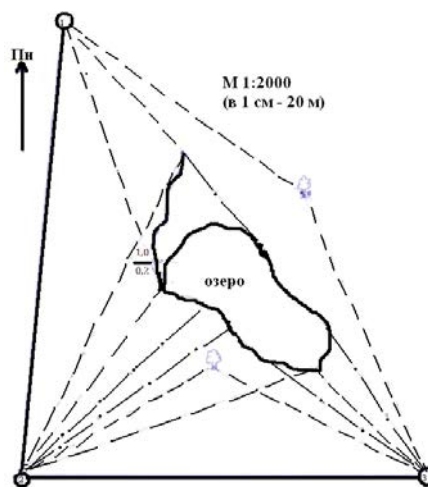


Рис. 6. Окомірна зйомка способом засічок:

- ① – рейка (станція, з якої робиться засічка);
- ① — ② – ходові лінії зі станціями;
- — — — — лінії, що наносяться для визначення засічок;
- ● — лінії, що вимірюються кроками.

За паспортом пункту ДГМ уточнюється висота місцевості. Відносно пункту ДГМ, користуючись окомірними зарисовками форм рельєфу, зробленими на плані під час зйомки, проводять горизонталі

та остаточно підправляють й уточнюють ситуацію на плані.

Основним документом, де фіксується процес проходження студентом практики, є щоденник. На заключному етапі студенти завершують обробку інформації та оформлюють звіт з практики.

**Головні висновки.** Практична підготовка здобувачів вищої освіти з дисципліни «Топографія з основами геодезії» забезпечує компетентності, необхідні для подальшої професійної діяльності майбутніх фахівців з наук про Землю: поглиблені знання та розуміння предметної області та професійної

діяльності, застосування набутих знань у практичних ситуаціях, спроможність ефективно працювати в команді; навички та вміння самостійно досліджувати природні матеріали, аналізувати та документувати результати досліджень.

**Перспективи використання результатів досліджень.** Поєднання теоретичної та якісної практичної підготовки, інтеграція теоретичного навчання з польовими дослідженнями сприятимуть практичній спрямованості навчання, формуванню кваліфікованих фахівців з розвиненими практичними навичками, здатних ефективно вирішувати фахові завдання.

### Література

1. Про вищу освіту : Закон України від 01 липн. 2014 р. № 1556-VII. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18> (дата звернення 10.01.2022).
2. Стандарт вищої освіти за спеціальністю 103 «Науки про Землю» / МОН України. URL : <https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishcha-osvita/zatverdzeni%20standarty/2019/05/28/103-nauki-pro-zemlyu-bakalavr.pdf> (дата звернення 10.01.2022).
3. Положення про проведення практики студентів вищих навчальних закладів України / М-во освіти України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0035-93#Text> (дата звернення 10.01.2022).
4. Балабан П.Ю., Балабан М.П., Іванов Ю.В. Практична підготовка як важлива складова навчального процесу. URL: <http://dspace.puet.edu.ua/bitstream/123456789/3663/1/selection.pdf> (дата звернення 12.01.2022).
5. Шевчук Т.В., Сідельник О.П. Практична підготовка студентів вищих навчальних закладів як невід'ємна детермінанта формування їхніх професійних компетенцій. *Науковий вісник НЛТУ України*, 2017. Вип. 27, № 2. С. 189-193. URL: [https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2017/27\\_2/43.pdf](https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2017/27_2/43.pdf) (дата звернення 12.01.2022).
6. Екологічне картографування та основи ГІС-технологій : навч. посіб. / за ред. А. П. Багмета. Житомир, 2010. 256 с.
7. Рідей Н.М. Ступенева підготовка майбутніх екологів: теорія і практика. Монографія / за заг. ред. акад. Д.О. Мельничука. Херсон, 20011. 650 с.
8. Матеріали науково-практичної конференції «*Практична підготовка студентів – запорука ефективної професійної діяльності*». URL : <http://www.ncntu.com.ua/index.php/novyiny/item/82-oxford-s-part-in-a-new-multiple-sclerosis-drug-adipiscing-elit-sed-do-eiusmod-tempor> (дата звернення 14.01.2022).

## ДОСВІД ПІДГОТОВКИ УЧНІВСЬКИХ НАУКОВО-ДОСЛІДНИХ РОБІТ ЕКОЛОГО-БІОЛОГІЧНОЇ СПРЯМОВАНОСТІ З ОГЛЯДУ НА ЦІЛІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Ткачук Н.В.<sup>1</sup>, Зелена Л.Б.<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка  
вул. Гетьмана Полуботка, 53, 14013, Чернігів

<sup>2</sup>Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного Національної академії наук України  
вул. Академіка Заболотного, 154, 03143, Київ

<sup>3</sup>Київський національний університет технологій та дизайну  
вул. Немировича-Данченка, 2, 01011, Київ  
nataliia.smykun@gmail.com, zelenalyubov@gmail.com

У статті розглянуто питання біологічної та екологічної освіти для сталого розвитку у ході науково-дослідної роботи з біотестування та мікробіології. Представлено власний досвід керівництва науково-дослідною роботою учнів Чернігівського ліцею № 32, які цікавилися біологією. Зазначено тематику науково-дослідної роботи учнів з фітотестування: 1) дослідження фітотоксичності осадів очисних споруд КП «Чернігівводоканал» різного терміну зберігання, розробкою методичних рекомендацій фітотестування відходів для підприємства очистки стічних вод, які передбачають швидке та дешеве оцінювання токсичності відходів; 2) дослідження цитогенетичних показників кореневої меристеми цибулі під впливом антропогенних чинників, а саме синтетичних похідних діючої речовини пестициду симазин, похідних сечовини на основі пестициду лінурон; та екологічної мікробіології: 1) ознайомлення з біорізноманіттям мікроорганізмів ґрунту, зокрема корозійно активними мікроорганізмами, виділенням та ідентифікацією переважаючих представників корозійно активного угруповання, їх біобезпекою; 2) дослідження чутливості корозійно активних мікроорганізмів щодо синтетичних гетероциклічних сполук для пошуку сполук-біоцидів; 3) дослідження біоплівкоутворювальних властивостей бактерій. Зазначається, що використаний підхід до науково-дослідницької діяльності дозволяє учням отримати глибокі знання з біології та екології, сформувати уміння систематизувати матеріал, аналізувати умови та результати, осмислювати місце предмета дослідження у практичній діяльності людини. На основі аналізу тематики дослідницької діяльності учнів констатовано, що в ході підготовки та реалізації проектів набувалися знання та формувалися уміння стосовно таких цілей сталого розвитку як 3 (Міцне здоров'я та благополуччя), 6 (Чиста вода та належні санітарні умови), 9 (Промисловість, інновації та інфраструктура), 15 (Захист екосистем суші). В результаті дослідницької діяльності були створені умови для розвитку особистості, її самовизначення та самореалізації у майбутній професійній діяльності. *Ключові слова:* біотестування, мікробіологія, науково-дослідна робота учнів, цілі сталого розвитку.

### Experience in preparing pupils' research work of ecological and biological orientation in view of the goals of sustainable development. Tkachuk N., Zelena L.

The article considers the issues of biological and ecological education for sustainable development in the course of research in biotesting and microbiology. The own experience of the management of research work of pupils of Chernihiv lyceum №32 who were interested in biology is presented. The topics of research work of pupils on phytotesting are indicated: 1) study of phytotoxicity of sludge of treatment facilities of "Chernihivvodokanal" of different shelf life, development of methodological recommendations for phytotesting of waste for wastewater treatment plants, which provide rapid and cheap assessment of waste toxicity; 2) study of cytogenetic parameters of the root meristem of onion under the influence of anthropogenic factors, namely synthetic derivatives of the active substance of the pesticide simazine, urea derivatives based on the pesticide linuron; and ecological microbiology: 1) acquaintance with the biodiversity of soil microorganisms, in particular corrosion-active microorganisms, isolation and identification of the predominant representatives of the corrosion-active community, their biosafety; 2) study of the sensitivity of corrosive microorganisms to synthetic heterocyclic compounds to search for biocidal compounds; 3) study of biofilm-forming properties of bacteria. It is noted that the approach to research allows students to gain in-depth knowledge of biology and ecology, to form the ability to systematize material, analyze conditions and results, to understand the place of the subject of research in human practice. Based on the analysis of students' research activities, it was stated that during the preparation and implementation of projects acquired knowledge and skills were developed in relation to such sustainable development goals as 3 (Good health and wellbeing), 6 (Clean water and sanitation), 9 (Industry, innovation and infrastructure), 15 (Protection of terrestrial ecosystems). As a result of research activities, conditions were created for the development of personality, self-determination and self-realization in future professional activities. *Key words:* biotesting, microbiology, research work of pupils, goals of sustainable development.

**Постановка проблеми та актуальність дослідження.** Екологічна освіта для сталого розвитку здійснюється у ході навчання школярів при вивченні різних дисциплін, наразі й біології [1]. В цілому науки про живу природу біологія і екологія разом з іншими природничими науками формують нау-

кову картину світу [2-3]. Поряд з цим гостро стоїть питання необхідності активізації науково-дослідної діяльності молоді, зважаючи на критичну ситуацію з поповненням національної науки молодими кадрами [4]. Значні можливості для організації дослідницької діяльності учнів надають біоло-

гічні об'єкти та процеси [3]. Зокрема ознайомлення з біотестуванням дозволяє вивчити можливості біологічної індикації, її організації та проведення у сучасних умовах, основні методологічні критерії та підходи, що застосовуються при розв'язанні біоіндикаційних задач на різних рівнях [5]. Методики досліджень з біотестування та біоіндикації для використання у роботі з учнями прості та доступні [6-7]. Ті методики біотестування, що відповідають ISO стандартам, розглядаються як інструменти забезпечення безпеки, якості та стійкості промислового розвитку [8]. Наприклад, ISO 23734:2021 сприяє цілі 9 (Промисловість, інновації та інфраструктура) сталого розвитку [9].

Мікробіологія теж має важливу роль у реалізації глобальних цілей стійкого розвитку, зокрема щодо цілей 2 (Подолання голоду), 3 (Міцне здоров'я та благополуччя), 5 (Гендерна рівність), 6 (Чиста вода та належні санітарні умови), 7 (Доступна та чиста енергія), 9 (Промисловість, інновації та інфраструктура), 12 (Відповідальне споживання та виробництво), 13 (Пом'якшення наслідків зміни клімату), 14 та 15 (Захист екосистем води та суші) [10]. Допомогти учням ознайомитися з ультраструктурою, морфологією, систематикою, генетикою, фізіологією мікроорганізмів, їх роллю у біосфері та практичній діяльності людини можуть рекомендовані доступні мікробіологічні методики дослідження [7, 11]. В той же час публікації щодо педагогічного досвіду розвитку дослідницької діяльності учнів з біотестування та мікробіології стосовно цілей сталого розвитку відсутні.

#### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Розвиток дослідницьких здібностей учнів відбувається як за умов цілісної системи відбору, діагностики та навчання обдарованих учнів у навчальному закладі, так і за умов їх залучення до науково-дослідної роботи [4]. Сучасні дослідники питання організації учнівського дослідження вважають, що з наукового та методичного кутів зору ця тема є досить розробленою на сучасному етапі розвитку шкільної та позашкільної освіти [3]. Відзначається багатогранність проблеми організації науково-дослідної роботи [4]. Дослідницька діяльність учнів була і залишається об'єктом вивчення як вітчизняних, так і зарубіжних науковців, які зауважують значущість цього питання: Алфімова В., Бабанського Ю., Вербицького В., Гридневої К., Грицай Ю., Загвязинського В., Ковбасенко Л., Козакова В., Лактіонової Г., Литвинова Н., Літова З., Микитюка О., Моляка В., Надеїнського Б., Оконь В., Паламарчук В., Полонського В., Пустовіт Г., Редіна В., Рудницької О., Савенкова О., Сиротенко А., Смородинської М., Солдатенко М., Сологуб А., Сорокіна М., Сущенко Т. [4, 12].

Наразі в публікаціях поряд з поняттям дослідницької діяльності з'явилося поняття проектної дослідницької діяльності [13]. При цьому проект орієнтований на практику та закладає глибину

розв'язання проблеми, а дослідження таких границь не має [3]. В той же час обидва підходи є методами реалізації діяльнісного підходу, оскільки допомагають учням у самовизначенні при виборі траєкторії навчання та розвитку.

Успішне здійснення дослідницької діяльності учнів базується на оволодінні ними умінь та навичок: 1) знаходити проблему; 2) коректно задавати питання; 3) висувати власну гіпотезу; 4) усвідомлено визначати поняття; 5) класифікувати матеріал; 6) спостерігати; 7) здійснювати експериментальну роботу; 8) обґрунтовувати висновки, формулювати умовиводи; 9) структурувати матеріал, що вивчається; 10) грамотно працювати з текстом, що аналізується; 11) доводити, обґрунтовувати та захищати свої ідеї, проекти, результати дослідження [14].

Вивчити можливості біологічної індикації, її організації та проведення у сучасних умовах, основні методологічні критерії та підходи, що застосовуються при розв'язанні біоіндикаційних задач на різних рівнях дозволяє біотестування та біоіндикація [5]. Є публікації, у яких наведено прості та доступні методики досліджень з біотестування та біоіндикації для використання у роботі з учнями [6-7]. Як інструменти забезпечення безпеки, якості та стійкості промислового розвитку розглядаються методики біотестування, що відповідають ISO стандартам [8]. Так, ISO 23734:2021 («Бортовий біоаналіз контролю якості морської води з використанням уповільненої флуоресценції мікроводоростей») сприяє цілі 9 (Промисловість, інновації та інфраструктура) сталого розвитку [9].

Важливу роль у стійкому розвитку має й мікробіологія [10]. Наразі зазначається її важливість у цілях 2 (Подолання голоду), 3 (Міцне здоров'я та благополуччя), 5 (Гендерна рівність), 6 (Чиста вода та належні санітарні умови), 7 (Доступна та чиста енергія), 9 (Промисловість, інновації та інфраструктура), 12 (Відповідальне споживання та виробництво), 13 (Пом'якшення наслідків зміни клімату), 14 та 15 (Захист екосистем води та суші) [10]. Для дослідницької роботи з учнями пропонуються доступні мікробіологічні дослідження будови, фізіології та екології мікроорганізмів, їх ролі у практичній діяльності людини [7, 11]. Наразі публікації, присвячені педагогічному досвіду здобуття учнями знань та формування їх умінь у ході дослідницької діяльності з біотестування та мікробіології стосовно цілей сталого розвитку, відсутні.

**Новизна.** У роботі представлено власний досвід підготовки науково-дослідних робіт учнів з біотестування та мікробіології, визначено цілі сталого розвитку, яких стосувалася тематика робіт учнів. Окреслені аспекти підтверджують новизну дослідження.

**Методологічне або загальнонаукове значення.** Протягом 2015-2021 років нами здійснювалося керівництво науково-дослідною роботою учнів

Чернігівського ліцею № 32, які цікавилися біологією, з напрямків біотестування та мікробіології. **Метою** даної роботи було представити досвід залучення учнів до науково-дослідної роботи зазначеного еколого-біологічного спрямування, визначити цілі сталого розвитку, яких стосувалася тематика робіт учнів.

**Методика досліджень.** У ході дослідження використано загальнонаукові методи (методи теоретичних досліджень доступної інформації), аналітичний та узагальнений методи (для аналізу наукових і літературних джерел з поставленої проблеми); емпіричний (для накопичення фактів); методи аргументування (для доведення власних суджень).

**Викладення основного матеріалу.** Тематика науково-дослідної роботи учнів була пов'язана з **фітотестуванням**: 1) дослідження фітотоксичності осадів очисних споруд КП «Чернігівводоканал» різного терміну зберігання, розробкою методичних рекомендацій фітотестування відходів для підприємства очистки стічних вод, які передбачають швидке та дешеве оцінювання токсичності відходів (Борисович Ю.Г., 2015-2016 навчальний рік); одержані знання та уміння важливі для реалізації глобальних цілей стійкого розвитку 3 (Міцне здоров'я та благополуччя), 6 (Чиста вода та належні санітарні умови), 9 (Промисловість, інновації та інфраструктура), 15 (Захист екосистем суші); 2) дослідження цитогенетичних показників кореневої меристеми цибулі під впливом антропогенних чинників, а саме синтетичних похідних діючої речовини пестициду симазин (Луговий О.С., 2016-2017 навчальний рік), похідних сечовини на основі пестициду лінурон (Вітун Д.В., 2019-2020 навчальний рік); одержані знання та уміння важливі для реалізації глобальних цілей стійкого розвитку 3 (Міцне здоров'я та благополуччя), 9 (Промисловість, інновації та інфраструктура), 15 (Захист екосистем суші); **екологічною мікробіологією**: 1) ознайомлення з біорізноманіттям мікроорганізмів ґрунту, зокрема корозійно активними мікроорганізмами, виділенням та ідентифікацією переважаючих представників корозійно активного угруповання, їх біобезпекою (Вітун Д.В., 2016-2017, 2017-2018, 2018-2019 навчальні роки; Луговий О.С., 2017-2018 навчальний рік; Ольховик Є.В. 2018-2019, 2019-2020 навчальні роки; Крапивний С.Б. 2020-2021 навчальний рік); одержані знання та уміння важливі для реалізації глобальних цілей стійкого розвитку 3 (Міцне здоров'я та благополуччя), 6 (Чиста

вода та належні санітарні умови), 9 (Промисловість, інновації та інфраструктура), 15 (Захист екосистем суші); 3) дослідження біоплівкоутворювальних властивостей бактерій (Крапивний С.Б. 2020-2021 навчальний рік); одержані знання та уміння важливі для реалізації глобальних цілей стійкого розвитку 3 (Міцне здоров'я та благополуччя), 6 (Чиста вода та належні санітарні умови), 9 (Промисловість, інновації та інфраструктура).

В ході роботи з учнями створювався простір для самореалізації учнів, задовольнялися потреби у нових знаннях, спілкуванні, самовираженні, формувалася культура взаємовідносин. Дослідницька діяльність учнів складалася з етапів, які визначаються для такої діяльності з екології [15]. Проте ми об'єднали етапи звітний та інформаційний у загальний звітно-інформаційний етап. Характеристику етапів підготовки учнів наведено нижче.

### Етап 1. Підготовчий

Учні вивчали літературні джерела як у бібліотеках, так і у мережі Інтернет. Знайомство з літературою супроводжувалося конспектуванням, джерела класифікувалися в різних формах та видах. Тобто розвивалося уміння аналізувати та узагальнювати інформацію, переробляти її. Учні наближалися до визначення ступеня вивченості теми, а також розуміння ролі власного внеску, визначення права власної роботи на існування та формулювання головної мети, досягти яку вони прагнуть у процесі дослідження. На цьому етапі також знайомилися з необхідним обладнанням та методами. Зокрема учні ознайомилися та опанували наступні методи: **загальнобіологічні** (Борисович Ю.Г., Вітун Д.В., Луговий О.С., Ольховик Є.В.): виготовлення препаратів «роздавлена крапля», препаратів-мазків, мікроскопування; **біотестування**: відбір проб та приготування водної витяжки (Борисович Ю.Г.), дослідження проростання та морфометричних показників тест-рослин (Борисович Ю.Г., Вітун Д.В., Луговий О.С.), оцінки мітотичного індексу та частоти клітин з аберантними хромосомами у кореневій меристемі цибулі ріпчастої (Борисович Ю.Г., Вітун Д.В., Луговий О.С.); **мікробіологічні** (Вітун Д.В., Луговий О.С., Ольховик Є.В., Крапивний С.Б.): приготування середовищ для вирощування бактерій, метод Коха, метод граничних десятикратних розведень, метод вичерпаного штриха, посів у рідке середовище, посів на щільне середовище, опис колоній мікроорганізмів, метод визначення утворення бактеріями ендоспор, методи фарбування клітин бактерій та їх структур (за Грамом у модифікації Каліни, ендоспор за Ганзенем, капсул за Дюгіда), методи визначення фізіолого-біохімічних властивостей (тести на каталазу, оксидазу, утилізацію цитрату, казеїну, жирів, крохмалю, сечовини, желатини, утворення індолу, амоніаку, сірководню, целюлазу, левану, MRVP-тест, відношення до кисню та температури), метод дослідження інтенсивності біоплівкоутворення за поглинанням кристалічного фіолетового сформо-



ваною біоплівкою; **молекулярно-генетичні** (Вітун Д.В., Луговий О.С., Ольховик Є.В.): виділення ДНК з клітин бактерій, полімеразна ланцюгова реакція з праймерами до гена 16S рРНК, секвенування гена 16S рРНК, електрофорез у горизонтальному агарозному гелі, філогенетичний аналіз з використанням бази даних GenBank та комп'ютерної програми MEGA 6.0). Учні оформлювали та заповнювали лабораторні журнали.

### Етап 2. Експериментальний

В процесі лабораторних досліджень учні готували обладнання та закладали досліди. Базою була проблемна науково-дослідна лабораторія екологічної біохімії, іхтіології та біокорозії природничо-математичного факультету Національного університету «Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка (м. Чернігів) (рис. 1). Застосування молекулярно-генетичних методів у мікробіології потребували допомоги з боку досвідчених вчених-генетиків, тому учні Вітун Д.В. та Луговий О.С. у 2016 році, а Ольховик Є.В. у 2018 році відвідали Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К.Заболотного НАН України (м. Київ), де під керівництвом Зеленої Л.Б. ознайомилися та використали ці методи у своїх дослідженнях. Також учні приймали участь у роботі студентського науково-дослідного гуртка «Біоіндикація» (Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т.Г.Шевченка), разом зі студентами здійснюючи експериментальні дослідження з біотестування та виступаючи перед ними з доповідями.

### Етап 3. Камеральний

Здійснювався аналіз результатів, створювалися таблиці, проводилася математична обробка результатів, побудова діаграм, графіків, заповнення паспортів штамів. При цьому застосовувалися статистичні методи дослідження (визначення середнього арифметичного та квадратичного відхилення, достовірності змін з використанням t-критерію Ст'юдента) з використанням пакету прикладних програм Microsoft Excel 2010.

### Етап 4. Аналітичний

Проводилася робота з встановлення причинно-наслідкових зв'язків, закономірностей, створювалися рекомендації та пропозиції.

### Етап 5. Звітно-інформаційний

Підготовка творчих робіт та тез, виступ на конференції значно підвищують рівень володіння матеріалом. Уміння правильно представити себе, структурувати інформацію, відповісти на питання та задати їх – необхідна умова успішного захисту дослідницького проекту [16]. Тому для формування навичок успішної самопрезентації, уміння представити свої думки в межах публічного виступу на основі отриманих матеріалів готувалися доповіді на конференції, творчі роботи на конкурси.

Конференції, у роботі яких взяли участь учні: 1) «Аграрна наука, освіта, виробництво: європейський досвід для України» (листопад 2015, м. Житомир) – Борисович Ю.Г., учениця 11 класу;

2) «Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві» (жовтень 2016, м. Чернігів) – Вітун Д.В., Луговий О.С., учні 8 класу; 3) «Новітні технології сучасного суспільства (НТСС-2017)» (грудень 2017, м. Чернігів) – Вітун Д.В., Луговий О.С., учні 9 класу; 4) «Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві» (жовтень 2018, м. Чернігів) Ольховик Є.В., учень 10 класу; 5) «Новітні технології сучасного суспільства (НТСС-2019)» – Вітун Д.В., Ольховик Є.В., учні 11 класу; 6) «Биотехнология: достижения и перспективы развития» (листопад 2021, м. Пінськ (Республіка Біларусь) – Крапивний С.Б., учень 10 класу.

Всеукраїнські конкурси, у яких взяли участь учні: 1) «Всеукраїнський конкурс винахідників та раціоналізаторів» (2016 рік) – Борисович Ю.Г., учениця 11 класу (секція «Біологія», II місце); 2) «Всеукраїнська виставка-конкурс «Майбутнє України» (2016 рік) – Вітун Д.В., учень 8 класу (номінація «Технічна творчість та винахідництво», III місце, грант від Ексімбанку); Луговий О.С., учень 8 класу (номінація «Екологія та ресурсозбереження»); 3) «Всеукраїнський науково-технічний конкурс «Intel-Еко Україна 2019» (2019 рік) – Вітун Д.В., учень 10 класу (секція «Біологія», III місце); 4) «Всеукраїнський науково-технічний конкурс «ТехноЕко Україна 2020» (2020 рік) – Вітун Д.В., учень 11 класу (секція «Біологія», III місце).

Учні брали участь у Всеукраїнському конкурсі-захисті науково-дослідницьких робіт учнів-членів Національного центру «МАН України»: Борисович Ю.Г. (2016 рік) «Фітотестування відходів очисних споруд комунального підприємства «Чернігівводоканал» (секція «Зоологія, ботаніка», II місце на II етапі); Вітун Д.В. (2017, 2018, 2019, 2020 роки) «Культурально-морфологічні властивості штамів гетеротрофних бактерій ChNPU F1 та ChNPU F3, виділених з феросфери ґрунту» (секція «Загальна біологія», II місце на II етапі), «Культурально-морфологічні та фізіолого-біохімічні властивості гетеротрофних бактерій штамів ChNPU F1 та ChNPU F3, виділених з феросфери ґрунту», (секція «Загальна біологія», II місце на II етапі), «Ідентифікація штамів гетеротрофних бактерій, виділених з феросфери ґрунту» (секція «Селекція та генетика», II місце на II етапі), «Цито- та генотоксичність похідних сечовини на основі пестициду лінурон» (секція «Загальна біологія», II місце на II етапі); Луговий О.С. (2017, 2018 роки) «Фітотоксичність похідних пестициду симазин за *Allium*-тестом» (секція «Екологія», II місце на II етапі), «Ідентифікація залізовідновлювальних бактерій штаму ChNPU ZVB1, виділеного з феросфери ґрунту, мікробіологічними, фізіолого-біохімічними та молекулярно-генетичними методами» (секція «Селекція та генетика», II місце на II етапі); Ольховик Є.В. (2019, 2020 роки) «Мікробіологічна та фізіолого-біохімічна характеристика штаму актинобактерій NUCbC F2,

виділеного з феросфери ґрунту» (секція «Загальна біологія», II місце на II етапі), «Штам актинобактерій NUCChC F2, виділений з феросфери ґрунту, – перспективна тест-культура для дослідження процесів мікробно індукованої корозії» (секція «Загальна біологія», II місце на II етапі); Крапивний С.Б. (2021 рік) «Біоплівкоутворення бактерій-анаеробів, виділених із сульфидогенного угруповання феросфери ґрунту» (секція «Загальна біологія», II місце на III етапі).

#### Висновки.

Аналізуючи тематику дослідницької діяльності учнів можна констатувати, що в ході підготовки та реалізації проєктів набувалися знання та розвивалися уміння стосовно таких цілей сталого розвитку як 3 (Міцне здоров'я та благополуччя), 6 (Чиста вода та належні санітарні умови), 9 (Промисловість, інновації та інфраструктура), 15 (Захист екосистем суші).

Залучення учнів до науково-дослідницької діяльності здійснювалося за допомогою наступних форм: участь в роботі МАН України, наукового гуртка,

наукових лабораторій, індивідуальна та групова робота над науково-дослідницькими проєктами, участь у науково-практичних конференціях, конкурсах та конкурсах-виставках дослідницьких робіт, навчальних екскурсіях, розробленні мультимедійних проєктів, самоосвітня діяльність. Використаний підхід до науково-дослідницької діяльності з біотестування та мікробіології дозволив учням отримати глибокі знання з біології та екології, сформувати уміння систематизувати матеріал, аналізувати умови та результати, осмислювати місце предмета дослідження у практичній діяльності людини. В результаті дослідницької діяльності були створені умови для розвитку особистості, її самовизначення та самореалізації у майбутній професійній діяльності.

Подальшу перспективу вбачаємо у продовженні науково-дослідницької роботи з учнями за напрямками біотестування та мікробіології, формуванні та розвитку відповідних знань та умінь з урахуванням цілей сталого розвитку.

#### Література

1. Shutaleva A., Nikonova Z., Savchenko I., Martyushev N. Environmental Education for Sustainable Development in Russia. Sustainability. 2020. №12. P. 7742. DOI: 10.3390/su12187742
2. Гензьора Т. Проблема формування в учнів наукової картини світу у процесі біологічної освіти. *Збірник наукових праць Уманського державного педагогічного університету*. 2013. Частина 1. DOI: 10.31499/2307-4906.0.2013.197817
3. Борисенко Е.Ю., Максимова Е.Н., Макаркина Н.В., Гавриков Д.Е. Особенности организации школьного биологического исследования. *Самарский научный вестник*. 2021. Т. 10, № 1. С. 302-307.
4. Антонова О.С. Залучення старшокласників до науково-дослідної діяльності МАН як засіб розвитку їх дослідницьких здібностей. *Інновації в освіті: інтеграція науки і практики*: зб. наук-метод. праць / за заг. ред. О.А. Дубасенюк. Житомир: ФОП Левковець, 2014. С. 56-75.
5. Методичні рекомендації до лабораторних робіт з курсу «Біотестування» для студентів-магістрів спеціальності 091 Біологія. Укладач Ткачук Н.В. Чернігів: НУЧК імені Т.Г.Шевченка, 2021. 52 с.
6. Сборник «Методики исследовательской деятельности по экологии» (для руководителей объединений эколого-биологической и естественнонаучной направленности). Сост. Баянова О.В., Максимова С.Л. Тюмень, 2013. 120 с.
7. Методичні рекомендації та лабораторний практикум «Екологія. Основи біоіндикації» / Укладачі: Антоненко С.В., Бобошко О.П. Київ, 2018. 54 с.
8. Goal 9: Industry, innovation and infrastructure: build resilient infrastructure, promote and sustainable industrialization and foster innovation. URL: <https://www.iso.org/sdg/SDG09.html> (Дата звернення: 29.01.2022)
9. ISO 23734:2021 Marine technology — Marine environment impact assessment (MEIA) — On-board bioassay to monitor seawater quality using delayed fluorescence of microalga. URL: <https://www.iso.org/standard/76789.html> (Дата звернення: 29.01.2022)
10. The Role of Microbiology in Sustainable Development. URL: <https://asm.org/Articles/2021/October/The-Role-of-Microbiology-in-Sustainable-Developmen> (Дата звернення: 29.01.2022)
11. Ткачук Н.В., Шевченко В.Л., Третяк О.П. Робочий зошит до лабораторних робіт з мікробіології та вірусології для студентів природничих факультетів вищих педагогічних навчальних закладів. Чернігів, Чернігівський національний педагогічний університет імені Т.Г.Шевченка, 2011. 248 с.
12. Дем'янюк В. Особливості роботи викладачів коледжів з обдарованими студентами в системі МАН: досвід і перспективи. Рівне, 2018. 100 с.
13. Полат Е.С., Бухаркина М.Ю. Современные педагогические и информационные технологии в системе образования: учеб. пособие для высш. учеб. заведений. Москва: Академия, 2010. 368 с.
14. Никитина Е. Ю., Чалина К. Н. Сущность и особенности проектной деятельности в профессиональном обучении. *Вестник ЧГПУ; Вестник ЮУрГГПУ*. 2019. № 1. С. 78–96.
15. Экологический мониторинг: Учебно-методическое пособие. Изд. 3-е, испр. и доп. / Под ред. Т.Я. Ашихминой. Москва: Академический Проект, 2006. 416 с.
16. Антоняк О.М. Из опыта работы по организации научно-исследовательской деятельности учащихся на примере МБОУ СОШ № 27 города Красноярска. *Вестник магистратуры*. 2014. № 12 (39). Том IV. С. 20-23.

---

## ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

---

**Алексєєва Анна Олександрівна (Миколаїв)** – кандидат технічних наук, доцент бвз кафедри екології, Чорноморський національний університет імені Петра Могили;

**Алпатова Оксана Миколаївна (Житомир)** – кандидат біологічних наук, доцент кафедри екології, Державний університет «Житомирська політехніка»;

**Барсукова Олена Анатоліївна (Одеса)** – кандидат географічних наук, доцент кафедри агрометеорології та агроєкології, Одеський державний екологічний університет;

**Барсукова Олена Анатоліївна (Одеса)** – кандидат географічних наук, доцент кафедри агрометеорології та агроєкології, Одеський державний екологічний університет;

**Боброва Марія Сергіївна (Кропивницький)** – кандидат біологічних наук, доцент кафедри біології та методики її викладання, Центральноукраїнський державний педагогічний університет імені Володимира Винниченка;

**Боженко Анна Леонідівна (Миколаїв)** – викладач кафедри екології, Чорноморський національний університет імені Петра Могили;

**Божко Людмила Юхимівна (Одеса)** – кандидат географічних наук, доцент кафедри агрометеорології та агроєкології, Одеський державний екологічний університет;

**Бойко Ольга Петрівна (Київ)** – студент спеціальності «101 – Екологія», Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління;

**Бондар Олександр Іванович (Київ)** – доктор біологічних наук, член-кореспондент Національної академії аграрних наук України, заслужений діяч науки і техніки України, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління;

**Борисюк Борис Васильович (Житомир)** – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри екології, Поліський національний університет;

**Валерко Руслана Анатоліївна (Житомир)** – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри екології, Поліський національний університет;

**Василенко Ольга Миколаївна (Житомир)** – кандидат біологічних наук, доцент кафедри екології та географії, Житомирський державний університет імені Івана Франка;

**Власенко Руслана Петрівна (Житомир)** – доцент кафедри екології та географії, Житомирський державний університет імені Івана Франка;

**Волошин Олексій Григорович (Чернігів)** – аспірант кафедри екології та охорони довкілля, Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка;

**Волошина Наталія Олексіївна (Київ)** – доктор біологічних наук, професор, зав. кафедри екології, Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова;

**Вольвач Оксана Василівна (Одеса)** – кандидат географічних наук, доцент кафедри агрометеорології та агроєкології, Одеський державний екологічний університет;

**Гапон Світлана Василівна (Полтава)** – доктор біологічних наук, професор, професор кафедри ботаніки, екології та методики навчання біології, Полтавський національний педагогічний університет імені В.Г. Короленка;

**Герасименко Олександр Миколайович (Київ)** – студент спеціальності «101 – Екологія», ДЗ «Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління»;

**Герасимчук Людмила Олександрівна (Житомир)** – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри екології, Поліський національний університет;

**Гончарова Людмила Дмитрівна (Одеса)** – кандидат географічних наук, доцент кафедри метеорології та кліматології, Одеський державний екологічний університет;

**Григор'єва Людмила Іванівна (Миколаїв)** – доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри екології, Чорноморський національний університет імені Петра Могили;

**Гринцова Наталія Борисівна (Суми)** – кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри морфології, докторант кафедри патологічної анатомії, Медичний інститут Сумського державного університету;

**Данілова Наталія Василівна (Одеса)** – кандидат географічних наук, старший викладач кафедри агрометеорології та агроєкології, Одеський державний екологічний університет;

**Довбаш Владислав Володимирович (Житомир)** – студент I курсу магістратури факультету лісового господарства та екології, Поліський національний університет;

**Дубінський Денис Валерійович (Київ)** – аспірант кафедри екології, Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова;

**Дьяченко Микола Олександрович (Кропивницький)** – асистент кафедри фундаментальних дисциплін, Донецький національний медичний університет;

**Ємець Тетяна Іванівна (Запоріжжя)** – кандидат фармацевтичних наук, доцент, доцент кафедри природничих дисциплін для іноземних студентів і токсикологічної хімії, Запорізький державний медичний університет;

**Заруба Дмитро Васильович (Київ)** – студент спеціальності «101 – Екологія», Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління;

**Зелена Любов Борисівна (Київ)** – кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник відділу фізіології промислових мікроорганізмів, Інститут мікробіології і вірусології імені Д.К. Заболотного Національної академії наук України; доцент кафедри біотехнології, шкіри та хутра, Київський національний університет технологій та дизайну;

**Іванців Василь Володимирович (Луцьк)** – кандидат історичних наук, завідувач кафедри екології та агрономії факультету аграрних технологій та екології, Луцький національний технічний університет;

**Іващенко Ірина Вікторівна (Житомир)** – кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри захисту рослин, Поліський національний університет;

**Карпенко Юрій Олександрович (Чернігів)** – кандидат біологічних наук, доцент, зав. кафедри екології та охорони довкілля, Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова;

**Кауненко Юлія Володимирівна (Одеса)** – магістр з наук про Землю, Одеський державний екологічний університет;

**Климчик Ольга Миколаївна (Житомир)** – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри біоресурсів, аквакультури та природничих наук, Поліський національний університет;

**Козин Марія Сергіївна (Житомир)** – студентка кафедри екології та географії, Житомирський державний університет імені Івана Франка;

**Колічева Наталія Леонідівна (Запоріжжя)** – кандидат медичних наук, доцент, доцент кафедри мікробіології, вірусології та імунології, Запорізький державний медичний університет;

**Колосовська Валерія Валеріївна (Одеса)** – кандидат географічних наук, асистент кафедри агрометеорології та агроекології, Одеський державний екологічний університет;

**Коробчук Людмила Іванівна (Луцьк)** – кандидат педагогічних наук, доцент кафедри екології та агрономії, Луцький національний технічний університет;

**Косенко Наталія Олексіївна (Харків)** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри безпеки життєдіяльності та інженерної екології, Харківський національний університет будівництва та архітектури;

**Костюкєвич Тетяна Костянтинівна (Одеса)** – кандидат географічних наук, асистент кафедри агрометеорології та агроекології, Одеський державний екологічний університет;

**Котюк Людмила Анатоліївна (Житомир)** – доктор біологічних наук, доцент, професор кафедри екології, Поліський національний університет;

**Коцюба Ірина Юріївна (Житомир)** – кандидат біологічних наук, старший викладач кафедри екології та географії, Житомирський державний університет імені Івана Франка;

**Кочнов Сергій Олександрович (Київ)** – магістр I курсу кафедри біології, методології та методики навчання, Університет Григорія Сковороди в Переяславі;

**Крайнюков Олексій Миколайович (Харків)** – доктор географічних наук, професор, професор кафедри екологічної безпеки та екологічної освіти, Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна;

**Красовський Володимир Васильович (Хорол)** – кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, директор, Хорольський ботанічний сад;

**Крецул Наталія Іванівна (Переяслав)** – кандидат історичних наук, доцент кафедри біології, методології та методики навчання, Університет Григорія Сковороди в Переяславі;

**Кречківська Галина Володимирівна (Дрогобич)** – кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри біології та хімії, Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка;

**Кривицька Іветта Анатоліївна (Харків)** – кандидат біологічних наук, доцент кафедри екологічної безпеки та екологічної освіти, Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна;

**Крот Ольга Петрівна (Харків)** – доктор технічних наук, доцент, доцент кафедри безпеки життєдіяльності та інженерної екології, Харківський національний університет будівництва та архітектури;

**Крупей Кристина Сергіївна (Запоріжжя)** – кандидат біологічних наук, старший викладач кафедри мікробіології, вірусології та імунології, Запорізький державний медичний університет;

**Кур'янова Світлана Олександрівна (Одеса)** – старший викладач кафедри екологічного права і контролю, Одеський державний екологічний університет;

**Лавріненко Вікторія Михайлівна (Київ)** – кандидат біологічних наук, старший викладач кафедри екології факультету природничо-географічної освіти та екології, Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова;

**Лазебна Ольга Миколаївна (Київ)** – кандидат педагогічних наук, доцент кафедри екології, Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова;

**Лаптєв Володимир Едуардович (Київ)** – аспірант кафедри екології та екологічного контролю, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління;

**Лебедєва Олена Сергіївна (Харків)** – кандидат технічних наук, доцент кафедри безпеки життєдіяльності та інженерної екології, Харківський національний університет будівництва та архітектури;

**Левашова Юлія Станіславівна (Харків)** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри безпеки життєдіяльності та інженерної екології, Харківський національний університет будівництва та архітектури;

**Литвиненко Вадим Олександрович (Київ)** – студент спеціальності «101 – Екологія», Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління;

**Лур'є Анатолій Йонович (Харків)** – доктор геологічно-мінералогічних наук, професор, професор кафедри гідрогеології, Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна;

**Макарова Олена Валеріївна (Миколаїв)** – старший викладач кафедри екології, Чорноморський національний університет імені Петра Могили;

**Малєєва Ганна Юріївна (Запоріжжя)** – кандидат біологічних наук, старший викладач кафедри медичної біології, паразитології та генетики, Запорізький державний медичний університет;

**Махнюк Валентина Михайлівна (Київ)** – доктор медичних наук, старший науковий співробітник, завідувачка лабораторії гігієни, планування та забудови населених місць, Інститут громадського здоров'я імені О.М. Марзєєва Національної академії медичних наук України;

**Мирка Володимир Васильович (Луцьк)** – директор, Черемський природний заповідник;

**Мисковець Ірина Ярославівна (Луцьк)** – кандидат географічних наук, доцент кафедри екології та агрономії, Луцький національний технічний університет;

**Мякушко Станіслав Анатолійович (Київ)** – кандидат біологічних наук, доцент кафедри екології та зоології Навчально-науковий інститут «Інститут біології та медицини» Київського національного університету імені Тараса Шевченка;

**Обруч Крістіна Ігорівна (Запоріжжя)** – магістрант кафедри загальної та прикладної екології і зоології, Запорізький національний університет;

**Орловський Олексій Володимирович (Полтава)** – аспірант кафедри ботаніки, екології та методики навчання біології природничого факультету, Полтавський національний педагогічний університет імені В.Г. Короленка;

**Павлишак Ярослава Ярославівна (Дрогобич)** – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри біології та хімії, Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка;

**Павліченко Віктор Іванович (Запоріжжя)** – кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри медичної біології, паразитології та генетики, Запорізький державний медичний університет;

**Панькевич Сергій Григорович (Луцьк)** – кандидат географічних наук, доцент, доцент кафедри екології та агрономії факультету аграрних технологій та екології, Луцький національний технічний університет;

**Пацева Ірина Григорівна (Житомир)** – доктор технічних наук, доцент кафедри екології, Державний університет «Житомирська політехніка»;

**Пилипенко Олена Олексіївна (Кропивницький)** – асистент кафедри фундаментальних дисциплін, Донецький національний медичний університет;

**Польовий Анатолій Миколайович (Одеса)** – доктор географічних наук, професор, завідувач кафедри агрометеорології та агроєкології, Одеський державний екологічний університет;

**Прибилова Вікторія Миколаївна (Харків)** – кандидат геологічних наук, доцент, доцент кафедри гідрогеології, Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна;

**Приходько Олександр Борисович (Запоріжжя)** – доктор біологічних наук, доцент, завідувач кафедри медичної біології, паразитології та генетики, Запорізький державний медичний університет;

**Прокоф'єв Олег Милославович (Одеса)** – кандидат географічних наук, доцент кафедри метеорології та кліматології, Одеський державний екологічний університет;

**Пустова Світлана Олександрівна (Київ)** – аспірант кафедри загальної екології, радіобіології та безпеки життєдіяльності, Національний університет біоресурсів і природокористування України;

**Риженко Наталія Олександрівна (Київ)** – доктор біологічних наук, професор, завідувачка кафедри екології та екологічного контролю, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління;

**Рильський Олександр Федорович (Запоріжжя)** – доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри загальної та прикладної екології і зоології, Запорізький національний університет;

**Роман Людмила Юріївна (Ужгород)** – кандидат хімічних наук, доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища, хімічний факультет, Ужгородський національний університет;

**Сапко Ольга Юріївна (Одеса)** – кандидат географічних наук, доцент, доцент кафедри екологічного права і контролю, Одеський державний екологічний університет;

**Скляренко Анастасія Вікторівна (Запоріжжя)** – кандидат біологічних наук, головний спеціаліст відділу позашкільної, спеціальної та вищої освіти Департаменту освіти і науки, Запорізька обласна державна адміністрація;

**Стефківський Віктор Михайлович (Київ)** – студент спеціальності «101 – Екологія», Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління;

**Строгіна Тетяна Станіславівна (Харків)** – завідувач навчальною лабораторією кафедри безпеки життєдіяльності та інженерної екології, Харківський національний університет будівництва та архітектури;

**Сушко Дмитро Юрійович (Київ)** – аспірант кафедри екології, Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова;

**Ткачук Наталія Василівна (Чернігів)** – кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри біології, Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка;

**Ульяшова Людмила Анатоліївна (Кропивницький)** – асистент кафедри фундаментальних дисциплін, Донецький національний медичний університет;

**Федонюк Віталіна Володимирівна (Луцьк)** – кандидат географічних наук, доцент, доцент кафедри екології та агрономії факультету аграрних технологій та екології, Луцький національний технічний університет;

**Федонюк Микола Ананійович (Луцьк)** – кандидат географічних наук, доцент, доцент кафедри екології та агрономії факультету аграрних технологій та екології, Луцький національний технічний університет;

**Федоренко Олександр Вікторович (Київ)** – студент спеціальності «101 – Екологія», Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління;

**Фінін Георгій Семенович (Київ)** – доктор фізико-математичних наук, професор, перший проректор з науково-педагогічної роботи, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління;

**Хом'як Іван Владиславович (Житомир)** – кандидат біологічних наук, доцент кафедри екології та географії, Житомирський державний університет імені Івана Франка;

**Черняк Таїсія Василівна (Хорол, Полтава)** – завідувач сектору дендрології, розмноження рослин та еколого-освітньої діяльності, науковий співробітник, Хорольський ботанічний сад; аспірант кафедри ботаніки, екології та методики навчання біології природничого факультету, Полтавський національний педагогічний університет імені В.Г. Короленка;

**Шевченко Валентина Григорівна (Київ)** – кандидат біологічних наук, доцент кафедри екології факультету природничо-географічної освіти та екології, Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова;

**Шевченко Роман Юрійович (Київ)** – кандидат географічних наук, доцент кафедри екологічного моніторингу та геоінформаційних технологій, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління;

**Шелюк Юлія Святославівна (Житомир)** – доктор біологічних наук, доцент, професор кафедри ботаніки, біоресурсів та збереження біорізноманіття, Житомирський державний університет імені Івана Франка;

**Шляніна Алла Володимирівна (Житомир)** – викладач-методист, циклова комісія хімічних дисциплін, Житомирський базовий фармацевтичний фаховий коледж.

## НОТАТКИ

Наукове видання

# ЕКОЛОГІЧНІ НАУКИ

НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ

1(40)

- **Екологія і виробництво**
- **Екологія водних ресурсів**
- **Екологічний моніторинг**
- **Теоретична екологія**
- **Загальні питання екологічної безпеки**
- **Біологічна безпека**
- **Поводження з відходами**
- **Зміна клімату**
- **Розвиток природно-заповідного фонду України**
- **Збереження біологічного та ландшафтного різноманіття**
- **Питання сталого розвитку**
- **Освіта для сталого розвитку**

Адреса редакції:

Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління  
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, корпус 2, Київ, 03035;  
тел. +380 99 428 67 00;  
[www.ecoj.dea.kiev.ua](http://www.ecoj.dea.kiev.ua)  
e-mail: [info@ecoj.dea.kiev.ua](mailto:info@ecoj.dea.kiev.ua)

Видавничий дім «Гельветика»

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6424 від 04.10.2018  
Україна, 65101, м. Одеса, вул. Інглезі, 6/1  
Тел. +38 (048) 709 38 69, +38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08  
E-mail: [mailbox@helvetica.ua](mailto:mailbox@helvetica.ua)

Підписано до друку 10.02.2022. Формат 64x84/8.

Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman. Цифровий друк.  
Ум. друк. арк. 21,39. Тираж 100. Замовлення № 0422/132.  
Ціна договірна. Віддруковано з готового оригінал-макета