

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

7(34)



Видавничий дім
«Гельветика»
2021

Екологічні науки : науково-практичний журнал / Головний редактор Бондар О.І. – К. :
Видавничий дім «Гельветика», 2021. – № 7(34). – 234 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

| | |
|--|-----|
| ЕКОЛОГІЯ І ВИРОБНИЦТВО | 7 |
| Білоус Л.В. Екологічні наслідки довготривалого нафтовидобутку на Бориславському родовищі: історіографія проблеми..... | 7 |
| Єрмаков В.М., Клименко О.О., Горобей М.С. Техногенне забруднення літосфери внаслідок функціонування і закриття вугільних шахт..... | 12 |
| Єрмаков В.Н., Лунова О.В., Лубенская Н.А. К вопросу реструктуризации угольной промышленности в Украине в контексте европейского опыта..... | 16 |
| Макарова О.В., Григор'єва Л.І. Фітодезактивація ставка-охолоджувача АЕС..... | 22 |
| Пилипчук О.Я., Стрелко О.Г., Висоцька Т.В., Пічкур Т.В., Соловійова Л.М., Сорочинська О.Л. Еколого-економічна оцінка господарської діяльності залізничного транспорту..... | 26 |
| Улицький О.А., Д'яченко Н.О., Бойко К.Е., Орловський А.В., Артеменко І.О., Зосима В.Г. Оцінювання екологічної небезпеки впливу шахтних вод ставка-накопичувача б. Таранова на водне середовище Західного Донбасу..... | 31 |
| ЗАГАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ | 36 |
| Васютинська К.А. Оцінка показників екосистемних послуг міських зелених зон залежно від урбогенного навантаження регіонів України..... | 36 |
| Владимирова О.Г., Бургаз О.А., Тимошук М.О. Особливості забруднення атмосферного повітря м. Одеси діоксидом сірки й оксидом вуглецю..... | 44 |
| Климчик О.М. Можливості застосування вертикального озеленення в містах України..... | 51 |
| Красовський В.В. Захист вкривних субтропічних плодових інтродуцентів Лісостепу України від весняних приморозків..... | 56 |
| Малєєв В.О., Безпальченко В.М. Електротранспорт м. Херсона: екологічність, економічність, ергономічність..... | 61 |
| Хом'як І.В., Костюк В.С., Гарбар О.В., Демчук Н.С., Андрійчук Т.В., Власенко Р.П., Гарбар Д.А., Онищук І.П., Шпаковська Л.В., Омельчук М.О. Особливості розміщення оселищ із різним ступенем антропогенної трансформації..... | 67 |
| РОЗВИТОК ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ УКРАЇНИ | 71 |
| Гетьман В.І. Ландшафтна репрезентативність природно-заповідного фонду України..... | 71 |
| Дойко Н.М., Шиндер О.І., Драган Н.В. Регіональні особливості й багаторічна динаміка флори Державного дендрологічного парку «Олександрія» НАН України (м. Біла Церква)..... | 81 |
| Калашнікова Л.В., Дорошенко Ю.В. Біоморфологічний аналіз раритетної дендрофлори дендропарку «Олександрія» НАН України..... | 91 |
| Скарлат В.П. Соціально-екологічні чинники природоохоронних заходів збереження екосистеми Кінбурнської коси (на прикладі НПП «Білобережжя Святослава»)..... | 96 |
| Цибуля М.М. Екологічна і ценотична структура флори національного природного парку «Мале Полісся»..... | 101 |
| ЗМІНА КЛІМАТУ | 105 |
| Лукіша В.В., Лисенко Г.М., Шульга О.О. Оцінка сукцесій рослинного покриву Ічнянського національного природного парку в умовах змін клімату..... | 105 |
| Польовий А.М., Вольвач О.В., Божко Л.Ю., Барсукова О.А. Агроекологічна оцінка впливу змін клімату на умови вирощування і продуктивність насаджень міскантусу в Північному Степу..... | 111 |
| ЕКОЛОГІЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ | 118 |
| Баштовенко О.А., Вовк А.М. Загрози сьогодення для екосистеми Чорного моря..... | 118 |

| | |
|---|-----|
| Білик Т.І., Веренікін О.М., Леонтєва Т.О. Вплив сучасних мийних засобів на гідробіонти-фільтратори водних екосистем..... | 122 |
| Блінова Н.К., Мохонько В.І. Особливості біологічної очистки стічних вод виробництв органічного синтезу..... | 129 |
| Бондар О.І., Загорчевна Н.Б., Цветкова А.М. Проблеми водозабезпечення населення питною водою у зв'язку із поглибленням дефіциту доступних водних ресурсів..... | 134 |
| Герасимчук Л.О., Валерко Р.А. Якість води джерел нецентралізованого водопостачання на території сільських населених пунктів Житомирської області..... | 145 |
| Гойванович Н.К., Бриндзя І.В., Івасівка А.С., Климишин О.С. Моніторинг якості криничних вод Старосамбірського району Львівщини..... | 151 |
| Кратко О.В., Головатюк Л.М. Аналіз та оцінка поверхневих вод водної мережі Кременецького району..... | 157 |
| Шахман І.О., Бистрянцева А.М. Інтегральна оцінка якості води річки Південний Буг в умовах змінення клімату..... | 162 |
| ЕКОЛОГІЯ ТА ЕКОНОМІКА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ..... | 167 |
| Вінічук М.М., Мандро Ю.Н. Надходження окремих мікроелементів у зерно та соломку ярої пшениці сорту Струна миронівська при позакореновому її підживленні за умов радіоактивного забруднення земель..... | 167 |
| ЗБЕРЕЖЕННЯ БІОРІЗНОМАНІТТЯ..... | 175 |
| Генсицький М.В. Особливості розподілу наземних молюсків у північно-західному Приазов'ї..... | 175 |
| ЗБЕРЕЖЕННЯ БІОЛОГІЧНОГО ТА ЛАНДШАФТНОГО РІЗНОМАНІТТЯ..... | 184 |
| Боброва М.С., Голодаєва О.А., Ворона С.О. Зміна прооксидантного потенціалу у тканинах <i>Helianthus annuus L.</i> при ініціації проростання насіння..... | 184 |
| Василенко О.В., Балабак А.В., Балабак О.А. Екологічна оцінка посухостійкості ліщини деревовидної (<i>Corylus colurna L.</i>) за умов урбоекосистеми міста Умань..... | 188 |
| Коваленко Ю.О., Причепя М.В. Видовий склад водоплавних і навколводних птахів окремих озер Києва як індикатори загального стану навколишнього середовища..... | 192 |
| Сулова О.П. Інтродукційне випробування сортів <i>Juniperus sabina L.</i> та перспективи їх використання у дендрокOMPIЗИЦІЯХ промислових міст Північностепової зони України..... | 200 |
| ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ..... | 205 |
| Іващенко Т.Г., Денисенко І.Ю., Шусть В.І., Резніченко В.А., Паламарчук О.В. Моніторингові дослідження атмосферного повітря міста Луцьк..... | 205 |
| ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ..... | 210 |
| Корбут М.Б., Давидова І.В. Популяризація процесу компостування органічних відходів у побутових умовах..... | 210 |
| Петрук Р.В., Петрук В.Г., Кравець Н.М. Аналіз стану інтегрованого управління екологічною безпекою багатотоннажних промислових відходів на Вінниччині..... | 215 |
| ПРОБЛЕМИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ..... | 219 |
| Кратко О.В., Мунтян Л.Я., Демчук Л.І. Екологічна безпека України в контексті сталого розвитку..... | 219 |
| ОСВІТА ДЛЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ..... | 225 |
| Демчук Л.І. Формування відповідального ставлення до природи учнів 5–9 класів..... | 225 |
| ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ..... | 230 |

CONTENTS

| | |
|--|-----|
| ECOLOGY AND PRODUCTION | 7 |
| Bilous L. Ecological consequences of a long-term oil production in Boryslav field: historiography of the problem | 7 |
| Yermakov V., Klimenko O., Gorobei M. Technogenic pollution of the lithosphere as a result of functioning and closure of coal mines | 12 |
| Yermakov V., Lunova O., Lubenska N. On the issue of restructuring the coal industry in Ukraine in the context of the European experience | 16 |
| Makarova O., Grigorieva L. Phytodesactivation of NPP cooler rate | 22 |
| Pylypchuk O., Strelko O., Vysotska T., Pichkur T., Soloviova L., Sorochynska O. Ecologically-economic evaluation of railway transport | 26 |
| Ulytsky O., Diachenko N., Boiko K., Orlovsky A., Artemenko I., Zosima V. Ecological danger estimation of mine waters pound-accumulator Taranova wash influence on a water environment Western Donbass | 31 |
| GENERAL ENVIRONMENTAL SAFETY ISSUES | 36 |
| Vasiutynska E. Assessment of the ecosystem service indicators of urban green zones in relation with the urbogenic load of Ukraine regions..... | 36 |
| Vladymyrova O., Burgaz O., Timoshchuk M. Peculiarities of atmospheric air pollution of Odesa by sulfur dioxide and carbon oxide..... | 44 |
| Klymchyk O. Possibilities of application of vertical greening in the cities of Ukraine | 51 |
| Krasovsky V. The spring protection against frost of covered subtropical fruit introducers in the forest-steppe zone of Ukraine | 56 |
| Maljejev V., Bezpalchenko V. City Kherson's electric transport: ecological, economic, ergonomic | 61 |
| Khomiak I., Kostyuk V., Harbar O., Demchuk N., Andriichuk T., Vlasenko R., Harbar D., Onyshchuk I., Shpakovska L., Omelchuk M. Patterns of habitat location with different degree of anthropogenic transformation | 67 |
| DEVELOPMENT OF THE UKRAINIAN NATURE RESERVE FUND | 71 |
| Hetman V. Landscape representativeness of the nature reserve fund of Ukraine..... | 71 |
| Doiko N., Shynder O., Dragan N. Regional features and long-term dynamics of flora of the Arboretum Oleksandriya of the NAS of Ukraine (Bila Tserkva, Kyiv region) | 81 |
| Kalashnikova L., Doroshenko Yu. Biomorphological analysis of the rare dendrological species of the dendrological park "Olexandria" of NAS of Ukraine | 91 |
| Skarlat V. Socio-ecological factors of environmental measures to preserve the ecosystem of the Kinburn Spit (on the example of National Nature Park (NNP) "White Coast of Svyatoslav") | 96 |
| Tsybulya M. Ecological and coenotic structure of the flora of the National Natural Park "Male Polissya" | 101 |
| CLIMATE CHANGE | 105 |
| Lukisha V., Lysenko H., Shulga O. Estimation of vegetation successions of Ichnia National Nature Park in the conditions of climate change | 105 |
| Polevoy A., Volvach O., Bozhko L., Barsukova E. Agroecological assessment of the impact of climate change on growing conditions and productivity of miscanthus plantations in the Northern Steppe..... | 111 |
| ECOLOGY OF WATER RESOURCES | 118 |
| Bashtovenko O., Vovk A. Today's dangers for the Black Sea ecosystem | 118 |
| Bilyk T., Verenikin O., Leontieva T. Influence of modern detergents on aquatic filter-filters of aquatic ecosystems | 122 |
| Blinova N., Mokhonko V. Features of biological wastewater treatment of organic synthesis enterprises | 129 |

| | |
|---|-----|
| Bondar O., Zakorchevna N., Tsvietkova A. Problems of drinking water supply to the population due to the increasing shortage of available water resources..... | 134 |
| Herasymchuk L., Valerko R. Water quality from the sources of non-centralized water supply on the territory of rural settlements of Zhytomyr region | 145 |
| Hoivanovych N., Bryndzia I., Ivasivka A. , Klymyshyn O.S. Monitoring of well water quality in Stryi Sambir district of Lviv region | 151 |
| Kratko O., Holovatiuk L. Analysis and assessment of surface waters of the water network of Kremenets district | 157 |
| Shakhman I., Bystriantseva A. The water quality integrated assessment of the Southern Bug River in the context of climate change | 162 |
| ECOLOGY AND ECONOMICS OF NATURAL RESOURCE USE | 167 |
| Vinichuk M., Mandro Y. Translocation of some of the microelements within grain and straw of spring wheat of the Struna Mironovs'ka variety after foliar fertilization on soils contaminated by radionuclides | 167 |
| BIODIVERSITY CONSERVATION | 175 |
| Gensytskyi M. Distribution characteristics of terrestrial molluscs in the northwestern Azov | 175 |
| PRESERVATION OF BIOLOGICAL AND LANDSCAPE DIVERSITY | 184 |
| Bobrova M., Holodaieva O., Vorona S. Change of prooxidant potential in tissues of <i>Helianthus annuus L.</i> at initiation of seed germination | 184 |
| Vasylenko O., Balabak A., Balabak O. Ecological assessment of drought tolerance of Turkish Hazel (<i>Corylus Colurna L.</i>) under the conditions of the urban ecosystem of the city of Uman | 188 |
| Kovalenko Yu., Prychepa M. Species composition of waterfowl and semi-aquatic birds of individual lakes in Kiev as an indicator of the general state of the environment | 192 |
| Suslova O. Introduction trials of the cultivars of <i>Juniperus sabina L.</i> and prospects of their use in dendrological compositions in industrial cities of the northern steppe zone of Ukraine | 200 |
| ENVIRONMENTAL MONITORING | 205 |
| Ivashchenko T., Denysenko I., Shust V., Reznichenko V., Palamarchuk O. Monitoring studies of atmospheric air in the city of Lutsk | 205 |
| WASTE MANAGEMENT | 210 |
| Korbut M., Davydova I. Popularization of the process of organic waste composting in household conditions | 210 |
| Petruk R., Petruk V., Kravets N. Analysis of the state of integrated environmental safety management of heavy industrial waste in Vinnytsia region | 215 |
| ISSUES OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT | 219 |
| Kratko O., Muntian L., Demchuk L.I. Environmental safety of Ukraine in the context of sustainable development | 219 |
| EDUCATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT | 225 |
| Demchuk L. Formation of a responsible attitude to nature of students of 5–9 grades | 225 |
| AUTHORS' CREDENTIALS | 230 |

ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ДОВГОТРИВАЛОГО НАФТОВИДОБУТКУ НА БОРИСЛАВСЬКОМУ РОДОВИЩІ: ІСТОРИОГРАФІЯ ПРОБЛЕМИ

Білоус Л.В.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
вул. Карпатська, 15, 76019, м. Івано-Франківськ
linabilous.if@gmail.com

Визначено актуальність дослідження історіографії екологічних проблем, пов'язаних із експлуатацією Бориславського нафтогазового родовища. Унікальність розробки останнього полягає як в інтенсивності нафтовидобування на невеликій за розмірами площі (фактично на території міста), так і за тривалістю видобування покладів вуглеводнів. Відомо, що наприкінці XVIII ст. тут розпочався стихійний нафтовидобуток за допомогою шурфів-копанок, колодязів, а в кінці XIX ст. – промисловий, за допомогою свердловин, які бурилися ударно-канатним способом на більш широкі горизонти. Нафтовидобувна справа Борислава має значний вплив на довкілля, що викликає неабиякий науковий інтерес.

З'ясовано, що в деяких наукових розвідках висвітлюється проблема забруднення природних і талих вод внаслідок діяльності промислових об'єктів НГВУ «Бориславнафтогаз». В інших наукових працях досліджується питання нафтового забруднення ґрунтів. Помітне місце в історіографії екологічних проблем нафтового Борислава посідають доробки щодо аналізу проблеми загазованості повітря. Встановлено, що в низці досліджень здійснено комплексний аналіз негативного впливу тривалого нафтовидобутку на усі складові частини екосистеми: гідросферу, літосферу, атмосферу та біосферу. Вітчизняні дослідники обґрунтовували необхідність вживання тих чи інших заходів щодо зменшення негативного впливу експлуатації Бориславського родовища на природне довкілля. Зазначено також, що огляд та аналіз актуальних екологічних проблем м. Борислав відображено у різних ЗМІ, зокрема пресі та інтернеті. Окреслено мету статті, яка полягає у спробі аналізу та систематизації вітчизняних наукових досліджень екологічних наслідків понад двохсотлітнього нафтовидобутку на Бориславському родовищі. *Ключові слова:* Бориславське нафтогазове родовище, нафтовидобуток, екологічні проблеми, вітчизняні вчені, наукові дослідження.

Ecological consequences of a long-term oil production in Boryslav field: historiography of the problem. Bilous L.

The relevance of the study of historiography of the environmental problems related to the operation of the Boryslav oil and gas field has been determined. The uniqueness of the development of the latter lies both in the intensity of oil production on a small area (actually on the city territory) and in the duration of extraction of hydrocarbon deposits. It is known that at the end of the XVIII century here spontaneous oil production with the help of bootleg mining, wells and at the end of the XIX century – industrial – with the help of wells, which were drilled by a percussion-rope method on wider horizons, began. Boryslav oil business has had a significant and diverse impact on the environment. The purpose of the article has been outlined, which is to try to highlight the state of the scientific development of the problem of environmental consequences of the two hundred year oil production in Boryslav field. It has been found that some scientific investigations cover the problem of natural and melt water pollution due to the activities of industrial facilities of “Boryslavnaftohaz” oil and gas production department. In other scientific works the question of soils oil pollution is investigated. A prominent place in the historiography of environmental problems of oil Boryslav is occupied by works on the analysis of the air gas contamination problem. It has been established that a number of studies have carried out a complex analysis of the negative impact of the long-term oil production on all the components of the ecosystem: hydrosphere, lithosphere, atmosphere and biosphere. The emphasis is placed on the substantiation by domestic researchers of the need to take certain measures to reduce the negative impact of Boryslav deposit exploitation on the natural environment. It is also noted that the review and analysis of the current environmental problems in Boryslav are covered in various media, including the press and the Internet. The purpose of the article is outlined, which is to try to analyze and systematize domestic research on the environmental consequences of more than two hundred year oil production in Boryslav field. *Key words:* Boryslav oil and gas field, oil production, ecological problems, domestic scientists, scientific research.

Постановка проблеми. Одним із джерел екологічних проблем України є нафтогазовий комплекс. Діяльність його підприємств включає таку низку виробничих процесів (проведення пошуково-розвідувальних робіт, розробку нафтогазових родовищ, транспортування вуглеводнів трубопроводами, облаштування й експлуатацію підземних сховищ газу, переробку вуглеводневої сировини тощо), які призводять до суттєвих змін в атмосфері, гідросфері,

літосфері та біосфері [6, с. 1]. Вивчення цих змін є надзвичайно важливим, оскільки вони є антропоцентричними, й особливо актуальним для тих районів, де видобуток нафти та газу здійснюється тривалий період. Одним із найхарактерніших прикладів таких районів є міська агломерація м. Борислав Львівської області, розташована в межах однойменного нафтогазового родовища у Бориславсько-Покутській зоні Передкарпатського прогину [25, с. 461].

Загалом нинішню ситуацію в місті окреслено у «Петиції щодо екологічної катастрофи у місті Борислав Львівської області» на сайті Президента України 19 липня 2019 р.: «<...> вода з домішками нафти тече прямо з крану. Загазованість перевищує усі норми. Дір'яві труби водопроводу. Найбрудніші ріки. Споживання води категорично заборонено. Масові патології новонароджених, кількість онкохворих людей зростає, неймовірні показники смертності. Екологи та санстанція запевняють: Борислав – місто, непридатне для життя» [30].

Актуальність дослідження. Зазначене вище актуалізує аналіз, систематизацію й узагальнення вітчизняних наукових доробок щодо аналізу тих чи інших екологічних проблем нафтового Борислава та пропозицій стосовно їх вирішення.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Здійснене дослідження наукових поглядів на екологічні наслідки нафтовидобутку у Бориславі забезпечує можливість подальшого вивчення цієї проблеми із зосередженням зусиль учених на розв'язанні ще не вирішених завдань. Також наші напрацювання є дотичними до теми держбюджетної науково-дослідної роботи «Історія нафтогазового комплексу Східної Галичини» кафедри суспільних наук ІФНТУНГ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Історіографія екологічних наслідків довготривалої експлуатації Бориславського нафтового родовища лише частково та побіжно відображена у працях Н. Клімової [19], П.Г. Дригулича й А.В. Пукіша [7, с. 72–73; 8, с. 44–45], А.В. Пукіша, П.Г. Дригулича та Я.О. Адаменка [31, с. 70], Г. Ковальчук [21, с. 113], Н.Г. Кучманіч [25, с. 463–464], М.В. Худіна та Б.І. Михайлишина [38, с. 79] і досі як окреме дослідження не артикулювалася.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Метою статті є спроба аналізу, систематизації й узагальнення праць вітчизняних науковців щодо досліджень екологічних проблем тривалого нафтовидобутку на Бориславському родовищі.

Новизна. Історіографія проблеми екологічних наслідків нафтовидобутку у Бориславі вперше виступила як окреме дослідження.

Методологічне або загальнонаукове значення. Результати досліджень, отримані за допомогою загальнонаукових методів аналізу і синтезу, узагальнення і порівняння, розширюють можливості для учених дізнатися про наявні сьогодні наукові погляди на проблему.

Виклад основного матеріалу. Опрацьована наукова література дає підстави стверджувати про наявність широкого масиву досліджень екологічних проблем, пов'язаних із тривалим видобутком нафти на території Бориславського родовища.

У праці П.В. Клочка, М.Ю. Журавля та Д.Ф. Чомка аналізуються чинники високого рівня забруднення

природних вод у межах нафтогазоносних площ Прикарпаття, у т. ч. на територіях розташування промислових об'єктів НГВУ «Бориславнафтогаз», а також подаються пропозиції щодо організації екологічного моніторингу за якістю вод [20].

В.В. Карабин і Ю.М. Рак здійснили оцінку хімічного складу атмосферних опадів (талих вод зі снігу) в околицях Борислава та встановили, що порівняно з талими водами снігового покриву фонових ділянок Карпат досліджені ними проби снігу характеризуються значно вищою концентрацією головних іонів і сполук азоту, спричиненою, ймовірно, значним техногенним навантаженням на атмосферу внаслідок діяльності нафтовидобувних і переробних підприємств регіону [17]. Ці ж автори починаючи з 2014 р. ведуть моніторинг хімічного складу вод річки Тисмениця (саме до неї належить більша частина Бориславського нафтопромислового району) та її окремих допливів, обґрунтовуючи це тим, що хімічний склад вод річкових систем, який формується різноманітними породами, що відслонюються вздовж берегів річки, й атмосферними опадами, може слугувати інтегральним показником екологічних змін території басейну річки [16].

Проблема порушення гідрологічного режиму та якості підземних і поверхневих вод у межах Бориславського нафтогазового району при проведенні геофізичних робіт і розвідки нафтогазових родовищ, їх експлуатації, транспортуванні нафти і газу піднімається у праці Є. Іванова [14] та Н. Кучманіч [24].

Аналіз літературних джерел свідчить, що експлуатація нафтових родовищ чинить негативний вплив і на ґрунтовий шар доквілля. Так, дослідження забрудненості ґрунтів м. Борислав, проведене О. Романюк, О. Дудком, І. Ощиповським і Н. Кучманіч, установило, що найбільш забрудненими нафтопродуктами є ґрунти в районах озокеритової шахти, мікрорайону Потік і в центральній частині міста у заплаві та руслі р. Тисмениця. Зазначено, що вміст нафтопродуктів у відібраних пробах перевищував тимчасово допустиму концентрацію у 2–8 разів, а також те, що нафтове забруднення ґрунтів супроводжується забрудненнями важкими металами Cu, Zn, Co, Cd, Ni, V [2].

У науковій розвідці Р. Дідули про вплив нафтогазовидобутку на еколого-геоморфологічну ситуацію у Бориславі робиться висновок, що спорудження копалень і свердловин зумовило дегазацію ґрунтового покриву і знищення родючого шару ґрунту, антропогенну трансформацію рельєфу [5].

Науковцем Н. Клімовою проаналізовано можливі методики оцінки стану ґрунтів на території Борислава, наведено критерії оцінки ступеня забруднення ґрунтів і схему визначення інтенсивності забруднення ґрунтового покриву на основі таких показників, як нафтопродукти, феноли та важкі метали [18].

У дисертаційному дослідженні Л. Шевчик нафтозабруднених ґрунтів на прикладі відвальних ґрунтів озокеритової шахти м. Борислав відображено результати впроваджених автором екологічного моніторингу на нафтозабруднених ділянках озокеритовидобутку та розроблених методів біотестування і біоіндикації із застосуванням шкали токсичності та з'ясовано, що ґрунти озокеритової шахти Борислава є токсичними, а це відповідає загрозовому та передкризовому рівням забруднення [40].

Доцільність біологічних методів оцінювання нафтозабруднених ґрунтів озокеритової шахти Борислава з використанням тест-об'єктів (льону звичайного, соняшника однорічного, гречки посівної) та шкали токсичності (відображає п'ять рівнів забруднення ґрунтів нафтою) для вибору оптимальної технології їхнього відновлення обґрунтовується у спільній праці Т.В. Жака, Л.З. Шевчик та О.І. Романюк [10].

Окрему групу становлять дослідження чи не найгострішої проблеми Борислава – загазованості атмосферного повітря через забруднення його вуглеводнями. У наукових розвідках Я.М. Мирки [29, с. 51–55], В.В. Гнатюка, П.В. Тарабарінова, А.Б. Меркур'єва, З.Б. Горбачовського та Л.С. Костюка [37], Н. Клімової [19], Н. Кучманіч [25], П.Г. Дригулича й А.В. Пукіша [7; 8], А.В. Пукіша, П.Г. Дригулича та Я.О. Адаменка [31], М.В. Худіна та Б.І. Михайлишина [38], Є. Іванова й О. Мельник [15], М. Павлюка, Я. Мирки, І. Дудка й О. Савчака [3] тією чи іншою мірою відображено питання аналізу природних і техногенних чинників забруднення повітря, стану та найбільш проблемних ділянок загазованості території Борислава, комплексу заходів щодо врегулювання ситуації, яка склалася. Також у більшості вказаних праць висвітлюється робота низки науково-дослідних установ України, які займаються вивченням проблеми загазованості міста за відповідними урядовими програмами, адже після трагічних подій у Бориславі 1972 р., коли стався вибух вуглеводневих газів, що призвів до руйнування двоповерхового будинку і смерті 20 жителів, вивчення загазованості стало не лише провідним питанням забезпечення екологічної безпеки міста, а й проблемою загальнодержавного значення.

Комплексний негативний вплив розробки й експлуатації Бориславського нафтового родовища на усі навколишні екологічні системи та їх складники – атмосферне повітря, ґрунти, водні та біологічні ресурси – розглядається у працях М. Цайтлера [39], В.В. Гнатюка [4], Г. Ковальчук [21], Н. Кучманіч [23; 22], А.В. Пукіша та П.Г. Дригулича [32], О.І. Романюк і Л.З. Шевчик [33; 34], А.Б. Тарнавського та Ю.Г. Сукача [35], Є.А. Іванова [13], «Звіті з оцінки впливу на довкілля планової діяльності з видобування корисних копалин НГВУ «Бориславнафтогаз» ПАТ «Укрнафта» на Бориславському нафтогазо-конденсатному родовищі» [12, с. 51–98]. Крім того,

у роботах Н. Кучманіч обґрунтовується необхідність природоохоронних заходів щодо зменшення негативного впливу експлуатації родовища на природне довкілля, а в дослідженнях В.В. Гнатюка, О.І. Романюк і Л.З. Шевчик – формування та запровадження комплексного екологічного моніторингу нафтозабруднених територій Бориславського регіону, що враховує полікомпонентність екосистеми, динаміку якісної та кількісної її зміни, багатовекторність впливу на неї. Особливо вирізняється «Звіт <...>», у якому висвітлюється комплекс щорічних робіт НГВУ «Бориславнафтогаз» впродовж 2006–2017 рр. щодо ліквідації наслідків довготривалого видобування нафти й газу та зменшення загазованості навколишнього середовища м. Борислав, описуються ймовірні впливи на довкілля у разі продовження промислової розробки Бориславського родовища [12, с. 102–115, 119–121].

Складні екологічні проблеми нафтового Борислава відображені також у численних публікаціях різних ЗМІ. Серед них – «Екологічне знищення Дрогобиччини» [1], «Екологічні проблеми Борислава спричинив безсистемний видобуток нафти» [9], «У Бориславі – екологічна катастрофа» [36], «Проблема, що здатна перетворити Борислав на найуспішніше місто України» [28], «Газова проблема Борислава може стати прибутковим бізнесом» [27], «Звернення Бориславської міської ради» [11], «Вирішення екологічних проблем нафтового Борислава потребує державної підтримки» [26], «Петиція щодо екологічної катастрофи у місті Борислав Львівської області» [30]. Окрім цього, у їхніх матеріалах представлена думка громади міста, позиція органів місцевого самоврядування, суб'єкта господарювання – ПАТ «Укрнафта» – про те, що без втручання та фінансової підтримки з боку держави не вдасться вирішити проблеми, пов'язані з подоланням наслідків тривалого нафтовидобутку на території Борислава.

Головні висновки. Здійснений аналіз історіографії проблеми екологічних наслідків довготривалого нафтовидобутку на території Бориславського родовища показав, що науковцями досліджуються екологічні проблеми в гідро-, літо-, атмо-, біосферах і пропонуються заходи щодо зменшення негативного впливу нафтовидобутку на природне довкілля.

Перспективи використання результатів дослідження. Вважаємо, що матеріали запропонованої статті можуть бути використані викладачами та науковцями з відповідною навчальною та дослідницькою метою, а також певною мірою для вивчення, наприклад, студентами-екологами таких дисциплін, як «Основи екології», «Екологія нафтогазового комплексу» та «Промислова екологія». Це, на нашу думку, сприятиме не лише збагаченню студентської молоді науковими знаннями, а й формуванню шанобливого та відповідального ставлення до навколишнього середовища.

Література

1. Власюк А. Екологічне знищення Дрогобиччини. URL: <https://protruskavets.org.ua/ekolohichne-znyschennya-drohobychchynu/> (дата звернення: 30.10.2020).
2. Вплив довготривалої експлуатації Бориславського нафтового родовища на стан ґрунтів м. Борислава. *Технології підземного видобутку корисних копалин. Рудникова аерологія та безпека праці. Геологія* : матеріали міжнар. конф. / Романюк О.І., Дудок І.В., Ощиповський І.В., Кучманіч Н. Дніпропетровськ, 2006. С. 240–247.
3. Геохімічні дослідження загазованості нафтопромислів Борислава і Східниці / М. Павлюк, Я. Мирка, І. Дудок, О. Савчак. URL: <http://ena.lp.edu.ua:8080/bitstream/ntb/15508/1/45-Pavlyuk-82.pdf> (дата звернення: 10.09.2020).
4. Гнатюк В.В. Формування системи моніторингу довкілля в умовах нафтових родовищ Бориславського регіону. *Проблеми нафтогазової промисловості*. Вип. 2. 2005. С. 384–386.
5. Дідула Р. Вплив нафтогазовидобутку на еколого-геоморфологічну ситуацію у Бориславі. *Вісник Львівського університету. Серія географічна*. 2003. Вип. 29. Ч. 2. С. 156–160.
6. Дригулич П.Г. Еколого-геологічний моніторинг забруднення довкілля об'єктами нафтогазового комплексу : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Івано-Франківськ, 2008. 19 с.
7. Дригулич П.Г., Пукіш А.В. Дослідження стану загазованості території Бориславського нафтового родовища. *Науковий вісник ІФНТУНГ*. 2011. № 4 (30). С. 71–76.
8. Дригулич П.Г., Пукіш А.В. Проблеми урбанізованих територій під час розробки нафтових родовищ (на прикладі міста Борислава). *Нафтогазова галузь України*. 2013. № 2. С. 44–49.
9. Екологічні проблеми Борислава спричинив безсистемний видобуток нафти. URL: http://zik.ua/news/2013/08/30/ekologichni_problemy_boryslava_sprychynuv_bezsystemnyy_vydobutok_nafty_426821 (дата звернення: 30.11.2018).
10. Жак Т.В., Шевчик Л.З., Романюк О.І. Комплексне екологічне оцінювання нафтозабруднених територій на прикладі озокеритової шахти м. Борислава. URL: <http://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/18413/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%BD%D0%B5%20%D0%B5%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B5%20%D0%BE%D1%86%D1%96%D0%BD%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (дата звернення: 05.03.2020).
11. Звернення Бориславської міської ради. URL: <https://naftovyk.in.ua/598/> (дата звернення: 05.02.2020).
12. Звіт з оцінки впливу на довкілля планової діяльності з видобування корисних копалин НГВУ «Бориславнафтогаз» ПАТ «Укрнафта» на Бориславському нафтогазоконденсатному родовищі. Івано-Франківськ, 2018. 306 с. URL: <http://eia.menr.gov.ua/uploads/documents/613/reports/a84dc3c387bc97a203c9ebc6b5ee115.pdf> (дата звернення: 30.11.2018).
13. Іванов Є.А. Передумови трансформації і забруднення геосистем Бориславського нафтового родовища. URL: https://www.researchgate.net/profile/Eugene_Ivanov8/publication/323999947_Peredumovi_transformacii_i_zabrudnenna_geosistem_Borislavskogo_naftovogo_rodovisa/links/5ab802b40f7e9b68ef51af5a/Peredumovi-transformacii-i-zabrudnenna-geosistem-Borislavskogo-naftovogo-rodovisa.pdf (дата звернення: 09.03.2020).
14. Іванов Є. Еколого-географічна ситуація у межах Бориславського нафтогазового району. *Праці наукового товариства ім. Шевченка*. Т. XI. Львів: Наук. т-во ім. Шевченка, 2003. С. 193–195.
15. Іванов Є., Мельник О. Конструктивно-географічні аспекти вирішення проблем загазованості атмосферного повітря у місті Борислав Львівської області. *Вітчизняна наука на зламі епох: проблеми та перспективи розвитку* : матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції. Вип. 40. Переяслав-Хмельницький, 2018. С. 10–13.
16. Карабин В.В., Рак Ю.М. Макрокомпонентний хімічний склад поверхневих вод Бориславського нафтопромислового району. *Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування* : IV міжнародна науково-практична конференція 6–10 листопада 2017 р. С. 1–3. URL: https://sci.lidubgd.edu.ua/bitstream/handle/123456789/4372/%D0%9A%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%B8%D0%BD_%D1%83.pdf?sequence=1&isAllowed=y (дата звернення: 03.12.2019).
17. Карабин В.В., Рак Ю.М. Хімічний склад атмосферних опадів в околицях м. Борислава. *Збірник наукових праць Інституту геохімії навколишнього середовища*. 2016. Вип. 26. С. 41–48.
18. Клімова Н. Деякі питання методики оцінки стану забруднення ґрунтів унаслідок нафтогазовидобутку. *Вісник Львівського університету. Серія географічна*. 2006. Вип. 33. С. 144–151.
19. Клімова Н. Історія освоєння Бориславського нафтового родовища та екологічні наслідки його експлуатації. *Історія української географії. Всеукраїнський науково-теоретичний часопис*. 2004. Вип. 10. С. 63–68.
20. Ключко П.В., Журавель М.Ю., Чомко Д.Ф. Особливості забруднення природних вод в районах нафтовидобутку у Прикарпатті. *Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ*. 2000. № 37 (Т. 1). С. 30–33.
21. Ковальчук Г. Наслідки експлуатації Бориславського нафтогазового родовища. *Реалії, проблеми та перспективи розвитку географії в Україні* : матеріали XII студентської наукової конференції 17 травня 2011 р. Львів : Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2011. С. 113–123.
22. Кучманіч Н. Бориславське нафтогазове родовище – тенденції змін екостану довкілля. *Вісник Львівського університету. Серія географічна*. 2014. Вип. 45. С. 355–361.
23. Кучманіч Н.Г. Екологічний стан нафтовидобувних районів західного Передкарпаття: оцінка та обґрунтування природоохоронних заходів (за матеріалами Бориславського родовища) : автореф. дис. ... канд. геогр. наук : 11.00.11. Львів, 2012. 20 с.
24. Кучманіч Н. Гідрогеологічні умови Бориславського нафтогазового родовища. *Ресурси природних вод Карпатського регіону. Проблеми охорони та раціонального використання* : матеріали V міжнародної конференції 25–26 травня 2006 р. Львів, 2006. С. 134–137.
25. Кучманіч Н. Оцінка забруднення атмосферного повітря вуглеводнями території Бориславського нафтогазового родовища. *Збірник наукових праць молодих вчених Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка*. 2012. Вип. 1. С. 461–471.

26. Магур П. Вирішення екологічних проблем нафтового Борислава потребує державної підтримки. URL: <https://naftovuk.in.ua/336/> (дата звернення: 09.03.2020).
27. Магур П. Газова проблема Борислава може стати прибутковим бізнесом. URL: <http://www.golos.com.ua/article/303784> (дата звернення: 30.11.2018).
28. Магур П. Проблема, що здатна перетворити Борислав на найуспішніше місто України. URL: <http://leopolis.news/problema-shho-zdatna-peretvority-bogyslav-na-najuspishnishe-misto-ukrayiny> (дата звернення: 30.11.2018).
29. Мирка Я.М. Проблеми загазованості територій в Прикарпатському нафтогазовому регіоні. *Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ*. 2000. № 37. (Т. 1). С. 51–57.
30. Петиція щодо екологічної катастрофи у місті Борислав Львівської області. URL: <https://petition.president.gov.ua/petition/66400> (дата звернення: 05.02.2020).
31. Пукіш А.В., Дригулич П.Г., Адаменко Я.О. Аналіз заходів щодо зниження рівня загазованості міста Борислава. *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування*. 2015. № 1. С. 70–74.
32. Пукіш А.В., Дригулич П.Г. Екологічні аспекти відновлення вуглеводневих покладів. *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування*. 2017. № 2. С. 5–10.
33. Романюк О.І., Шевчик Л.З. Запровадження та проведення комплексного екологічного моніторингу на території м. Борислава. *Форум гірників – 2015* : матеріали міжнар. конф. 30 вересня – 3 жовтня 2015 р. Дніпропетровськ : НГУ, 2015. Т. 3. С. 201–215.
34. Романюк О.І., Шевчик Л.З. Комплексний екологічний моніторинг нафто забруднених територій на прикладі м. Борислава. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2013. № 5. С. 19–22.
35. Тарнавський А.Б., Сукач Ю.Г. Техногенно-екологічна обстановка у місті Бориславі. URL: [file:///C:/Documents%20and%20Settings/Admin/%D0%9C%D0%BE%D0%B8%20%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D1%83%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%8B/Downloads/8%20\(2\).pdf](file:///C:/Documents%20and%20Settings/Admin/%D0%9C%D0%BE%D0%B8%20%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D1%83%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%8B/Downloads/8%20(2).pdf) (дата звернення: 08.09.2020).
36. У Бориславі – екологічна катастрофа. URL: https://zaxid.net/u_borislavi_ekologichna_katastrofa_n76495 (дата звернення: 08.09.2020).
37. Узагальнення результатів робіт щодо зниження загазованості території м. Борислава / Гнатюк В.В. та ін. *Проблеми нафтогазової промисловості*. Вип. 2. 2005. С. 386–389.
38. Худін М.В., Михайлишин Б.І. Аналіз сучасного стану та перспективи розробки Бориславського нафтового родовища. *Нафтогазова енергетика – 2017* : матеріали Міжнародної науково-технічної конференції 15–19 травня 2017 р. Івано-Франківськ, 2017. С. 79–80.
39. Цайтлер М. Екологічні наслідки довготривалого нафтовидобутку на Бориславському родовищі. URL: <http://dspace.nbu.gov.ua/bitstream/handle/123456789/73453/10-Tsaitler.pdf?sequence=1> (дата звернення 30.11.2018).
40. Шевчик Л.З. Екологічна оцінка та фіторе mediaція нафтозабруднених ґрунтів : автореф. дис. ... канд. біолог. раук : 03.00.16. Дніпро, 2017. 23 с.

ТЕХНОГЕННЕ ЗАБРУДНЕННЯ ЛІТОСФЕРИ ВНАСЛІДОК ФУНКЦІОНУВАННЯ І ЗАКРИТТЯ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ

Єрмаков В.М., Клименко О.О., Горобей М.С.

Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. Митрополита Василя Липківського 35, корп. 2, 03035, м. Київ
marina.dea@ukr.net

Проаналізовано еколого-технічні показники діяльності вугільних підприємств України. Техногенне навантаження на навколишнє природне середовище (НПС), пов'язане з інтенсивним видобутком вугілля, істотно впливає на всі компоненти довкілля. Значна концентрація підприємств вугільної галузі на порівняно невеликих територіях Донбасу чинить суттєвий вплив на довкілля, порушуючи його екологічну рівновагу. Сучасні проблеми екологічного стану навколо вугільних шахт України згубно впливають на екосистеми та природні території, зокрема триває руйнація промислових та екологічно небезпечних об'єктів; забруднення джерел питної води, земель, атмосферного повітря; порушення геологічного середовища. Серед негативних наслідків, що супроводжують процеси закриття шахт, найбільш розповсюдженим, характерним практично для усіх вуглевидобувних регіонів, є чинник погіршення (часто значного) гідрогеологічного стану територій їх розташування. Щорічно шахти та вуглезбагачувальні фабрики накопичують близько 700 тис. тон вугільних відходів, із яких 400–500 тис. т складають у відвали. На підприємствах вугільної галузі утворюється шлам, що акумулюється у шламонакопичувачах. Окрім виробничих (пустої породи, шламу), на підприємствах вуглевидобувної галузі утворюються та накопичуються різноманітні відходи: тверді побутові відходи, будівельне сміття, шини, акумулятори, відпрацьовані мастильні матеріали тощо, утворення яких пов'язане із функціонуванням підприємств. Процеси видобутку та переробки вугілля інтенсивно впливають не лише на всі компоненти навколишнього природного середовища, а й на здоров'я населення. Отже, однією з найважливіших проблем в Україні є забезпечення екологічної безпеки середовища проживання населення навколо вугільних шахт. *Ключові слова:* техногенне забруднення, вугільні підприємства, екологічні наслідки, екологічна безпека, ліквідація шахт.

Technogenic pollution of the lithosphere as a result of functioning and closure of coal mines Yermakov V., Klimentko O., Gorobei M.

The analysis of ecological and technical indicators of activity of the coal enterprises is carried out. Intensive coal production and man-made environmental impact are currently so high that the associated environmental changes have a significant impact on nature and human health. The high concentration of enterprises in relatively small areas in Donbass causes a significant impact of coal enterprises on the environment (especially in Donbass) and causes a violation of its ecological balance. Current problems of the ecological state of the environment around the coal mines of Ukraine relate to the violation of ecosystems and natural areas, destruction of industrial and environmentally hazardous facilities, pollution of drinking water sources, land, air, violation of the geological environment. Among the negative consequences accompanying the processes of mine closure, the most common, characteristic of almost all coal mining regions, is the factor of deterioration (often, significant) of the hydrogeological condition of their areas. Annually, mines and coal processing plants produce about 700 thousand tons of coal waste, of which 400–500 thousand tons are dumped. At the enterprises of the coal industry sludge is formed, which accumulates in sludge accumulators. In addition to industrial (waste rock, sludge), solid waste, construction waste, tires, batteries, used lubricants and other wastes are generated and accumulated at coal mining enterprises, the generation of which is associated with the normal functioning of enterprises. Coal mining and processing are accompanied by an intensive impact on all components of the environment, and significantly affect not only nature but also the health of the population. One of the most important problems in Ukraine is ensuring the environmental safety of the population around coal mines. *Key words:* technogenic pollution, coal enterprises, ecological consequences, ecological safety, liquidation of mines.

Актуальність дослідження. Сьогодні вугільна промисловість України знаходиться у критичному становищі. Починаючи з 1996 р. тривають процеси реструктуризації вугільної промисловості, у т. ч. й закриття вуглевидобувних підприємств. Такі процеси пов'язані насамперед з удосконаленням системи управління галуззю, приватизацією вугільних шахт, соціальним захистом працівників, вибором пріоритетів фінансування заходів реструктуризації. Найбільш проблемними напрямками структурної перебудови вугільної промисловості стали соціально-економічні й екологічні наслідки.

Експлуатація шахт призводить до просторово-часових змін геомеханічної рівноваги та навколишнього територіального ландшафту внаслідок видобутку

вугілля та нагромадження гірничих мас. Враховуючі ці негативні явища, можна стверджувати, що однією з найважливіших проблем в Україні є забезпечення екологічної безпеки середовища проживання населення навколо вугільних шахт. Багато вчених займаються дослідженнями щодо ліквідації вуглевидобувних підприємств. Варто згадати праці О.І. Амоші, В.Д. Рябічева, Ю.М. Гавриленка, В.М. Єрмакова, Ю.Л. Звягільського, С.С. Гребьонкіна, Ю.Ф. Креніди, І.Ф. Ярембаша та ін., але багато питань є досі невіршеними [1].

Сьогодні вугільна галузь України нараховує сотні підприємств – діючих шахт, збагачувальних фабрик, відомчих ТЕЦ, котельень, заводів різного профілю, шахтобудівних підприємств, сконцентро-

ваних на порівняно невеликих територіях на Донбасі (Донецькій і Луганській), у Дніпропетровській, Львівській, Волинській і Кіровоградській областях. Їхня діяльність спричиняє істотне навантаження на навколишнє природне середовище (особливо на Донбасі) та порушення його екологічної рівноваги, які виявляються в поєднанні таких явищ, як виснаження та забруднення підземних і поверхневих вод, а на окремих підроблених гірничими роботами ділянках – затоплення і заболочування прилеглих до підприємств територій, засолення ґрунтів, вилучення земельних площ зі сфери сільськогосподарського використання, деформації земної поверхні, забруднення атмосфери пилогазовими викидами поверхневих комплексів шахт і збагачувальних фабрик тощо [2; 3].

Сучасні проблеми екологічного стану довкілля навколо вугільних шахт України стосуються порушення екосистем і природних територій, руйнування промислових та екологічно небезпечних об'єктів, забруднення джерел питної води, земель, атмосферного повітря, порушення геологічного середовища. Серед вищенаведених негативних наслідків, що супроводжують процеси закриття шахт, найбільш розповсюдженим, характерним практично для усіх вуглевидобувних регіонів є чинник погіршення гідрогеологічного стану територій їх розташування. Про це свідчить накопичений досвід ліквідації шахт у різних регіонах України та в інших країнах. Варто зазначити, що розробка родовищ кам'яного вугілля зумовлює зміни у водообміні та гідрохімічному режимі підземних вод на території, яка значно перевищує площу гірничих робіт [4–6].

Нині всі вуглевидобувні басейни знаходяться на такому етапі розвитку, коли обсяги видобутку

вугілля зменшуються, значна кількість шахт припиняє розробку запасів вугілля, а згодом ці шахти ліквідовуються. Зазначені обставини призвели до істотної зміни в межах басейнів більш-менш усталених природно-техногенних умов, що сформувалися внаслідок впливу на природні компоненти розробки вугільних родовищ [3; 4].

Вугільні підприємства сконцентровані на порівняно невеликих територіях Донецької та Луганської (підконтрольній Україні території), Дніпропетровської, Львівської та Волинської областей.

Діяльність підприємств вугільної промисловості пов'язана насамперед із вилученням із народногосподарського обігу земель, що використовуються як промислові площі шахт і збагачувальних фабрик, вироблені простори розрізів, породні відвали, ставки-освітлювачі та ставки-накопичувачі шахтної води, горизонтальні відстійники шахтної води, мулові шламовідстійники вуглезбагачувальних фабрик тощо. Щорічно шахти та вуглезбагачувальні фабрики накопичують близько 700 тис. тон вугільних відходів, із яких 400–500 тис. т складають у відвали. Так, за перше півріччя 2020 р. підприємствами галузі було видобуто 393,94 тис. тон породи, що була переважно заскладована у відвалах. Лише незначна частина породи була використана для закладки гірничих виробок – 8,99 тис. тон, використано на власні потреби (ремонт автодоріг тощо) – 1,40 тис. тон і передано іншим споживачам – 17,69 тис. тон. У вуглевидобувній галузі України нараховується 104 породні відвали (27 діючих і 77 недіючих), із яких 9 горять. За перше півріччя 2020 р. пожежі виникали на трьох відвалах ДП «Селидіввугілля» й одному відвалі ДП «Мирноградвугілля». На ліквідацію пожеж було

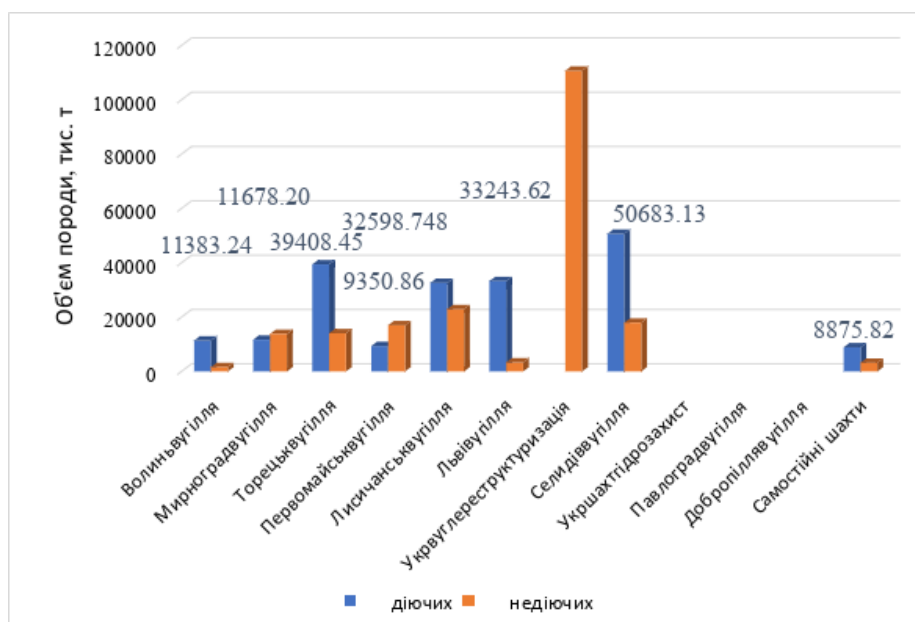


Рис. 1. Розподіл обсягу породи у відвалах за підприємствами вуглевидобувної галузі, тис. тон

затрачено 8,14 тис. грн. Під відвали виділено 922,51 га земельних ресурсів і накопичено 418482,42 тис. тон породи, в т. ч. 197222,08 тис. т – у діючих відвалах і 204564,76 тис. тон – у недіючих. Розподіл обсягу породи у відвалах за підприємствами вуглевидобувної галузі наведено на рис. 1.

Вуглезбагачувальні фабрики скидають в мулонакопичувачі близько 41,61 тис. тон тонкодисперсних відходів флотажного збагачування. Всього у мулонакопичувачах фабрик зберігається 41,62 тис. т відходів, і вони займають площу близько 13,02 га.

Шахти Львівсько-Волинського басейну і Західного Донбасу інтенсивно спотворюють русла рік Західний Буг і Самара та їхні притоки. Внаслідок експлуатації червоноградської групи шахт ВАТ «Львіввугілля» відбулося осідання земної поверхні на 0,5–4 м, близько 600 га землі виявилися заболоченими. За прогнозом шахтами ДХК «Павлоградвугілля», при вийманні всіх балансових запасів вугілля буде виведено з обігу 12,6 тис. га земельних угідь, у т. ч. 2,5 тис. га орних земель, 1,3 га лісових угідь, 1,75 тис. га територій під населеними пунктами.

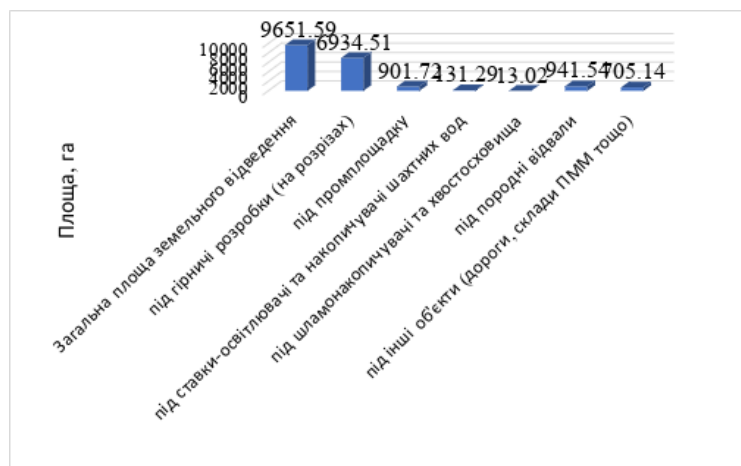


Рис. 2. Структура розподілу земельних ресурсів за функціональним призначенням по вугільній галузі, га



Рис. 3. Розподіл площ відведення земельних ресурсів за підприємствами вуглевидобувної галузі за I півріччя 2020 р., га

Загальна площа відведення земельних ресурсів усіма підприємствами вуглевидобувної галузі за I півріччя 2020 р. становить 9651,59 га. Розподіл площ за функціональним призначенням наведено на рис. 2, а розподіл всіх площ за підприємствами – на рис. 3.

Як видно з рис. 3 найбільші площі земельних ресурсів задіяні самостійними шахтами та становлять 76% від загальної площі землекористування.

Окрім пустої породи, що складається у відвали, на підприємствах вугільної галузі утворюється шлам, який акумулюється у шламонакопичувачах. Всього у вуглевидобувній галузі налічується 6 шламонакопичувачів, із яких діючих 4. Під шламонакопичувачі виділено 13,02 га земельних ресурсів. У шламосховищах вуглевидобувної галузі зберігається 41,62 тис. т відходів, у т. ч. у діючих – 41,61 тис. тон. Окрім виробничих (пуста порода, шлам), на підприємствах вуглевидобувної галузі утворюються та накопичуються тверді побутові відходи. Відходи I–III класу небезпеки підприємством передаються стороннім організаціям для подальшої переробки й утилізації, тому їхня кількість мізерна порівняно з відходами IV класу небезпеки. Всього у вуглевидобувній галузі на початок 2020 р. було накопичено 280031,20 тис. тон всіх відходів, із яких IV класу небезпеки – 280031,20 тис. тон.

Обсяги накопичення відходів за підприємствами вуглевидобувної галузі наведено на рис. 4.

Обсяг накопичення всіх відходів на підприємствах практично збігається з обсягом відходів IV класу небезпеки, це засвідчує, що на підприємствах вуглевидобувної галузі небезпечних відходів (I–III клас небезпеки) практично не зростає, а ті обсяги, що утворюються, передаються стороннім організаціям для подальшого зберігання, переробки й утилізації.

Враховуючи вищевикладене, можна зробити висновок, що для підприємств вуглевидобувної галузі виділяються значні площі земельних ресурсів, які використовуються під проммайданчики, ставки-освітлювачі та накопичувачі шахтних вод, шламонакопичувачі та хвостосховища, породні відвали та інші об'єкти інфраструктури (дороги, склади ПММ тощо). Отже, відбувається вилучення цих земель із народногосподарського обігу.

На підприємствах вуглевидобувної галузі утворюється та накопичується значна кількість відходів, які негативно впливають на навколишнє природне середовище, і лише незначна кількість відходів використовується повторно.

Проведений аналіз наслідків функціонування та закриття вугільних шахт засвід-

чив великий спектр нерозв'язаних екологічних проблем. Процеси функціонування та ліквідації шахт негативно впливають на стан літосфери на територіях гірничодобувних регіонів.

З метою ефективного розв'язання екологічних проблем потребують виділення такі питання:

- вивчення геологічного і гідро-геологічного стану площ підробки та режиму зміни рівня підземних вод основних водоносних горизонтів у зоні впливу депресійних воронок шахт;
- оцінка фільтраційних властивостей водоносних горизонтів;
- вивчення складу підземних і шахтних вод, а також взаємозв'язків водоносних горизонтів суміжних шахтних полів;
- оцінка ресурсів підземних вод у районі шахт, що закриваються, і впливу закриття шахт на місцеве джерело водопостачання;
- розробка та впровадження на гірничодобувних підприємствах ефективних технологій і технічних засобів очищення і демінералізації шахтних вод;
- вивчення зміни річкового і балкового стоку, інженерно-геологічних умов і умов підтоплення територій;
- вивчення стану породних відвалів, фізико-хімічних властивостей порід, складу шкідливих речовин у поверхневих змивах із водами атмосферних опадів;
- районування території згідно зі ступенем впливу на геолого-екологічні умови регіону;
- забезпечення інженерного захисту населених пунктів від підтоплення внаслідок закриття шахт;
- розробка рекомендацій щодо заходів із мінімізацією шкоди завданої довкіллю;

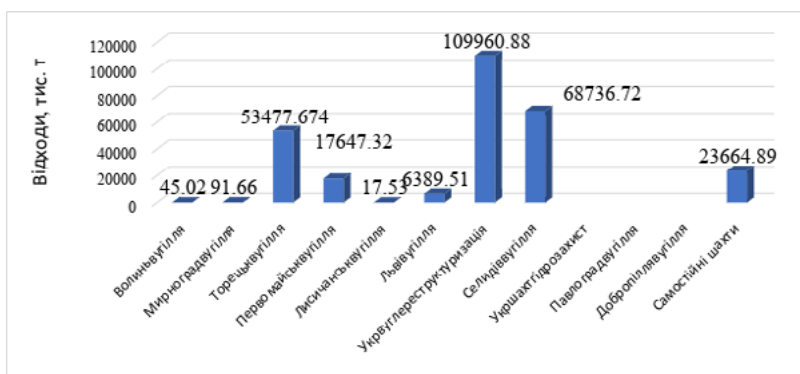


Рис. 4. Обсяги накопичення відходів на початок 2020 р. за підприємствами вуглевидобувної галузі, тис. тон

- створення штучних ландшафтів на порушених гірничими роботами територіях як раціональний шлях їх екологічної реабілітації;
- удосконалення системи моніторингу стану довкілля на територіях масової ліквідації вуглевидобувних підприємств.

Висновки. Проведений аналіз еколого-технічних показників діяльності вугільних підприємств може бути основою для вирішення проблем екологічної безпеки, раціонального використання природних і земельних ресурсів, що призведе до поліпшення умов проживання населення в районах розташування вугільних підприємств, для вирішення проблем екологічного характеру, а саме зменшення сольового і механічного забруднення поверхневих вод і водоєм від скидів у них шахтних вод, зменшення викидів забруднюючих речовин до атмосфери, раціонального використання природних і земельних ресурсів, підвищення ефективності природоохоронних заходів, що проводяться вугільними підприємствами.

Під час виконання роботи було оновлено базу даних еколого-технічних показників вугільних підприємств за такими напрямками, як: водні ресурси, земельні ресурси й охорона довкілля.

Література

1. Рудько Г.І., Бондар О.І., Яковлев С.О., Машков О.А., Плахотній С.А., Єрмаков В.М. Екологічна безпека вугільних родовищ України : монографія. Київ – Чернівці : Букрек, 2016. 608 с.
2. Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 р. : Закон України від 28 лютого 2019 р. № 2697-VIII. *Відомості Верховної Ради України*. 2019. № 16. Ст. 70.
3. Моніторинг виконання природоохоронних робіт та екологічного стану природного довкілля діючих та ліквідованих вугільних підприємств, розроблення пропозицій щодо його поліпшення. Звіт про НДР № Э1341601000. Київ, 2017–2019.
4. Бондар О.І., Улицький О.А., Єрмаков В.М., Луцьова О.В. Вплив вуглевидобувного підприємства на урбоекосистеми України. *Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування* : Збірник матеріалів 5-го Міжнародного конгресу. Львів : Львівська політехніка, 2018. С. 79.
5. Улицький О.А., Єрмаков В.М., Луцьова О.В. Науково-методологічні основи оцінки екологічних ризиків техноекосистем районів вугільних родовищ. *Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення* : збірник наукових праць. (м. Харків, 9–13 вересня 2019 р.), Харків : ФОП Столярова І.П., 2019. С. 210–217.
6. Улицький О.А., Єрмаков В.М., Луцьова О.В. Екологічні ризики та загрози на шахтах Донецької та Луганської областей України. *Форум гірників* : збірник наукових праць. Дніпро : Середняк Т.К., 2018. С. 282–289.

К ВОПРОСУ РЕСТРУКТУРИЗАЦИИ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В УКРАИНЕ В КОНТЕКСТЕ ЕВРОПЕЙСКОГО ОПЫТА

Ермаков В.Н.¹, Лунева О.В.¹, Лубенская Н.А.²

¹Государственная экологическая академия последиplomного образования и управления
ул. Митрополита Василия Липкивского, 35, корп. 2, 03035, г. Киев

²DMT GmbH & Co.

45307, Эссен, Германия

evn54@ukr.net, lunovaov@ukr.net, lubenskaja@gmail.com

Украина определилась с политикой «зеленого» энергетического перехода до 2050 г., что может существенно повлиять на развитие альтернативных источников энергии, постепенную декарбонизацию энергетического сектора и поэтапный отказ от угольной промышленности. Ликвидация угольных шахт связана с решением целого спектра задач, от чисто технических, как управление шахтными водами, так и решение социальных и экономических задач, связанных с трансформацией целых угольных регионов.

Рассмотрены ситуации, связанные с закрытием шахт в Европе, а также акцентируется, что не только в Украине, но и в других странах адаптация энергетической политики (в соответствии с решением о закрытии шахт) чаще всего происходит с опозданием, что может привести к дисбалансу энергетической безопасности, экономической нестабильности и социальной напряженности. В статье дается детальный анализ отчета Мирового Банка «Закрытие угольных шахт: справедливый переход для всех» (2018) с пошаговой инструкцией по планомерной реализации программы реструктуризации угольной промышленности на правительственном уровне.

В качестве успешного примера по закрытию шахт рассматривается опыт Германии, как наиболее оптимальный для Украины. Несмотря на то, что угольная промышленность Украины и Германии имеет много общего и Рурский угольный бассейн во многом можно сравнить с Донецким угольным бассейном, ситуация с закрытием шахт усугубляется в Украине сложной ситуацией в Восточном Донбассе. Здесь вопрос реструктуризации стоит наиболее остро.

Трудоустройство шахтеров и смежных специальностей в моногородах подконтрольных угольных регионов, вопросы инфраструктуры и экологии – основа для будущего процветания региона. И, к сожалению, без всесторонней поддержки международного сообщества Украина не в состоянии решить этот вопрос самостоятельно. Поэтому опыт международных коллег, не только Германии, в решении задач реструктуризации угольной промышленности является бесценным для Украины.

Ключевые слова: реструктуризация угольной промышленности, закрытие угольных шахт, постмайнинг.

До питання реструктуризації вугільної промисловості в Україні в контексті європейського досвіду. Єрмаков В.М., Луньова О.В., Лубенська Н.О.

Україна визначилася з політикою «зеленого» енергетичного переходу до 2050 р., що може істотно вплинути на розвиток альтернативних джерел енергії, поступову декарбонізацію енергетичного сектору та поетапну відмову від вугільної промисловості. Ліквідація вугільних шахт пов'язана з вирішенням цілого спектру завдань: від чисто технічних, таких як управління шахтними водами, і до вирішення соціальних та економічних завдань, пов'язаних із трансформацією цілих вугільних регіонів. Зроблено огляд ситуацій, пов'язаних із закриттям шахт у Європі, акцентується на тому, що не тільки в Україні, але і в інших країнах адаптація енергетичної політики (відповідно до рішення про закриття шахт) найчастіше відбувається із запізненням, що може призвести до дисбалансу енергетичної безпеки, економічної нестабільності та соціальної напруженості. У статті подається детальний аналіз звіту Світового Банку «Закриття вугільних шахт: справедливий перехід для всіх» (2018) із покроковою інструкцією щодо планомирної реалізації програми реструктуризації вугільної промисловості на урядовому рівні. Як успішний приклад розглядається досвід Німеччини щодо закриття шахт як найбільш оптимальний для України. Незважаючи на те, що вугільна промисловість України та Німеччини має багато спільного, і Рурський вугільний басейн багато в чому можна порівняти з Донецьким вугільним басейном, ситуація із закриттям шахт в Україні ускладнюється подіями на Східному Донбасі, і питання реструктуризації найгостріші. Працевлаштування шахтарів і суміжних спеціальностей у мономістах підконтрольних вугільних регіонів, інфраструктури й екологічні питання – основа для майбутнього процвітання регіону. На жаль, без всебічної підтримки міжнародної спільноти Україна не в змозі вирішити такі питання самостійно, тому досвід міжнародних коллег (не тільки з Німеччини) на шляху вирішення завдань реструктуризації вугільної промисловості є безцінним для України. *Ключові слова:* реструктуризація вугільної промисловості, закриття вугільних шахт, постмайнинг.

On the issue of restructuring the coal industry in Ukraine in the context of the European experience. Yermakov V., Lunova O., Lubenska N.

Ukraine made the decision about policy of the “green” energy transition until 2050. This implies the development of alternative energy sources, the gradual decarbonization of the energy sector and the refuse from the coal industry. The closure of coal mines is associated with the solution of the whole range of challenges, from purely technical ones, as management of mine waters, up to the solution of social and economic problems associated with the transformation of entire coal regions.

The article provides an overview of the situation with the closure of coal mines in Europe and summarizes that not only in Ukraine, but also in other countries, the adaptation of energy policy in accordance with the decision to close coal mines is often delayed, which can lead to an imbalance in energy safety, economic instability and social tension. The article provides a detailed analysis of the World Bank report “Managing Coal Mine Closure: Achieving a Just Transition for all” (2018) with step-by-step instructions for the systematic implementation of the program for restructuring the coal industry at the government level.

The successful experience of Germany in the closure of coal mines is considered as the most optimal for Ukraine. Despite the fact that the coal industry of Ukraine and Germany has much in common, and the Ruhr coal basin can in many ways be compared with the Donetsk coal basin, the situation with the closure of mines is aggravated in Ukraine by the difficult situation in the Eastern Donbass. Here the issue of restructuring is most acute.

Employment of coal miners and related specialties in monotonous coal regions under the governmental control, infrastructure and environmental issues are the basis for the future prosperity of the region. And, unfortunately, without the comprehensive support of the international community, Ukraine is unable to resolve this issue on its own. Therefore, the experience of international colleagues, not only Germany, in solving the problems of restructuring the coal industry is invaluable for Ukraine. *Key words:* restructuring of the coal industry, closure of coal mines, post-mining.

Изложение основного материала. Актуальная ситуация с подземной угледобычей в Европе. Угольная промышленность в странах ЕС находится на стадии «сворачивания» – постепенного отказа от угледобычи. Прежде всего, это продиктовано курсом ЕС к 2050 г. на постепенный отказ от угольной генерации и переход на возобновляемые источники энергии. А также в соответствии с Директивой ЕС № 787 от 2010 г. о необходимости закрытия нерентабельных шахт до 1 января 2019 г. [1].

За последние полвека крупномасштабные изменения в угольной промышленности произошли во всей Европе, а также в Соединенных Штатах Америки и Китае. Как следствие – почти 4 млн шахтеров остались без работы. Основными движущими силами этих изменений являются механизация горнодобывающих предприятий, политика правительства и конкуренция со стороны других видов топлива на рынках электроэнергии. В настоящее время экономики в Азии, Восточной Европе и Африке стал-

квиваются с теми же факторами изменений, при этом значительное сокращение рабочих мест уже происходит в Китае, скорее всего тоже самое произойдет и в азиатских странах.

Учитывая климатические тренды в связи с выбросами парниковых газов в отчете Euracoal [2] говорится о переориентации поставок угля с запада на восток и о тенденции постепенного сокращения угледобычи.

Как менялись показатели добычи в ЕС на протяжении 10 лет показывает сравнение рис. 1–2.

В 2015 г. в двенадцати государствах-членах ЕС действовали 128 угольных шахт с общей годовой производственной мощностью 498 миллионов тонн. В Польше находилось наибольшее количество угольных шахт (35), затем следовали Испания (26), Германия и Болгария (по 12 каждая). Германия была крупнейшим производителем (184 млн тонн в год), за ней следовали Польша (135 млн тонн), Греция и Чешская Республика (46 млн тонн каждая) [3].

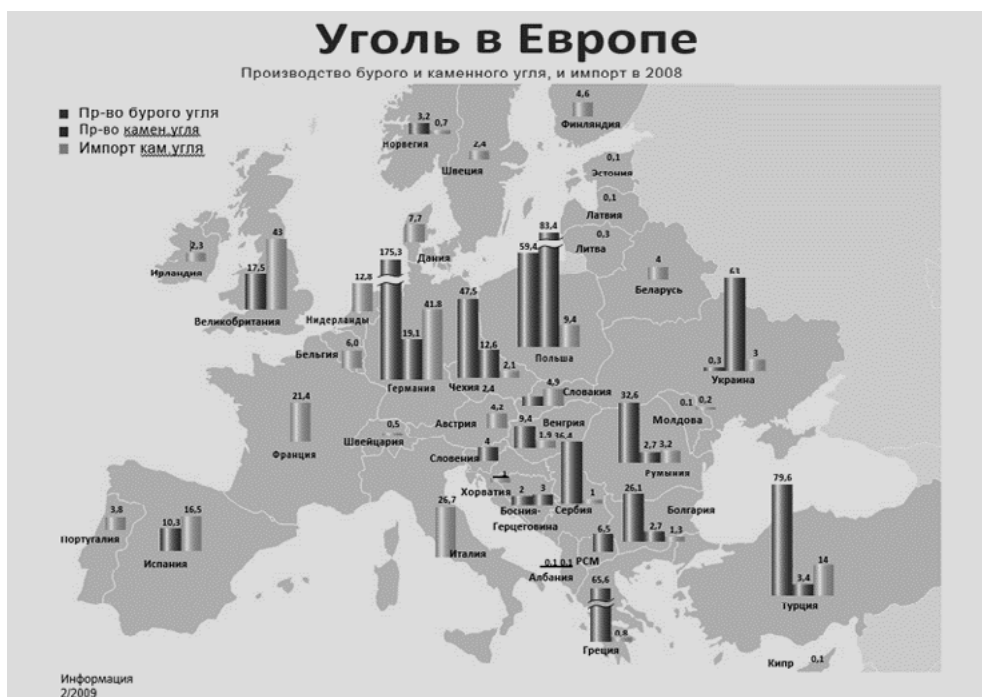


Рис. 1. Добыча каменного и бурого угля в 2008 г. в Европе [2]

В Австрии с ростом торговли и тенденцией к увеличению использования нефти и ископаемого газа подземные угольные шахты стали менее конкурентоспособными и были закрыты в 1960-х гг.

Национальная добыча угля в Бельгии достигла пика – 30 млн тонн в 1952 г. и поддерживалась на этом уровне до конца 1950-х гг. По мере закрытия шахт в Валлоне и Лимбурге добыча постепенно снижалась (шахта Эйсен закрыта в 1987 г. и последняя шахта Бельгии в Хойсен-Золдере в 1992 г.). Добыча угля подземным способом во Франции завершилась в апреле 2004 г. С закрытием последней активной шахты La Noëve в регионе Лотарингия государственная угольная компания Charbonnages de France прекратила свою деятельность в конце 2007 г.

8 января 2019 г. правительство Италии представило Европейской комиссии свой проект Интегрированного национального энергетического и климатического плана (PNIEC). В нем большое внимание уделяется ускорению политики декарбонизации и продвижению возобновляемых источников энергии в рамках общеэкономической трансформации. Что касается угля, план подтверждает то, что было предложено в Национальной энергетической стратегии 2013 г. – закрытие всех итальянских угольных электростанций к 2025 г.

Добыча угля в Нидерландах закончилась в 1974 г., когда закрылись частные угольные шахты Оранже-Нассау I и Юлия. Шахта Эмма, последняя государственная шахта, была закрыта в 1973 году.

Разработка месторождений на Svea Nord и подготовительные работы на новом руднике в Lunckefjell были приостановлены правительством Норвегии в январе 2015 г., поскольку низкие цены на уголь усложнили экономическую ситуацию в стране.

Последняя угольная шахта Germunde в регионе Каштелу-де-Пайва (Португалия) была закрыта в 1994 г. В ноябре 2017 г. правительство Португалии объявило о своем намерении вывести из эксплуатации все угольные электростанции к 2030 г.

Вопросы закрытия шахт связаны с решением многих важных экономических, экологических и социальных проблем. Германия подошла к этому процессу заблаговременно, а Испания столкнулась с необходимостью закрытия 26 шахт в короткие сроки и с такие же проблемы придется решать и правительству Украины [3].

Закрытие шахт зачастую приводит к массовым протестам и забастовкам. Так было в Украине, России, Польше, Великобритании, Германии, собственно, во всех странах, где принимались на правительственном уровне решения о закрытии угольных

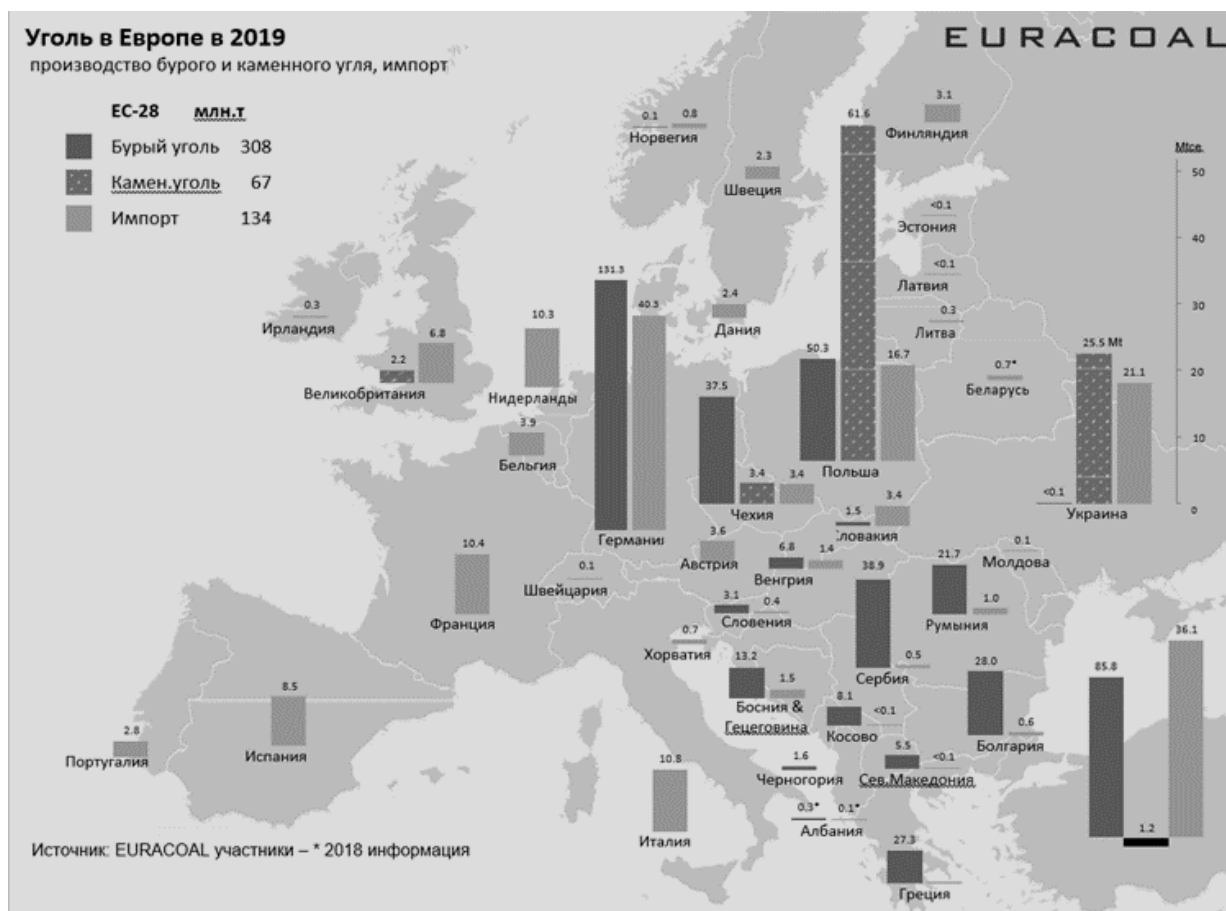


Рис. 2. Добыча каменного и бурого угля в 2019 г. в Европе [2]

шахт. Это сложный процесс, последствия которого, с точки зрения социального долгосрочного влияния, еще недостаточно изучены.

Ученые Квинслендского Университета в Австралии, Николас Бэнтон и Сара Холкомб, провели анализ социальных аспектов при закрытии шахт [4]. При этом они выделяют некоторые темы, которые еще недостаточно изучены и решения которых позволит миру избежать ошибок прошлого. Прежде всего, они акцентируют внимание на необходимость интенсификации международного обмена опытом, так как никто, на самом деле, не знает всего комплекса факторов при закрытии шахт и масштаба их влияния. Авторы акцентируют внимание на необходимости сравнения регуляторных актов разных стран, о необходимости привлечения всех задействованных лиц как на общегосударственном, так и на региональном уровнях в более тщательном изучении взаимосвязи процесса закрытия и последующих процессов пост-майнинга.

Уроки по закрытию шахт. Опубликованный в ноябре 2018 г. отчет Мирового Банка «Закрытие угольных шахт: справедливый переход для всех» [5] резюмирует уроки, усвоенные из опыта закрытия шахт в Российской Федерации, Украине, Польше и Румынии с 1994 по 2012 гг., дополняя данными о последствиях закрытия угольных шахт в Великобритании, Нидерландах, США и Китае, показывают, что потеря рабочих мест происходит не только по мере сокращения производства, но даже при росте производства. Смягчение социальных конфликтов и экономических бедствий вызывает серьезную озабоченность, поскольку в глобальном масштабе угольная промышленность вступает в новую эру сокращения. Отчет был издан с целью поделиться с правительствами уроками, извлеченными из закрытия угольных шахт. Действительно, полный набор вопросов, связанных с закрытием угольных шахт, разнообразен, и на сегодня можно использовать несколько положительных примеров из практики. Сложность технических вопросов и имущественных интересов наряду с множеством потенциальных рисков, которые могут возникнуть, требуют сочетания проверенных временем и новых подходов. В этом тематическом документе эксперты Мирового Банка попытались извлечь уроки из прошлого, которые могут помочь политикам в более успешном закрытии шахт в будущем.

В целом, Мировой Банк делает выводы, которые рекомендует использовать правительствам стран, занимающихся закрытием шахт, а именно:

1. Государство должно давать четкие требования и рекомендации по закрытию шахт. В определении государственной политики в вопросах реструктуризации шахт должны участвовать все профильные институты и организации.

2. Выделение денежных средств большого размера для решения технических задач с закрытием и санацией производственных участков, а также для

выплат денежных компенсаций шахтерам, оставшимся без работы.

3. Сотрудничество с региональными администрациями и профсоюзами.

4. Планирование трансформационного периода по закрытию шахт должно начинаться как можно раньше.

5. Государство должно обеспечить социальную базу для трудоустройства шахтеров в формате национальной стратегии. Например, в Германии от планирования до закрытия последней шахты в декабре 2018 года прошло 50 лет [6].

6. Необходимо разработать систему временных пособий, компенсаций, социальных страховок от безработицы, возможности досрочного выхода на пенсию для шахтеров, которые потеряли работу.

7. Необходимо разработать механизмы по трудоустройству потерявших работу шахтеров, что в последующем снимет нагрузку с социальных фондов. Шахтеры обладают не только знаниями в области горного производства, они квалифицированные электрики, механики, монтеры и т.д. В Германии есть опыт объединения шахтерских бригад в сервисные предприятия, которые осуществляют выполнение работ для других предприятий на аутсорсинговой основе.

8. Вопросы санации промышленных участков должны учитываться еще на стадии планирования шахты. Сюда относятся оценки возможного негативного влияния на окружающую среду, вопросы долгосрочного мониторинга, откачки и очистки шахтных вод и т.д.

9. Должны быть определены финансовые механизмы, которые покрывали бы затраты на ликвидацию шахт, так как зачастую предприятие самостоятельно не в состоянии решить эту задачу, а в случае банкротства – она полностью переходит в сферу полномочий и ответственности государства.

Обозначенные выводы (уроки) применимы также в реалиях Украины, но не стоит забывать, что к выше перечисленным вопросам существуют еще национальные и локальные проблемы, связанные с тем, что некоторые угольные предприятия Донецкого угольного бассейна разделены в результате ведения военных действий на Донбассе. В настоящее время происходит неконтролируемое затопление шахт на территории Донецкой и Луганской областей. С закрытием угольных шахт пострадают моногорода и организации из смежных с угольной промышленностью сфер, а также социальные учреждения, которые зачастую находились на балансе угольных предприятий или поддерживались ими. Это, прежде всего, детские сады, школы, медицинские учреждения, также необходимо решать вопросы, связанные с деятельностью угольных котельных и отопления углем частных домовладений.

Наиболее острые экологические проблемы Восточного Донбасса вызваны реструктуризацией угольной промышленности. Массовое закрытие угольных шахт привело к обострению экологических и социальных проблем в регионе [7].



Рис. 3. Вход в парк Нордитерн бывшей угольной шахты Нордитерн в Гельзенкирхене, Северный Рейн-Вестфалия

Учитывая вышеперечисленное, можно сказать, что Украина уже опоздала с заблаговременной разработкой стратегии – этот процесс нужно планировать за 20–30 лет. А учитывая сложную экономическую и социальную обстановку в регионе, отягощенную военными действиями, решать вопросы реструктуризации угольной промышленности нужно более тщательно. В течение трансформационного периода нужно не только трудоустроить граждан, оставшихся без работы, но и полностью переориентировать угольный регион, обеспечить надежность энергообеспечения за счет других альтернативных источников электроэнергии, в т.ч. и водородной энергетики, создавая для этого всю необходимую инфраструктуру.

Радует тот факт, что в вопросах закрытия шахт Украина руководствуется немецким подходом, который является наиболее планомерным и последовательным в Европе. Так, в режиме видеоконференции премьер-министра Украины Дениса Шмыгала и бундесканцлера Ангелы Меркель в апреле 2020 г., правительство Германии заверило представителей Украины, что поддержит пилотный проект Украины по трансформации угольных регионов.

Энергетическая стратегия Украины.

Основным документом, определяющим энергетическую политику Украины, является Постановление Кабинета министров Украины от 18 августа 2017 г. № 605-р «Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» [8]. Этот документ отменил прежнюю Энергетическую стратегию Украины до 2030 г. Новая ЭСУ предусматривает реформирование энергетического сектора

до 2025 г., интеграцию с энергетическим рынком Европы, максимальную девирсификацию поставок первичных энергоресурсов, снижение энергоёмкости более чем в два раза и повышение энергоэффективности, увеличение доли ВИЭ с 4% в 2015 г. до 25% в 2035 г. В вопросах регулирования энергетики за основу берутся базовые правила стран ЕС.

Энергетическая стратегия Украины будет реализована в три этапа. Первый этап (2018–2020 гг.) направлен на создание конкурентных энергетических рынков и сокращение государственного вмешательства в их работу. На втором этапе (2021–2025 гг.) основное внимание уделяется развитию энергетической инфраструктуры и ее интеграции с европейской системой, а также привлечению необходимых инвестиций в энергетический сектор. Третий этап (2026–2035 гг.) касается устойчивого развития: выполнение обязательств по сокращению выбросов парниковых газов (ПГ); возобновляемые источники энергии; и обеспечение энергетической независимости.

Учитывая, что Украина при разработке энергетической стратегии опирается на климатические и энергетические стратегии, распространенные в ЕС, становится абсолютно логичным решение по закрытию нерентабельных шахт к 2035 г. К тому же украинское правительство декларировало поэтапный отказ от угольной генерации к 2050 г. [9]. Украина ратифицировала Парижское соглашение в 2016 г. и заявила о переходе к климатической нейтральной экономике к 2070 г.

Главные выводы. Украина встала на путь энергетической трансформации перехода к безуглерод-

ной экономике. Это решение непременно приведет к необходимости отказа от угольной промышленности. Ликвидация угольных шахт обязательно должна предусматривать решение экологических, экономических и социальных задач. Абсолютно правильным является то, что в качестве эталонной модели выбран трансформационный процесс по закрытию шахт в Германии. Немецкому правительству удалось в ходе плановой трансформации не только ликвидировать накопленный экологический ущерб, наследие бывшего ГДР, но и превратить бывший угольный

регион земли Северный Рейн-Вестфалия (рис. 3) в информационно-исследовательский hub и экологически привлекательный регион, где на месте бывших промышленных объектов проходит ежегодная европейская выставка цветов [10].

Немецкое правительство пообещало поддержку правительству Украины в области реализации пилотного проекта по реструктуризации угольных регионов, что дает надежду, что практический опыт Германии планового закрытия шахт будет реализован и в Украине [11].

Литература

1. 2010/787/EU: Council Decision of 10 December 2010 on State aid to facilitate the closure of uncompetitive coal mines. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/uri=celex%3A32010D0787>.
2. EURACOAL Market Report 2019 no1. URL: <https://euracoal.eu/library/coal-market-reports/>.
3. Coal industry across Europe, 7th edition. URL: <https://euracoal.eu/info/coal-industry-across-europe/>.
4. Bainton, Nicholas & Holcombe, Sarah. A critical review of the social aspects of mine closure. Resources Policy. 2018. 59. 10.1016/j.resourpol.2018.08.020.
5. World Bank Report, Managing Coal Mine Closure: Achieving a Just Transition for all, November 2018. URL: <http://documents1.worldbank.org/curated/en/484541544643269894/pdf/130659-REVISED-PUBLIC-Managing-Coal-Mine-Closure-Achieving-a-Just-Transition-for-All-November-2018-final.pdf>.
6. Michael Weberink, Steinkohle 2018 – Jahresbericht des Gesamtverbands Steinkohle, Mining Report Glückauf 154 (2018) № 6.
7. Кураков Ю.И., Кухтин В.Н., Суворов В.Г. Влияние закрытия шахт на окружающую среду шахтерских городов и поселков. ГИАБ. 2004. № 6.
8. Постановление Кабинета министров Украины от 18 августа 2017 № 605-р «Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність»».
9. Концепція «зеленого» енергетичного переходу України до 2050 року. URL: [https://mepg.gov.ua/files/images/news_2020/14022020/pdf_%d0%b7%d0%b5%d0%bb%d0%b5%d0%bd%d0%b0%20%d0%ba%d0%be%d0%bd%d1%86%d0%b5%d0%bf%d1%86%d1%96%d1%8f%20\(2\).pdf](https://mepg.gov.ua/files/images/news_2020/14022020/pdf_%d0%b7%d0%b5%d0%bb%d0%b5%d0%bd%d0%b0%20%d0%ba%d0%be%d0%bd%d1%86%d0%b5%d0%bf%d1%86%d1%96%d1%8f%20(2).pdf).
10. Just Transition for regions and generations. Experiences from structural change in the Ruhr area Research study conducted on behalf of WWF Germany. URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/premyer-ministr-denis-shmigal-proviv-videoperemovini-z-kanclerom-frn-angeloyu-merkel>.

ФІТОДЕЗАКТИВАЦІЯ СТАВКА-ОХОЛОДЖУВАЧА АЕС

Макарова О.В., Григор'єва Л.І.

Чорноморський національний університет імені Петра Могили
вул. 68 Десантників, 10, 54000, м. Миколаїв
elenamakarova79@ukr.net, kafecobezpeka@ukr.net

У статті викладено результати натурних досліджень з дезактивації води ставка-охолоджувача Південноукраїнської АЕС з використанням водоростей. Наведено рекомендації при застосуванні фітодезактиваційних заходів.

В умовах ставків-охолоджувачів АЕС південного регіону вегетують різні види водяних рослин: надводні (очерет звичайний та озерний, роголистник вузьколистий і широколистий, малик великий, айр болотний), заглиблені (рдесник гребенчатий, пронзенолистий, уруть колоскова, роголистник темнозелений, елодея канадська), повільно плаваючі з плавающим листям (жовта кубижка, ряска мала, спіроделла), зелені нитчасті водорості (кладофора, спірогира, зігнема).

Як відомо, гідрофіти є однією з основних компонент прісноводної екосистеми, у які під час вегетативного періоду переходить значна кількість радіоактивності, яка присутня у воді й у донних відкладеннях. Макрофіти є потужним фактором зниження радіонуклідного забруднення прісноводних водойм.

Перспективи використання макрофітів для очищення водоймищ від мінеральних і радіоактивних речовин відображені в багатьох роботах, але здебільшого матеріали досліджень із цієї проблеми отримані експериментально в лабораторних умовах. Метою роботи став аналіз результатів натурних досліджень з дезактивації й розсолоння води ставка-охолоджувача Південноукраїнської (ПУ) АЕС із використанням водоростей, які проведено за участю авторів.

Матеріалами досліджень є результати багаторічних радіоекологічних і гідробіологічних досліджень у поверхневих водоймах району ПУ АЕС, виконаних авторами та матеріали інших установ, основні результати яких опубліковані в роботах.

Дослідження радіоемності ставку-охолоджувачу здійснено за ^{137}Cs як хімічного аналогу мікроелементу калію, поглинання якого відображає якість мінерального живлення рослин і який є транспортером радіонуклідів у донні відкладення – основного депо захоронення й одного з головних компонент водоймища, що відповідають за радіоемність останнього.

Дослідження з вивчення зменшення радіонуклідного забруднення ставка-охолоджувача ПУ АЕС з використанням макрофітів починали з оцінки радіаційної ситуації у водоймищі, для чого визначали рівні концентрації радіонуклідів і хімічних речовин у воді й водоростях. *Ключові слова:* водорості, дезактивація, ставок-охолоджувач.

Phytodesactivation of NPP cooler rate. Makarova O., Grigorieva L.

The results of field research on decontamination of water of the cooling pond of the South-Ukrainian NPP with the use of algae are presented. Recommendations for the use of phytodesactivation measures are given.

In the conditions of cooling ponds of NPPs of the southern region, different species of aquatic plants grow: surface (common and lake reeds, narrow-leaved and broad-leaved hornbeam, large mallow, marsh marigold), deepened slowly floating with floating leaves (yellow cube, duckweed, spirodella), green filamentous algae (cladophora, spirogyra, bend).

It is known that hydrophytes are one of the main components of the freshwater ecosystem, into which during the vegetative period passes a significant amount of radioactivity, which is present in water and bottom sediments. Macrophytes are a powerful factor in reducing radionuclide contamination of freshwater bodies.

Prospects for the use of macrophytes for the purification of water bodies from mineral and radioactive substances are reflected in many works, but most of the research materials on this problem were obtained experimentally in the laboratory. The aim of the work was to analyze the results of field research on decontamination and salinization of water of the cooling pond of the South Ukrainian (SU) NPP with the use of algae, which was conducted with the participation of the authors.

The research materials were the results of long-term radioecological and hydrobiological studies in the surface reservoirs of the YuU NPP area, performed by the authors, and materials of other institutions, the main results of which were published in the works.

The study of the radiocapacity of the cooling pond was performed at ^{137}Cs , as a chemical analogue of the microelement potassium, the absorption of which reflects the quality of mineral nutrition of plants and which is a transporter of radionuclides in bottom sediments – the main landfill and one of the main components

Studies to reduce the reduction of radionuclide contamination of the cooling pond of the NPP using macrophytes began with an assessment of the radiation situation in the reservoir, which determined the levels of concentrations of radionuclides and chemicals in water and algae. *Key words:* algae, decontamination, cooling pond.

Постановка проблеми. В умовах ставків-охолоджувачів АЕС південного регіону вегетують різні види водяних рослин: надводні (очерет звичайний та озерний, роголистник вузьколистий і широколистий, малик великий, айр болотний), заглиблені (рдесник гребенчатий, пронзенолистий, уруть колоскова, роголистник темнозелений, елодея канадська), повільно плаваючі з плавающим листям (жовта

кубижка, ряска мала, спіроделла), зелені нитчасті водорості (кладофора, спірогира, зігнема).

Як відомо, гідрофіти є однією з основних компонент прісноводної екосистеми, у які під час вегетативного періоду переходить значна кількість радіоактивності, яка присутня у воді й у донних відкладеннях. Макрофіти є потужним фактором зниження радіонуклідного забруднення прісноводних водойм [1; 4].

Перспективи використання макрофітів для очищення водоймищ від мінеральних і радіоактивних речовин відображені в багатьох роботах [4; 11], але здебільшого матеріали досліджень із цієї проблеми отримані експериментально в лабораторних умовах. Метою роботи став аналіз результатів натурних досліджень з дезактивації й розсолоння води ставка-охолоджувача Південноукраїнської (далі – ПУ) АЕС із використанням водоростей, які проведено за участю авторів [10].

Матеріали та методи дослідження. Матеріалами досліджень є результати багаторічних радіоекологічних і гідробіологічних досліджень у поверхневих водоймах району ПУ АЕС, виконаних авторами [1], і матеріали інших установ, основні результати яких опубліковані в роботах [5].

Радіоемність водоймища А (Бк) за певним радіонуклідом визначали за формулою [3]:

$$A = C \cdot S \cdot (H + k \cdot h + P \cdot K \cdot H),$$

де С – об'ємна активність радіонукліду у воді, Бк/л; S – площа поверхні (днища) водоймища, м²; H – глибина водоймища, м; k – коефіцієнт накопичення радіонукліду верхнім шаром донних відкладень; H – товщина шару відкладень, м; P – активність біоти в одиниці об'єму води, кг/м³; K – середній коефіцієнт накопичення радіонуклідів водними рослинами.

Дослідження радіоемності ставка-охолоджувача здійснено за ¹³⁷Cs як хімічного аналогу мікроелементу калію, поглинання якого відображує якість мінерального живлення рослин і який є транспортером радіонуклідів у донні відкладення – основного депо захоронення й одного з головних компонентів водоймища, що відповідають за радіоемність останнього.

Об'єктами досліджень є вміст радіонуклідів у воді й у макрофітах: *Cladophora fracta* і *Potamogeton natans*) ставка-охолоджувача ПУ АЕС. Обробка проб, радіохімічний, радіометричний

і гама-спектрометричний аналізи виконувалися за рекомендованими методиками [5; 6], похибка вимірювань не перевищувала 10–15%.

Виклад основного матеріалу. Дослідження з вивчення зменшення радіонуклідного забруднення ставка-охолоджувача ПУ АЕС із використанням макрофітів починали з оцінки радіаційної ситуації у водоймищі, для чого визначали рівні концентрації радіонуклідів і хімічних речовин у воді й водоростях.

Вода ставка-охолоджувача мала слабколужну реакцію й середню окисненість із високою мінералізацією (до 1146 мг/л). На мінералізацію води впливали стоки з прилеглої території. Уміст нітратів становить 2,9 мг/л, фосфатів – 1,7 мг/л, заліза – 0,1 мг/л. Повні дані фізико-хімічного складу води наведено в таблиці 1.

Гідротермічні дослідження водоймища показують, що в основному всі зони водоймища беруть участь у процесі охолодження. Середньомісячна температура верхнього шару водоймища досягала 35–39° С. Активність радіонуклідів у воді становила 0,02÷0,03 Бк/л для ¹³⁷Cs, 0,06÷0,08 Бк/л для ⁹⁰Sr, 59÷63 Бк/л – для ³H.

Рівні депонування радіонуклідів донними відкладеннями залежали від вмісту радіонуклідів у воді та від механічного складу мулів водоймища. Якщо вміст радіонуклідів у воді практично не відрізнявся за площею ставка-охолоджувача, то механічно-речовинний склад донних відкладень дещо різнився. На ділянках водоймища зі слабкою течією середній вміст ⁹⁰Sr у донних відкладеннях становив 4,4–7,8 Бк/кг, ¹³⁷Cs – 33,1–61,3 Бк/кг, ³H – 27–43 Бк/кг. Залежно від виду риби та її чисельності ця компонента водоймища може суттєво впливати на радіоемність останнього, а також на розподіл радіонуклідів серед його компонентів (донних відкладень, води й водної рослинності).

Таблиця 1

Фізико-хімічний і радіонуклідний склад води ставка-охолоджувача ПУ АЕС

| № | Назва речовини | Одиниця виміру | Кількість |
|----|----------------------------|----------------|-----------|
| 1 | Хлориди | мг/л | 485,4 |
| 2 | Сульфати | мг/л | 1275,3 |
| 3 | Нітрати | мг/л | 2,6 |
| 4 | Фосфати | мг/л | 1,7 |
| 5 | Залізо | мг/л | 0,1 |
| 6 | Кальцій | мг/л | 130,03 |
| 7 | Магній | мг/л | 159,1 |
| 8 | Калій + натрій | мг/л | 250,3 |
| 9 | Мінералізація | мг/л | 1146/755 |
| 10 | Загальна жорсткість | мг-екв/л | 19,5 |
| 11 | Реакція водного середовища | pH | 7,5-8,5 |
| 12 | Карбонова жорсткість | мг/л | 4,8 |
| 13 | Стронцій-90 | Бк/л | 0,06-0,08 |
| 14 | Цезій-137 | Бк/л | 0,02-0,03 |
| 15 | Тритій | Бк/л | 59-63 |

Особливості гідротермохімічного режиму ставка-охолоджувача накладали відбиток на розповсюдженість водяної рослинності у водоймищі, її різноманітність і чисельність. Дослідження показали, що на окремих ділянках водоймища зустрічаються невеликі скупчення рдестів (*Potamogeton natans*), ряски, елодеї й роголісника. Протягом 6–7 місяців (квітень-листопад) реєструвався активний розвиток нитчастих водоростей, в основному кладофори (*Cladophora fracta*).

Позитивним фактором для розведення в ставку-охолоджувачі водяної рослинності була достатня присутність у водоймищі насіння, плодів, бруньок, а також залишків коренів і стебел водяних рослин, що надходили з балки Ташлик і р. Південний Буг.

Хоча практично складно було систематично проводити кількісний рахунок запасів біомаси водяних рослин, її обсягу нарощування та відмирання, трирічні дослідження показали, що активний розвиток водоростей в акваторії водоймища відбувається на 5 ділянках: це мілководні затоки загальною площею 1,12 км² (рис. 1).

Перша ділянка – неглибока затока у верхній частині водоймища площею 0,4 км². Ще три ділянки розташовані ближче до АЕС. Це – затоки на східній частині узбережжя площею, відповідно, 0,35 км², 0,08 км² і 0,05 км². П'ята ділянка площею 0,24 км² розташована на західному березі, у районі старого саду. Усі ділянки знаходяться осторонь від основної течії, неглибокі та є найбільш пристосованими для розвитку водяних рослин.

За результатами відбору проб водяних рослин з експериментальних ділянок, середня розрахована величина густини біомаси на квадратний метр площі водойми (Р, кг/(м²)) становила:

- для рдесту (*Potamogeton natans*) – 5;
- для нитчастих водоростей (*Cladophora fracta*) – 2 кг.

Тобто біомаса (М) рдесту на п'ятьох ділянках ставка-охолоджувача становитиме:

- для рдесту (*Potamogeton natans*) – $5,6 \cdot 10^6$ кг;
- для нитчастих водоростей (*Cladophora fracta*) – $2,24 \cdot 10^6$ кг.

Звичайно, ці величини можуть коливатися як у більший, так і у менший бік.

Результати вимірювання вмісту радіонуклідів у водоростях *Cladophora fracta* і *Potamogeton natans* наведено в таблицях 2, 3. Проби нитчастих водоростей (*Cladophora fracta*) і рдесту (*Potamogeton natans*) відбирали вздовж берегової лінії ставка-охолоджувача. У пробах, крім ⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs, ³H, реєструвалися також природні (²²⁶Ra, ізотопи торію, урану) і станційні радіонукліди ²⁴Mn ($2,6 \pm 1,0$ Бк/кг) і ⁶⁰Co ($3,7 \pm 1,1$ Бк/кг). Середній вміст ⁹⁰Sr у водоростях (*Cladophora fracta*) був $7,2 \pm 2,1$ Бк/кг, ¹³⁷Cs – $10,4 \pm 2,4$ Бк/кг і 32 ± 10 Бк/кг відповідно.

Ураховуючи визначену загальну біомасу водоростей на п'ятьох ділянках і визначену в них питому активність радіонуклідів (таблиця 2), сумарна активність радіонуклідів, яку депонувала біомаса рдесту, становила: ⁹⁰Sr – близько $9,5 \cdot 10^7$ Бк, ¹³⁷Cs – майже $10,6 \cdot 10^7$ Бк і ³H – майже $18,0 \cdot 10^7$ Бк, а також біомаса *Cladophora fracta*: ⁹⁰Sr – біля $1,6 \cdot 10^7$ Бк, ¹³⁷Cs – майже $2,3 \cdot 10^7$ Бк (таблиця 2).

Для цього наприкінці осені за допомогою сітки з металевими гайками на їх нижній частині водорості витягували на берег і залишали на 1–2 доби. Для зменшення вологості водорості розкладали на узбережжі тонким шаром і витримували на повітрі близько двох тижнів, періодично перегортаючи їх. Після сушіння водорості транспортували до спеціальної установки для спалювання. Попіл, який залишався після спалювання водоростей, проходив радіометричний і спектрометричний контроль.

Рівень активності радіонуклідів у ньому не перевищував рівня радіоактивності донних відкладень

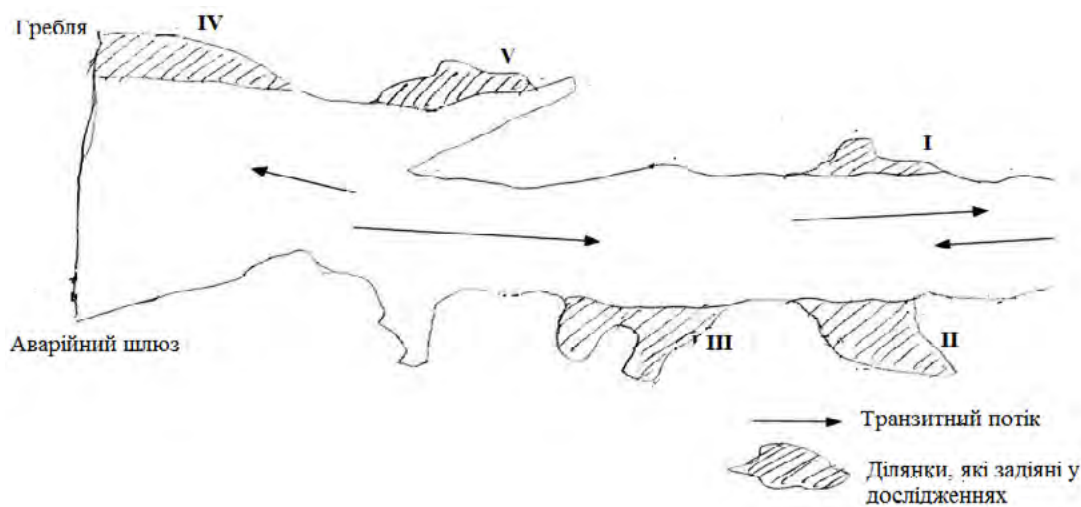


Рис. 1. Схема відбору проб водяних рослин у ставку-охолоджувачі ПУ АЕС

Таблиця 2

Сумарний уміст радіонуклідів у біомасі водоростей з ділянок ставка-охолоджувача АЕС

| № | Вид водоростей | Питома активність, Бк/кг (л) | | | Загальна біомаса, 10 ⁷ кг (л) (розрахункова) | Сумарна радіоактивність біомаси, 10 ⁷ Бк | | |
|---|--|------------------------------|-------------------|----------------|---|---|-------------------|----------------|
| | | ⁹⁰ Sr | ¹³⁷ Cs | ³ H | | ⁹⁰ Sr | ¹³⁷ Cs | ³ H |
| 1 | Рдести (<i>Potamogeton natans</i>) | 16,9 ± 3,5 | 18,9 ± 3,7 | 32 ± 10 | 0,56 ± 0,12 | 9,5 ± 2,0 | 10,6 ± 2,1 | 18,0 ± 5,6 |
| 2 | Кладофора (<i>Cladophora fracta</i>) | 7,2 ± 2,1 | 10,4 ± 2,4 | 19 ± 5 | 0,22 ± 0,04 | 1,6 ± 0,5 | 1,6 ± 0,5 | - |
| 3 | Вода ставка-охолоджувача АЕС | 0,08 ± 0,01 | 0,02 ± 0,01 | 60 ± 18 | 8,6 ± 1,8 | 0,7 ± 0,1 | 0,7 ± 0,1 | 5 16 ± 150 |

ставка-охолоджувача АЕС (6-50 Бк/кг), тому його складували в ставках біоочищення очисних споруд господарсько-фекальної каналізації промислово-побутових скидів ПУ АЕС.

Невелику частину попелу задіяно в дослідженнях з вивчення можливості використання мінеральних речовин (солей), що накопичувалися у водоростях, як сольової домішки в харчовий раціон домашньої худоби (свиней). Радіаційно-гігієнічна оцінка м'яса цих тварин показала, що кількість ⁹⁰Sr і ¹³⁷Cs у м'ясі не перевищувала наявних рівнів цих радіонуклідів у м'ясі контрольної групи тварин [9].

Головні висновки. Дезактиваційний захід з очищення технологічної водою від радіонуклі-

дів за допомогою макрофітів показав практичну застосованість.

Обрані види гідробіонтів (*Cladophora fracta* і *Potamogeton natans*) мають достатню здатність до накопичення радіонуклідів з води ставка-охолоджувача АЕС. Більш висока кумуляція радіонуклідів (⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs, ³H), які часто зустрічаються в технічних водоймах при експлуатації АЕС, належить рдестам (*Potamogeton natans*). При застосуванні фітODEЗАКТИВАЦІЙНИХ заходів бажано використовувати всі сприятливі фактори, які наявні у водоймищі: присутність природних скупчень того чи іншого виду макрофітів, особливостей гідротермохімічного режиму водоймища тощо.

Література

1. Винцукевич Н.В., Томилин Ю.А. Индикация радиоактивного загрязнения водной системы по содержанию радионуклидов в погруженных макрофитах. *Гигиена и санитария*. 1984. С. 88.
2. Гидробионты в радиоэкологическом мониторинге водоемов зоны отчуждения Чернобыльской АЭС / Д.И. Гудков, В.В. Девец, М.И. Кузьменко и др. *Гигиена населенных мест Украины* : сборник научных работ. Киев, 2000. Вып. 36. Т. 1. С. 404-414.
3. Евдокимов В.Н., Марченко Ю.Д., Пискунов В.С. Радиационно-экологическая оценка высшей водной растительности замкнутого водоема. *Материалы III з'їзду з радіаційних досліджень України*. Київ, 2003. С. 301-302.
4. Функционирование растительных сообществ в водных экосистемах малых рек в условиях влияния АЭС / А.И. Мережко, М.И. Кузьменко, М.И. Величко и др. *Гидробиологический журнал*. Киев, 1990. С. 47-50.
5. Методические рекомендации по оценке радиационной обстановки окружающей среды. Киев : МЗ СРСР, 1988. 49 с.
6. Методические рекомендации по санитарному контролю за содержанием радиоактивных веществ в объектах внешней среды / под ред. А.Н. Марья, А.С. Зыковой. Москва, 1980.
7. Переработка растительных отходов. Les buches de bimat. *Yng. Mag.* 1991-7. № 10.
8. Твердые отходы. Возникновение, сбор, обработка, удаление / под ред. И. Мантелла, сокр. перевод с англ. Москва : Строймздат, 1979. 519 с.
9. Томилин Ю.А., Винцукевич Н.В., Минин В.А. Предварительная радиационно-гигиеническая оценка мяса животных, в корм которых добавляли шахтные воды и золу водорослей. *Вопросы питания*. Москва, 1987. С. 61-64.
10. Использование водорослей для очистки пруда-охладителя Южно-Украинской АЭС от радиоактивных веществ / Ю.А. Томилин, Л.И. Григорьева, И.И. Щелезняк и др. *Збірник наукових звітів Інституту біофізики МОЗ СРСР*. Київ, 1991.
11. Шапошникова Т.В., Потапов А.Л. Перспективы использования макрофитов для очистки прибрежных рек. *Материалы науч. конф. ТИИРО*. Владивосток, 1990. С. 62-64.
12. Лазоренко Г.Е., Егоров В.Н. Роль донных отложений в извлечении радиоцезия из водной среды. *Радиоэкология: успехи и перспективы* : материалы науч. семинара (июнь 1994). Севастополь, 1994. С. 117.
13. Томілін Ю., Григор'єва Л. Радіонукліди у водних екосистемах південного регіону України: міграція, розподіл, накопичення, дозове навантаження на людину і контраходи : монографія. Миколаїв, 2008. 270 с.

ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Пилипчук О.Я., Стрелко О.Г., Висоцька Т.В.,
Пічкур Т.В., Соловійова Л.М., Сорочинська О.Л.
Державний університет інфраструктури та технологій
Міністерства освіти і науки України
вул. Кирилівська 9, 04071, м. Київ
olegpilipchuk47@gmail.com

У статті висвітлюється еколого-економічна оцінка господарської діяльності залізничного транспорту. Актуальність роботи визначається зростанням техногенного навантаження на навколишнє середовище з боку залізничного транспорту. Економічний механізм охорони навколишнього природного середовища охоплює, з одного боку, планування й фінансування природоохоронних заходів і встановлення лімітів використання природних ресурсів, викидів і скидів забруднюючих речовин у навколишнє природне середовище та розміщення відходів. З іншого боку, передбачає встановлення нормативної плати й розмірів платежів за використання природних ресурсів, за викиди і скиди забруднюючих речовин у навколишнє природне середовище, розміщення відходів та інші види шкідливого впливу, а також надання податкових, кредитних та інших пільг з метою впровадження маловідходних і ресурсозберігаючих технологій, здійснення інших ефектів, заходів з охорони навколишнього середовища й відновлення в установленому порядку шкоди, завданої навколишньому природному середовищу і здоров'ю людини.

Регулювання відносин у галузі охорони навколишнього природного середовища тільки шляхом застосування адміністративно-правових методів впливу на основі заборон та обмежень, заходів адміністративного й кримінального наказування не дає бажаного ефекту. Включення засобів економічного стимулювання в регулювання екологічних відносин має призвести до більшої зацікавленості підприємств або інших господарських об'єктів залізничного транспорту в проведенні природоохоронних заходів, упровадження ресурсозберігаючих технологій.

Ми вважаємо, що впровадження екологічно обґрунтованих технологій, економічні показники виробництва мають покращуватися за рахунок скорочення витрат на запобігання забрудненню навколишнього середовища. У цьому контексті надзвичайно важливі визначення природоохоронних витрат.

Поточні й перспективні витрати на здійснення заходів стосовно захисту атмосфери, водних басейнів і ґрунту складаються з капітальних внесків і поточних витрат на утримання й експлуатацію інфраструктури залізничного транспорту, а також використання основних фондів природоохоронного призначення. Поточні витрати на охорону природи складаються з витрат, які забезпечують роботу об'єктів залізничного транспорту з дотриманням нормативів викидів і скидів шкідливих речовин, розміщення відходів, тобто з урахуванням нормативів ПДВ (ПДС) і ВСВ (ВСС). Перспективні витрати повинні передбачати витрати на скорочення викидів (скидів) забруднюючих речовин і передусім на досягнення ПДВ.

До капітальних вкладень належать одноразові витрати на створення й реконструкцію природоохоронного обладнання, у тому числі газоочисних налаштувань для вловлювання й знезараження забруднюючих речовин з газових викидів від технологічного обладнання та вентиляційних систем, пунктів екологічного контролю й автоматичних систем контролю-регулювальних пунктів з перевірки та зниження токсичності відпрацьованих газів автомашин, тепловозів та іншої залізничної техніки, споруджень механічної, фізико-хімічної й біологічної очистки стічних і поверхневих вод. *Ключові слова:* залізничний транспорт, охорона навколишнього природного середовища, ресурсозбереження, екологія, економіка, забруднюючі речовини, економічне стимулювання.

Ecologically-economic evaluation of railway transport. Pylypchuk O., Strelko O., Vysotska T., Pichkur T., Soloviowa L., Sorochynska O.

The article reveals the ecological and economic evaluation of railway transport practical activity. The urgency of the article is determined by the growing technogenic influence on the environment by railway transport. The economic mechanism of environmental protection covers, on the one hand, the planning and financing of environmental measures and the establishment of limits on the natural resources application, emissions and discharges of pollutants into the environment and waste disposal. On the other hand, it provides the establishment of regulatory fees and payments for the natural resources usage, for emissions and discharges of pollutants into the environment, waste disposal and other harmful effects, as well as providing tax, credit and other benefits to implement low-waste and resource-saving technologies, realization of other environmental protection measures and in the prescribed manner environment and human health damage restoration.

Regulation of relations in the field of environmental protection only through the application of administrative and legal methods of influence on the basis of prohibitions and restrictions, administrative and criminal punishment measures does not give the desired effect. The inclusion of economic incentives in the environmental relations regulation should lead to greater interest of enterprises or other railway transport institutions in the implementation of environmental measures for the resource-saving technologies introduction.

It is considered that the introduction of environmentally sound technologies, production economic indicators will improve by reducing the cost of preventing environmental pollution. In this context, the definition of environmental costs is extremely important.

Current and future costs for the implementation of measures to protect the atmosphere, water basins and soil consist of capital investments and current costs for the railway infrastructure maintenance and operation, as well as the use of fixed assets for environmental purposes. Current costs for nature protection consist of costs that ensure the operation of railway transport facilities in com-

pliance with the emissions and discharges of harmful substances standards, waste disposal, that is, taking into account the Maximum Allowable Emissions (Discharges) (MAE, MAD) and Temporarily Agreed Emission (Discharges) (TAE, TAD) standards. Prospective costs should include the costs of reducing pollutants emissions (discharges) and primarily to achieve MAE.

Capital investments include one-time costs for the creation and reconstruction of environmental equipment, including gas cleaning settings for capture and disinfection of pollutants from process equipment and ventilation systems gas emissions, environmental control points and automatic control systems for testing and reducing toxicity of cars, locomotives and other railway equipment exhaust gases, constructions of mechanical, physicochemical and biological treatment of sewage and surface waters. *Key words:* railway transport, environmental protection, resource conservation, ecology, economy, pollutants, economic stimulation.

Постановка проблеми. Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління як провідний навчально-науковий заклад Міністерства екології та природних ресурсів України приділяє велику увагу прикладному застосуванню екологічних знань, важливості екологічного супроводження виробничої діяльності. У цьому контексті матеріали статті можуть бути використані при вирішенні питань «зеленої економіки», екологічного аудиту, системи освіти для сталого розвитку, екології та економіки природокористування, подій поточного наукового життя в галузі екології тощо. Ці питання є особливо важливими для України, яка сьогодні перебуває на стадії перехідного суспільства й переживає глибоку еколого-економічну кризу.

Актуальність дослідження. Під економічною шкодою вважається вирахування у вартості втрати природних ресурсів, додаткові витрати праці, зумовлені порушенням умов освоєння цих ресурсів і зниження їх природної якості. Соціальна шкода проявляється у зниженні якості умов життя у зв'язку із забрудненням таких елементів природи, як вода, повітря, ґрунт і, відповідно, у погіршенні стану здоров'я людей.

Сьогодні традиційно використовуються поняття «економічна ефективність» господарського вирішення проблем, яке ґрунтується на критерії проведених витрат, трансформувалося в поняття «еколого-економічна ефективність». Цей критерій повинен визначатися відношенням сумарного еколого-економічного ефекту до затрат життєвої й олюдненої праці та природи, тоді як критерій економічної ефективності суспільного виробництва визначається відношенням сумарного ефекту тільки до витрат живої й олюдненої праці. Негативне навантаження на навколишнє середовище починається з моменту функціонування підприємств залізничного транспорту і триває постійно протягом певного часу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Зрозуміло, що поряд з енергетикою транспорт відіграє центральну роль у розвитку економіки. Подібно до кількості кіловат годин в енергетиці протяжність пасажирських вантажних перевезень може слугувати індикатором економічної активності. З іншого боку, транспорт належить до головних факторів негативного впливу на навколишнє середовище. Так, наприклад, у Німеччині на частку транспорту припадає близько чверті енергоспоживання, приблизно 60% викидів окислів азоту й 70% викидів окислів вуглецю. Практично транспортні комунікації займають

чутливу частину поверхні суші Землі. Нічим не обмежений розвиток авто-, авіа- та залізничних перевезень висуває на передній план проблему повного заміщення вартості перевезень, включаючи відповідні екологічні наслідки [1–4].

Не викликає сумніву той факт, що соціально-економічні й політичні аспекти набувають у навколишньому середовищі ще більших змін. Зростання населення, рівень розвитку економіки та соціально-економічні фактори є причинами екологічного неблагополуччя, яке спостерігається в локальних, регіональних і глобальних масштабах [5–6]. У Москві цими проблемами активно займається К.Я. Кондратьєв [7–8]. Загалом, як свідчать літературні дані, дослідження еколого-господарської оцінки діяльності залізничного транспорту показало, що прийняття рішень під час будівництва інфраструктури залізниць має забезпечити такий ефект, який би покривав усі додаткові витрати, пов'язані з ліквідацією негативних екологічних наслідків, зумовлених цим рішенням, а також витрати, пов'язані з виробництвом [9].

Метою дослідження є аналіз сучасних шляхів діяльності залізничного транспорту і його вплив на екологію довкілля.

Виклад основного матеріалу. Наші дослідження засвідчують, що як критерій еколого-економічного прийняття господарських рішень ми пропонуємо використати аналог приведених витрат з урахуванням шкоди, завданої навколишньому середовищу внаслідок прийняття рішення, тобто суму: $C + EK + U$, де C – поточні витрати, E – норма ефективності капітальних вкладів, K – капітальні вклади й U – шкода, зумовлена негативними екологічними наслідками від реалізації цього господарського рішення. При такій постановці питання з двох проектів обирається той, у якому алгебраїчна сума наведених витрат і шкоди менша.

У зв'язку з відсутністю нових сучасних методик оцінки економічної шкоди на практиці використовують Тимчасову типову методику визначення економічної ефективності здійснення природоохоронних заходів та оцінки економічної шкоди, завданої народному господарству забрудненням навколишнього середовища. Згідно із цією методикою, шкода від забруднення навколишнього середовища визначається сумою витрат із відновленням шкоди, спричиненої окремими джерелами в межах залізничного транспорту.

Під час оцінки витрат на усунення негативних екологічних наслідків експлуатації об'єктів залізничного транспорту необхідно враховувати зміни вартості

сті окремих природних ресурсів протягом певного часу (газ, вугілля, нафта тощо). Витрати на усунення забруднення навколишнього середовища сучасним залізничним транспортом досить великі. В Україні на природоохоронні заходи кожного року витрачається близько 0,6% валового національного продукту (далі – ВНП), тоді як економічна шкода від забруднення природного середовища становить достатню суму в гривні. Промислово розвинуті країни на природоохоронні заходи витрачають 6–7% від ВНП. Ми вважаємо, що впровадження екологічно обґрунтованих технологій, економічні показники виробництва будуть покращуватися за рахунок скорочення витрат на запобігання забрудненню навколишнього середовища. У цьому контексті надзвичайно важливі визначення природоохоронних витрат.

Поточні й перспективні витрати на здійснення заходів стосовно захисту атмосфери, водних басейнів і ґрунту складаються з капітальних вкладів і поточних витрат на утримання й експлуатацію інфраструктури залізничного транспорту, а також використання основних фондів природоохоронного призначення. Поточні витрати на охорону природи складаються з витрат, які забезпечують роботу об'єктів залізничного транспорту з дотриманням нормативів викидів і скидів шкідливих речовин, розміщення відходів, тобто з урахуванням нормативів ПДВ (ПДС) і ВСВ (ВСС). Перспективні витрати повинні передбачати витрати на скорочення викидів (скидів) забруднюючих речовин і передусім на досягнення ПДВ.

До капітальних вкладень належать одноразові витрати на створення й реконструкцію природоохоронного обладнання, у тому числі газоочисних налаштувань для вловлювання та знезараження забруднюючих речовин з газових викидів від технологічного обладнання й вентиляційних систем, пунктів екологічного контролю й автоматичних систем контрольно-регулювальних пунктів з перевірки та зниження токсичності відпрацьованих газів автомашин, тепловозів та іншої залізничної техніки, споруджень механічної, фізико-хімічної й біологічної очистки стічних і поверхневих вод, а також споруд збирання та знезараження шламів і відходів, систем оборотного водозабезпечення й дослідних газота водоочисних налаштувань і налаштувань для очищення забруднених територій.

Капітальні вкладення визначаються на основі кошторису документації робочого проекту або проекту природоохоронного об'єкта з урахуванням вартості обладнання, будівельно-монтажних робіт. Капітальні вкладення на проведення заходів з охорони атмосферного повітря відзначаються в журналі обліку.

До поточних витрат належать витрати на утримання, обслуговування й ремонт газоочисного обладнання, облаштування збору та знезараження відходів, шламів, включаючи дослідні налаштування й на організацію контролю за утримання шкідливих

речовин у газах, які відходять у стічних водах. До них належать також додаткові витрати на експлуатацію основних виробничих фондів, які пов'язані з удосконаленням виробничої технології та які спрямовані на зниження негативного впливу на навколишнє середовище, витрати на рекультивацію й очищення природного середовища, наприклад, передавання стоків на доочищення та скидання в каналізацію.

Поточні витрати з утримання й експлуатації будь-якого об'єкта залізничного транспорту природоохоронного призначення складаються з витрат на сировину та матеріали, електроенергію, заробітну платню обслуговуючого персоналу з нарахуваннями, амортизаційними відрахуваннями на повне відновлення й поточний ремонт. Профвідрахунок витрат на охорону атмосферного повітря, раціональне використання й охорону водних ресурсів, відходи, рекультивацію ведуть окремо.

Витрати на сировину та матеріали реагентів для обробітку стічних вод – коагулянтів (сірчаноокислого алюмінію, заліза), флокулянтів (поліакріламід), вапна, вартість реагентів на знезараження ґрунту, проведення хімічних аналізів тощо.

Витрати на електроенергію для налаштувань газоочищення визначаються, виходячи з вартості 1 кВт/г електроенергії, потужності обладнання (за паспортом) і часу роботи налаштувань, фіксуються в журналі за формою ПОД-3. Витрати на електроенергію для обладнання і приладів з очищення води визначаються, виходячи з вартості 1 кВт/г електроенергії, потужності насосів і витрати води, які відмічаються в журналі. Витрати на електроенергію для експлуатації іншого природоохоронного обладнання визначаються також із вартості 1 кВт/г електроенергії, потужності й часу роботи.

Витрати на заробітну плату з нарахуваннями визначаються виходячи з окладу, тарифної ставки, поодинокі оплати і тривалості обладнання, налаштувань або проведення будь-якого природоохоронного заходу, наприклад, складуванням відходів або їх розміщенням.

Амортизаційні відрахування визначаються згідно зі Збірником норм амортизаційних відрахувань і враховуються відповідно до інвентаризаційної карточки бухгалтерії.

Витрати на поточний ремонт обладнання включають вартість деталей обладнання, які потребують заміни робочої сили, транспортні витрати тощо.

При визначенні поточних витрат урахується також вартість послуг інших організацій з прийому, транспортування й очищення стічних вод, проведення контролю за якістю очищення стічних вод і відхідних газів.

Поточні витрати з охорони землі від забруднень відходами включають витрати на утримання й експлуатацію налаштувань зі знешкодження та утилізації забруднювачів, складів, сховищ, шлаконакопичувачів тощо. При розрахунку враховуються всі статті.

Витрати, які пов'язані з транспортуванням відходів з території підприємства залізничного транспорту для передачі іншим підприємствам, спрямованим у місця організованого складування й захоронення відходів, на санкціоновані звалища й полігони твердих побутових відходів, для захоронення в надра й несанкціоновані звалища, а також ураховуються при визначенні поточних витрат. Окремо враховуються витрати інших підприємств та організацій з вивезення, прийому твердих виробничих відходів на збереження, знищення й утилізацію.

Поточні витрати на рекультивацию земель визначають з урахуванням усіх статей витрат. За відсутності висхідних даних для розрахунку поточних витрат допускається їх оцінювати у відсотках від одночасних капітальних вкладень у розмірі 30% при очищенні повітря, води від речовин і в розмірі 40% від очищення повітря та води від газоподібних і рідких забруднюючих речовин.

Поточні витрати допускається визначати розрахунковим методом як добуток величини собівартості всієї товарної продукції підприємства на відношення середньорічної собівартості всіх основних виробничих фондів природоохоронного призначення (або окремо повітря-охоронного, водоохоронного, поверхні землі від забруднювання відходами) до середньорічної вартості всіх основних виробничих фондів підприємства. Вартість основних фондів вираховується за інформаційними карточками, які зберігаються в бухгалтерії. Запис у них робиться на основі первинних документів і технічної документації.

Особливо важливими є платежі за забруднення атмосферного повітря, води, ґрунту й розміщення відходів. В економічному відношенні платежі за забруднення навколишнього природного середовища є особливим видом оподаткування, згідно з яким оподаткованою величиною є маса забруднень, які потрапляють у навколишнє середовище, незалежно від інших результатів господарської діяльності залізничних підприємств.

Законом України «Про охорону навколишнього природного середовища» встановлено, що внесення платежів за забруднення навколишнього середовища не звільняє від відновлення завданої йому шкоди. Уносячи платежі, підприємство бере участь у фінансуванні природоохоронної діяльності на цій території й водночас може бути залучено до можливих позовів до організацій і громадян до додаткових платежів і штрафів за завдану шкоду.

Розрахунок платежів за забруднення навколишнього природного середовища здійснюється згідно з Порядком визначення плати і її граничних розмірів за забруднення навколишнього природного середовища, розміщення відходів, інші види шкідливого впливу. Розмір платежів визначається як сума платежів за забруднення в розмірах, які не перевищують установлених підприємству залізничного транспорту гранично допустимі нормативи викидів, скидів забруднюючих речовин і розміщення

відходів, забруднення в межах установлених лімітів (викидів, скидів, розміщення відходів) і за понадлімітне забруднення навколишнього середовища.

Розмір платежів визначається за ставками платні за викиди в атмосферу забруднюючих речовин (маса забруднюючих речовин) від стаціонарних і пересувних джерел забруднення, за скид забруднюючих речовин (маса забруднюючих речовин) у поверхневі й підземні водні об'єкти, за розміщення відходів (маса відходів), а також за ставками за викиди в атмосферу в межах допустимих нормативів пересувними джерелами за масою витраченого палива.

За відсутності в природокористувача оформленого дозволу на викиди (скиди) забруднюючих речовин і розміщення відходів уся маса забруднень зараховується як понадлімітна.

Плата за викиди забруднюючих речовин у розмірах, які не перевищують установлені гранично допустимі нормативні викиди, визначається шляхом помноження відповідних ставок плати за величину маси забруднення за видами забруднюючих речовин і сумачі отриманих даних.

Плата за викиди забруднюючих речовин у межах установлених лімітів визначається шляхом помноження відповідних ставок плати за різницею між лімітними та гранично допустимими викидами забруднюючих речовин і сумачі отриманих даних за видами забруднюючих речовин.

Плата за понадлімітний викид забруднюючих речовин визначається шляхом помноження відповідних ставок плати за забруднення в межах установлених лімітів на величину перевищення фактичної маси викидів над установленими лімітами, сумачі отриманих даних за видами забруднюючих речовин і помноження цих сум на п'ятикратний підвищений коефіцієнт.

Ставка плати визначається як множення базового нормативу на коефіцієнт екологічної ситуації й екологічної значущості атмосфери в цьому регіоні з урахуванням коефіцієнта індексачі плати. Загальна плата забруднення в атмосферного повітря визначається як сума плат.

Плата за перевищення допустимих викидів забруднюючих речовин від пересувних джерел визначається як п'ятикратне множення плати за допустимі викиди на частку транспортних засобів, які не відповідають вимогам стандартів із загальної кількості перевірених транспортних засобів. Загальна плата за викиди забруднюючих речовин від пересувних джерел визначається як сума плат за допустимі викиди й перевищення значущості атмосфери в цьому регіоні.

Розрахунок плат за викиди забруднюючих речовин у водні об'єкти виконується аналогічно до розрахунку плат за викид забруднюючих речовин в атмосферне повітря із застосуванням відповідних ставок плати й коефіцієнта екологічної ситуації та екологічної значущості поверхневого водного об'єкту з урахуванням коефіцієнта індексачі плати.

Розмір плати за розміщення відходів у межах установлених підприємству лімітів визначається шляхом помноження відповідних ставок плати з урахуванням виду розміщуваного відходу (нетоксичні, токсичні) на масу розміщеного відходу та сумачі отриманих добутоків згідно з видами розміщуваних відходів. Розмір плати за понадлімітне розміщення токсичних і нетоксичних відходів визначається шляхом примноження відповідних ставок плати за розміщення відходів у межах установлених лімітів на величину перевищення фактичної маси розміщених відходів над установленими лімітами, помноженими на п'ятикратний підвищений коефіцієнт і сумачі

отриманих добутоків згідно з видами розміщених відходів. Ставка плати визначається множенням базового нормативу плати за 1 тону розміщених відходів на коефіцієнт екологічної ситуації й екологічної значущості ґрунтів у цьому регіоні з урахуванням коефіцієнта індексації плати.

Головні висновки. Для кращого розуміння принципів організації еколого-економічної оцінки господарської діяльності залізничного транспорту ми коротко виклали основні критерії збереження навколишнього середовища з використанням взаємодії навколишнього середовища з діяльністю залізничного транспорту.

Література

1. Окружающая среда и здоровье : учебное пособие / под ред. Л. Хенса, Л. Мельника, Э. Буна. Киев : Наук. думка, 1998. 325 с.
2. Григорьев А.А. Экологические уроки исторического прошлого и современность. Ленинград : Наука, 1991. 250 с.
3. Зубаков В.А. Экологический кризис и будущее человечества. *Изв. ВГО*. 1990. Т. 122. № 2. С. 143–153.
4. Марчук Г.И., Кондратьев К.Я. Приоритеты глобальной экологии. Москва : Наука, 1992. 264 с.
5. Горшков В.Г. Современные изменения окружающей среды и возможность их предотвращения. *Доклады РАН*. 1993. Т. 332. № 2. С. 802–805.
6. Горшков В.Г. Физические и биологические основы устойчивости жизни. Москва : ВИНТИ, 1995. 470 с.
7. Кондратьев К.Я. Приоритеты глобальной экологии. *Изв. АН СССР. Сер. географ.* 1991. № 6. С. 21–30.
8. Кондратьев К.Я. Экология и политика. *Изв. Русск. географ. об-ва*. 1993. Т. 125. Вып. 3. С. 3–11.
9. Container Transport System as a Means of Saving Resources / L. Soloviova, O. Strelko, S. Isaienko, O. Soloviova, Y. Berdnychenko. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing, 2020. Т. 459. № 5. S. 052070.

ОЦІНЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ВПЛИВУ ШАХТНИХ ВОД СТАВКА-НАКОПИЧУВАЧА Б. ТАРАНОВА НА ВОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ ЗАХІДНОГО ДОНБАСУ

Улицький О.А., Д'яченко Н.О., Бойко К.Е.,
Орловський А.В., Артеменко І.О., Зосима В.Г.

Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, корп. 2, 03035, м. Київ
natalidyachenko1969@gmail.com

Визначено рівень екологічної небезпеки впливу шахтних вод ставка-накопичувача у балці Таранова на водне середовище Західного Донбасу. Доведено, що експлуатація накопичувача негативно впливає на стан водойм, адже здійснюється забруднення підземних вод унаслідок інфільтраційних втрат та зміни хімічного складу води річок Самари і Вовчої (через зону аерації). Підтверджено, що вода у ставку-накопичувачу належить до третього класу небезпеки за загальними показниками якості промислових вод, що скидаються у відкриті водойми. Встановлено, що за показником індексу забруднення води річок Самари та Вовчої (скид води зі ставка-накопичувача) належать до III класу якості. Доведено що вміст хлору в річці Самарі перевищує гранично допустиму концентрацію (далі – ГДК) у 2,66 раза, вміст сульфатів – 3,01 раза. Вміст сульфатів та хлоридів підвищується щороку. Уперше для ставка-накопичувача в балці Таранова проведено розрахунок коефіцієнта інфільтрації шахтних вод у водоносні горизонти, який дорівнює у середньому 0,279, а також розрахований обсяг скинутих у довкілля речовин у воді солей та мінеральних речовин (20 876 т на рік). Уперше здійснений розрахунок рівня підземних вод показав, що в берекському водоносному горизонті він піднявся на 4.2 м; межигірському – на 4,9 м; у бучаксько-обуховському – майже не змінився. Характер змін рівнів є циклічним, постійним і стаціонарним відповідно. Зазначено, що швидкість вищення рівнів підземних вод у ближчих до поверхні горизонтах утричі перевищує швидкість тих, що залягають нижче. Розрахункова швидкість приросту рівнів підземних вод в останні роки становить у середньому 0,6 метра на рік. *Ключові слова:* Західний Донбас, екологічна небезпека, мінералізація, індекс забруднення води, ставок-накопичувач, шахтні води, водоносні горизонти.

Ecological danger estimation of mine waters pound-accumulator Taranova wash influence on a water environment Western Donbass. Ulytsky O., Diachenko N., Boiko K., Orlovsky A., Artemenko I., Zosima V.

The work is done ecological danger estimation of mine waters pound-accumulator influence on a water environment (Taranova wash). For the first time it was established the water in the reservoir belongs to the 3rd class of danger according to the general indicators of industrial waters quality discharged into open reservoirs. It was established that according to the water pollution index (WPI), the waters of the rivers Samara and Vovcha, where water is discharged from the storage pond, belong to the III quality class. It is proved the chlorine content in Samara river exceeds the maximum permissible concentration (MPC) by 2.66 times, the sulfate content – by 3.01 times. It was found the content of sulfates and chlorides gradually increases every year. For the first time, the coefficient of infiltration (Cinf) of mine waters into aquifers, which is 0.279, was calculated for the Taranov wash storage pond. The volume of substances (salts, minerals, macro- and microelements dissolved in water) released into the environment was calculated as well, which is equal to 20876 tons per year. For the first time, it was calculated that the groundwater level rose by 4.2 m in 24 years – in the closest to the Berek surface suite horizon. The nature of the level change is cyclical. In the Mezhygorsk aquifer, the groundwater level rose by 4.9 m. The nature of the level change is constant. In the Buchach-Obukhov horizon, the level has not changed, i.e., it is stationary. For the first time it was found the rate of rise of levels in the overlying horizons (closer to the surface) is 3 times higher than the one in the horizon below. The growth rate of groundwater levels was calculated, which is equal to 0.6 m/year. *Key words:* Western Donbass, environmental danger, mineralization, water pollution index, collection rate, mine water, water horizons.

Постановка проблеми. Розв'язання екологічних проблем та сучасне стратегічне оцінювання екологічної небезпеки (далі – ЕН) негативних змін у водному середовищі (далі – ВС) під впливом виробничої діяльності шахт – одне зі стратегічних завдань України. Технологія розробки вугілля Західного Донбасу (далі – ЗД) масштабно впливає на регіональні зміни гідродинамічного режиму та геохімічного складу поверхневих та підземних вод (далі – ПВ) унаслідок скидання або довільного стоку шахтних вод (далі – ШВ). Ставки-накопичувачі (далі – СН) скинутих ШВ побудовані ще в 70-х роках і не відповідають сучасним вимогам гідро- і протифільтраційного захисту водовмісної частини.

Актуальність дослідження. Мінералізовані ШВ, що скидаються у СН, в процесі інфільтрації забруднюють підземні та поверхневі водоносні горизонти, що забезпечують водопостачання населенню (колодязі, водозабори). Але сучасний рівень очищення ШВ не завжди дозволяє отримати нормальну якість води. Отже, вона може стати потенційним джерелом надходження шкідливих хімічних речовин, тому оцінювання ЕН впливу шахтних вод у ставках-накопичувачах є актуальним науковим завданням, що має вагомое практичне значення для охорони ВС ЗД.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Досліджувана проблема має ознаки міждисциплі-

нарних досліджень (екологічного, еколого-геологічного, еколого-хімічного та еколого-правового напрямів урегулювання питань), бо містить усі складники взаємовідносин людини та техногенезу в середовищі проживання. Таким чином, стан та ступінь урегулювання питань з оцінки ЕН негативних змін ВС (рівня та хімічного складу ґрунтових і підземних вод) у зонах СН гірничопромислових агломерацій у роботі розглянуті з двох позицій: законодавчо-нормативної та еколого-геологічної, або суто екологічної. Вимоги чинного законодавства України [1–2] визначають правові та організаційні засади оцінки впливу на довкілля, спрямованої на запобігання шкоді довкіллю, забезпечення екологічної безпеки, охорони НС та зумовлюють необхідність розробки нових заходів та концептуальних підходів до розв'язання вищезазначених питань охорони водних ресурсів та НС у вугільних регіонах.

Отже, з метою оцінки ЕН негативних змін у підземних та поверхневих водах, спричинених діяльністю вугільних шахт та їх окремих комплексів, у науковій праці використані загальні поняття щодо: ШВ, що скидаються у СН та на денну поверхню; процесів забруднення підземних та поверхневих вод; мінералізації, хімічного складу та технічних показників ВС на досліджуваних територіях.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основними причинами забруднення ВС від діяльності вугледобувних підприємств та їх окремих виробничих споруд (очисні споруди, СН) є: вплив на водоносні підземні горизонти; порушення гідрологічного й гідрохімічного режимів підземних та поверхневих вод унаслідок притоку ШВ; забруднення природних об'єктів (річка, водойми, яр-балочна мережа) промисловими високомінералізованими водами.

Вивченню впливу гідрооб'єктів шахтного виробництва на екологічний стан НС присвячені численні дослідження науковців. Це синтез трьох основних напрямів: експериментального моделювання та аналітичних досліджень, що дозволяють визначити подібність між фізичною (математичною) моделлю і натурним об'єктом та створити прогноз [3–5]; статистичного, що дозволяє враховувати головні режимоутворювальні фактори (основа досліджень – парні і множинні кореляційні зв'язки рівнів або витрат ПВ та їх хімічний склад з основними метеорологічними чинниками) [6]; польових натурних спостережень, моніторингу за гідродинамічною та гідрохімічною ситуаціями та обліку змін факторів впливу на довкілля [7–9].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, яким присвячується означена стаття. Дійсна нормативна база, дослідження та висновки науковців не завжди дозволяють урахувати особливості еволюції ВС, яка відбувається внаслідок шахтоосушування та водозабірних заходів на локальних територіях, як фактора, що зумовлює ЕН для природного середовища навколо відстійни-

ків та СН ШВ вугледобувних підприємств. Питання значення ступеня і характеру впливу ШВ балки Таранова на ВС та оцінка ЕН (згідно з наявними класами небезпечності) ніколи не досліджувалися ні з екологічної, ні з еколого-геологічної точок зору.

Новизна. Авторами вперше розраховано коефіцієнт інфільтрації СН ШВ б. Таранова, проведено оцінку змін мінералізації ВС навколо СН та визначено індекси забруднення води у річках Самарі та Вовчій із використанням сучасних та ретроспективних даних режимних гідрологічних спостережень у відомчій мережі свердловин «Павлоградвугілля» [10], моніторингових гідрохімічних показників Державного агентства водних ресурсів України [11].

Виклад основного матеріалу. СН ШВ у б. Таранова (рис. 1) розташований у природній балці за 1 км на південний схід від с. Богданівка на поле шахти «Дніпровська». Об'єкт уведено в експлуатацію у 1972 році. Під час будівництва СН гирло природного яру перекрили дамбою з відвальних шахтних порід. Найближчі населені пункти: села Благодатне, Богданівка, хутір Тельмана (с. Шахтарське). У безпосередній близькості розташовуються Світлогорський та Самарський водозабори. Поверхня шахтного поля – це заплава р. Самара з численними балками та ярами. Значна частина заплави річки покрита лісонасадженнями і заболочена. Абсолютні відмітки рельєфу коливаються від +66,7 м до +82,5 м. Зона аерації днища та схилів балки – це лесоподібні суглинки та поклади червоно-бурої глини (потужністю до 37 м).

Геологічна будова досліджуваної території – породи докембрійського фундаменту, що перекриті потужним комплексом осадових продуктивних відкладів нижнього карбону. Більшість порід мають виразну слоїстість, у нашаруваннях якої спостерігається слюди́ста присипка, яка сприяє збільшенню мінералізації ШВ завдяки вмісту силікатів, водних алюмосилікатів, лужних та лужноземельних металів та основних хімічних компонентів (K, Na, Li, Mg, Fe, Al); осадові утворення тріас-юрського, палеогенового (дуже обводненні піски берекського, межигірського, бучаксько-обуховського палеоюрусів), неогенового (кварцові піски та глини сарматського ярусу) і четвертинного (дрібно- і середньозернисті піски, лесоподібні суглинки, глини, мулисті ґрунти) віку.

Накопичувач ШВ у б. Таранова підроблений гірничими роботами ш. «Дніпровська», що розташовані на невеликих глибинах. Останні створили додаткову систему тріщинуватості у верхній частині осадових надкарбонівих відкладів (наносів). У накопичувач ШВ скидаються трьома шахтами (табл. 1). Об'єми скинутої води значно перевищують його ємність. Наприклад, за даними [10], зі скинутих ШВ в об'ємі 14,6 млн. м³, зважаючи на недостатню ємність СН б. Таранова, 7,01 млн.м³ шахтної води перекачується в СН б. Свідок (табл. 1), а 1,32 млн.м³ скидається на рельєф у заплаву р. Самара.

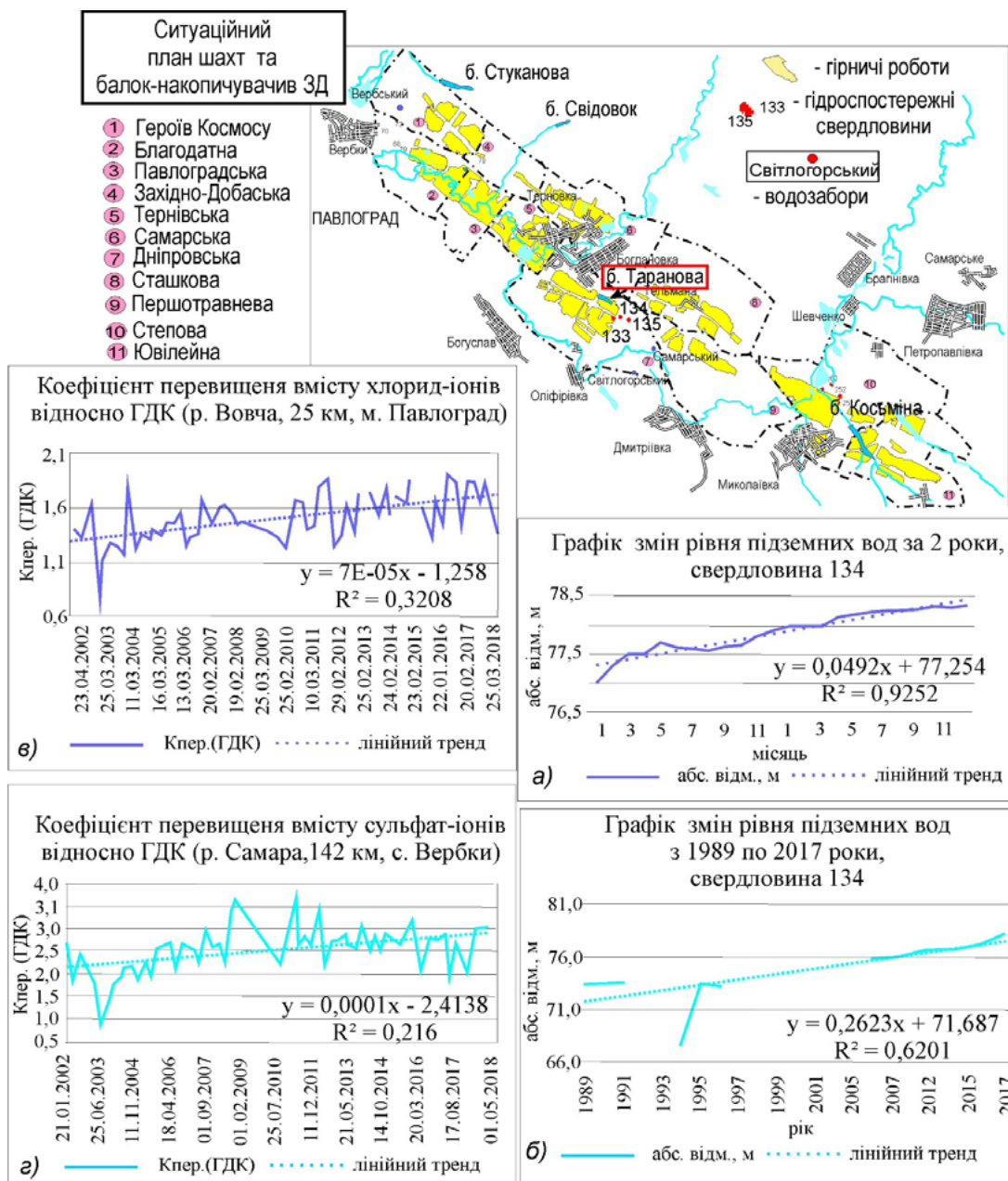


Рис. 1. Ситуаційний план шахт, СН, селищ, водозаборів та річної мережі ЗД із деталізацією змін: а, б – рівня підземних вод (свердловина 134) з апроксимацією лінійними трендами з рівняннями; в, г – коефіцієнта перевищення (Кпер) вмісту хлорид та сульфат-іонів щодо ГДК, р. Вовча, р. Самара

Тобто з усіх скинутих ШВ до ставка б. Таранова надходять 43% забрудненої води. Здійснений розрахунок коефіцієнта інфільтрації ($K_{\text{інф}}$) ШВ з усіх ставків у водоносні горизонти засвідчує, що він дорівнює приблизно 0,279 (табл. 1). Отже, майже третина мінералізованих ШВ повертаються до підземних горизонтів. Це означає, що або екранізація днища виконана частково, або гідроекрани перебувають у неналежному стані, або гарантійний термін їх експлуатації закінчився.

Найголовніше – розподіл забруднених вод: у природне середовище скидається понад 64% ШВ, а у СН залишається лише 36%. Якщо на довкілля

з б. Таранова скидається 3,07 млн м³ шахтної води, за мінералізації 6,8 г/дм³ за рік у НС надійшло 20 876 т розчинених у воді речовин (солей, мінеральних речовин, макро- і мікроелементів). Якісний та кількісний склад ШВ у СН в балці Таранова представлено у таблиці 2. Отже, лужність ($\text{Na}+\text{K}^+$) за норми не більше 6,5 мг/дм³ (для питної води) перевищує ГДК у 320 разів. Жорсткість (уміст солей $\text{Ca}^{++} \text{Mg}^+$) за норми не більше 10 мг/дм³ (для питної води) перевищує ГДК у 36,6 раза. Хлориди (Cl^-) за норми 350 мг/дм³ (допустимі концентрації забруднювальних речовин (далі – ДКЗР) у стічних водах) перевищують ГДК у 10 разів. Магній (Mg)

за норми 40 мг/дм³ (ДКЗР у стічних водах) перевищує ГДК у 3,6 раза. Сульфати (SO₄) за норми 400 мг/дм³ (ДКЗР у стічних водах) перевищують ГДК у 1,1 раза.

Вода належить до 3 класу небезпеки. Вміст таких компонентів, як Na, Mg, хлориди, сульфати, значно перевищує ГДК. Тому такі води не можуть бути рекомендовані для водопостачання та не відповідають ГДК і ОБУВ для рибогосподарських водойм, а також вимогам до стічних вод для зрошення.

Проблемним питанням змін ВС у районах вуглевидобування є підземні води (ПВ). Спостереження за режимом ПВ здійснювалося на 3 наглядних свердловинах (133–135) відомчої мережі «Павлоград-вугілля» (рис. 1), обладнаної на бучакського-обухівського, межигірського та берекського ВГ. За класифікацією, наведеною в [12], кислотно-лужний баланс вод у свердловинах представлено в таблиці 3.

За даними [12], кислих підземних вод у районі вугільних родовищ не існує, тоді як кислі ШВ утворюються у старих виробках. Імовірно, межигірський ВГ приймає ШВ, що утворюються в старих виробках. У водах берекського ВГ навколо СН

мінералізація змінилася щодо початкової понад утричі (табл. 3). При цьому розраховано, що рівень підземних вод в найближчому до поверхні (берекському) ВГ піднявся на 4,2 м; межигірському – на 4,9 м; бучакського-обухівському – майже не змінився. Характер змін рівнів є циклічним, постійним і стаціонарним відповідно.

За розрахунком апроксимація лінійним трендом змін рівня ПВ – рис. 1, а) швидкість приросту рівнів ПВ дорівнює 0,0492 м/місяць або 0,6 м/рік (за останній період часу) та приблизно 0,26 м/рік за аналізом змін із 1989 року (рис. 1, а, б). Отримане рівняння тренду (рис. 1, а) може бути використане для прогнозування значення рівня на наступні періоди ($R^2 = 0,9252$) та свідчить про подальше підвищення рівнів ПВ у межигірському ВГ. Тобто в результаті постійної інфільтрації ШВ спостерігається підйом рівня ПВ. Формування режиму підземних вод у районі СН відбувається за рахунок інфільтрації мінералізованих ШВ. Наслідком значних фільтраційних втрат у районі СН є підвищення рівня води у ВГ олігоцен-міоценових четвертинних та межигірських відкладів на площі до 45 км². За розрахун-

Таблиця 1

Об'єми шахтних вод, що скидалися у СН та їх мінералізація [10]

| СН | Шахта | V ШВ, тис.м ³ | M вод у СН, г/дм ³ | Місце скидання | V скид. ШВ, млнм ³ | K _{інф} СН | Місто скидання | V скид млнм ³ |
|----------------|--|----------------------------------|-------------------------------|----------------|-------------------------------|---------------------|---|------------------------------|
| Балка Мікуліна | Павлоградська Благодатна | 539,9 767,5 | 5,8 | СН | 18,34 | 0,279 | | |
| Балка Свідовок | Павлоградська Благодатна Зах. Донбаська Тернівська | 1287,3 550,4 195 2643,5 | 8,0 | | | | | |
| Балка Таранова | Дніпровська Самарська Ім. Сташкова | 2344,9 3677,8 8935,3 | 6,8 | інфільтрація | 5,12 | | Таранова Свідовок рельєф інфільтр. | 6,27 7,01 1,32 1,75 |
| Балка Космінна | Ювілейна Степова | 7575,0 7840,7 | 3,4 | рельєф | 1,32 | | | |
| Всього | 11 | 36357,3 | | | 36,36 | | | 14,6 |

Примітка: M – мінералізація, V – об'єм скинутих вод, $K_{інф} = \frac{V_i}{V_0}$, де – V_i – об'єм води, що інфільтрувалася у СН; V₀ – об'єм ШВ, що скинута

Таблиця 2

Якісний склад та мінералізація води в СН в балці Таранова [10]

| Катіони та аніони | SO ₄ ⁻ | HCO ₃ ⁻ | Na+K ⁺ | Cl ⁻ | Ca ⁺ | Mg ⁺ |
|--------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Склад, г/дм ³ | 447.6 | 268.3 | 2084.49 | 3546.00 | 220.44 | 145.92 |

Таблиця 3

Характеристика гідрогеологічних спостережних свердловин

| № свердловини | Водоносний горизонт | Рівень підземних вод, м | Глибина відбору проб, м | pH | Води за складом по клас. [12] | M, г/дм ³ поч./н.ч |
|---------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------|-------------------------------|-------------------------------|
| 133 | берекський | 33.98 | 46,5 | 8,4 | нейтральні | 2,54/9,0 |
| 134 | межигірський | 34.05 | 68,0 | 6,2 | кислі | 2.77/8,3 |
| 135 | бучакського-обухівський | 41.2 | 89,5 | >8,4 | солоні | 3,0/5,84 |

ками швидкість підвищення рівнів у ближчих до поверхні горизонтах утричі перевищує швидкість вишення в горизонтах, що залягають нижче.

Основним водотоком, що опосередковано приймає ШВ із СН, є р. Самара та р. Вовча. На підставі проведених авторами досліджень та аналізу регулярних спостережень за гідрохімічним режимом вод річок Самари та Вовчої на двох водопостах (р. Вовча (Павлоград 25 км), р. Самара (142 км, с. Вербки)) [11] визначено рівень змін у водосольовому режимі річок на ділянках ЗД (рис.1, в, з). Отримані результати засвідчують, що зміст хлору в р. Самара перевищує ГДК у середньому у 2,66 раза, зміст сульфатів – 3,01 раза, тобто 3 клас небезпеки за прийнятими загальними показниками якості навіть для промислових вод.

Слід констатувати, що рівняння трендів, отримані з аналізом графіків (рис. 1, в, з), не можуть бути використані для оцінки та прогнозування змін коефіцієнтів перевищення вмісту забруднювачів щодо показників ГДК, адже вони мають досить слабкі прогностичні властивості – R^2 (0,3208, 0,216). Проте вони відображають загальну тенденцію, адже вміст хлоридів або сульфатів у річках поступово підвищується щороку.

Проведений розрахунок індексу забруднення води (далі – ІЗВ) за середньорічними концентраціями інгредієнтів, які роблять найбільший внесок у забруднення водного об'єкта (
$$ІЗВ = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ГДК_i}}{n}$$
, де – ГДК і – речовини для вод водного об'єкта конкретного виду водокористування, мг/дм³; n – кількість показників, що беруть участь у розрахунку), свідчить про те, що показник ІЗВ в р. Самара дорівнює 2,16 та в р. Вовча – 2,06, тобто III клас забруднення води. Склад ПВ нестійкий і змінюється протягом року. Зміна хімічного складу ПВ відбувається, як наслідок, через скидання ШВ у річкову мережу, спричиняючи збільшення мінералізації та вмісту іонів натрію, хлору, сульфатів.

Головні висновки. У роботі оцінена ЕН впливу ставка-накопичувача у б. Таранова на ВС території ЗД. Доведено, що експлуатація СН має негативний вплив на ВС, адже забруднення ПВ в результаті інфільтраційних втрат із б. Таранова впливає на зміну хімічного складу води річок Самара і Вовча (через зону аерації). Уперше визначено, що вода у СН належить до 3 класу небезпеки за загальними показниками якості промислових вод, що скидаються у відкриті водойми. Встановлено, що за показником ІЗВ води річок Самара та Вовча (скид води зі СН) належать до III класу якості. Доведено, що вміст хлору в р. Самара перевищує ГДК у 2,66 раза, вміст сульфатів – 3,01 раза. Виявлено, що вміст останніх у річках підвищується щороку. Уперше для СН б. Таранова проведено розрахунок $K_{\text{інф}}$ ШВ у ВГ (0,279) та розраховано обсяги скинутих у довкілля розчинених у воді солей та мінеральних речовин (20 876 т/рік). Зазначається, що рівень ПВ: у берекському горизонті підвищився на 4,2 м; межигірському – на 4,9 м; бучаксько-обуховському – майже не змінився. Характер змін рівнів є циклічним, постійним і стаціонарним відповідно. Встановлено, що швидкість вишення рівнів вод у ближчих до поверхні горизонтах утричі перевищує швидкість підйому рівнів у горизонті, що залягає нижче. Розрахована швидкість приросту рівнів ПВ дорівнює в середньому 0,6 м/рік. З'ясовано, що води СН належать до хлоридо-натрієвого типу, є високомінералізованими та зі значним змістом сульфатів; мінералізація і хімічний склад ШВ безпосередньо залежать від якості скинутих вод і схильні до значних змін у часі, для питного водопостачання ПВ не придатні.

Перспективи використання результатів дослідження. Отримані результати сучасного рівня «шахтного» навантаження на ВС ЗД можна використовувати для прийняття відповідних рішень щодо: створення сучасних бар'єрів на шляху проникнення ШВ у НС; оздоровлення малих річок; прогнозування забруднення ВС скинутими водами підприємств.

Література

1. Про затвердження Правил охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами : постанова КМУ від 25.03.1999. № 465. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/465-99-%D0%BF#Text>.
2. ДСТУ 4808:2007. Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2007. 36 с.
3. Мнухина Н.А. Шахтные воды и модельный раствор шахтных вод. URL: <http://ecoj.dea.kiev.ua/archives/2015/8/22.pdf> (дата звернення: 02.12.2020).
4. Ломакин Е.А., Мироненко В.А., Шестаков В.М. Численное моделирование геофильтрации. Москва : Недра, 1988, 228 с.
5. Евграфкина Г.П., Омельчук А.Ю. Изменение гидрогеологических условий на территории, прилегающей к пруду-накопителью «Свидовок». *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету*. 2012. № 2. С. 22–24.
6. Шторм Р. Теория вероятностей. Математическая статистика. Статистический контроль качества. Москва : Мир. 1970. 268 с.
7. Улицький О.А. Фактори екологічного ризику підприємств вугільного сектору для навколишнього середовища. *Техногенно-екологічна безпека та цивільний захист*. 2012. Вип. 4. С. 148–153.
8. Клименко М.О., Прищепата А.М. Моніторинг довкілля. Київ : ВЦ «Академія». 2006. 240 с.
9. Дьяченко Н.А. Особенности формирования региональных воронок депрессии в отложениях палеогена под влиянием шахтоосушения и водозабора (Западный Донбасс). *Наукові праці УкрНДМІ НАНУ*. 2013. № 12. С. 291–305.
10. О результатах режимных гидрогеологических наблюдений по ведомственной сети наблюдательных скважин ПАО ДТЭК «Павлоградуголь». Информационный отчет. Павлоград : КП «ЮжУкргеология». 2017. 48 с.
11. Моніторинг та екологічна оцінка водних ресурсів України, ДАВПУ: URL: <http://monitoring.davr.gov.ua/EcoWaterMon/GDKMap/Index>.
12. Горшков В.А. Очистка и использование сточных вод предприятий угольной промышленности. Москва : Недра. 1981. 78 с.

ЗАГАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

УДК 504.03:314.17+574.474(712.14)

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.7-34.7>

ОЦІНКА ПОКАЗНИКІВ ЕКОСИСТЕМНИХ ПОСЛУГ МІСЬКИХ ЗЕЛЕНИХ ЗОН ЗАЛЕЖНО ВІД УРБОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ

Васютинська К.А.

Одеський національний політехнічний університет
пр. Шевченка, 1, 65044, м. Одеса
e.a.vasutinskaya@opu.ua

Стаття присвячена дослідженню виділених у системі екосервісу послуг міських зелених зон і їхніх індексних оцінок у регіональному розрізі.

Відзначені особливості системи екосервісу за міських умов. Визначені функції зелених рослин, які забезпечують надважливі екосистемні послуги, запропоновані відповідні індикатори й еколого-економічні оцінки. Проведений аналіз причин і наслідків перерозподілу системи послуг міської зеленої інфраструктури за умов урбанізації, виділені аспекти збереження та розширення підтримуючих послуг зеленої рослинності.

Використання питомих показників забезпечення територій і населення міст зеленими зонами обґрунтоване вимогами зберігати певну частину озелененої території міста. Проведене ранжування адміністративних областей України за означеними показниками дозволило оцінити співвідношення рівнів забезпеченості міського населення та міської території зеленими зонами. Визначена відмінність рангів більшості областей за розрахованими показниками. Окремі винятки стосуються областей із максимально високими (Житомирської, Чернігівської областей) і критично низькими значеннями (Луганської області) рівнями забезпечення міст послугами зелених рослин.

Для врахування урбогенного навантаження адміністративних областей України застосований комплексний індекс еколого-демографічної урбанізації. Проведений аналіз співвідношення індексних оцінок зелених міських зон і комплексного індексу еколого-демографічної урбанізації. Зроблені висновки щодо впливу урбанізації на скорочення ЗІМ. Визначені недоліки системи обліку зелених зон міст. Проведена диференціація адміністративних областей України за типом сполучення індексів озеленення й урбанізації. Показано, що високі значення індексів озеленення загалом характеризують розвинені області з великими містами та мегаполісами, які мають більше фінансових, матеріальних коштів на розвиток ЗІМ, що віддзеркалює позитивні аспекти урбанізації. *Ключові слова:* урбанізація, екосистемні послуги, зелені насадження, зелена інфраструктура міст, екологічний індекс.

Assessment of the ecosystem service indicators of urban green zones in relation with the urbogenic load of Ukraine regions. Vasiutynska E.

In this article, we have studied the services of urban green zones as ecoservice system elements and we have evaluated their indexes in the regional context.

The features of the eco-service system in urban environments are noted. The functions of green plants, which provide extremely important ecosystem services, are determined, the corresponding indicators and ecological and economic assessments are proposed. The analysis of the causes and consequences of the redistribution of the system of urban green infrastructure services in the context of urbanization is carried out. The aspects of conservation and expansion of supporting services of green vegetation are identified.

The use of the indexes per urban capita and per urban territory of provision with green zones is substantiated by the requirements to preserve a certain part of the city green areas. The ranking of the Ukraine regions in accordance with the established indicators have carried out. This made it possible to assess the ratio of the levels of provision of the urban population and area with green zones. The difference in the ranks of most regions according to the calculated indexes is noted. Some exceptions relate to regions with higher (Zhytomyr, Chernihiv regions) and critically low values (Luhansk region) levels of providing cities with services of green plants.

To consider the urban load of the Ukraine regions, a complex index of ecological and demographic urbanization was applied. The analysis of the relation between the index of urban green zones (GUZ) and the complex index of ecological and demographic urbanization is carried out. The impact of urbanization on the reduction of GUZ was concluded. The disadvantages of the system of accounting for cities green areas are determined. Differentiation of the Ukraine regions by the type of coupling of greening and urbanization indices is carried out. It is shown that high values of greening indices generally characterize industrialized regions with large cities and megalopolises, which have more financial and material resources for the development of green urban space. These reflects the positive aspects of urbanization. *Key words:* urbanization, ecosystem service, green space, urban green zone, ecological index.

Постановка проблеми. Урбанізація є невід'ємною рисою сучасної цивілізації, безпосереднім наслідком глобалізації світової економіки. Зростання ролі міст у розвитку суспільства, по суті, віддзеркалює пристосування людини до умов науково-технічного прогресу. Урбанізовані ландшафти розширюються швидше, ніж будь-який інший тип землекористування та поглинають природні території, які мають критичне значення для збереження екологічного балансу. Забезпечення якості середовища проживання людини на певному рівні передбачає збереження рівноважного стану природної системи як основи її безпечного існування та відтворення.

Одним із підходів до забезпечення сталого розвитку міст є використання «екосистемних послуг» для усунення тотального забруднення урбанізованих ареалів, кліматичних змін та інших екологічних проблем. Концепція екосервісу (ЕС) виникла в 1997 р. для підтримання біологічного різноманіття шляхом оцінки його ролі в житті й економіці людини [1]. Концептуальна основа оцінювання екологічних послуг закладена в міжнародних документах сталого розвитку [2] та пов'язує біорізноманіття, стан екосистем та екосистемні послуги з добробутом людей на основі концепції капіталізації природних благ.

Для отримання населенням урбоекосистемних послуг велике значення має збереження «зелених поясів» міст, об'єктів екологічної мережі. Зелені насадження є необхідною складовою частиною міського простору. Вони виконують комплекс оздоровчих, рекреаційних, захисних функцій, виступають стабілізатором екологічної рівноваги, тим самим забезпечують практично всі типи послуг, які приносять користь міським жителям, але для розробки заходів із практичного використання концепції екосервісу необхідно визначити характер екосистемних послуг, що надаються складною, динамічною урбоекосистемою, яка постійно та швидко розвивається. Вивчення тих аспектів екологічних послуг міської зеленої інфраструктури, сполучених зі зростаючими рівнями урбогенного навантаження в регіональному розрізі, є необхідною передумовою широкого впровадження системи ЕС в Україні.

Мета та завдання дослідження – провести диференціацію адміністративних областей України за визначеними показниками міських зелених зон як індикаторів екосистемних послуг за умов урбанізації.

У рамках окресленої мети поставлені завдання аналізу особливостей зеленої інфраструктури міст у системі екосистемних послуг; обґрунтування та визначення відповідних показників міських зелених зон; кількісної оцінки рівнів забезпечення міської території та населення функціями зеленої рослинності. На цій основі вирішувалися завдання дослідження характеру сполучення між індексами озеленення міських територій та індикаторами, що віддзеркалюють урбанізаційні процеси в регіонах України

Актуальність дослідження пов'язана із розвитком індикаторних методів оцінювання багатofакторних регіонально диференційованих урбогенних впливів на характер змін зеленої інфраструктури міст. **Новизна роботи** полягає у проведенні ранжування регіонів України відповідно до показників забезпечення міської території та населення зеленими зонами у взаємозв'язку із комплексними інтегральними показниками урбогенності.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Указом Президента України № 722/2019 від 30 вересня 2019 р. рекомендовано враховувати «Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року» під час визначення напрямів наукових досліджень [3]. Чинне дослідження відповідає Цілі 11 – Сталий розвиток міст і громад (Завдання 11.3 – забезпечення збереження культурної і природної спадщини) [4] та стратегічним цілям і завданням, визначеним у Законі України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» [5], а саме завданню «зменшення негативного впливу процесів урбанізації на навколишнє природне середовище». Результати проведеного дослідження доцільно використовувати у розробленні міських і регіональних програм озеленення з урахуванням урбогенної модифікації середовища та застосуванням сучасного інструментарію екологічно орієнтованого міського планування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Перевагам зеленої інфраструктури міст (ЗІМ) як основи урбоекосистемних послуг присвячені численні, переважно міжнародні дослідження [6–12]. Так, проведений у роботі [6] економічний аналіз урбоекосистемних послуг показав вигоду у грошовому еквіваленті від інвестування в зелену інфраструктуру, відновлення та реабілітацію екосистем на прикладі 25 міст США, Канади, Китаю.

Зелена рослинність за рахунок багатогранності своїх функцій здатна виконувати практично всі типи екосистемних послуг, а саме забезпечувальні, регулюючі, культурно-естетичні та послуги підтримання [7]. Загалом функції ЗІМ щодо компенсації викидів парникових газів, асиміляції міських забруднень, регуляції зливових стоків, уловлювання й акумуляції вуглецю, регуляції клімату реалізовані за різноманітних умов і досліджені на прикладі різних країн світу, наприклад, Фінляндії [8], Румунії [9], США [6; 10] та ін. Біорізноманіття й екосистемні послуги в міських ландшафтах генеруються складними біогеохімічними процесами, які реалізуються комплексом трав'яних, чагарникових, лісових співтовариств суходолу, а також водною рослинністю («блакитною інфраструктурою міст») [7]. Значна частина наукових робіт присвячена розробленню принципів міського планування та розподілу земель для оптимізації екосистемних послуг рослинності [6; 10; 11], стійкості міських екосистем [12], здоров'я та благополуччя населення [6; 9].

У роботах українських вчених проведений аналіз світового досвіду впровадження системи ЕС [13], використання зеленої інфраструктури [14] тощо. Натомість застосування концепції екосистемних послуг як практичного інструменту екологічної політики в національному або регіональному масштабі в Україні вивчено недостатньо. Переважно ці дослідження стосуються розробки механізмів оцінки послуг, які забезпечуються лісовими екосистемами [13], й оцінок екосистемних послуг соціально-економічного плану [15]. Екосистемні послуги урбанізованих територій розглянуті стосовно окремих природоохоронних територій, наприклад, регіонального ландшафтного парку «Ліса гора» у м. Київ [16], Голосіївського лісу [17] чи регіонального ландшафтного парку «Знесіння» у м. Львів [18].

На наш погляд, в Україні вкрай необхідно розширити дослідження у сфері міського екосервісу з урахуванням особливостей урбанізації в різних регіонах країни.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Автором статті у попередніх роботах [19] обґрунтоване виділення інтегральної екологічної послуги безпеки, яка ґрунтується на принципі забезпечення безпеки людини через безпеку середовища проживання. Із цих позицій відзначена перспективність оцінки потенціалу ЗІМ в ідентифікації набору урбоекосистемних функцій. На жаль, в Україні склалася негативна ситуація, зумовлена переважно нормативно-правовими основами встановлення функціональності та структури зелених зон міст. Отже, перехід на концепцію екологічних послуг дозволить поєднати специфіку озеленення міст України, що вже склалася, із сучасними підходами сталого розвитку. Участь України у загальноєвропейських програмах стимулює розвиток всієї системи екосервісу. Застосування індикаторних методів оцінювання рівня забезпечення міських територій послугами зелених рослин є необхідною платформою широкого впровадження системи ЕС як основи сталого розвитку країни.

У роботі використані методи статистичного оброблення даних, графічного аналізу, індексної оцінки. Як вихідні дані використані статистичні дані Екологічних паспортів регіонів [20], статистичних щорічників [21], статистичних порталів [22]. Аналітичні методи базувалися на стандартизації або нормалізації показників і визначенні вагових коефіцієнтів із застосуванням алгоритму, викладеного в роботі [23].

Індикаторний метод у цьому дослідженні застосовувався для оцінки співвідношення рівня урбогенного навантаження адміністративних областей України та показників забезпечення території та населення міст функціями зелених рослин. Комплексний індекс еколого-демографічної урбанізації (I_{edu}) розраховувався на основі індикатору екологічної урбанізації ($I_{ec.urb}$) [24] та індексу реальної урбанізації

($I_{реальн.урб}$) [25]. У цій комбінації екологічний аспект складного урбанізаційного процесу визначався характером використання територіальних ресурсів і межами їх сталості під тиском урбогенних впливів. Індикатор екологічної урбанізації ($I_{ec.urb}$) був розрахований із застосуванням нормалізованих показників щільності міського населення і сумарної площі міських населених пунктів щодо загальної території адміністративних областей [24]. Показник реальної урбанізації ($I_{реальн.урб}$) розраховувався на основі показників системи розселення містян і рівнів урбанізації регіонів [25]. У дослідженні використане нормалізоване значення комплексного індексу еколого-демографічної урбанізації (I_{edu})ⁿ.

Виклад основного матеріалу. Аналіз забезпечення урбоекосистемних послуг функціями зелених рослин. Урбоекосистемні послуги, пов'язані з рослинними співтовариствами, чинять істотний вплив на якість життя міського населення. Системи незакритего асфальтом ґрунтового покриття, вуличних дерев, газонів, парків, водно-болотних угідь, морського узбережжя генерують найважливіші функції екосистемних послуг. Серед них – фільтрація повітря, створення сприятливого мікроклімату, поглинання шуму, фітореMediaція ґрунту (що дуже важливо для територій зберігання відходів), дренаж дощової води, очищення стічних вод, рекреаційні та культурні цінності. Певні види продуцентів використовуються у протизсувних, протикарстових заходах, для захисту від підтоплення та яроутворення. Міська зелена інфраструктура (ЗІМ) вважається ключовим елементом у створенні необхідних умов сталого розвитку міст. Зелені зони (ЗЗ) роблять внесок у найбільш важливі аспекти якості життя городян, передусім дозволяють міським жителям стикатися з міською природою. У табл. 1 автором чинної статті представлені найбільш вагомі екосистемні послуги (ЕП), що забезпечуються функціями зелених рослин, а також запропоновані відповідні індикатори й еколого-економічні оцінки.

Таблиця по суті відповідає відомій «каскадній моделі» [9; 19] ЕС, яка відображає «продуктивний ландшафт» від біофізичної структури та природних процесів ЗІМ до цінностей послуг, які надає така система. Наприклад, міські зелені масиви (біофізична структура) мають здатність (функцію) сповільнювати проходження поверхневих вод, тим самим зменшуючи повені або підтоплення міської території (послуга), що дозволяє зменшити чи уникнути збитків (вигода) у матеріальному чи грошовому вигляді (оцінка).

Окремо слід визначити, що функції ЗЗ одночасно забезпечують якість міського середовища і добробут людини, характеризуючись одним набором індикаторів і еколого-економічних оцінок. Кожна функція ЗЗ з урахуванням конкретних умов і факторів міського ландшафту вимагає розробки індикаторів на основі значущих показників, а економічні оцінки ЕП

Набір показників системи екосервісу для міських систем

| Функції зеленої інфраструктури міст | Екологічні послуги | Вигода для людини та довкілля | Індикатори | Характер еколого-економічної оцінки |
|--|---|---|---|--|
| Зниження забруднення повітряного середовища, асиміляція шкідливих речовин, затримання пилу | Забезпечувальні, Регулюючі, Підтримуючі | Зниження ризиків забруднення довкілля | Питомі обсяги викидів, скидів, твердих відходів, обсягів розміщення побутових і промислових відходів. Ступінь утилізації відходів. | Обсяги виплат внаслідок порушень екологічного та природоохоронного законодавства. Обсяги екологічних програм і фондів. |
| Зниження рівня забруднення водних об'єктів | | | | |
| Запобігання ефтрофікації водойм | | | | |
| Регуляція поверхневих стоків, затримання осадів; | | | | |
| Затримання мінеральних і біогенних речовин, обмеження їх проникнення у ґрунти | | | | |
| Регулювання міського клімату, адаптація до кліматичних змін | Продукуючі, регулюючі, підтримуючі, естетичні | Підтримка параметрів міського середовища, оптимальної для здоров'я людини | Порівняльні індекси захворюваності/ смертності, ендемічних, професійних захворювань, середня тривалість життя | Параметри міських бюджетів у розділах охорони здоров'я, охорони довкілля, розвитку ЗІМ. Обсяги інвестицій, екологічних програм і фондів. |
| Захист від шуму | | | | |
| Депонування вуглецю, зберігання балансу між O ₂ і CO ₂ | | | | |
| Продуктування кисню | | | | |
| Збереження родючості ґрунту | | | | |
| Пом'якшення наслідків і зменшення частоти повеней | Регулюючі, підтримуючі | Зменшення ризиків природних катастроф, мінімізація наслідків | Динамічні показники розвитку небезпечних екзогенних геологічних процесів. Динаміка пожеж при- міських лісів, торфовищ. Статистичні дані надзвичайних ситуацій природного походження | Оцінки матеріальних збитків і людських жертв від природних катастроф. Обсяги профільних екологічних програм і фондів |
| Стимування розширення карстових територій | | | | |
| Запобігання ерозії ґрунтів, яроутворення | | | | |
| Стимування зсувних процесів | | | | |
| Запобігання підтопленню міської території | | | | |
| Зменшення частоти природних пожеж за рахунок регуляції клімату | | | | |

* розроблено автором

можуть включати ризик-орієнтовані підходи, визначитися збитками чи оптимізованими витратами на запобігання та компенсацію ризиків. Також зазначимо, що послуги ЗІМ дозволяють розширити асортимент і якість інших категорій системи екосервісу.

Перерозподіл системи послуг міської зеленої інфраструктури. Місто як складна динамічна система здійснює комплексне навантаження на ландшафт загалом, що призводить до перерозподілу всього комплексу ЕП, змін економічних оцінок від їх отримання населенням і збитків від недоотримання. Зниження потенціалу екологічних послуг і значні збитки від скорочення їх використання визначаються як деградацією внутрішньоміських систем під впливами антропогенно-техногенної діяльності, так

і урбогенним поглинанням значних територій природних систем далеко за межами міських територій. Успішність виконання зеленими рослинами своїх функцій залежить від ступеня їх власної адаптованості до агресивного міського середовища. Цикл етапів ідентифікації й оцінювання послуг ЗІМ, запропонований автором статті у роботі [26], демонструє, що попит на урбоекосистемні послуги рослинності за урбогенних умов буде рости або залишатися на постійно високому рівні (рис. 1).

Між станом міського середовища й ефективністю виконання зеленими насадженнями своїх функцій щодо збереження природного стану та сталості міського простору існує зворотний позитивний зв'язок. Чим більш негативна урбогенна трансфор-

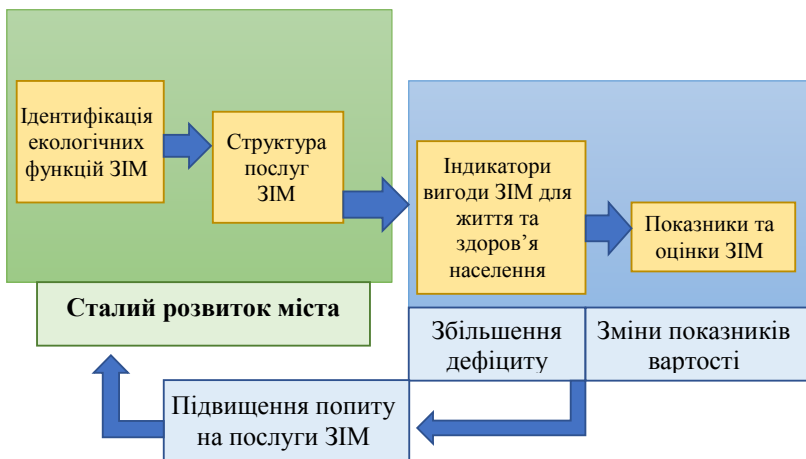


Рис. 1. Послідовність кроків із ідентифікації й оцінювання послуг зеленої інфраструктури міст

мація умов міського середовища, тим більше погіршуються умови зростання рослин і тим менше вони здатні здійснювати свої відновлювальні, підтримуючі функції, тим менше їхня продуктивність, гірша якість культурно-естетичних функцій.

Крім того, підтримуючі послуги ЗІМ у міських системах неможливо оцінювати без врахування стану тієї регіональної геосистеми, куди включена міська агломерація. Викликані урбанізацією масштабні зміни характеру землекористування сприяють тиску на комплексні зелені зони як у самих містах, так і за їх межами.

На наш погляд, проблема збереження та розширення підтримуючих послуг ЗІМ характеризується

двома аспектами. Перший із них зумовлений тим, що ефективність виконання функцій зеленими насадженнями залежить від підтримання їх у належному стані, рівномірності організації ЗІ, стійкого розширення озелених територій паралельно розбудові житлових масивів. Із цим аспектом безпосередньо асоціюються функції міського планування, дотримання норм озеленення житлових районів, збереження крупних парків, скверів, садів. Програма створення «зеленого каркасу міста», вирівнювання всіх районів за ступенем озеленення, реабілітація пошкоджених територій на основі територіально-функціональної концепції розроблена автором статті на прикладі м. Одеса [27].

Другий аспект стосується фундаментальних принципів збереження рівноважного стану фітоценотичної системи як основи її сталого існування та відтворення. Тільки стійкі екосистеми володіють повним набором екосистемних функцій. Ефективність компенсаторно-регулюючих, підтримуючих функцій ЗІМ залежить від забезпечення екологічної рівноваги всього урбанізованого ареалу та здійснення заходів щодо збереження «зелених поясів» міст, об'єктів екологічної мережі.

Визначення та розрахунок показників ЗІМ за адміністративними областями України. Згідно з даними [22] загальна площа зелених насаджень

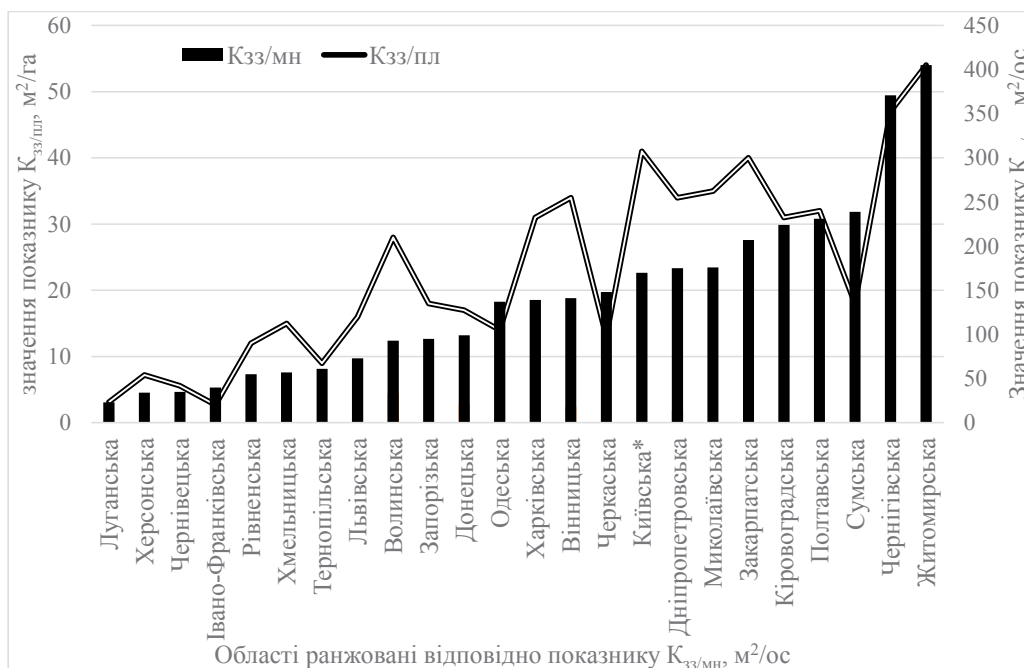


Рис. 2. Оцінка показників питомої площі загальних зелених насаджень у розрахунку на одиницю міської території та міського населення за адміністративними областями України

всіх типів користування для міст і міських населених пунктів країни на 1 січня 2020 р. становить понад 403,4 тис. га, із яких на зелені насадження загального користування припадає близько 135,7 тис. га. Відзначимо негативну тенденцію зменшення площ зелених насаджень загального користування на 40% порівняно з 2013 р.

Тож, система індикаторів для ідентифікації й оцінювання функцій міської рослинності повинна поєднувати національні нормативи озеленення як елемента благоустрою та показники, що відображають їхню здатність до екосистемних послуг. Вимоги зберігання певної частини озеленої території міста як основи її рівноважного стану і відтворення обґрунтовують доцільність використання питомих показників забезпечення територій і населення міст зеленими зонами. На основі даних [20; 22] були розраховані такі показники:

– $K_{зз/мн}$, $m^2/ос$ – індекс питомої площі загальних зелених насаджень (загального, спеціального, обмеженого користування) на 1 особу міського населення, $m^2/особу$;

– $K_{зз/пл}$, $m^2/га$ – індекс питомої площі загальних зелених насаджень на одиницю міської площі.

Ранжування регіонів України за означеними показниками (рис. 2) дозволяє оцінити співвідношення рівнів забезпеченості міського населення та міської території зеленою рослинністю.

Збіг рангів за означеними показниками спостерігається для Житомирської та Чернігівської областей із максимальним забезпеченням як міської території, так і населення функціями ЗЗ. Це області із середнім рівнем урбанізації, господарські комплекси яких не обтяжені об'єктами важкої промисловості. Можна припустити, що високий рівень озеленення міст склався історично, на фоні помірних кліматичних умов лісової зони.

Серед областей із мінімальними значеннями показників $K_{зз/мн}$, $K_{зз/пл}$ (наприклад, Івано-Франківської, Чернівецької, Рівненської, Херсонської, Тернопільської) слід окремо виділити Луганську, з величезним обсягом промислових об'єктів гірничо-добувного комплексу, високою концентрацією міст і їх щільним заселенням. Не можна не враховувати стрімку деградацію та руйнування природних ландшафтів у зоні проведення воєнних дій. Тож виконання зеленими рослинами своїх функцій у містах Луганщини утруднене сукупністю природних і техногенних факторів.

Загалом для основної частини областей значення обох показників в області їхніх середніх значень практично не збігаються, а винятки стосуються областей із їх максимально високими та низькими значеннями.

Аналіз співвідношення індексів озеленення й урбогенного навантаження регіонів. Для проведення порівняльного аналізу комплексних показни-

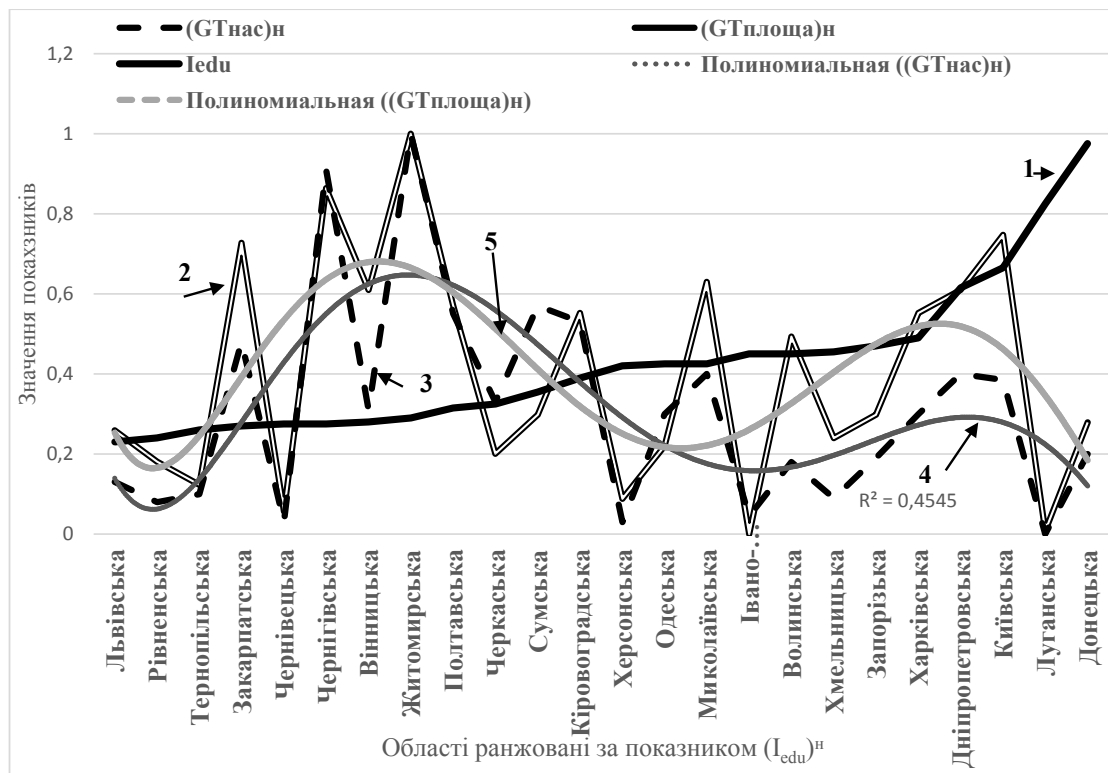


Рис. 3. Співвідношення індексів зеленої інфраструктури міст та індексу еколого-демографічної урбанізації: 1 – I_{edu}^n ; 2 – $(GT_{площа})^n$; 3 – $(GT_{нас})^n$; 4 – поліноміальна лінія тренду показника $(GT_{площа})^n$; 5 – поліноміальна лінія тренду показника $(GT_{нас})^n$

ків озеленення й урбогенного навантаження адміністративних областей значення показників $K_{33/мн}$, $м^2/ос$, та $K_{33/пл}$, га/га були нормалізовані з отриманням таких індексів:

– $(GT_{нас})^м$ – індекс забезпечення міського населення функціями ЗЗ, розрахований на основі $K_{33/мн}$,

– $(GT_{площа})^м$ – індекс забезпечення міської території функціями ЗЗ, розрахований на основі $K_{33/пл}$.

Проведений аналіз індексів озеленення у сполученні з комплексним індексом еколого-демографічної урбанізації (рис. 3).

Лінії трендів показників $(GT_{нас})^м$ і $(GT_{площа})^м$ з достатніми рівнями коефіцієнтів кореляції відповідно до показника урбогенності областей демонструють загалом негативний вплив урбанізації на розвиток функцій ЗІМ. Умовно можна виділити окремі групи областей за типом співвідношення показників.

До першої групи належать області з низькими рівнями індексів урбанізації та озеленення, а саме Львівська, Рівненська, Тернопільська, Чернівецька, Вінницька. За географічним розташуванням області буквально «птопають» у лісових масивах. Низькі значення індексів ЗІМ, на погляд автора статті, має свої пояснення. Низький рівень індексу $(I_{edu})^м$ зумовлений низьким значенням показника реальної урбанізації (визначення показників було представлено описом методології дослідження), що означає значну частку невеликих міст за розміром і чисельністю населення у складі урбанізованих ареалів областей.

Для населених пунктів такого типу характерні райони малоповерхової забудови із присадибними ділянками. Тому низькі значення індексів ЗІМ, на наш погляд, пояснюється швидше характером визначення загальних площ зелених зон як елементів благоустрою, охоплених доглядом, і не враховуючих як аграрні елементи, так і приміські зелені масиви. Тож низькі значення показників $(GT_{нас})^м$ і $(GT_{площа})^м$ у цьому разі не можуть свідчити про низький рівень забезпеченості міських ареалів зеленою рослинністю, адже садово-городні ділянки, дачні зони, приміські садиби виконують важливі екологічні функції виробництва кисню, зволоження й очищення повітря, збереження агробіоценозів.

До другої групи можна віднести Закарпатську, Чернігівську, Житомирську, Полтавську області з високими індексами озеленення на фоні середніх і нижче середніх показників урбогенного навантаження.

Третя група включає області із середніми та високими рівнями еколого-демографічної урбанізації, який співвідноситься з поступовим зменшенням рівнів озеленення міських ареалів. Особливо високий рівень дефіциту зеленої рослинності демонструють Херсонська, Черкаська, Івано-Франківська,

Запорізька, Донецька області. Це означає, що населення міст не отримує послуги ЗЗ, а їхня цінність зростає. Натомість високі значення індексів $(GT_{нас})^м$ і $(GT_{площа})^м$ характеризують високоурбанізовані області з великими містами та мегаполісами (Миколаївську, Кіровоградську, Дніпропетровську, Одеську, Харківську, Київську), які мають більш фінансових, матеріальних, людських, організаційних можливостей для розвитку ЗІМ, що віддзеркалює позитивні аспекти урбанізації. Достатньо високий рівень зеленої інфраструктури має особливе значення у промислових розвинених Дніпропетровській, Харківській, Одеській областях для виконання функцій компенсації негативних процесів і явищ, зумовлених активною господарською діяльністю, розгалуженою транспортною системою, наявністю потужних об'єктів промисловості й енергетики. Найбільш низькі значення обох показників $(GT_{площа})^м$, $(GT_{нас})^м$ визначені в Луганській області із «застарілим» промисловим потенціалом за умов максимального урбогенного тиску та факторів, що були вище обговорені.

Наприкінці зазначимо, що для детальної діагностики рівнів дефіциту чи достатності забезпечення регіонів України міськими зеленими насадженнями необхідно застосовувати комплексні методи дослідження, дані супутникових зйомок, геоінформаційних технологій.

Головні висновки та перспективи використання результатів дослідження. Таким чином, були визначені, розраховані та проаналізовані індексні оцінки зеленої інфраструктури міст як індикаторів змін екологічних послуг за умов урбанізації. Зроблені висновки щодо зростання попиту на екосервіс в рамках урбоєкосистем на основі аналізу характеру перерозподілу функцій ЗЗ, таких як компенсації негативних природних і техногенних впливів, підтримуючих екологічну цілісність міст. Проведений аналіз співвідношення індексних оцінок зелених міських зон і комплексного індексу еколого-демографічної урбанізації показав вплив урбанізації на скорочення ЗІМ. Відзначені недоліки системи обліку міських зелених зон, відсутність врахування аграрних елементів, приміських зелених поясів тощо. Показано, що високі значення індексів озеленення характеризують розвинені області з великими містами та мегаполісами, які мають більше фінансових, матеріальних коштів на розвиток ЗІМ, що віддзеркалює позитивні аспекти урбанізації.

Проведене дослідження може бути використане у розробленні міських і регіональних програм озеленення з урахуванням урбогенної модифікації середовища та застосуванням сучасного інструментарію екологічно орієнтованого міського планування та науково-технічних інновацій.

Література

1. Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being. Synthesis Report. Washington DC: Island Press, 2005. 160 p. URL: <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf/> (дата звернення 19.01.2021).
2. TEEB. The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundation / Edited by Pushpam Kumar. Earthscan: Cambridge, 2010. 422 p. URL: <http://teebweb.org/publications/teeb-for/research-and-academia/> (дата звернення 22.02.2021).
3. Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року : Указ Президента України від 30 вересня 2019 р. № 722/2019 URL: <https://www.president.gov.ua/documents/decrees> (дата звернення 12.01.2021).
4. Цілі сталого розвитку: Україна: Національна доповідь 2017 / М-во економічного розвитку і торгівлі України. URL: http://un.org.ua/images/SDGs_NationalReportUA_Web_1.pdf (дата звернення 14.01.2021).
5. Про стратегічну екологічну оцінку : Закон України від 01 січня 2020 р. № 2354-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2354-19#Text> (дата звернення 10.01.2021).
6. Elmqvist, T., Setälä, H., Handel, S., van der Ploeg, S., Aronson, J., Blignaut, J., de Groot, R. Benefits of restoring ecosystem services in urban areas. *Environmental Sustainability*. 2015. Vol. 14. P. 101–108. DOI: 10.1016/j.cosust.2015.05.001.
7. Pataki D.E., Carreiro M., Cherrier J., Grulke N. E., Jennings V., Pincetl S., Pouyat R.V., Whitlow T.H., and Zipperer W.C. Coupling biogeochemical cycles in urban environments: ecosystem services, green solutions, and misconceptions. *Ecol Environ*. 2011. Vol. 9. № 1. P. 27–36. DOI:10.1890/090220.
8. Niemela J., Saarela S.R., Soderman T., Kopperoinen L., Yli-Pelkonen V., Väire S., Kotze D.J. Using the ecosystem services approach for better planning and conservation of urban green spaces: a Finland case study. *Biodivers Conserv*. 2010. Vol. 19. P. 3225–3243. DOI: 10.1007/s10531-010-9888-8.
9. Badiu D.L., Ioja C.I., Patroescu M., Breuste J., Artmann M., Nita M.R., Gradinaru S.R., Hossu C.A., Onosea D.A. Is urban green space per capita a valuable target to achieve cities' sustainability goals? Romania as a case study. *Ecological Indicators*. 2016. Vol. 70. P. 53–66. DOI: 10.1016/j.ecolind.2016.05.044.
10. Kima G., Miller P.A., Nowak D.J. Assessing urban vacant land ecosystem services: Urban vacant land as green infrastructure in the City of Roanoke, Virginia. *Urban Forestry & Urban Greening*. 2015. Vol. 14. P. 519–526. doi: 10.1016/j.ufug.2015.05.003.
11. Stott, I., Soga, M., Inger, R., Gaston, K.J. Land sparing is crucial for urban ecosystem services. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 2015. Vol. 13. № 7. P. 387–393. DOI:10.1890/140286.
12. Gao, J., Yu, Z., Wang, L., Vejre, H. Suitability of regional development based on ecosystem service benefits and losses: A case study of the Yangtze River Delta urban agglomeration, China. *Ecological Indicators*. 2019. Vol. 107, article 105579. 12 p. DOI: 10.1016/j.ecolind.2019.105579.
13. Соловій І.П. Концепція плати за послуги еко.систем: світовий досвід і перспективи її впровадження у лісовому секторі. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*. 2016. № 14. С. 252–258. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nplanu_2016_14_38 (дата звернення 16.01.2021).
14. Макименко, Н., Бурченко, С. Теоретичні основи стратегії зеленої інфраструктури: міжнародний досвід. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2019. № 31. С. 16–25. DOI: 10.26565/1992-4224-2019-31-02.
15. Мішенін С.В., Дегтярь Н.В. Економіка екосистемних послуг: теоретико-методологічні основи. *Маркетинг і менеджмент інновацій*. 2015. № 2. С. 243–257. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Mimi_2015_2_23 (дата звернення 10.02.2021).
16. Гавриленко О., Циганок Е. Деградація екосистемних послуг природоохоронних територій в урбанізованих зонах. *Вісник Київського національного університету ім. Т.Г. Шевченка*. 2019. Вип. 1. № 73. С. 10–14. DOI: 10.17721/1728-2721.2019.73.2.
17. Шищенко П.Г., Гавриленко О.П., Циганок Є.Ю. Екосистемна цінність Голосіївського лісу як міської природоохоронної території: причини і наслідки деградації. *Укр. географ. журнал*. 2019. Вип. 4. С. 40–49. DOI: 10.15407/ugz2019.04.040.
18. Екосистемні послуги регіонального ландшафтного парку «Знесіння»: Дослідження. *Екологія. Право. Людина*. 2019. URL: <http://epl.org.ua/wp-content/uploads/2019/10/Ekosystemni-poslugy-RLP-Znesinnya.pdf> (дата звернення 24.12.2020).
19. Vasiutynska K. Assignment of the new type of ecological services for providing human safety under conditions of urban environment. *EUREKA: Life Sciences*. 2018. Vol. 2. P. 9–18. DOI: 10.21303/2504-5695.2018.00598.
20. Екологічні паспорти регіонів: веб-сайт. URL: <https://mepr.gov.ua/news/33529.html> (дата звернення 24.01.2021).
21. Публікації документів Державної служби статистики України: веб-сайт. URL: https://ukrstat.org/uk/operativ/operativ2010/ds/kp/kp_u/kn1210_u.html (дата звернення 22.09.2020).
22. Статистичний портал «zelenka-2019»: веб-сайт. URL: <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1xs6NkGtJcxDytjJONhGI1wsaxtZ7IObXzgr7E4bEEwk/edit#gid=1172345916> (дата звернення 2.10.2020).
23. Vasutynska K.A., Barbashev S.V. The analysis of the principles and methods evaluation of environmental safety levels in regional context. *Odes'kyi Politechnichnyi Universytet. Pratsi*. 2017. Vol. 53, № 3. P. 114–121.
24. Васютинська К.А., Барбашев С.В., Кімінчиджи М.І. Оцінка комплексного показника екологічної урбанізації регіонів України. *Екологічні науки*. 2020. Вип. 30, № 3. С. 7–14. DOI: 10.32846/2306-9716/2020.eco.3-30.1.
25. Васютинська К., Барбашев С. Індикаторна оцінка впливу урбанізаційного процесу на стан природної та техногенної безпеки в регіонах України: в *Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування* : колективна монографія. Львів : ТзОВ «ЗУКЦ», 2020. С. 232–255. BOOK DOI: 10.23939/book.ecocongress.2020.
26. Васютинська К.А., Барбашев С.В., Складенко О.В. Визначення впливу урбанізації на екологічні послуги зеленої інфраструктури обласних центрів України. *Екологічні проблеми навколишнього середовища та раціонального природокористування в контексті сталого розвитку* : зб. матеріалів III Міжнар. наук.-практ. конф., 22–23 жовтня 2020 р. Херсон: «ОЛДІ-ПЛЮС», 2020. С. 108–112.
27. Vasutynskaya K., Makarov O. Environmental dimensions of forming green zone in Odessa city. *Сучасні наукові дослідження та розробки: теоретична цінність та практичні результати* : зб. наук. статей Міжнародної науково-практичної конференції, 15–18 березня 2016 р. (м. Братислава, Словаччина). Братислава, 2016. С. 26–27.

ОСОБЛИВОСТІ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ М. ОДЕСИ ДІОКСИДОМ СІРКИ Й ОКСИДОМ ВУГЛЕЦЮ

Владимирова О.Г., Бургаз О.А., Тимошук М.О.

Одеський державний екологічний університет

вул. Львівська, 15, 65016, м. Одеса

veg2008@ukr.net, alexburgaz84@gmail.com, marinodessa@gmail.com

Одеса – сучасний транспортно-логістичний вузол, промисловий, науковий, торговий, туристичний і культурний центр півдня України і всього Причорномор'я, а також великий центр рекреаційного господарства з населенням понад 1 млн жителів.

Нині курортний комплекс виявився в зоні потужного антропогенного впливу внаслідок незбалансованого використання природних ресурсів в останні десятиліття. Особливістю районів рекреаційного господарства є близькість розташування об'єктів енергетичного та нафтоперевалочного комплексів і транспортних магістралей. Тому проблема охорони атмосферного повітря м. Одеса є особливо важливою, і вона не може бути вирішена без всебічного вивчення характеру забруднення повітряного басейну шкідливими домішками. У дослідженні застосовані статистичні методи аналізу випадкових величин. Просторово-часовий аналіз рівня забруднення атмосферного повітря м. Одеса найбільш поширеними забруднюючими речовинами – діоксидом сірки (SO_2) й оксидом вуглецю (CO) – проводився за десятирічний період (2008–2017). Вихідні дані отримані на постах спостереження за забрудненням атмосферного повітря (ПЗС) державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря у місті. Концентрації забруднюючих речовин представлено статистичними параметрами (середніми, максимальними, мінімальними порівняно із середньодобовими гранично допустимими концентраціями ($ГДК_{сд}$), коефіцієнтами асиметрії, ексцесу та модальними значеннями) на восьми ПЗС. Просторово-часовий аналіз статистичних рядів середньомісячних концентрацій інгредієнтів дозволив виявити особливості динаміки розподілу концентрацій у межах районів розташування ПЗС. Виявлено тенденції збільшення концентрацій SO_2 і CO в атмосферному повітрі, майже у прибережній курортній зоні міста. Аналіз даних мережі ПЗС міста показав, що їхнє розташування не дає повною мірою об'єктивно оцінити стан атмосферного повітря. Сім із восьми ПЗС розташовані у місцях із практично однаковим впливом факторів забруднення, і зовсім відсутні ПЗС у великих сільських районах міста (таких як Черемушки, Таїрово, Котовського). *Ключові слова:* атмосферне повітря, забруднення, моніторинг, статистичний аналіз, просторово-часова динаміка забруднення.

Peculiarities of atmospheric air pollution of Odessa by sulfur dioxide and carbon oxide. Vladymyrova O., Burgaz O., Timoshchuk M.

Odessa is a modern transport and logistics hub, an industrial, scientific, trade, tourist and cultural center of the south of Ukraine and the whole Black Sea coast, as well as a large center of recreational economy with a population of over 1 million people.

Today, the resort complex is in a zone of powerful anthropogenic impact as a result of unbalanced natural resources use in recent decades. A recreational areas feature is the location proximity of energy and oil transshipment facilities and highways. Therefore, the air protection problem in Odessa is especially important, and it cannot be solved without a comprehensive study of air pollution kind by contaminants. Statistical methods of random variables analysis were used in the research. Spatial-temporal analysis of air pollution level in Odessa by the most common pollutants – sulfur dioxide (SO_2) and carbon monoxide (CO) – was conducted over a ten-year period (2008–2017). The output data were obtained at the air pollution monitoring posts (PMP) of the state monitoring system in the field of air protection in the city. The pollutants concentrations are represented by statistical parameters: (middle, maximum, minimum compared to the average daily maximum allowable concentrations (MAC), coefficients of asymmetry, excess and modal values at eight PMP. Spatial-temporal analysis of monthly mean ingredients concentrations statistical series revealed the peculiarities of the dynamics of the distribution of concentrations within the areas of the PMP location. The study results revealed increasing concentrations of SO_2 and CO trends in the air, almost in the coastal resort area of the city. The analysis of the data of the existing PMP city network showed that their location does not allow to fully objectively assess the state of the air. Seven of the eight PMP are located, almost in places with the same pollution factors impact, and there are no PMP in large residential areas of the city (Cheremushki, Tairovo, Kotovsky). *Key words:* atmospheric air, pollution, monitoring, statistical analysis, spatio-temporal pollution dynamics.

Актуальність дослідження. Одеса – сучасний транспортно-логістичний вузол, промисловий, науковий, торговий, туристичний і культурний центр півдня України та всього Причорномор'я, а також великий центр рекреаційного господарства з населенням понад 1 млн чоловік.

Нині курортний комплекс виявився в зоні потужного антропогенного впливу внаслідок незбалансованого використання природних ресурсів в останні десятиліття. Особливістю районів рекреаційного господарства є близькість розташування об'єктів енергетичного і нафтоперевалочного комплексів і транспортних магістралей.

У рейтингу забрудненості міст України за даними Центральної геофізичної обсерваторії України у першому півріччі 2019 р. м. Одеса посіла третє місце після Маріуполя й Ужгорода.

Тому проблема охорони атмосферного повітря м. Одеса є особливо важливою. Вона не може бути вирішена без ретельного і всебічного вивчення характеру забруднення повітряного басейну шкідливими домішками. Діоксид сірки (SO_2) й оксид вуглецю (CO) належать до числа найпоширеніших речовин, що забруднюють атмосферне повітря [1], дослідження їхнього вмісту і зміни концентрацій є актуальною задачею.

Мета роботи – дослідження стану забруднення атмосферного повітря м. Одеса діоксидом сірки й оксидом вуглецю.

У дослідженні використані статистичні методи обробки й аналізу інформації: перевірена однорідність членів статистичної сукупності; розраховані основні статистичні характеристики, виявлені приховані періодичності у часових рядах концентрацій забруднюючих речовин і проведено їх згладжування [2; 3].

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Дослідження виконано в рамках НДР «Просторово-часова оцінка і діагноз стану забруднення атмосферного повітря м. Одеса» за номером Державної реєстрації 0117U002426. Тематика дослідження є основним і багаторічним науковим напрямом діяльності кафедри екологічного права та контролю Одеського державного екологічного університету.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню стану забрудненості атмосферного повітря міст України присвячено низку робіт [3–7]. У них застосовуються різні методологічні підходи, в т. ч. системний аналіз інформації про рівні концентрацій забруднюючих речовин, що вимірюються на постах спостереження за забрудненням атмосферного повітря (далі – ПСЗ) мережі державного моніторингу атмосферного повітря населених пунктів України. Опрацювання інформації зазвичай ґрунтується на фізико-статичному аналізі.

Виклад основного матеріалу. Рівень забруднення атмосфери, як відомо, визначається, з одного боку, характером потенційних джерел забруднення, з іншого – метеорологічними умовами, що впливають на перенос і розсіювання домішки в атмосфері [3]. Потенційними джерелами забруднення атмосфери в м. Одесі є промислові підприємства і транспорт.

Загальна кількість підприємств за даними [8] у 2018 р. становила понад 3 000 суб'єктів господарювання, які у процесі своєї діяльності впливають на

стан атмосферного повітря міста. Найбільші обсяги викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря (54% від загальних викидів стаціонарними джерелами по області) припадають на підприємства, котрі виробляють і розподіляють газ, електроенергію та воду. Обсяг викидів від стаціонарних джерел у 2018 р. діоксиду сірки становив 0,256 тис. т, оксиду вуглецю – 1,906 тис. т [8].

Динаміка викидів в атмосферне повітря діоксиду сірки й оксиду вуглецю стаціонарними джерелами наведена на рис. 1.

Як бачимо, кількість викидів SO_2 мала тенденцію до зменшення, а кількість викидів CO , навпаки, мала тенденцію зростання і порівняно з обсягами в 2015 р. збільшилася у два рази у 2018 р.

Надходження забруднюючих речовин від автотранспорту в Одесі домінують над викидами від стаціонарних джерел і становить 81% від загальної кількості викидів, що надходять в атмосферне повітря. На жаль, із 2017 р. інформація про обсяги викидів від пересувних джерел у Регіональних доповідях про стан навколишнього природного середовища в Одеській області та звітів Головного управління статистики в Одеській області відсутня.

Вихідними даними для аналізу забруднення атмосферного повітря послужили середньомісячні значення концентрації домішок, розраховані за даними спостережень державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря у м. Одеса. Моніторинг здійснюється лабораторією спостережень за забрудненням атмосферного повітря Гідрометеорологічного центру Чорного й Азовського морів (ГМЦ ЧАМ). Мережа стаціонарних пунктів спостережень за забрудненням атмосферного повітря (ПСЗ) налічує сьогодні 8 ПСЗ за номерами 8, 10, 15, 16, 17, 18, 19 і 20, із них ПСЗ № 8 розташований на території ГМЦ ЧАМ у прибережній частині міста (Французький бульвар, 89), де відсутні промислові підприємства і крупні автошляхи, решта постів розташована в найбільш забруднених

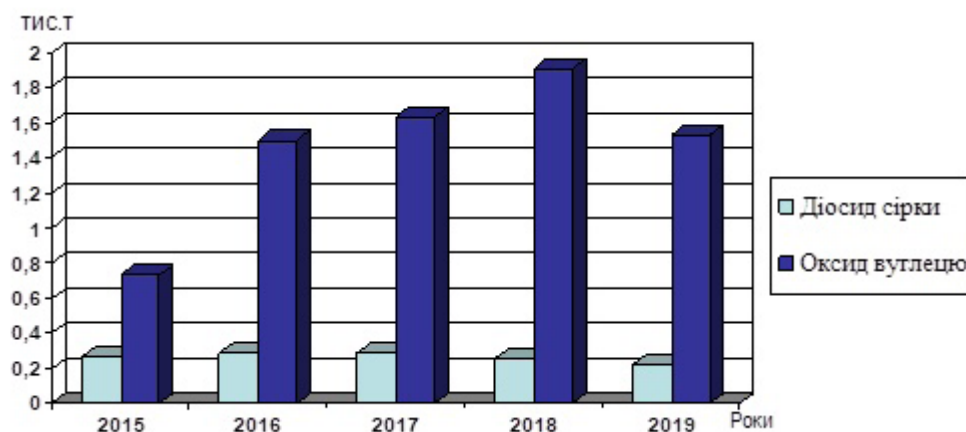


Рис. 1. Динаміка викидів SO_2 та CO стаціонарними джерелами в атмосферне повітря за роками [8]

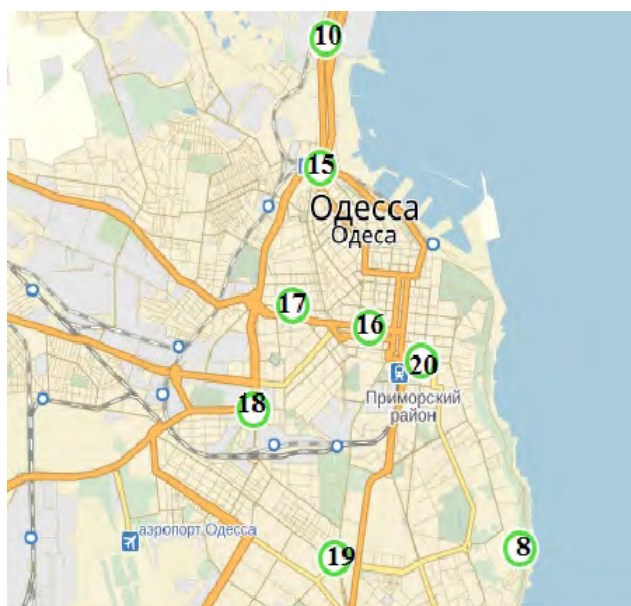


Рис. 2. Мережа стаціонарних пунктів спостережень за станом атмосферного повітря (ПСЗ) м. Одеси

районах міста – промислових зонах і транспортних розв'язках. Зовсім відсутні ПСЗ у сельбишних районах міста, так званих житлових масивах Таїрова (на південь від центру) та Котовського (у північному напрямку).

Систематичні спостереження за вмістом шкідливих речовин в атмосферному повітрі міста проводяться з періодичністю відбору проб чотири рази

на добу (01, 07, 13, 19 год) шість днів на тиждень загальнопоширених шкідливих речовин: оксиду вуглецю, діоксиду сірки, діоксиду азоту, формальдегіду та пилу за вимогами РД 52.04.186-89 [9].

Дослідження проводилося з використанням статистичних методів аналізу інформації [1; 2].

Для проведення аналізу стану атмосферного повітря міста була відібрана інформація за період із 1 січня 2008 по 31 грудня 2017 рр. за даними спостережень на всіх ПСЗ мережі моніторингу. Отримана вибірка разових концентрацій діоксиду сірки та оксиду вуглецю була оцінена щодо однорідності членів статистичної сукупності за допомогою критерію Стьюдента [2].

Середньомісячні концентрації розраховані за вибірками середньодобових значень SO_2 та CO , що отримані з однорідних часових рядів разових концентрацій. Розрахунки основних статистичних характеристик, таких як середня концентрація (\bar{q}), середні квадратичні відхилення (S_q), коефіцієнти асиметрії (As) і ексцесу (E) та модальне значення (Mo), проводилися за сформованими вибірками середньомісячних концентрацій. Результати розрахунків наведені у табл. 1.

Середні концентрації (\bar{q}) SO_2 на всіх ПСЗ міста не перевищують санітарно-гігієнічний норматив ГДК_{с.д.} (50 мкг/м³), значення \bar{q} на всіх ПСЗ крім ПСЗ № 8 незначно відрізняються і становлять від 37 до 44 мкг/м³. У районі ПСЗ № 8 середня концентрація майже вдвічі менша – 22 мкг/м³ (рис. 3).

Таблиця 1

Статистичні характеристики розподілу середньомісячних концентрацій SO_2 та CO на ПСЗ м. Одеса (2008 – 2017 рр.), n^* – об'єм вибірки

| Характеристика | ПСЗ | | | | | | | |
|----------------|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 8 | 10 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| | SO_2 (мкг/м ³) | | | | | | | |
| n^* | 120 | 118 | 109 | 117 | 118 | 120 | 119 | 92 |
| q_{min} | 13,16 | 30,72 | 32,48 | 25,09 | 26,98 | 30,26 | 22,86 | 27,09 |
| q_{max} | 41,98 | 62,29 | 63,55 | 52,06 | 52,79 | 55,43 | 50,25 | 53,26 |
| \bar{q} | 22,64 | 44,63 | 44,33 | 40,29 | 41,32 | 44,06 | 37,33 | 41,42 |
| S_q | 4,68 | 6,06 | 6,52 | 6,34 | 6,15 | 6,14 | 6,09 | 5,27 |
| As | 0,52 | 0,27 | 0,89 | -0,33 | -0,22 | -0,29 | -0,38 | -0,42 |
| E | 0,86 | 0,04 | 0,7 | -0,73 | -0,86 | -0,71 | -0,64 | -0,22 |
| Mo | 22,98 | 42,31 | 41,19 | 40,39 | 46,31 | 43,03 | 37,39 | 43,0 |
| | CO (мг/м ³) | | | | | | | |
| n^* | 103 | 118 | 109 | 112 | 118 | 120 | 114 | 98 |
| q_{min} | 1,36 | 1,02 | 1,19 | 2,00 | 1,75 | 1,90 | 2,07 | 2,03 |
| q_{max} | 3,37 | 4,62 | 4,44 | 3,87 | 6,10 | 6,10 | 3,58 | 6,13 |
| \bar{q} | 2,27 | 2,79 | 3,03 | 2,90 | 3,17 | 3,25 | 2,79 | 3,41 |
| S_q | 0,49 | 0,79 | 0,57 | 0,38 | 0,86 | 0,88 | 0,30 | 1,25 |
| As | 0,11 | -0,16 | -0,01 | 0,45 | 2,02 | 2,32 | 0,87 | 0,94 |
| E | 1,14 | -0,74 | 0,22 | -0,99 | 3,8 | 4,64 | -0,18 | -0,61 |
| Mo | 1,85 | 3,0 | 3,38 | 2,56 | 3,0 | 3,0 | 2,52 | 2,83 |

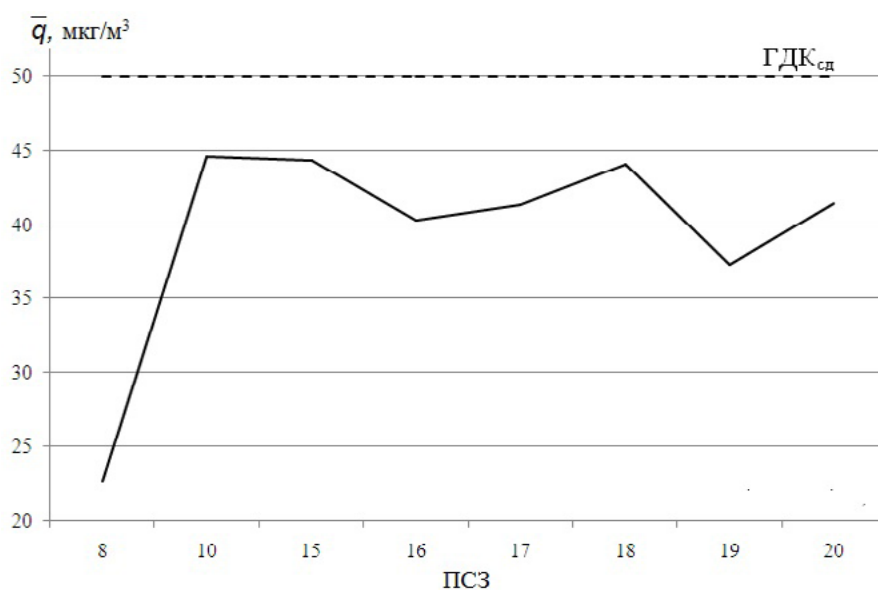


Рис. 3. Розподіл середніх концентрацій SO_2 за ПСЗ м. Одеси за досліджуваний період

Однак при аналізі часових рядів концентрацій SO_2 за досліджуваний період були виявлені значення q_{max} які перевищують ГДК_{сд} на всіх ПСЗ, крім ПСЗ № 8. Найбільша кількість випадків, коли q_{max} перевищила ГДК_{сд}, відзначалася практично у всі місяці 2008 р. За останні три роки (2015–2017) випадків перевищення q_{max} практично не було, окрім літніх місяців. Найбільше перевищення в 1,27 ГДК_{сд} зафіксовано в районі ПСЗ № 15, де поблизу знаходяться основні джерела викидів забруднюючих речовин – Одеський нафтопереробний завод, ЗАТ «Одесцемент», ВАТ «Одесагаз», ДП Одеський морський порт, ТЕЦ-1, Одеський морський торговельний порт, лакофарбовий завод ПАТ «Елак», ПАО Ексім-нафтопродукт та ін.

Гістограми розподілу середньомісячних концентрацій SO_2 побудовані за результатами розрахунків статистичних параметрів: інтервальних частот p_i та значення середньомісячної концентрації SO_2 на середині кожного часткового інтервалу \tilde{q}_i (рис. 4).

Як бачимо, найбільш ймовірні перевищення ГДК_{сд}, характерні для району розташування ПСЗ № 18 (17%), – це район міста, де історично сформувався промисловий і транспортний потенціал: підприємства хімічної, машинобудівної, харчової промисловості, залізнична станція Одеса-товарна.

Щодо модальних значень (M_o), то слід зазначити, що, крім ПСЗ № 8, їхні значення практично не відрізняються між ПСЗ і становлять від 37,4 (ПСЗ № 19) до 46,3 мкг/м³ (ПСЗ № 17). Розподіл інтервальних частот для ПСЗ № 8, 10 і 15 має лівосторонню асиметрію ($As > 0$, $\bar{q} > M_o$). Тобто в цих районах міста є менша вірогідність перевищення середніх значень концентрації SO_2 . Для цих же ПСЗ і коефіцієнт ексцесу має значення більше нуля ($E > 0$). Це характеризує такий розподіл величин концентрацій

SO_2 , за якого значення величин зосереджені близько до середньої величини \bar{q} . Для решти ПСЗ міста коефіцієнти асиметрії й ексцесу, навпаки, мають значення менше нуля.

Щодо отриманих статистичних характеристик розподілу концентрацій в атмосферному повітрі міста оксиду вуглецю (CO) то слід зазначити, що на ПСЗ № 15, 17, 18 і 20 середні значення (\bar{q}) перевищують значення санітарно-гігієнічного нормативу ГДК_{сд} (3 мкг/м³) (рис. 5). Це райони міста, де знаходяться великі транспортні вузли та перехрестя. Найбільше перевищення (1,14 ГДК_{сд}) характерне для району розташування ПСЗ № 20 – перехрестя Італійського бульвару та вул. Канатної та Привокзальної площі, де протягом усього дня спостерігається скупчення автотранспорту за рахунок поганої пропускної здатності вузьких вулиць.

Максимальні концентрації (q_{max}), значення яких перевищують ГДК_{сд}, відзначаються на всіх ПСЗ міста. Найбільше перевищення у 2 ГДК_{сд} зафіксовано в районі розташування ПСЗ № 17, 18 і 20. Це пов'язано насамперед із великою кількістю транспорту по вул. Балківський (ПСЗ № 17, 18) і на Привокзальній площі та перехресті Італійського бульвару та вул. Канатної. Для цих районів характерні і найбільші значення середніх квадратичних відхилень (S_q).

Найбільші значення коефіцієнтів асиметрії (As) та ексцесу (E) більших від нуля, характерні для розподілу середньомісячної концентрації CO в районі ПСЗ № 18 – відповідно 2,32 та 4,64.

Аналіз зміни в часі середньомісячних концентрацій SO_2 і CO протягом досліджуваного періоду проводився по згладженим рядам середньомісячних концентрацій. Згладжування часових рядів проводилося з урахуванням максимальних періодичностей,

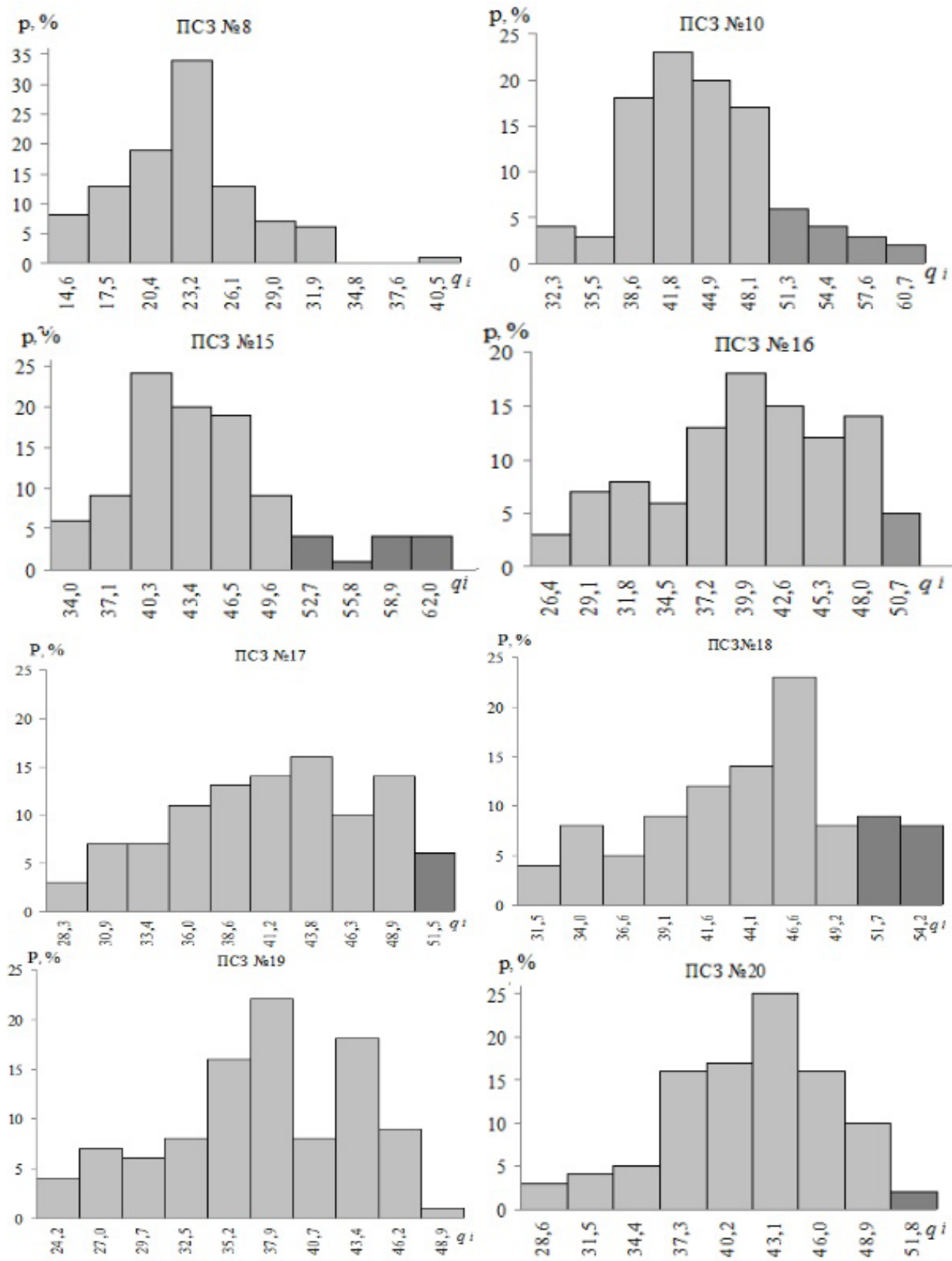


Рис. 4. Гістограми розподілу середньомісячних концентрацій SO₂ (мкг/м³), м. Одеса, 2008–2017 рр.

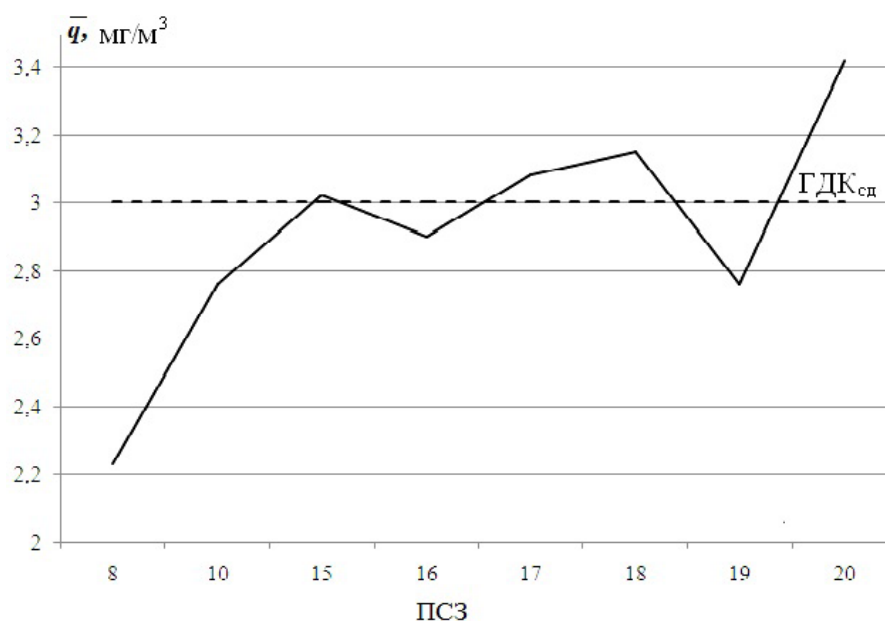


Рис. 5. Розподіл середніх концентрацій CO за ПЗС м. Одеси за досліджуваний період

властивих процесу. Максимальні періодичності визначені математичними методами аналізу часових рядів [3]. Так, для часових рядів середньодобових концентрацій SO_2 і CO всіх ПЗС розраховані амплітудно-частотні характеристики (АЧХ) процесу. У табл. 2 наведені АЧХ максимальної періодичності в часових рядах середньомісячних концентрацій SO_2 і CO – максимальна періодичність (T , міс) і відповідні їй амплітуда (A) та частота (ω , $ч^{-1}$).

Як свідчать дані табл. 2, якщо найбільша періодичність середньомісячних концентрацій SO_2 становить близько 12 місяців (річна), і вона притаманна часовим рядам на всіх ПЗС міста, то для часових рядів середньомісячних концентрацій CO за ПЗС максимальні виявлені періодичності коливаються в межах від 4 місяців для часових рядів ПЗС № 16 і 19 до 14 місяців для ПЗС № 20. Для решти ПЗС в часових рядах середньомісячних концентрацій оксиду вуглецю виявлена річна максимальна періодичність (близько 12 місяців).

На рис. 6 наведені згладжені за максимальними періодичностями ряди концентрацій SO_2 і CO .

Як бачимо, найменші середньомісячні концентрації SO_2 спостерігаються за весь період дослідження в районі ПЗС № 8. Із 2012 р. рівень забруднення атмосферного повітря міста діоксидом сірки має тенденцію до зростання, і значення концентрацій на всіх ПЗС, крім ПЗС № 8, мало відрізняються між постами. Концентрації практично досягають рівня санітарно-гігієнічного нормативу $ГДК_{ср}$, збільшення концентрації SO_2 відзначається у літньо-осінній період року.

Щодо змін вмісту CO в атмосфері міста за десятирічний період, то виявляються різні тенденції в окремих районах міста. Так, із літа 2013 р. спостерігається збільшення концентрації оксиду вуглецю до значень, близьких до величин у центрі міста у прибережному районі (ПЗС № 8). Це насамперед пов'язане зі збільшенням кількості автотранспорту у зв'язку зі стрімкою забудовою прибережних схилів.

Таблиця 2

Амплітудно-частотні характеристики максимальної періодичності в часових рядах середньомісячних концентрацій SO_2 і CO , м. Одеса (2008–2017 рр.)

| АЧХ | ПЗС № | | | | | | | |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 8 | 10 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| SO_2 , мкг/м³ | | | | | | | | |
| A | 1,502 | 3,171 | 2,659 | 2,667 | 2,681 | 3,412 | 2,033 | 3,019 |
| ω | 0,511 | 0,520 | 0,558 | 0,520 | 0,520 | 0,511 | 0,511 | 0,570 |
| T | 12,299 | 12,090 | 11,257 | 12,090 | 12,090 | 12,299 | 12,299 | 11,027 |
| CO , мг/м³ | | | | | | | | |
| A | 0,137 | 0,253 | 0,268 | 0,099 | 0,096 | 0,095 | 0,101 | 0,249 |
| ω | 0,503 | 0,520 | 0,558 | 1,612 | 0,442 | 0,740 | 1,583 | 0,534 |
| T | 12,497 | 12,090 | 11,257 | 3,899 | 14,212 | 8,494 | 3,969 | 11,762 |

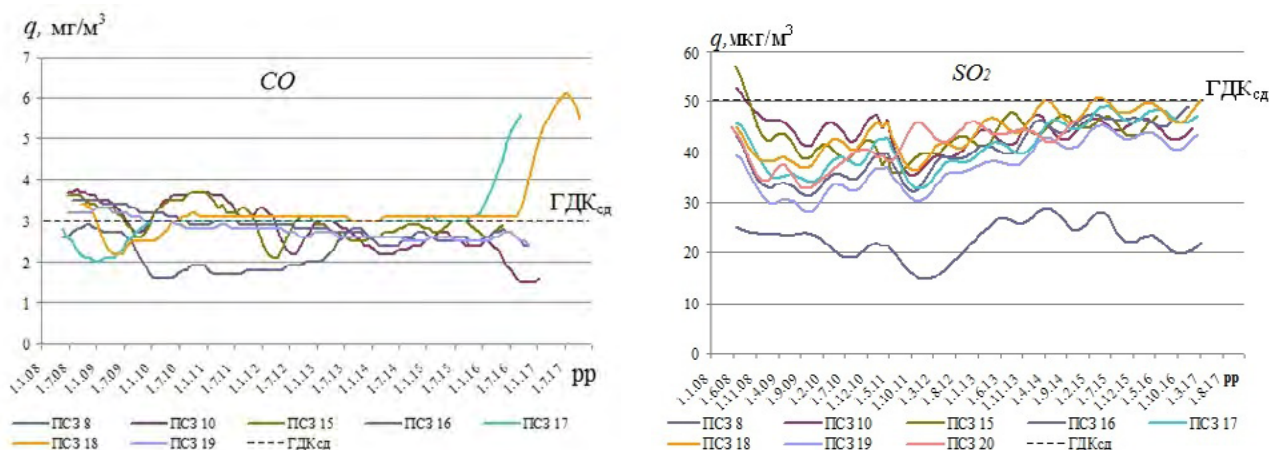


Рис. 6. Згладжені ряди середньомісячної концентрації SO_2 і CO на ПСЗ м. Одеси, 2008–2017 рр.

Із 2011 до початку 2015 р. простежуються тенденції зміни вмісту концентрацій оксиду вуглецю в атмосферному повітрі до значень, які не значно відрізняються в усіх районах розташування ПСЗ.

Ситуація змінюється з кінця 2015 – початку 2016 рр. Так, із цього періоду почалося різке збільшення концентрації CO в районі ПСЗ № 18 до значень, що перевищують $GDK_{сд}$ майже у два рази. Поясненням такої ситуації може бути початок проведення реконструкції транспортних розв'язок і всього автопроводу по вул. Балківській і подальше збільшення кількості транспортних засобів. З цієї причини з кінця 2016 р. зростає концентрація вже до рівня 2 $GDK_{сд}$ і більше в районі ПСЗ № 17. Майже в той самий період відбувається зменшення концентрацій CO в районі ПСЗ № 10 за рахунок проведення оптимізації руху транспортних засобів і скорочення потужностей промислових об'єктів, розташованих у північно-східному районі міста – перехресті вул. Чорноморського козацтва та Миколаївської дороги.

Головні висновки. Ураховуючи означене, можна зробити такі висновки: 1. В атмосферному повітрі м. Одеса має місце тенденція до збільшення вмісту SO_2

у всіх районах розміщення ПСЗ; 2. Середньомісячні концентрації CO для більшості районів міста близькі до значень $GDK_{сд}$, а в центральному районі (ПСЗ № 20) та районі Пересипу (ПСЗ № 15) в останні роки перевищують $GDK_{сд}$ практично у два рази. Це насамперед зумовлено зростанням кількості автотранспорту, поганою пропускною здатністю вулиць і наявністю транспортних розв'язок із рухом, який погано оптимізований; 3. Мережа ПСЗ державного моніторингу атмосферного повітря не дає в повному обсязі оцінити стан забруднення атмосферного повітря всієї території міста, тому необхідно провести роботу з оптимізації розташування мережі ПСЗ; 4. Для виміру забруднюючих речовин відповідно до вимог Директиви про якість атмосферного повітря та чистіше повітря для Європи (2008/50/ЄС) необхідно обладнати ПСЗ сучасними автоматизованими станціями. Це з урахуванням вимог нового Порядку здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря надасть можливість найбільш результативно проводити екологічний моніторинг і приймати ефективні й оперативні рішення щодо поліпшення стану атмосферного повітря міста.

Література

1. Про затвердження переліку найбільш поширених і небезпечних забруднюючих речовин, викиди яких в атмосферне повітря підлягають регулюванню / Кабінет Міністрів України; постанова № 1598 від 29.11.2001 р.
2. Школьнік С.П., Лоева І.Д., Гончарова Л.Д. Обробка та аналіз гідрометеорологічної інформації : підручник. Київ : Міносвіти України, 1999. 600 с.
3. Лоева І.Д., Владимірова О.Г., Верлан В.А. Оцінка стану забруднення атмосферного повітря великого міста: методи аналізу, прогнозу, регулювання : монографія. Одеса : Екологія, 2010. 224 с.
4. Салій І.В., Риженко Н.О., Засельський В.Й., Пополов Д.В. Дослідження та шляхи поліпшення екомоніторингу в місті Кривий Ріг. *Екологічні науки*. 2020. № 5 (32). С. 16–23.
5. Чугай А.В., Чернякова О.І, Гречанко Е.Р. Забруднення повітряного басейну міст Полтавської області. *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. 2020. Вип. 5–6 (124–125). С. 51–56.
6. Лоева І.Д., Снісаренко В.В. Часові зміни концентрації діоксиду азоту в атмосферному повітрі м. Одеса. *Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія Географічні науки*. 2017. Вип. 7. С. 173–178.
7. Баштаннік М.П., Жемера Н.С., Кіптенко Є.М., Козленко Т. В. Стан забруднення атмосферного повітря над територією України. *Наукові праці УкрНДГМІ*. 2014. Вип. 266. С. 70–93.
8. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Одеській області у 2018 р. URL: <http://ecology.odessa.gov.ua/zvt/>.
9. РД 52.04.186-89. *Руководство по контролю загрязнения атмосферы*. Москва : Государственный комитет СССР по гидрометеорологии, Министерство здравоохранения СССР. 1991. 556 с.

МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО ОЗЕЛЕНЕННЯ В МІСТАХ УКРАЇНИ

Климчик О.М.

Поліський національний університет
бульв. Старий, 7, 10008, м. Житомир
olga-su@ukr.net

Зменшення площі зелених насаджень у сучасних мегаполісах, нестача рослинності є не тільки естетичною проблемою, коли все місто перетворюється на одноманітну сіру масу, а й становить значну екологічну проблему, оскільки брак зелених зон чинить негативний вплив як на мікроклімат міста, так і на загальний екологічний стан міського середовища. Крім того, оптимальна кількість озелених територій сприяє створенню якнайбільш комфортного середовища та формує імідж сучасного міста.

Проблему збереження та оздоровлення міського середовища, формування його естетичного й архітектурного вигляду можна вирішити, використовуючи сучасні підходи до застосування альтернативних систем озеленення, зокрема вертикального озеленення фасадів різноманітних будівель.

У статті розглянуті деякі актуальні проблеми великих міст, зумовлені нестачею озелених територій, розкрито причини зменшення площ зелених насаджень як у нашій країні, так і за рубежом. Досліджено передумови виникнення альтернативних систем озеленення. З'ясовано, що вертикальне озеленення широко застосовують у світовій практиці для вирішення проблеми створення зелених зон в умовах щільної міської забудови. Викладено принципи сучасного вертикального озеленення як у вигляді фітостін, так і з використанням фітотулу. Доведено, що завдяки використанню вертикального озеленення можна в досить короткий термін на обмеженій території отримати значну площу зелених насаджень, оформити й прикрасити фасади та стіни будівель, ізолювати окремі ділянки одна від одної. З'ясовано, що для вертикального озеленення придатні в'юнкі рослини й ліани, адаптовані до міських умов. Установлено, що технологія вертикального озеленення потребує детального вивчення й упровадження в містах України. Досліджено можливості використання вертикального озеленення в містах України на прикладі м. Житомир. *Ключові слова:* зелені насадження, вертикальне озеленення, в'юнкі рослини, фітостіна, фітотулу, експозиція.

Possibilities of application of vertical greening in the cities of Ukraine. Klymchik O.

Reducing the area of greenery in modern cities, lack of vegetation is not only an aesthetic problem when the whole city turns into a monotonous gray mass, but also a significant environmental problem, as the lack of green areas has a negative impact on the microclimate of a town and overall urban environment. Besides, the optimal number of green areas helps to create the most comfortable environment and forms the image of a modern city.

The problem of preservation and rehabilitation of the urban environment, the formation of its aesthetic and architectural appearance can be solved using modern approaches to the use of alternative landscaping systems, including vertical landscaping of facades of various buildings.

The article considers some actual problems of large cities due to the lack of green areas, reveals the reasons for the reduction of green areas both in our country and abroad. The preconditions for the emergence of alternative landscaping systems have been studied. It was found that vertical landscaping is widely used in world practice to solve the problem of creating green areas in dense urban development. The principles of modern vertical landscaping both in the form of phytowalls and with the use of phytomodules are shown. It is proved that due to the use of vertical landscaping in a relatively short time in a limited area to get a large area of greenery, design and decorate the facades and walls of buildings, isolate individual areas from each other. It has been found that plants and lianas adapted to urban conditions are suitable for vertical landscaping. It is established that the technology of vertical landscaping requires detailed study and implementation in the cities of Ukraine. Possibilities of vertical landscaping using in the cities of Ukraine on the example of Zhytomyr are investigated. *Key words:* green plantings, vertical landscaping, climbing plants, phytowall, phytomodules, exposition.

Постановка проблеми. Озеленені міські території чинять позитивний вплив не лише на навколишнє середовище, а й на фізичний і психологічний стан здоров'я людини. Деревя, чагарники, квіти і трави виконують важливу роль щодо насичення повітря киснем, очищенню його від пилу, газів і важких металів, знижують рівень шуму, що особливо важливе в умовах великих міст і мегаполісів.

Проте сучасні міста, особливо великі та великі, характеризуються щільною забудовою, а часто й не дотриманням норм, що регламентовані державними

будівельними нормами та правилами (далі – ДБН). Так, згідно з ДБН Б.2.2-12:2019, питома вага озелених територій різного призначення в межах міст України (рівень озелененості) має становити від 40 до 80% [1]. Нині урбанізовані структури поглинають озеленені ділянки міста, погіршуючи тим самим його екологічні характеристики. Сучасні тенденції в містобудуванні знижують місця комфортного відпочинку людини, тобто такі місця, які відділяють людину від негативних чинників міста, що згубно позначаються на здоров'ї населення (шуму, шкід-

ливих газів, пилу тощо). Особливо це відчувається в центральній частині великих міст. Інтенсивна забудова збільшує щільність споруд і часто норми по кількості озеленення на одного жителя не дотримуються. У такій забудові, де розміщені будівлі різного функціонального призначення та місця паркування транспорту, як правило, немає площ для створення рекреаційних зон. До того ж заміна природних територій асфальтобетонним покриттям також призводить до зменшення зелених зон, що позначається на загальній екологічній ситуації, особливо в літній час, коли місто «перегрівається» і стає некомфортним (рис. 1).

Актуальність дослідження. Дослідженнями багатьох науковців установлено, що спостерігається чітка залежність між температурним режимом в житлових масивах і густотою зелених насаджень [2]. Проте більшість новобудов потерпають від спеки через недотримання норм озеленення житлових територій. Зелені зони практично відсутні на територіях заводів, фабрик, а також великих автошляхів і розв'язок, що призводить до екстремально високих температур, зумовлюючи виникнення міських «островів тепла».

Підвищена температура міського середовища, крім того, що негативно впливає на здоров'я людини та якість її життя, також призводить до збільшення витрат на охолодження перегрітих офісних, житлових і громадських будівель. Найбільший негативний

вплив на комфорт чинять сонячна радіація, інфрачервоне випромінювання та швидкість вітру. Усі ці показники в містах можна регулювати за допомогою створення й розширення зелених зон. До того ж зелені насадження відіграють важливу роль у формуванні архітектурного середовища міста. Зелені зони – це не лише парки, сади, сквери, а й самі будівлі з рослинністю на стінах і дахах. Такі проекти озеленення будівель уже не тільки започатковані, а й використовуються в багатьох європейських країнах і мають назви: «зелений дах» і «зелена стіна» [3; 4]. В Україні також останнім часом упроваджується практика створення зелених зон і скверів на експлуатованих покрівлях. Проте якихось масштабних прикладів професійно втілених зелених фасадів поки що немає [5; 6].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Технології вертикального озеленення набули широкого застосування з 90-х років минулого століття. Проте питанням дослідження різноманітних композиційних прийомів вертикального озеленення, вивчення асортименту в'юнких рослин присвячено значну кількість праць як вітчизняних, так і зарубіжних науковців і дизайнерів.

Докладна декоративна й агробіологічна характеристика в'юнких рослин, що знайшли найбільше застосування при створенні «зелених стін», наведена у фундаментальній праці В.І. Брагиної, З.Л. Белової та В.М. Сидоренка [7]. Ними описані конструкції



Рис. 1. Територія біля будівлі № 9 по вул. Київській, м. Житомир: 19.08.2011 р. – ліворуч, 19.03.2020 р. – праворуч (фото автора)

опор для формування, а також наведено близько 50 композиційних рішень із використанням ліан різних видів у поєднанні з іншими групами рослин (квітковими рослинами, однорічними ліанами, красиво квітучими чагарниками). У кожній композиції науковцями виділена конкретна художня цінність окремих видів рослин і їх поєднання загалом, указаний період їх найбільшої декоративності, надані рекомендації щодо застосування зелених рослин в оформленні різних об'єктів. У книзі узагальнені останні досягнення вітчизняної та зарубіжної практики в галузі вертикального озеленення, наведені найкращі приклади озеленення в'юнкими рослинами житлових, громадських будівель та інших об'єктів у містах України, Латвії, Естонії та інших країн [7].

Роль вертикального озеленення у формуванні архітектурного середовища міста досліджували М.Н. Марченко і Я.А. Давидова [8]. Сьогодні ідея озеленення міст із використанням фітостін і фітотулів, що належить французькому ботаніку та дизайнеру Патрику Бланку, набуває величезної популярності, адже нині велика кількість пластика, скла й каменя поглинула увесь міський простір [9; 10]. Нині у світовій практиці для вирішення проблеми оптимального озеленення міста все частіше використовується вертикальне й модульне озеленення.

Методика досліджень. Використані 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. Візуальні спостереження проводилися впродовж 2010–2020 рр. на території м. Житомира.

Виклад основного матеріалу. Сучасні підходи до озеленення міського простору дають змогу ефективно вирішувати нагальні проблеми екології, зокрема покращення мікрокліматичних властивостей довколишнього простору. Нині важливим напрямом у розвитку архітектури міста є вироблення альтернативних способів формування зон екологічного комфорту в умовах ущільненої забудови, а саме застосування вертикального озеленення фасадів [4; 9]. Звичайна й давно відома висадка в'юнких рослин біля фасадів будинків, зокрема винограду дівочого п'ятилисточкового (*Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch), – це лише один, хоча й найбільш відомий спосіб озеленення фасадів будівель.

Вертикальне озеленення – один із найбільш ефективних прийомів озеленення й ландшафтного дизайну. Переваг такого озеленення безліч. Передусім це один із можливих варіантів фільтрації забрудненого повітря в умовах щільної забудови мегаполісів. Декоративну роль та естетичне значення вертикального озеленення важко перебільшити. Вертикальні сади й клумби, оригінальні фітостіни й фітотулі – усе це архітектори створюють, за концепцією, живі

стіни з рослин, щоб життя городян стало більш екологічним і комфортним [3]. Нині науковці генерують оригінальні концепції формування живих стін і вертикальних клумб із новаторських матеріалів [11].

Зелені стіни виконують низку корисних функцій: знижують рівень шуму та забезпечують звукоізоляцію; знижують так званий ефект перегрітого острова, коли температура повітря в місті більше, ніж у передмісті; підвищують вологість повітря; запобігають перегріванню стін, оскільки рослини не пропускають сонячну радіацію; регулюють тепловий режим внутрішніх приміщень будівель, забезпечуючи помірні температури всередині за рахунок зовнішнього затінення; дають можливість замаскувати зовні непривабливі споруди; виступають як природній очищувач повітря й допомагають боротися із загазованістю в містах; застосовуються як фільтр дощової води, оскільки поглинають 45–75% опадів; забезпечують біорізноманіття та природні місця проживання тварин.

Концепція створення вертикального саду, запропонована Патриком Бланком, передбачає поширення зеленорослинного покриву з горизонтальних поверхонь на вертикальні стіни. Ця технологія отримала назву «Вертикальний сад» (Vertical Garden System) [10]. Вертикальні сади являють собою розміщені на вертикальних поверхнях суцільні масивні композиції з декоративних трав'янистих і деревних рослин у вигляді так званих фітотулів. Технологія вертикального саду дає оформляти як внутрішні простори приміщень, так й екстер'єр будівель і споруд (рис. 2).

До переваг цього прийому озеленення належить також відмова від використання традиційно вживаних для розміщення декоративних трав'янистих рослин у досить важких контейнерах із ґрунтом, що закріплюються на стінах будівель. Розроблена П. Бланком вертикальна система зрошування й капілярного поливу створила передумови застосування максимально полегшеної каркасної конструкції, середня товщина якої не перевищує декількох сантиметрів, а вага квадратного метра – 30 кг. Система вертикального саду кріпиться на фасаді будівлі без порушення його основної будівельної конструкції. Основу її становить металевий несучий каркас із пластиковою каркасною конструкцією для кріплення рослин, покритою полімерною повстю [10]. Вирощування рослин у вертикальному саду передбачається за гідропонною технологією, рослини одержують необхідний мінеральний поживний розчин і воду через систему трубочок і фільтрів, підживлення й полив рослин здійснюються автоматично.

Нині безліч ідей Патрика Бланка втілено не тільки в озелененні публічних будівель, а й в облаштуванні фасадів приватних будинків. Практично на всіх континентах світу можна знайти споруди з фітостінами дизайну іменитого француза. Технологію вертикального озеленення П. Бланка сьогодні успішно застосовують у багатьох країнах світу: системами



Рис. 2. Вертикальні сади Патрика Бланка в Парижі [10]

«Vertical Garden Patrick Blanc» декорують фасади готелів, адміністративних будівель, офісів міжнародних компаній і банків, музеїв, ресторанів, паркінгів, шопінг-центрів не тільки у Франції, а й у Німеччині, Швейцарії, Бельгії, Іспанії, Італії, Індії, Таїланді, Японії, Кореї, Китаї, Бразилії, США та в інших країнах [3; 10].

Упровадження таких технологій в Україні гальмують фінансовий аспект, відсутність підтримки з боку держави, конструктивні особливості будівель тощо. Зрозуміло, що набагато дешевше закладати зелені фасади на етапі проектування, ніж підлаштовувати вже наявні будівлі. Проте в багатьох містах України є безліч будівель із достатньою площею, які можна використати під створення вертикальних зелених зон практично без застосування складних конструктивних рішень, із мінімальними фінансовими вкладеннями. Причому багато фасадів цих

будівель зорієнтовані в південно-східному або південному напрямку, тобто мають придатну експозицію для багатьох рослин (рис. 3).

У кліматичних умовах більшості міст України для вертикального озеленення можливе використання близько 50 видів ліан. Найпопулярнішими й адаптованими до міських умов є кірказон (*Aristolochia L.*), різні види жимолості: жимолость каприфоль (*Lonicera caprifolium L.*), жимолость Генрі (*Lonicera Henrui Hewst.*), лимонник китайський (*Schisandra chinensis*), плющ звичайний (*Hedera helix L.*) і багато інших рослин [12]. Більшість із них легко розмножуються, не потребують стимуляторів для коренеутворення й особливого догляду.

Головні висновки. Одним із найцікавіших, оригінальних і водночас простих засобів декорування будівель і споруд в умовах сучасного мегаполісу є вертикальне озеленення фасадів. Вертикальне озе-



Рис. 3. Бічний фасад кінотеатру «Жовтень» і будівлі № 6 по вул. Київській, м. Житомир (фото автора)

лення із застосуванням фітотомодулів є перспективним прийомом сучасного ландшафтного дизайну, альтернативним способом боротьби з браком зелені, воно дає змогу заощадити територію і швидко створити додаткові зелені зони. За допомогою рослин можна отримати чудовий декоративний ефект, що особливо актуально там, де спостерігається нестача місця для висадки рослин, зокрема серед міських багатоповерхівок. Причому озеленення фасадів потенційно більше впливає на навколишнє середовище, ніж озеленення дахів, оскільки площа поверхні стін будинків завжди більша, ніж площа даху. Наприклад, у багатоповерхівках площа стін може бути у 20 разів більшою за площу даху.

Окрім виконання естетичної функції, зелені стіни дають змогу вирішити низку екологічних завдань: вони сприяють насиченню повітряного середовища киснем і фітонцидами, забезпечують осадження пилу й поглинання з повітря шкідливих речовин, дають змогу певною мірою регулювати мікрокліматичні характеристики середовища (температуру

й вологість повітря), тим самим оздоровлюючи як внутрішнє середовище крупних громадських будівель, так і простір мегаполісу.

Перспективи використання результатів досліджень. Сьогодні в Україні подібні проекти тільки починають вивчатися й розвиватися. Нині прийоми вертикального озеленення використовуються в однаково як з естетичних міркувань, так і з метою благоустрою та поліпшення стану міського середовища. Ідеї вертикального озеленення можна реалізувати не тільки в дизайнерських проектах приватних будинків і ділянок, а й для прикрашання, озеленення та благоустрою міських територій. Варіанти вертикального озеленення все частіше зустрічаються в оформленнях балконів, вікон, різних огорож. Цей спосіб озеленення дає змогу збільшити площу зелених насаджень, надає додаткової мальовничості фасадам будівель і різноманітних об'єктів загалом. Вертикальне озеленення можна розглядати як ефективний засіб для формування екологічно сприятливого міського середовища і створення іміджу сучасного міста.

Література

1. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування і забудова територій [Чинні від 2019-10-01]. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/b_2_2_12/1-1-0-1802#load (дата звернення: 02.01.2021).
2. Адаптація до зміни клімату: зелені зони міст на варті прохолоди. Київ, 2016. URL: http://necu.org.ua/wp-content/uploads/2016/08/buklet_kyiv_ua.pdf (дата звернення: 04.01.2021).
3. Вертикальне озеленення. URL: <https://sadgorod.dekorativni-roslini/vertikalne-ozelenennya/in.ua/> (дата звернення: 08.01.2021).
4. Климчик О.М., Кучерук В.М. Альтернативні системи озеленення для забезпечення теплового комфорту мікроклімату міста. *Техногенно-екологічна безпека України: стан та перспективи розвитку/ТЕБ-2019* : матеріали ІХ Всеукр. інтернет-конф., 04–15 лист. 2019 р. Ірпінь : Ун-т ДФС України, 2019. С. 264–267.
5. Настич І. Як подолати «ефект міського теплового острова», або перспективи вертикального озеленення в Україні. URL: https://propertytimes.com.ua/trends/yak_podolati_efekt_miskogo_teploвого_ostrova_abo_perspektivi_vertikalного_ozelenennya_v_ukrayini (дата звернення: 09.01.2021).
6. Тимошенко В.О. Вертикальне озеленення в Україні: сучасний стан та перспективи розвитку. *Сучасні проблеми природничих наук* : матеріали Наук. інтернет-конф. молодих вчених (1 груд. 2020, Мелітополь). Мелітополь, 2020. С. 169–173.
7. Брагина В.И., Белова З.Л., Сидоренко В.М. Вертикальное озеленение зданий и сооружений. Киев : Будівельник, 1980. 173 с.
8. Марченко М.Н., Давыдова Я.А. Вертикальное озеленение и его роль в формировании архитектурной среды города. *Научный альманах*. 2016. № 4-4 (18). С. 397–404.
9. Системи вертикального озеленення (VGS) для енергозбереження в будівлях. URL: <https://dendro.kyiv.ua/systemy-vertikalного-ozelenennya-vgs-dlya-energozberezhennya-v-budivlyah.html> (дата звернення: 10.01.2021).
10. Гострая Е.С., Макознак Н.А. Вертикальные сады Патрика Бланка. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vertikalnye-sady-patrika-blanka/viewer> (дата звернення: 15.01.2021).
11. Солоненко В.І., Ватаманюк О.В. Класифікація видів вертикального озеленення в ландшафтному будівництві. *Сільське господарство та лісівництво*. 2017. № 5. С. 126–136.
12. Варлащенко Л.Г., Поліщук В.В., Величко Ю.А. Використання витких рослин для вертикального озеленення Уманського національного університету садівництва. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2017. Т. 27. № 4. С. 28–31. URL: <https://doi.org/10.15421/40270405>.

ЗАХИСТ ВКРИВНИХ СУБТРОПІЧНИХ ПЛОДОВИХ ІНТРОДУЦЕНТІВ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ ВІД ВЕСНЯНИХ ПРИМОРОЗКІВ

Красовський В.В.

Хорольський ботанічний сад
вул. Кременчуцька 1/79, оф. 46, 37800, м. Хорол, Полтавська обл.
horolbotsad@gmail.com

У статті наведено загальну характеристику субтропічних культур *Punica granatum* L. і *Ficus carica* L., що культивуються в Хорольському ботанічному саду. Показано, що дорослі рослини цих видів витримують короточасне зниження зимових температур повітря до мінус 15 °С. При зниженні температури до мінус 18 °С відбувається значне пошкодження крони, а при мінус 20 °С пошкоджується вся надземна частина рослин. Ураховуючи мінімальне значення зимової температури Лісостепу України, а воно майже щорічно буває нижче мінус 20 °С, *F. carica* та *P. granatum* у цій природно-кліматичній зоні можна вирощувати лише у вигляді куща і як вкривну на зиму культуру, тобто восени надземну частину рослини нагинають до поверхні ґрунту, пагони-провідники фіксують гачками та вкривають утеплюючим матеріалом. Весною, з настанням вегетаційного періоду, кущі розкривають, а пагони-провідники піднімають. Підкреслено, що Лісостеп України відзначається вторгненням холодних повітряних мас, а отже, і виникненням весняних приморозків – різкого короточасного зниження температури ґрунту й приземного шару повітря до 0 °С й нижче вночі при позитивній температурі вдень. Вони вкрай негативно впливають на субтропічні види *F. carica* та *P. granatum*, адже різке зниження температури повітря до критичних величин (мінус 5 – мінус 8 °С) настає в період їх активної вегетації. Імовірність виникнення весняних приморозків у Лісостепу України існує аж до кінця травня, а то навіть і червня. У Хорольському ботанічному саду, де проводяться інтродукційні дослідження, *F. carica* розпочинає вегетацію в середині другої декади квітня, причому разом із розпусканням листків утворюються зачатки партенокарпічних плодів. *P. granatum* розпочинає вегетацію в середині третьої декади квітня. У разі виникнення приморозку, якщо температура повітря зберігатиметься на критичній позначці близько чотирьох годин, цього буде достатньо, щоб надземна частина рослин отримала значне пошкодження. За результатами семирічних польових досліджень, проведених у Хорольському ботанічному саду, встановлено, що при умові вкривної культури *F. carica* протягом вегетаційного періоду проходить усі стадії сезонного розвитку, включаючи партенокарпічне утворення плодів, *P. granatum* квітує, але ще не плодоносить. Захист від приморозків досягається тим, що після зняття утеплюючого вкривного матеріалу, якими є опале листя дерев і плівка, пагони куща залишають у попередньому положенні, тобто нагнутими до поверхні ґрунту, що не заважає початку вегетації рослини. У разі настання приморозку її можна швидко накрити тим же опалим листям. Піднімають пагони куща за деякий час, як мине період імовірного виникнення приморозків. **Ключові слова:** Лісостеп України, інтродукція, *Punica granatum* L., *Ficus carica* L., приморозок, захист.

The spring protection against frost of covered subtropical fruit introducers in the forest-steppe zone of Ukraine. Krasovsky V.

The general characteristics of subtropical fruit plants *Punica granatum* L. and *Ficus carica* L., cultivating in Khorol botanical garden. It is shown that adult plants of the species are resistant to short-term winter temperature to 15 degrees below zero. The temperature dropping to 18 degrees below zero can negative influence on the plants. The crown can damaged slightly, if the temperature drops to 20 degrees below zero, the aerial part of the plants can be damaged. Taking account minimum winter temperature in the forest-steppe zone of Ukraine, it can drop to 20 degrees below zero annually. In this climatic zone *F. carica* та *P. granatum* can be grown as bushes by covering in winter. In autumn the aerial parts of the plants are banded to soil surface and fixed with hooks and covered. In spring the bushes are removed from covering materials and the sprouts should be raised. It is known, the forest-steppe zone of Ukraine is characterized with invasion of cold air masses and spring slight frost when the temperature drops to 0 °C at night, even though the temperature is higher at daytime. This temperature difference has a negative impact on subtropical crops such as *F. carica* and *P. granatum*, because a sharp drop in temperature to 5 -8 °C below zero occurs during the growing season. Spring light frost is likely by the end of May or even June in the forest-steppe zone of Ukraine. In Khorol botanical garden, where the introduction research is being conducted, *F. carica* begins to grow in the middle of the second decade of April. The rudiments of parthenocarpic fruits are formed together with the flowering of the leaves. *P. granatum* begins to grow in the middle of the third decade of April. In case of frost, if the temperature is critical about four hours, it may cause damage of aerial parts of the plants. The 7-year field results of the research in Khorol botanical garden show that during growing season *F. carica* goes through all stages of season development, including parthenocarpic formation of fruits, *P. granatum* blooms without bearing fruits. The plants are covered with insulating covering materials, consisting of fallen leaves and film to protect from frost. After removing the cover materials, the sprouts of the bush are left in that position, bent to the soil surface. It doesn't interfere with the growing season of the crops. In case of frost, the crops should be covered with the fallen leaves. The sprouts of the bush can be raised when the threat of frost passes. **Key words:** forest-steppe zone of Ukraine, introduction, *Punica granatum* L., *Ficus carica* L., slight frost, protection.

Постановка проблеми. Зусилля інтродукторів як в Україні, так і за кордоном спрямовані на пошук серед всесемної флори нових корисних рослин з метою випробування в нових географічних районах і перспективою впровадження у виробництво. В епоху науково-технічного прогресу, що супро-

воджується погіршенням екологічних умов навколишнього середовища, особливо актуальні інтродукція та культивування рослин, що не потребують хімічних засобів захисту й мають плоди з високим вмістом біологічно активних речовин [1–4].

У зв'язку з достовірно встановленою глобальною зміною клімату збільшення продукції плодівництва в лісостеповій зоні України доцільно здійснювати через інтродукцію окремих видів субтропічних плодівих культур, до яких належать азиміна трилопатева (*Asimina triloba* (L.) Dunal) з родини анонові (*Annonaceae* DC.), гранатник зернястий (*Punica granatum* L.) з родини плакунові (*Lythraceae* J.St-Hil.), зизифус справжній (*Zizyphus jujuba* Mill.) з родини жостерові (*Rhamnaceae* R. Br.), інжир звичайний (*Ficus carica* L.) з родини шовковицеві (*Moraceae* Link), кудранія тризагострена (*Cudrania tricuspidata* (Carriere) Bureau ex Lavallee) з родини шовковицеві (*Moraceae* Link), мигдаль звичайний (*Amygdalus communis* L. forma *amara* DS, *Amygdalus communis* forma *dulcis* DS) з родини розові (*Rosaceae* Juss.), мушмула звичайна (*Mespilus germanica* L.) з родини розові (*Rosaceae* Juss.), понцирус трилистяний (*Poncirus trifoliata* (L.) Raf.) з родини рутові (*Rutaceae* Juss.), фісташка справжня (*Pistacia vera* L.) з родини сумахові (*Anacardiaceae* R.Br.), хурма віргінська (*Diospyros virginiana* L.) і хурма кавказька (*Diospyros lotus* L.) з родини ебенові (*Ebenaceae* Guer.).

Перелічені субтропічні плодіві культури, що досліджуються в Хорольському ботанічному саду (далі – ХБС), водночас є й лікарськими рослинами, тому знаходять широке застосування як у народній, так і в офіційній медицині, а це вимагає від інтродуктора комплексного вивчення можливості введення корисних для людини груп рослин у нові райони обробітку.

Інжир, фігове дерево, або смоківниця – рослина, яка росте у вигляді дерева, рано вступає в стадію плодоношення при вегетативному розмноженні, невибаглива до ґрунту. Плоди інжиру зав'язуються на всіх типах пагонів у пазухах листків, рослина дводомна,

але в умовах інтродукції культивують партенокарпічні сорти, так як у лісостеповій зоні України відсутня оса бластофага – єдина комаха, що запилює інжир.

Гранатник зернястий, гранат звичайний, або анар – кущ або невелике дерево висотою до 5 м. Рослина дуже стійка до повітряної посухи.

Інжир і гранатник – цінні плодіві культури, водночас цінуються як лікарські рослини, оскільки їх плоди містять велику кількість цукрів, вітамінів, макро- та мікроелементів [5–7].

Примітно, що як інжир, так і гранатник легко формуються у вигляді невеликого куща, і це має вагомe значення для їх інтродукції в змінених умовах природного середовища (рис. 1, рис. 2).

За біоекологічними показниками інжир і гранатник характеризуються підвищеною вибагливістю до тепла й порівняно низькою стійкістю до низьких зимових температур повітря. Дорослі рослини *F. carica* та *P. granatum* витримують без укриття короткочасне зниження зимових температур повітря до мінус 15 °С. При зниженні температури до мінус 18 °С відбувається значне пошкодження пагонів крони, а при мінус 20 °С пошкоджується вся надземна частина рослин [5–7].

Ураховуючи мінімальне значення зимової температури в лісостеповій зоні України, а воно майже щорічно буває нижче мінус 20 °С, *F. carica* та *P. granatum* у цій природно-кліматичній зоні можна вирощувати лише у вигляді кущів і як вкривну на зиму культуру, тобто восени надземну частину рослин пригинають до поверхні ґрунту, пагони-провідники фіксують гачками та вкривають утеплюючим матеріалом (рис. 3). Весною, з настанням вегетаційного періоду, кущі розкривають, а пагони-провідники піднімають від поверхні ґрунту. За таких умов культивування *F. carica* протягом вегетаційного періоду проходить усі стадії сезонного розвитку та партенокарпічно утворює плоди (рис. 4), *P. granatum* квітує, проте ще не плодоносить (рис. 5).

Варто відмітити, що лісостепова агрокліматична зона України відзначається вторгненням холодних повітряних мас, а отже, і виникненням як восени,



Рис. 1. Кущ інжиру звичайного, ХБС, 16.08.2016



Рис. 2. Кущ гранатника зернястого, ХБС, 13.10.2016



Рис. 3. Куц інжиру звичайного, пагони-провідники нагнуті до ґрунту, ХБС, 05.11.2018

так і весною приморозків – різкого короткочасного зниження температури ґрунту й приземного шару повітря до 0°C й нижче вночі при позитивній температурі вдень. Приморозки можуть відрізнятися як площею охолодження, так і протяжністю, а саме від кількох годин до кількох діб.

Весняні приморозки, які ще називають зворотними, украй негативно впливають на субтропічні види, адже різке зниження температури повітря до критичних величин – мінус 5 – мінус 8°C – настає в період їх активної вегетації. Варто зазначити, що не всі субтропічні плодови культури однаково вразливі до різкого зниження температур, деякі мають підвищений поріг стійкості завдяки пізній вегетації. Так, за нашими спостереженнями, зизифус справжній у лісостеповій зоні України починає вегетувати в третій декаді квітня – першій декаді травня. Зворотні приморозки тим небезпечніші, чим пізніше вони настають із моменту потепління. Пояснюється це тим, що після початку сокоруху листки, які розпускаються, і квітки неймовірно чутливі до холоду й не здатні йому протистояти. Під впливом від'ємних температур клітинний сік замерзає і викликає руйнування тканин на клітинному рівні.



Рис. 4. Плодоношення інжиру звичайного, ХБС, 02.08.2018

Імовірність виникнення весняних приморозків у лісостеповій зоні України існує аж до кінця травня, а то навіть і червня. У ХБС, де проводяться інтродукційні дослідження, інжир розпочинає вегетацію в середині другої декади квітня, причому разом із розпусканням листків утворюються зачатки партенокарпічних плодів. Гранатник розпочинає вегетацію в середині третьої декади квітня. У разі виникнення зворотного приморозку, при якому температура повітря протримається на критичній позначці близько чотирьох годин, цього буде достатньо, щоб надземна частина рослин отримала значне пошкодження. Наприклад, у Полтавській обл. у 2018 році весняні приморозки виникали в кінці другої – на початку третьої декади травня, коли листки інжиру звичайного були майже сформовані та партенокарпічно формувалися плоди першої генерації, а в гранатника зернястого листки були в стадії формування. Як наслідок, критичними температурами в нічний час до мінус 6°C зелена маса цих видів рослин, утворена в поточному році, була повністю пошкоджена.

Питання щодо захисту плодкових культур від приморозків у Лісостепу України є достатньо вивченим, але щодо вкривних субтропічних плодкових культур потребує розвитку й оптимізації.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Удосконалення й оптимізація способів захисту від несприятливих погодних умов інтродуктивів, які доповнюють видовий склад фіторізноманіття лісостепової зони України та водночас є цінними плодowymi культурами, має вагоме наукове та економічне значення.

Новизна. Показано новий підхід до захисту від весняних приморозків вкривних на зиму субтропічних плодкових культур у лісостеповій зоні України.

Виклад основного матеріалу. Щоб не допустити пошкодження надземної частини плодкових рослин приморозками, адже це значно позначається на врожаї, у садівництві існує декілька способів захисту. Нині вони детально описані не лише в спеціальній



Рис. 5. Цвітіння гранатника зернястого, ХБС, 23.06.2018

літературі, а й на сторінках інтернет-ресурсу з відеодемонстрацією. Серед найпоширеніших такі: перед прогнозованими приморозками рослини укривають, влаштовують дощування, а під час приморозків – туманізацію та задимлення. Дощування й туманізація – професійний метод поливу чи розпилення дрібних крапель вологи, яка, випаровуючись, віддає рослинам тепло та захищає їх. Існують також групи препаратів, а саме кріопротекторів, одні з яких можуть діяти на поверхні листків і стебел, утворюючи захисну плівку, інші препарати проникають усередину рослини й впливають на збільшення вмісту цукру, який підвищує концентрацію клітинного соку, його замерзання відбувається за значно нижчих температур, ніж зазвичай.

Варто зазначити, що кожен із цих способів має й свої недоліки. Так, використання кріопротекторів, влаштування туманізації та дощування – дорогі заходи, адже потребують капіталовкладень. Задимлення – захід не екологічно безпечний, крім того, необхідно враховувати напрям вітру, бо при поривах вітру він узагалі неефективний. Для укриття агроволокном або мішковиною кущам і невеликим деревам необхідно спорудити каркас із дерев'яних брусків, металевих труб чи арматури. При використанні поліетиленової плівки необхідно змайструвати звичайний невеликий парник. Користь від такої споруди буде, але виготовлення споруди займе деякий час. Можна ще для захисту рослин від приморозків застосовувати спосіб нагортання ґрунту, але він трудомісткий.

Необхідно відзначити, що коли агротехніка інтродукта в нових умовах зростання досить затратна як у часі, так і матеріально, поширення він може не набути незважаючи на корисність культури. Мета ж інтродукції субтропічних видів *F. carica* та *P. granatum* – збагачення видового складу плодівих культур лісостепової зони України шляхом поширення відібраних перспективних сортів і форм цих видів за оцінкою їх зимостійкості й плодоношення принаймні на присадибні земельні ділянки [10]. Вирощування *F. carica* та *P. granatum* на присадибних ділянках могло б певною мірою вирішити проблему самозабезпечення населення новими харчовими продуктами й водночас цілющими плодами, що мають попит.

Польовими дослідженнями, які проводяться в ХБС з 2014 року, установлено, що для захисту кущів інжиру та гранатника від дії низької температури в зимовий період достатньо, як уже повідомлялося, пригнути до поверхні ґрунту й зафіксувати гачками пагони-провідники. Потім необхідно вкрити кущі утеплючим матеріалом, яким є опале листя плодівих і лісових порід дерев, насамкінець нагортане листя захистити плівкою або іншим підручним матеріалом від вологи опадів.

Варто окремо зазначити праці науковців установи, які стосуються культивування *F. carica* та *P. granatum* в умовах клімату Лісостепу України

й упроваджені в практику в ХБС протягом 7-річного періоду досліджень [8; 9].

Також для культури інжиру та гранатника в установі запроваджується й удосконалюється спосіб захисту від весняних приморозків, що ґрунтується на укритті рослин перед настанням приморозків тим же утеплючим матеріалом, що використовувався в зимовий період [11].

Сутність способу полягає в тому, що весною, після зняття з рослин утеплючого матеріалу, пагони-провідники залишають у зафіксованому на зиму положенні, тобто на поверхні ґрунту зберігають їх попередню архітектуру. Як показує практика, таке положення надземної частини рослин не є перешкодою початку вегетації, але за необхідності дає змогу швидко їх укрити для захисту від приморозків тим же утеплючим матеріалом, що використовувався взимку. Піднімають пагони-провідники, звільнивши їх від пришпилюючих гачків (рис. 6), коли мине період імовірного виникнення приморозків.



Рис. 6. Кущ гранатника зернястого з піднятими пагонами-провідниками, ХБС, 15.05.2018

Головні висновки. З огляду на глобальні зміни клімату, доцільність інтродукції окремих видів субтропічних плодівих культур у лісостеповій зоні України не викликає сумнівів.

За результатами семирічних польових досліджень, проведених у Хорольському ботанічному саду, установлено, що за умови вкривання на зиму *F. carica* протягом вегетаційного періоду проходить усі стадії сезонного розвитку та партенокарпічно утворює плоди, *P. granatum* квітує, проте ще не плодоносить.

З настанням стійких плюсових температур для надання досліджуваним видам більш раннього початку вегетації рослини розкривають, але виникає проблема захисту цих інтродуктивів від весняних приморозків. Ситуацію обтяжує те, що вартість захисту рослин від низьких температур у зимовий період і весною від приморозків безпосередньо впливає на поширення видів на присадибні земельні ділянки як нових і цінних плодівих культур.

За результатами наших досліджень, ефект простоти й дешевизни захисту рослин від весняних приморозків досягається тим, що після зняття вкривного матеріалу, яким є опале листя дерев, пагони кущів залишають у попередньому положенні, тобто на-

нутими до поверхні ґрунту, що не заважає початку вегетації рослин. У разі настання приморозку їх можна швидко накрити попередньо згорнутим опалим листям. Піднімають пагони кущів після того, як мине період імовірного виникнення приморозків.

Література

1. Грумм-Гржимайло А.Г. В поисках растительных ресурсов мира. Некоторые научные итоги путешествий академика Н.И. Вавилова. 2-е изд., доп. Ленинград : Наука, 1986. 152 с.
2. Кохно Н.А., Курдюк А.М. Теоретические основы и опыт интродукции древесных растений в Украине. Киев : Наукова думка, 1994. 188 с.
3. Адаптація інтродукованих рослин в Україні : монографія / відп. ред. Д.Б. Рахметов. Київ : Фітосоціоцентр, 2017. 516 с.
4. Збереження та збагачення рослинних ресурсів шляхом інтродукції, селекції та біотехнології : монографія / відп. ред. Т.М. Червченко. Київ : Фітосоціоцентр, 2012. 432 с.
5. Казас А.Н., Литвинова Т.В., Мязина Л.Ф. Субтропические плодовые и орехоплодные культуры : научно-справочное издание. Симферополь : ИТ «Ариаль», 2012. 304 с.
6. Федоренко В.С. Субтропические и тропические плодовые культуры : учебное пособие. Киев : Выща шк., 1990. 239 с.
7. Цитрусові та субтропічні плолові культури / С.С. Чебан, А.В. Долід, В.О. Сіленко, Л.І. Чередниченко. Кам'янець-Подільський, 2013. 198 с.
8. Спосіб зимового утеплення граната звичайного (*Punica granatum L.*) у Лісостепу України : пат. 102747 Україна : МПК (2015.01), A01G 13/00, A01C 3/00, A01C 14/00. № 201406048 ; заявл. 02.06.2014 ; опубл. 25.11.2015, Бюл. № 22. 4 с.
9. Спосіб формування крони інжиру *Ficus carica (L.)* для зимового укриття при інтродукції у Лісостеп України : пат. 105542 Україна : МПК (2014.01), A01G 11/00. № 201206434 ; заявл. 28.05.2012 ; опубл. 26.05.2014, Бюл. № 10. 4 с.
10. Методики державної науково-технічної (кваліфікаційної) експертизи сільськогосподарських видів рослин на придатність до поширення в Україні (плодові, ягідні горіхоплідні, субтропічні, виноград та шовковиця). 2-ге вид., випр. і доп. Вип. 5. Київ, 2013. С. 26–34.
11. Спосіб захисту субтропічних плодових інтродуцентів Лісостепу України інжиру звичайного та гранатника зернястого від весняних приморозків : пат. 138312 Україна : МПК (2019.01), A01G 13/00. № 201904799 ; заявл. 06.05.2019 ; опубл. 25.11.2019 ; Бюл. № 22. 4 с.

ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТ М. ХЕРСОНА: ЕКОЛОГІЧНІСТЬ, ЕКОНОМІЧНІСТЬ, ЕРГОНОМІЧНІСТЬ

Малєєв В.О., Безпальченко В.М.

Херсонський національний технічний університет
Бериславське шосе, 24, 73008, м. Херсон
ximiecology@kntu.net.ua

У роботі розглянуто та проаналізовано значення електротранспорту м. Херсона з позицій екології, економіки, ергономіки, загалом безпеки життєдіяльності міста. Тотальна автомобілізація призвела до виникнення комплексу небезпек міста (насамперед завантаженість доріг, затори, загазованість, наявність смогу, шумове забруднення тощо). Геометричне зростання кількості транспорту вимагає постійного розвитку автодоріг, що позначається на бюджетах регіонів і країни загалом. За статистичними даними, кількість викидів від автотранспорту (з двигунами внутрішнього згоряння) у м. Херсоні становить близько 70% від усіх токсичних викидів в атмосферу. За результатами останніх замірів, комплексний індекс забруднення атмосфери (КІЗА) за перше півріччя 2019 року Херсона становив 9,8. Це вище, ніж у столиці, КІЗА якого становить 9,1. Оптимізація громадського транспорту (насамперед урахування екологічного, ергономічного, бюджетного складників) – це шлях до вирішення першочергових проблем щодо завантаженості доріг, уникнення заторів, очищення міського повітря, загалом покращення міського середовища. Наявність екологічно зручного, економічно доступного громадського транспорту зменшить кількість приватного автотранспорту на дорогах, вирішить проблему недостатньої кількості місць для паркування та додатково звільнить міський простір. Ергономічні інновації (відсутність сходинок, наявність місця для дитячих колясок та інвалідних візків), безумовно, покращують можливість молодим сім'ям, людям похилого віку, людям з особливими потребами вільно користуватися міським транспортом. З позиції безпеки життєдіяльності широке запровадження електротранспорту сприяє вирішенню в м. Херсоні відразу декількох питань, а саме покращенню екологічного стану повітря, соціального складника (перевезення пільгових категорій), естетичного вигляду міського середовища. Порівняно з іншими видами міського транспорту (що працює на двигунах внутрішнього згоряння) ціна поїздки на тролейбусі у 2,4 рази дешевша. *Ключові слова:* електротранспорт, місто, екологія, ергономіка, економіка.

City Kherson's electric transport: ecological, economic, ergonomic. Maljejev V., Bezpalchenko V.

In this paper the importance of electric transport of Kherson from the standpoint of ecology, economy, ergonomics, in general, the safety of the city. Total motorization has led to a complex of dangers of the city (primarily road congestion, congestion, gassiness, smog, noise pollution, etc.). The geometric growth of the number of vehicles requires the constant development of roads, which affects the budgets of regions and the country as a whole. According to statistics, the amount of emissions from vehicles (with internal combustion engines) in Kherson is about 70% of all toxic emissions into the atmosphere. According to the results of the latest measurements, the Comprehensive Air Pollution Index (KIZA) for the first half of 2019 in Kherson was 9.8. This is higher than in the capital, whose KIZA is 9.1. Optimization of public transport (first of all, taking into account the environmental, ergonomic, budget components) is a way to solve the priority problems of road congestion, avoid congestion, clean the city air, and generally improve the urban environment. The availability of environmentally friendly, cost-effective public transport will reduce the number of private vehicles on the roads, solve the problem of insufficient parking spaces and further free up urban space. Ergonomic innovations (lack of steps, space for prams and wheelchairs) definitely improve the ability of young families, the elderly, people with special needs to use public transport freely.

From the point of view of life safety, the widespread introduction of electric transport contributes to the solution of several issues in Kherson, namely the improvement of the environmental condition of the air, the social component (transportation of privileged categories), the aesthetic appearance of the urban environment. Compared to other types of public transport (running on internal combustion engines), the price of a trip by trolleybus is 2.4 times cheaper. *Key words:* electric transport, city, ecology, ergonomics, economy.

Постановка проблеми. Перехід на електротранспорт значно зменшить кількість шкідливих викидів в атмосферу, суттєво покращить екологію. Відчистоти повітря залежить стан здоров'я людини. ВООЗ прогнозує, що до 2030 р. хронічне обструктивне захворювання легень стане третьою з основних причин передчасної смерті у світі [5]. В Україні викиди від автомобільного транспорту є пріоритетним складником усього забруднення [6]. У таких умовах налагодження зручного та екологічного громадського транспорту – невід'ємна умова безпеки життєдіяльності. Саме тому, згідно із Законом України «Про міський електричний транспорт» від 29.06.2004,

державою зобов'язана забезпечити доступність транспортних послуг для всіх верств населення; пріоритетність розвитку міського електричного транспорту в містах із підвищеним рівнем забруднення довкілля та курортних регіонах; безбиткову роботу перевізників [8]. В Україні зареєстровано майже 23 тисячі електромобілів. Національною транспортною стратегією до 2030 р. передбачено стимулювання використання електромобілів [7]. Прийняті законопроекти щодо Податкового й Митного кодексів мають на меті покращення умов імпорту електромобілів. Окремим аспектом розвитку цього виду транспорту є створення розвинутої мережі зарядної інфраструк-

тури. Сьогодні в Україні бракує АЗС, призначених для обслуговування електрокарів. Електромобіль як вид транспорту має свої переваги та недоліки, які варто розглядати з погляду екології, економіки, технології. Серед позитивних якостей електромобілів можна виділити економне споживання енергії, що становить у середньому 10 кВт на 100 км. Машина на електричному акумуляторі дає змогу суттєво заощадити на паливі. Електромобіль простий в обслуговуванні. Періодичного огляду вимагає тільки ходова. Силовий агрегат, акумулятори та навісне обладнання – тільки спостереження й контрольні заміри. Обслуговуватися такі авто можуть на будь-якій СТО, а вартість послуг – у рази менша, ніж у звичайних автомобілів. Безшумність електрокару є водночас його перевагою та недоліком. Тому існують електрокари, які оснащені звуковими ефектами для безпеки дорожнього руху. Істотним мінусом електротранспорту є висока вартість батареї [9; 10]. Боротьба зі шкідливими викидами, що утворюються під час роботи ДВЗ, – головна причина переходу на електричний транспорт.

До 2040 р. електрокари становитимуть більше половини від усіх продажів автомобілів і перевищать продажі автомобілів із двигунами внутрішнього згоряння. Головною причиною тенденції є скорочення витрат на акумуляторні батареї [11; 12]. У січні-квітні 2019 р. продажі пасажирських електромобілів в Україні зросли на 73% і становили 1914 авто. Найбільш популярними моделями автомобілів з нульовим рівнем викидів були NISSAN Leaf, TESLA Model S, RENAULT Kangoo, RENAULT Zoe, JAGUAR I – Pace [11]. Проблемою всього людства є зміна клімату через парниковий ефект. До основних газів, що найбільше впливають на зміну клімату, належать такі гази: водяна пара, карбон (IV) оксид (CO_2), метан (CH_4), нітроген (IV) оксид (N_2O), хлорфторвуглеці (ХФВ) [2]. Електротранспорт вирішує цю проблему. У більшості країн стан атмосфери покращився (2020 р.), що викликано припиненням роботи багатьох виробництв і насамперед глобаль-

ним зниженням використання транспорту через пандемію на коронавірус COVID-19 [3].

Актуальність дослідження. Тотальна автомобілізація призвела до виникнення комплексу небезпек міста (насамперед завантаженість доріг, затори, загазованість, наявність смогу, шумове забруднення тощо). Геометричне зростання кількості транспорту вимагає постійного розвитку автодоріг, що позначається на бюджетах регіонів і країни загалом. За статистичними даними, кількість викидів від автотранспорту (з двигунами внутрішнього згоряння) у м. Херсоні становить близько 70% від усіх токсичних викидів в атмосферу. За результатами останніх замірів, комплексний індекс забруднення атмосфери (далі – КІЗА) за перше півріччя 2019 року Херсона становив 9,8. Це вище, ніж у столиці, КІЗА якої становить 9,1 [1]. Покращення громадського транспорту (насамперед урахування екологічного, ергономічного, бюджетного складників) – шлях до вирішення першочергових проблем щодо завантаженості доріг, уникнення заторів, очищення міського повітря, загалом покращення міського середовища. Безумовно, наявність екологічно зручного та доступного громадського транспорту зменшить кількість приватного транспорту на дорогах, вирішить проблему недостатньої кількості місць для паркування й додатково звільнить міський простір. Ергономічні інновації (відсутність сходнок, наявність місця для дитячих та інвалідних візків), безумовно, покращують можливість людям певних категорій (молодим сім'ям, людей похилого віку, людей з особливими потребами) вільно користуватися міським транспортом.

Виклад основного матеріалу. Місто Херсон займає сьоме місце за забрудненням атмосферного повітря поряд зі справжніми українськими індустріальними мегаполісами – Дніпром, Маріуполем, Миколаєвом, Кривим Рогом. Нині КІЗА (комплексний індекс забруднення атмосфери) м. Херсона становить 9,8, тоді як навіть у столиці він нижчий – 9,1 [14]. Протягом 2019 р. в атмосферне пові-

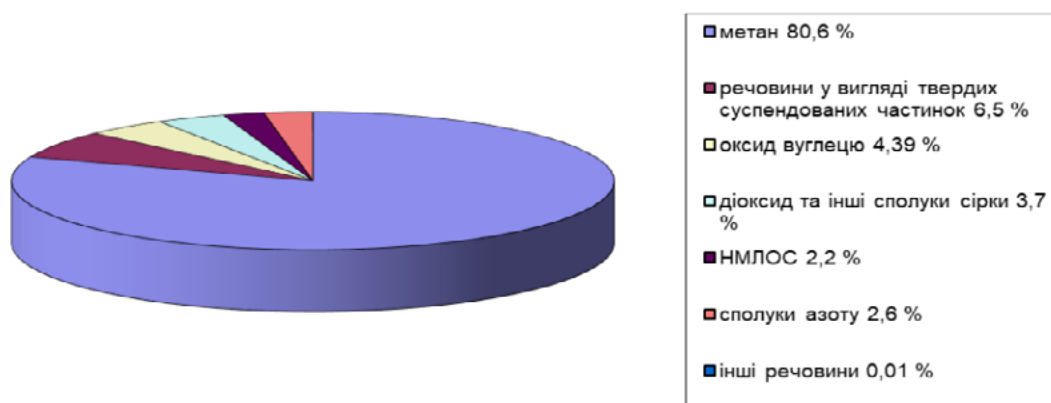


Рис. 1. Структура викидів забруднюючих речовин від стаціонарних джерел забруднення (м. Херсон, 2019 р.)

тря надійшло 17,8 тис. т забруднюючих речовин від стаціонарних джерел забруднення, що на 43,5% більше, ніж у 2018 р. [13]. Основними шляхами зниження й повної ліквідації забруднення атмосфери є розробка й упровадження очисних фільтрів, застосування екологічно безпечних і відновлюваних джерел енергії, безвідходних і маловідходних технологій виробництва, активне використання вторинної сировини, озеленення, а також зменшення викидів вихлопних газів автомобілів. Найбільшим джерелом забруднення атмосфери міста є **транспорт**, кількість якого з кожним роком збільшується (рис. 1). Автотранспорт становить 70% усіх токсичних викидів в атмосферу. Загальні викиди токсичних речовин залежать від потужності й типу двигуна, режиму його роботи, технічного стану автомобіля, швидкості руху, стану дороги, якості палива.

Серед транспортних засобів за обсягом викидів лідирують автомобілі, а саме автотранспорт, що перебуває в приватній власності населення. Решту становлять викиди авіаційного, залізничного, водного транспорту й виробничої техніки. Основними токсичними інгредієнтами, якими забруднюється повітря під час експлуатації пересувних джерел, є чадний газ, оксиди нітрогену, легкі органічні сполуки, сульфур (IV) оксид, вуглеводні та речовини у вигляді суспендованих твердих частинок. Крім того, від пересувних джерел забруднення в атмосферу надходить карбон (IV) оксид (таблиця 1). Варто зауважити, що надходження забруднюючих речовин від пересувних джерел забруднення та виробничої техніки в усіх районах області переважає над викидами від стаціонарних джерел [13].

У 1959 р. затверджений проект херсонського тролейбуса [1]. Перші шість тролейбусів МТБ-82Д в Херсоні почали працювати з 10 червня 1960 р. Протягом першого дня вони перевезли 11 932 пасажирів. Вони курсували за одним маршрутом загальною протяжністю 8 км: від залізничного вокзалу по проспекту Ушакова – вулиці Перекопської до її перетину з вулицею Хороводна (нині вулиця Суботи). Сьогодні це один із видів громадського транспорту в Херсоні. У будні дні на лінії працюють 40 тролей-

бусів, у вихідні – 33 за наявності 51 машини в міському тролейбусному парку [20].

У 2017–2019 рр. до КП «Херсонелектротранс» надійшли 8 нових тролейбусів моделі «Богдан Т701». Це 12-метровий низькопідлоговий тролейбус, що випускається Луцьким автомобільним заводом (рис. 2). Безумовно, цей транспорт значно відрізняється від старих тролейбусів, має стильний ергономічний дизайн. Жовтий колір видно з далекої відстані, а великі тоновані вікна та прозорі пластикові перегородки візуально розширюють простір. Зовні, по боках, а також з переду та позаду на тролейбусі розміщені цифрові дисплеї, які вказують номер маршруту та зупинки. Це досить зручно, на відміну від традиційних табличок, оскільки текст на дисплеї легко змінити. Крім цього, електронні дисплеї чудово видно в темний час доби. Кузов тролейбуса вагонного типу, виготовлений з металу та пластикових панелей. Дах посилено для розміщення електроустаткування. Конструкція штангового струмуприймача забезпечує надійне кріплення на електричний дріт та унеможливує випадкове відокремлення від джерела живлення. За допомогою механізму водій може на ходу опускати штанги, при цьому не залишаючи кабіни (на старих моделях штанги опускалися вручну). Кількість місць для сидіння – 34 чоловік, повна місткість (8 чоловік/м²) – 105 чоловік. Нові машини мають запас автономного ходу у 20 кілометрів, що дає змогу експлуатувати їх на ділянках, де відсутня контактна електромережа. Максимальна швидкість при повному завантаженні – 65 км/год. При автономному ході швидкість зменшується. Як тяговий привід використовується асинхронний електродвигун змінного струму АД903У1 з номінальною потужністю 180 кВт. Система управління – IGBT з рекуперацією, виробництва київської компанії «Політехносервіс». Тролейбус має досить плавний хід завдяки особливій конструкції підвіски й амортизації. Передня підвіска незалежна, керована. Тролейбус обладнаний електронною системою управління, пневопідвіскою з можливістю регулювання висоти рівня кузова й функцією кнілінгу [15]. «Богдан Т70117» має низькопідлогову конструк-

Таблиця 1

Динаміка викидів в атмосферне повітря Херсонської області

| Показники | 2017 р. | 2018 р. | 2019 р. |
|--|---------|---------|---------|
| Загальна кількість (одиниць) дозволів на викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря, виданих у поточному році суб'єкту господарювання, об'єкт якого належить до: | 126 | 146 | 216 |
| • другої групи | 17 | 24 | 65 |
| • третьої групи | 109 | 122 | 151 |
| Викиди забруднюючих речовин і парникових газів від стаціонарних джерел, тис. т | 9,6 | 12,4 | 17,8 |
| Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел у розрахунку на км ² , т | 0,3 | 0,4 | 0,6 |
| Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел у розрахунку на одну особу, кг | 9,1 | 11,9 | 17,3 |



Рис. 2. Безконтактний тролейбус «Богдан Т70117»

цію. Ергономічні інновації (відсутність сходинок, наявність місця для дитячих візочків та інвалідних візків), безумовно, покращують можливість людям певних категорій (молодим сім'ям, людям похилого віку, людям з особливими потребами) вільно користуватися міським транспортом. Висота підлоги дає змогу перемістити дитячий візочок без застосування пандусу. Ергономічні інновації, такі як відсутність сходинок, дають змогу людям похилого віку, також людям з особливими потребами вільно заходити та виходити з транспорту.

Для пасажирів з обмеженими можливостями пересування обладнані кріплення для фіксації інвалідного візка та 4 спеціально обладнані місця в салоні. Для пасажирів на інвалідному візку передбачено пандус, який підіймається за допомогою прихованого кільця в кришці. Оразу біля дверей уздовж бокової сторони тролейбусу розташовано місце, призначене для інвалідного візка. У салон тролейбуса ведуть три двостулкові розсувні двері. Механізм відкривання дверей обладнаний пристроєм, що перешкоджає защемленню пасажирів в дверях. При відкритих дверях рух тролейбуса блокується. У салоні передбачено аварійне відкривання дверей. Поряд знаходиться кнопка на випадок пожежі. Одне з вікон є аварійним виходом.

Стосовно ергономіки сучасні моделі «Богдан Т701» є зручними для пасажирів. Низька підлога та широкі двері забезпечують легкий доступ до салону транспорту, що є особливо актуальним для людей похилого віку. Значним плюсом конструкції дверей тролейбусу є відсутність вертикального

поручня посередині входу, який заважає пасажирів заходити до транспортного засобу. Салон і кабіна водія обладнані кондиціонерами. Вікна – з безпечного скла. Салон висвітлюється люмінесцентними лампами. Для обігріву салону встановлені три обігрівачі калориферного типу [16]. Варто зазначити, що в салоні встановлені камери спостереження, відео з яких транслюється на монітор, установлений у кабіні водія. Це допомагає контролювати безпеку пасажирів. Біля кабіни водія є дисплей. Одним із важливих нововведень у тролейбусі «Богдан Т70117» є використання інтернет-технологій. Рух громадського транспорту в режимі on-line можна переглянути на офіційному сайті Херсонської міської ради або за допомогою спеціальних додатків. Один із популярних додатків Easy Way у смартфоні дає змогу визначити місце знаходження по маршруту тролейбуса за геолокацією. Ці програми серед міського автотранспорту м. Херсона запровадженні першими в «Херсонелектротрансі». У салоні тролейбуса «Богдан Т70117» працює точка доступу в інтернет через Wi-Fi. Проїзд у тролейбусі можна сплатити за допомогою смартфона, користуючись мобільним додатком «Приват24». Для цього потрібно мати карту ПриватБанку. Другий варіант оплати проїзду – придбати квиток у кондуктора. У результаті узагальнення даних дослідження варто виокремити ключові позитивні та негативні сторони тролейбусу як виду громадського транспорту. Головними факторами, що свідчать на користь тролейбусу, є три складники: екологічність, ергономічність, економічність (рис. 3).

Тролейбус є більш екологічним, ніж транспортні засоби, які працюють на паливі. Тролейбус дає змогу значно покращити екологічні умови в місті [22].

Стосовно ж економічного складника варто зазначити, що ціна квитка (2,5 грн. станом на 01.02.2021), безумовно, є привабливішою для широких верств населення міста (особливо для соціально незахищених осіб). Порівняно з іншими видами міського транспорту (що працює на двигунах внутрішнього згоряння) ціна поїздки у 2,4 рази дешевша. Така



Рис. 3. Складники переваги тролейбуса

ціна зумовлена низькою вартістю експлуатації. Використання тролейбуса є досить вигідним для економіки держави через низьку вартість електроенергії, яку він використовує, порівняно з паливом, на якому працюють інші транспортні засоби. Виробництво сучасних тролейбусів в Україні є яскравим прикладом позитивного впровадження інноваційних технологій насамперед з погляду безпеки. Для запобігання розповсюдженню вірусу COVID-19 спеціалісти Автоскладального заводу № 1 розробляють тролейбуси, які здатні самі знезаражуватися й очищуватися. Офіційно подано заявку для отримання патенту на встановлення системи очищення та знезараження як повітря, так і поверхонь у салоні пасажирського транспортного засобу, аналогам якої в Україні ще немає [4]. Запровадження електротранспорту сприяє вирішенню в м. Херсоні відразу декількох питань, а саме покращенню екологічного стану повітря, соціального складника (перевезення пільгових категорій), естетичного вигляду міського середовища.

Недоліком тролейбуса є недостатня мобільність і маневреність через прив'язаність до ліній електромереж. Великі габарити дають змогу вмістити більшу кількість пасажирів, натомість гальмують тролейбус під час повороту. Як зазначалося, існують тролейбуси з можливістю автономної їзди без підключення до контактної мережі. Перевага цього виду транспорту в тому, що не потрібно як будувати зарядні станції, так і продовжувати лінії електромереж для тролейбусів. Альтернативою автобусам і тролейбусам є електробус. Цей транспорт користується попитом через свою зручність та екологічність. Лідером з переходу на електробуси є Китай, на який припадає 99% виготовлених у світі електробусів. У США лише 0,5% автобусів є електричними [17].

Україна розпочала виробляти власні електробуси. Як повідомляє AUTO-Consulting, у Луцьку випустили перший електробус ЗЕТ 8-120. Електробус у ході тестового пробігу на 100 км витратив 55 кВт·год електроенергії, а ємність його батарей була розряджена лише на 50%. Отже, ЗЕТ 8-120 володіє запасом ходу майже у 200 км і набагато економніший за дизельні

аналоги [18]. У ході замірів визначено, що 1 км пробігу на електроавтобусі обходиться в 1,83 грн., тоді як витрати на 1 км у дизельного аналога сягають 4,96 грн. Отже, електробус щодня заощаджує до 1000 грн. Повний цикл зарядки акумуляторних батарей займає 8 годин, але існує можливість зарядити АКБ в інтенсивному режимі за 4 години. Зараз у розробці знаходиться станція, яка буде заповнювати ємність акумуляторів за 30 хвилин [19].

Головні висновки. Масове запровадження екологічного транспорту (тролейбусів, електробусів) є яскравим прикладом розкриття потужного соціально-економічного потенціалу країни, у тому числі позитивного впровадження інноваційних технологій, насамперед з погляду екологічної безпеки, ергономіки й економічної доцільності.

Запровадження електротранспорту сприяє вирішенню в м. Херсоні відразу декількох питань, а саме покращенню екологічного стану повітря, соціального складника (перевезення пільгових категорій), естетичного вигляду міського середовища.

Ціна квитка (2,5 грн. станом на 01.02.2021), безумовно, є привабливою для широких верств населення міста. Порівняно з іншими видами міського транспорту (що працює на двигунах внутрішнього згоряння) ціна поїздки у 2,4 рази дешевша.

Ергономічні інновації (відсутність сходинок, наявність місця для дитячих та інвалідних візків), безумовно, покращують можливість людям певних категорій (молодим сім'ям, людей похилого віку, людей з особливими потребами) вільно користуватися міським транспортом.

Для боротьби з розповсюдженням вірусу COVID-19 спеціалісти Автоскладального заводу № 1 розробили проект удосконаленого тролейбуса «Богдан», який здатен знезаражувати прояви інфекційних хвороб, у тому числі коронавірусу.

Як відомо, на території Херсонської області знаходиться значна кількість природоохоронних об'єктів – біосферні заповідники, заказники та національні парки. Налагодження екологічної транспортної інфраструктури – це основа, без якої розвивати туризм у регіоні досить проблематично.

Література

1. История городского транспорта: от лодок до троллейбусов. URL: <https://www.prostranstvo.media/istorija-gorodskogo-transporta-ot-lodok-do-trolleybusov/> (дата звернення: 7.01.2021).
2. Клімат в домі. Парникові гази. URL: http://www.klimatdomi.com/st_klimat/article7_index_ua.html (дата звернення: 26.01.2021).
3. Чому клімат змінюється. URL: <https://ecoaction.org.ua/zmina-klimatu-ne-pryrodney-protse.html> (дата звернення: 26.01.2021).
4. Коломия сьогодні. Новини 07.05.2020. 17:53. Нові українські автобуси та тролейбуси матимуть системи знезараження. URL: <https://kolomyia.today/novi-ukrayinski-avtobusy-ta-trolleybusy-matymut-systemy-znezazhennya-53872> (дата звернення: 27.01.2021).
5. BBC News Україна. Як брудне повітря повільно змінює наш організм. URL: <https://www.bbc.com/ukrainian/vert-fut-38656911> (дата звернення: 06.02.2021).
6. Екодія. Транспорт. URL: <https://ecoaction.org.ua/diyalnist/transport> (дата звернення: 26.01.2021).
7. Центр транспортних стратегій. Рада одобрила в первом чтении льготный режим ввоза оборудования для выпуска электромобилей до 2028 года. 2 сентября 2020 г. URL: https://cfts.org.ua/news/2020/09/02/rada_odobrila_v_pervom_chtenii_lgotnyy_rezhim_vvoza_oborudovaniya_dlya_vypuska_elektromobiley_do_2028_goda_60551 (дата звернення: 27.01.2021).

8. Про міський електричний транспорт : Закон України від 29.06.2004 № 1914-IV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1914-15#Text> (дата звернення: 02.02.2021).
9. Репортер. Електромобілі. Всі переваги та недоліки машин майбутнього, стаття 22/05/2015. URL: <https://report.if.ua/uncategorized/elektromobili-vsi-perevagy-ta-nedoliky-mashyn-majbutnogo/> (дата звернення: 02.02.2021).
10. Укр-Прокат. Плюси та мінуси електрокарів. URL: <https://ukr-prokat.com/blog/plyusy-ta-minusy-elektrokariv.html> (дата звернення: 02.02.2021).
11. Транспорт будущего. Bloomberg: Через 20 лет треть всего мирового автопарка будет электрическим. URL: <https://hightech.plus/2020/05/24/bloomberg-cherez-20-let-tret-vsego-mirovogo-avtoparka-budet-elektricheskim> (дата звернення: 03.02.2021).
12. Bloomberg. URL: <https://www.bloomberg.com/europe> (дата звернення: 03.02.2021).
13. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Херсонській області у 2019 році. URL: <https://merp.gov.ua/files/docs/Reg.gerort/2019/Херсонська%20область.pdf> (дата звернення: 04.02.2021).
14. Херсон online. Херсон выбился в лидеры Украины по загрязнению воздуха. 21/10/2019. URL: <https://khersonline.net/lenta/146427-herson-vybilsya-v-lidery-ukrainy-po-zagryazneniyu-vozduha.html> (дата звернення: 05.02.2021).
15. Харьковский транспорт. Троллейбус. Подвижной состав. Богдан-Т701. URL: https://gortransport.kharkov.ua/ps_models/563/ (дата звернення: 05.02.2021).
16. Вікіпедія. Богдан Т701. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Богдан_Т701 (дата звернення: 06.02.2021).
17. Електробуси проти троллейбусів: що краще для Херсона. URL: <https://transport.ks.ua/elektrobusy-proty-trolejbusiv-shho-krashhe-dlya-hersona/> (дата звернення: 06.02.2021).
18. В Украине выпустили электробус-маршрутку. URL: <http://autoconsulting.ua/article.php?sid=45739> (дата звернення: 07.02.2021).
19. Насколько выгодно использовать электробус на маршрутах. Результаты коммерческой эксплуатации. URL: <http://www.autoconsulting.com.ua/article.php?sid=36203> (дата звернення: 06.02.2021).
20. Вікіпедія. Херсонский троллейбус. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Херсонский_троллейбус (дата звернення: 03.02.2021).
21. Вікіпедія. Система электроживлення троллейбуса URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Система_электроживлення_троллейбуса (дата звернення: 08.02.2021).
22. Малеев В.О., Пагельс В.Д. Электротранспорт как приоритетна складова розвитку міського транспорту. *Сучасні виклики і актуальні проблеми науки, освіти та виробництва: міжгалузеві диспути* : матеріали XII Міжнар. науково-практичної інтернет-конференції, 29 січня 2021р. Київ, 2021. С. 398–403.
23. URL: https://openscilab.org/wp-content/uploads/2021/02/suchasni-vikliki-i-aktualni-problemi-nauki-osviti-ta-virobnictva_2021_01_29_tezu.pdf (дата звернення: 07.02.2021).

ОСОБЛИВОСТІ РОЗМІЩЕННЯ ОСЕЛИЩ ІЗ РІЗНИМ СТУПЕНЕМ АНТРОПОГЕННОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ

Хом'як І.В., Костюк В.С., Гарбар О.В., Демчук Н.С.,
Андрійчук Т.В., Власенко Р.П., Гарбар Д.А.,
Онищук І.П., Шпаковська Л.В., Омельчук М.О.
Житомирський державний університет імені Івана Франка
вул. Велика Бердичівська, 40, 10008, м. Житомир
ecosystem_lab@ukr.net

Досліджено особливості територіальної диференціації оселищ із різним ступенем антропогенної трансформації. Модельною територією обрано Словечансько-Овруцький кряж, який має високу різноманітність екосистем. Тут на неї впливає висока різноманітність едафічних та орографічних умов, а також різна інтенсивність людської діяльності.

Між площами оселищ із різним рівнем антропогенної трансформації спостерігається нелінійна залежність. Найбільший відсоток площ займають оліго- та еугемеробні оселища. Це пояснюється наявністю відмінних за привабливістю для господарської діяльності ділянок. Західна кам'яниста частина кряжа вкрита олігогемеробними лісовими екосистемами, а східна лесова – сільськогосподарськими угіддями. Низький відсоток площ мезогемеробних оселищ зумовлений малою кількістю лучних екосистем.

Ландшафтне різноманіття та територіальна диференціація оселищ перебуває під прямим та опосередкованим впливом умов середовища. По-перше, комплекс абіотичних факторів безпосередньо сприяє формуванню та поширенню на певних територіях окремих груп оселищ. По-друге, відбувається опосередкований вплив, коли цей самий комплекс абіотичних факторів сприяє зміні господарської активності та її локалізації, що приводить до зміни ступеня антропогенної трансформації екосистем. Це дає змогу складати прогностичні алгоритми щодо майбутнього оселищ, розміщених у певних умовах, що дозволяє будувати довготривалі проекти розвитку територіальних громад та планувати розбудову мережі природоохоронних об'єктів. На основі здійсненого аналізу ми дійшли висновку, що на території Словечансько-Овруцького кряжа найбільший екозоологічний потенціал мають ліси й болота його скелястої частини та балки лесової. Як рекреаційні об'єкти доцільно використовувати оселища, розташовані в долинах річок східної частини кряжа. *Ключові слова:* антропотолерантність, гемеробія, Словечансько-Овруцький кряж, екосистеми.

Patterns of habitat location with different degree of anthropogenic transformation. Khomiak I., Kostyuk V., Harbar O., Demchuk N., Andriichuk T., Vlasenko R., Harbar D., Onyshchuk I., Shpakovska L., Omelchuk M.

It was a study of territorial differentiation of habitat characterized by varying degrees of anthropogenic transformation. We selected the Slovechansko-Ovruch ridge for this study. It was our model territory. The high diversity of environmental conditions in this area was the reason for our choice. There are different edaphic, microclimatic and orographic environmental conditions. We observe a non-linear relationship between the areas of settlements with different levels of anthropogenic transformation. Oligohemerobic and eugemerobic habitat occupy the largest areas in this ridge. On the territory of the ridge there are areas where soil fertility is very different. Oligohemerobic forest ecosystems are more often located on soils with low fertility. We can observe this in the western part of the territory within which we conduct research. Eugemerobic habitat of agricultural lands are located on fertile gray forest soils of the eastern part of the territory. Mesohemerobic ecosystems are few here because there are no large areas of meadows. Environmental conditions directly and indirectly affect the landscape diversity and territorial differentiation of habitats. The complex of abiotic factors directly contributes to the formation and spread of certain groups of settlements in certain areas. The complex of abiotic factors contributes to the change of economic activity and its localization too. This leads to a change in the degree of anthropogenic transformation of ecosystems. Forests and swamps of its rocky part and forest beams have the greatest ecosozological potential on the territory of the Slovechno-Ovruch ridge. It is advisable to use habitat located in the river valleys of the eastern part of the ridge as recreational objects. *Key words:* anthropotolerance, hemeroby, Slovechno-Ovruch ridge, ecosystems.

Постановка проблеми. Сучасні темпи та розміри антропогенного перетворення довкілля сягнули критичних масштабів. Через це загострилася потреба в побудові точних і довготривалих прогнозів на основі моделей динаміки екосистем. Однак зміну величини антропогенного фактора та наслідки таких змін надзвичайно важко спрогнозувати. Пошук підходів до вивчення антропогенної трансформації оселищ та їх практична апробація у наш час є надзвичайно актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Із середини ХХ століття вчені все частіше констатували, що сила та особливості дії антропогенного фактора визначають просторову диференціацію екосистем. Висока мозаїчність умов середовища безпосередньо та опосередковано є причиною значної розмаїтості оселищ, що виявляється через зосередження на порівняно малих площах великої кількості різних за походженням та екологічними характеристиками екосистем. Безпосередній вплив полягає

у взаємозв'язку рослинних угруповань з едафічними, кліматичними та орографічними факторами. Опосередкований вплив виявляється в залежності між показниками цих чинників та інтенсивністю господарської діяльності [1; 2].

Щоб визначити силу, тривалість та інші характеристики антропогенного фактора, ми застосовуємо кілька підходів. По-перше, фіксацію самої діяльності в умовах спостереження та експерименту. Однак такий підхід майже неможливо реалізувати щодо значних територій протягом тривалого часу. Тоді на допомогу приходить інший підхід, як-от у результаті спостережень та експериментів визначити ознаки присутності цієї діяльності в екосистемах. Це можуть бути як безпосередні сліди діяльності, так і реакція на неї біосистем різного рівня. Кожна біосистема надорганізмового рівня організації має певні межі антропоотолерантності. Починаючи із середини ХХ століття, вчені все частіше звертаються до проблеми вивчення схильності організмів та їх угруповань до людської діяльності певного типу та інтенсивності – гемеробії [3; 4; 5]. Гемеробія певних видів рослин претендує стати ознакою для визначення сили антропогенних змін в екосистемах [6; 7].

У 2007 році Я.П. Дідухом та І.В. Хом'яком було створено 18-бальну шкалу, яка за гемеробією екосистем описувала ступінь їх антропогенної трансформа-

ції [8]. За кілька наступних років було створено базу даних щодо гемеробії та рівня природної динаміки [9] для кількох сотень видів рослин Українського Полісся [10] і здійснено перехід до класичної методики синфітоіндикації [11; 12; 13]. Це стало основою для створення прогностичних алгоритмів динаміки екосистем на основі моделей їх антропогенної трансформації [14].

Висока гемеробія присутня на територіях, де наявний комплекс факторів, необхідних для господарської діяльності людини [8; 15]. Так, це плакори з ясно-сірими та сірими лісовими ґрунтами, де переважають агроценози або частини річкових долин, де історично розміщуються населені пункти. Важливою ознакою антропогенної трансформації є співвідношення між площами екосистем із різними показниками гемеробії. Для визначення територіальної диференціації антропогенного впливу на екотопи необхідно знати таке співвідношення для окремих частин досліджуваної території [16].

Мета та завдання дослідження. Метою дослідження є аналіз взаємозв'язку між різними характеристиками екотопів та рівнем їх антропогенної трансформації.

Матеріали та методи досліджень. За модельний регіон узято територію Словечансько-Овруцького кряжа, яка характеризується високою різноманіт-

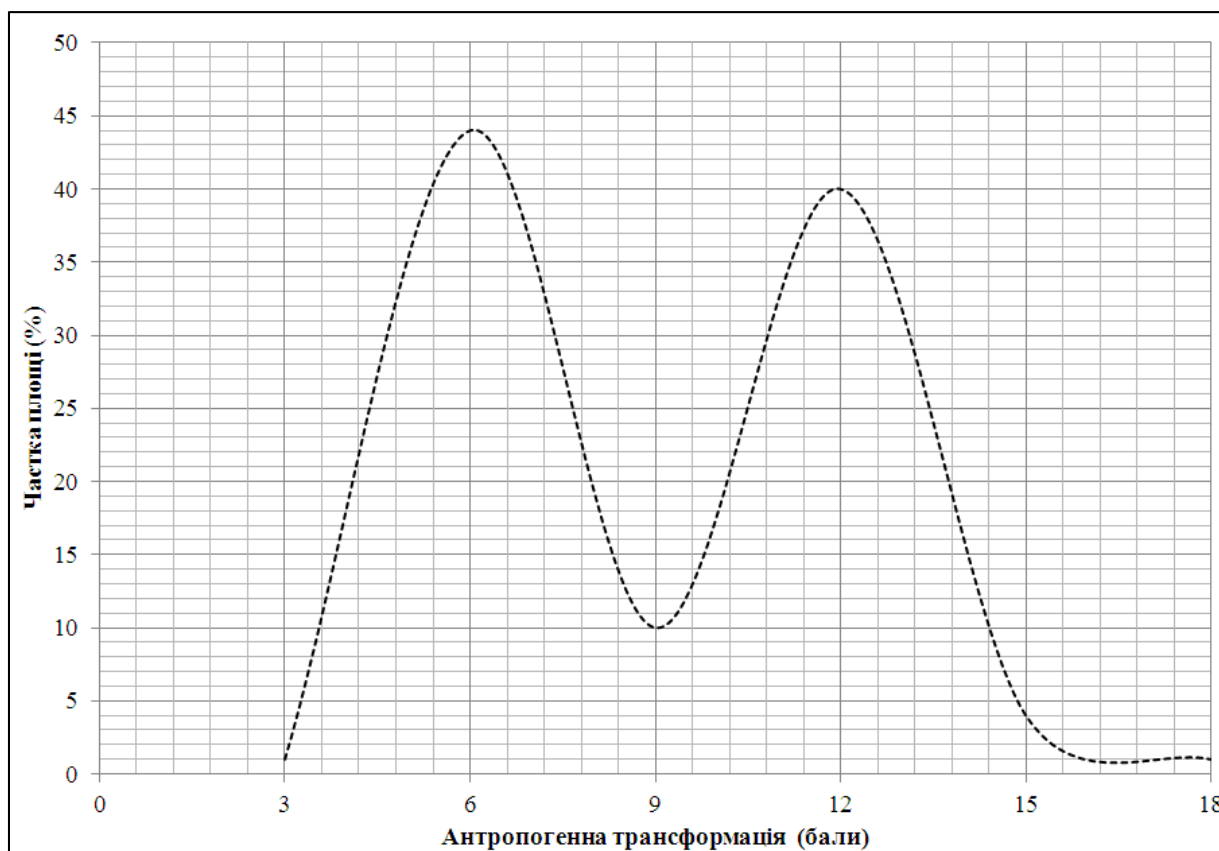


Рис. 1. Співвідношення між площами оселищ із різними показниками антропогенної трансформації Словечансько-Овруцького кряжа

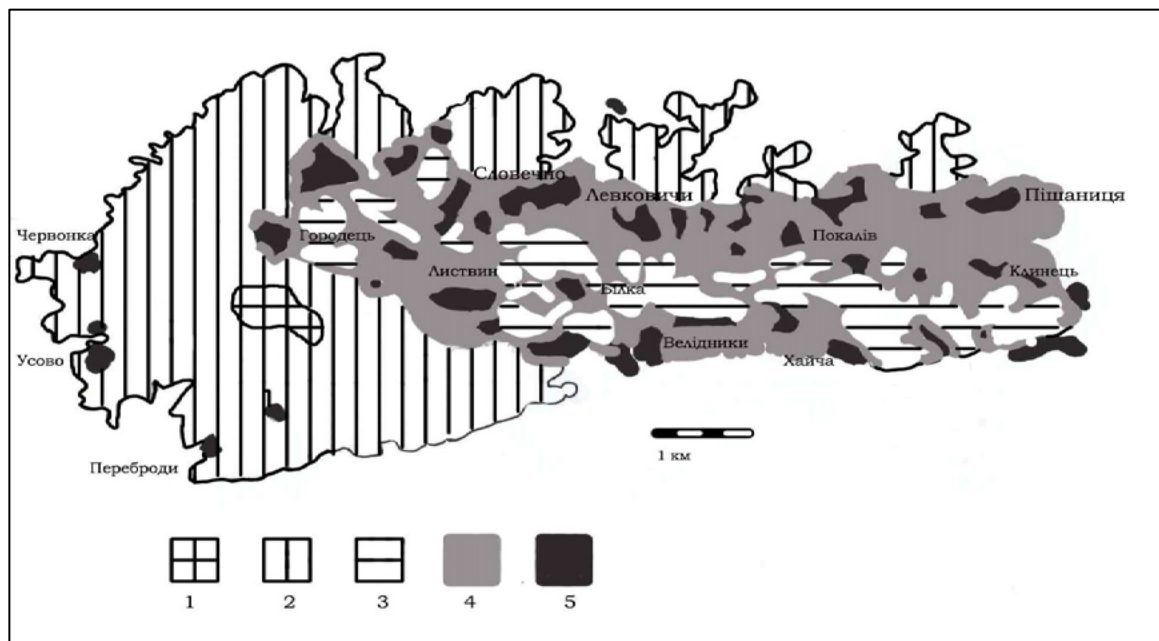


Рис. 2. Карта-схема розміщення оселищ із різним рівнем антропогенної трансформації території Словечансько-Овруцького кряжа. Умовні позначення: 1 – агемеробні оселища з присутністю олігогемеробних; 2 – олігогемеробні оселища; 3 – олігогемеробні оселища з присутністю мезогемеробних; 4 – еугемеробні оселища з присутністю мезогемеробних; 5 – еугемеробні та полігемеробні оселища

ністю природних екотопів, зокрема й за рівнем їх антропогенної трансформації. Під час виконання дослідження використовувались стандартні геоботанічні польові методи. Було створено серію геоботанічних описів та закладено шість еколого-ценотичних профілів. Описи проаналізовано за допомогою синфітоіндикаційної методики визначення величини антропогенної трансформації з використанням програми Simargl 1.12 [17].

Виклад основного матеріалу. Аналізуючи співвідношення між площами які займають оселища з різним ступенем антропогенної трансформації, ми спостерігаємо, що найбільші території кряжа займають оліго- та еугемеробні екосистеми (рис. 1).

Два піки графіка зумовлені значною відмінністю між різними районами кряжа. Перший пов'язаний зіснуванням великих лісових масивів скелястої частини кряжа, а другий – сільгоспугідь лесової частини. Малі площі, зайняті мезогемеробними екосистемами, викликані малою кількістю лук у річкових долинах.

Олігогемеробні оселища з невеличкою часткою малих за площею агемеробних займають 45% площі кряжа (це лісові, болотні та річкові екосистеми). Вони розташовані переважно серед західних лісових масивів або на дні ярів центральної і південної частин кряжа (рис. 2).

На околицях таких населених пунктів, як Городець, Бігунь, Антоновичі, Слобечко, вони представлені мезо- та евтрофними широколистяними лісами. Дно та придонні частини схилів балок цієї частини кряжа мають найнижчий рівень антропоген-

ної трансформації. У напрямку до бортів та плакорних ділянок рівень гемеробії зростає. На території південно-західної, західної та північної частин кряжа переважають олігогемеробні лісові екосистеми бореальних соснових та ацидофільних дубових лісів.

Для водно-болотних угідь кряжа характерна олігогемеробія. На території кряжа вони часто піддаються викошуванню осоки та високотрав'я, рекреаційному тиску та традиційним видам промислу (рибальство та збиральництво). Агемеробними є деякі оселища верхових боліт [18].

Мезогемеробні оселища займають близько 10% площі і представлені вирубками, сінокосами, пасовищами, придорожніми та прибережними чагарниками. Вони невеликими за площею ділянками трапляються на всій території кряжа. Такі оселища спостерігаються в долинах річок, на бортах балок і на крутих схилах лесових пагорбів. Частіше ними є трав'янисті та чагарничково-трав'янисті мезофітні екосистеми.

Близько 40% площі території кряжа займають еугемеробні оселища (це переважно сільськогосподарські угіддя), тому значний ступінь гемеробії мають переважно території з родючими ґрунтами. Присутні тут ясно-сірі ґрунти мають вищу родючість, ніж поширені в цій частині Полісся дерново-підзолисті. Оскільки вони розташовані виключно на східній частині кряжа, то присутність людської діяльності тут вища, тому розміщення еугемеробних екотопів чітко відокремлює зону сірих лісових ґрунтів від зони дерново-підзолистих (рис. 2).

Полігемеробія екосистем зумовлена створеними людиною екоотопами. Їх площа становить близько 5%. Вони частіше трапляються в центрі й у східній частині кряжа, що також пов'язано з привабливими для сільського господарства умовами.

З аналізу картосхеми можна зробити висновок, що полігемеробні екосистеми сконцентровані двома смугами на південному та північному схилах лесової частини кряжа. Ці території були освоєні людиною досить рано. Оскільки в стародавні часи саме річки були основними транспортними мережами, то гребінь кряжа, позбавлений такої транспортної мережі, містить мало населених пунктів.

Висновки. На територіальну диференціацію та ландшафтну різноманітність оселищ здійснюється двобічний вплив людської діяльності: з одного боку,

комплекс абіотичних факторів сприяє існуванню на певних територіях визначених груп оселищ, з іншого – цей самий комплекс факторів сприяє зміні активності господарювання, що веде за собою зміну ступеня антропогенної трансформації екосистем.

Визначені закономірності дозволяють будувати прогностичні моделі щодо майбутнього розміщених в певних умовах оселищ. Це дозволяє будувати довготривалі проекти розвитку територіальних громад та планувати розбудову мережі природоохоронних об'єктів.

На території Словечансько-Овруцького кряжа найбільший екозоологічний потенціал мають території скелястої частини та балки лесової. Як рекреаційні об'єкти доцільно використовувати оселища, розташовані в долинах річок східної частини кряжа.

Література

1. Гончаренко І.В. Фітоіндикація антропогенного навантаження: монографія. Дніпро, Середняк Т.К., 2017. 127 с.
2. Хом'як І.В. Особливості антропогенного впливу на природну динаміку екосистем Українського Полісся. *Екологічні науки*. 2018. Вип. 1. С. 69–73.
3. Jalas J. Hemerokrit ja hemerobit. *Luonnon Tutkija*. 1953. № 57. P. 12–16.
4. Jalas J. Hemerobe und hemerochore Pflanzenarten. Ein terminologischer reformversuch. *Acta Societatis pro Fauna et Flora Fennica*. 1955. № 11. P. 1–15.
5. Blume Н.Р., Sukopp Н. Ökologische Bedeutung anthropogener Bodenveränderungen. *Schriftenreihe für Vegetationskunde*. 1976. Vol. 10. P. 75–89.
6. Jackowiak В. Antropogeniczne przemiany flory roślin naczyniowych Poznania Wyd. *Nauk. UAM. Seria Biologia*. 1990. Vol. 42. 232 p.
7. Бурда Р.І., Дідух Я.П. Застосування методики оцінки антропоотолерантності видів вищих рослин при створенні «Екофлори України». *Український фітоценологічний збірник*. Київ, 2003. № 1. С. 34–44.
8. 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. 235–243.
9. Khomiak I., Harbar O., Demchuk N., Kotsiuba I., Onyshchuk I. Above-ground phytomas dynamics in autogenic succession of an ecosystem. *Forestry ideas*. 2019. Vol. 25, № 1 (57). P. 136–146.
10. Khomiak I., Onishchuk I., Demchuk N. Phytoindicators of ecosystem dynamics in Ring-banc Ukrainian Polissia. *Science Rise: Biological Science*. 2018. № 4 (13). P. 25–30.
11. Хом'як І.В. Фітоіндикаційна характеристика трансформації рослинних угруповань відновлюваної рослинності Центрального Полісся. *Екосистеми, їх оптимізація і охорона*. 2011. Вип. 5. С. 58–65.
12. Хом'як І.В. Фітоіндикаційний аналіз ступеня трансформації екосистем Центрального Полісся. *Питання біоіндикації та екології*. 2012. Вип. 17, № 1. С. 3–11.
13. Хом'як І.В., Демчук Н.С., Василенко О.М. Фітоіндикація антропогенної трансформації екосистем на прикладі Українського Полісся. *Екологічні науки*. 2018. Вип. 3(22). С. 113–118.
14. Ellis E.C., Goldewijk K.K., Siebert S., Lightman D., Ramankutty N. Anthropogenic transformation of the biomes, 1700 to 2000. *Global Ecology and Biogeography*. 2010. Vol. 19. P. 589–606.
15. Дідух Я.П. Методологічні підходи до створення класифікації екосистем. *Український ботанічний журнал*. 2004. Т.61, № 1. С. 7–17.
16. Бурлака В.А., Хом'як І.В. Територіальна диференціація антропогенної трансформації екосистем Словечансько-Овруцького кряжу. *Збірник наукових праць Вінницького державного аграрного університету*. 2008. Вип. 35. С. 39–41.
17. Хом'як І.В., Василенко О.М., Гарбар Д.А., Андрійчук Т.В., Костюк В.С., Власенко Р.П., Шпаковська Л.В., Демчук Н.С., Гарбар О.В., Онищук І.П., Коцюба І.Ю. Методологічні підходи до створення інтегрованого синфітоіндикаційного показника антропогенної трансформації. *Екологічні науки*. 2020. Вип. 5(32). Т. 1. С. 136–141.
18. Хом'як І.В. Фітоіндикаційний аналіз трансформаційних процесів водно-болотних угідь. *Заповідна справа в Україні*. 2013. Вип. 1., Т. 19. С. 38–42.

РОЗВИТОК ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ УКРАЇНИ

УДК 574:911.2

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.7-34.13>

ЛАНДШАФТНА РЕПРЕЗЕНТАТИВНІСТЬ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ УКРАЇНИ

Гетьман В.І.

Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. Василя Липківського, 35, корп. 2, 03035, м. Київ
wi.getman@gmail.com

У статті здійснено функціональний аналіз регіонального розподілу територій природно-заповідного фонду України, що сприятиме оптимізації збереження та охорони заповідного ландшафтного різноманіття. Його результати дають змогу виявити прогалини в сучасному стані заповідання біотичного й ландшафтного різноманіття в межах країни чи окремих її регіонів. Аналіз стану репрезентативності біотичного й ландшафтного різноманіття є основоположним напрямом досліджень у класичних біологічних, географічних і природоохоронних науках. Представленість заповідних ландшафтів залежить (значною мірою) від площі природно-заповідних територій.

Оцінку представленості ландшафтів у сучасній мережі природно-заповідного фонду зроблено на основі природних і біосферних заповідників, національних природних парків, що мають статус категорій найвищої заповідності, відповідно до регіональних фізико-географічних теренів – природних зон (підзон), провінцій (країв), ландшафтних областей.

Відповідно до фізико-географічного районування України, встановлено, що найбільше біосферних і природних заповідників, національних природних парків знаходяться в степовій зоні (24) та Українських Карпатах (15). Найвищий показник заповідності (10,4%) у зоні широколистяних лісів, 36% фізико-географічних провінцій забезпечені об'єктами природно-заповідного фонду. Ступінь репрезентативності фізико-географічних областей становить 80%. Найщільніші регіональні мережі природно-заповідних територій в Українських Карпатах і Поліській провінції. Відповідно, найбільше об'єктів мають області Зовнішніх Карпат (8), Полонинсько-Чорногірська (7) та Волинського Полісся (7). У степовій зоні найвищі рівні репрезентативності в Старобільській схилово-височинній (5) і Нижньодніпровській терасово-дельтовій (5) областях. П'ять областей Дністровсько-Дніпровської лісостепової провінції не мають біосферних і природних заповідників, національних природних парків. *Ключові слова:* ландшафт, ландшафтне різноманіття, природно-заповідні території, природний і біосферний заповідники, національний природний парк.

Landscape representativeness of the nature reserve fund of Ukraine. Hetman V.

The article provides the functional analysis of the regional distribution of the territory of the Nature Reserve Fund of Ukraine for the optimal conservation and protection of protected landscape diversity.

Assessment of the representation of landscapes in the modern network of Nature Reserve Fund is based on natural and biosphere reserves, national nature parks, which has the status of the highest category in accordance with regional physical and geographical areas – natural areas (subzones), provinces (country), landscape divisions.

The constant monitoring analysis of the state of representativeness of the nature reserve fund on the basis of geographical criteria is considered relevant and at the same time difficult. The aim of the research was to assess the degree of representativeness of the modern network of biosphere and nature reserves, national nature parks in accordance with the system of physical and geographical zoning of Ukraine. The main method used was the identification and accounting of nature reserves at the levels of physical-geographical regions, provinces, zones and mountainous countries. These physical and geographical ranks are not equally provided by the studied objects. Most biosphere and nature reserves, national nature parks are located in the steppe zone (24) and the Ukrainian Carpathians (15). The highest reserve index (10.4%), which is formed by biosphere and nature reserves, national nature parks, was found for the zone of deciduous forests. Slightly more than a third (36%) of the physical-geographical provinces are provided with biosphere reserves and reserves. A much higher (80%) degree of representativeness of branches of biosphere and nature reserves, national nature parks has developed at the level of physical and geographical areas. Categorically the most developed and territorially dense regional networks of objects are observed in the Ukrainian Carpathians and Polissya province. Accordingly, most of the biosphere and nature reserves, national nature parks have the following physical and geographical areas of these two natural regions: the Outer Carpathians (8 sites), Polonynsko-Chornohirska (7 sites) and Volyn Polissya (7 sites). In the steppe zone of Ukraine, the highest levels of representativeness of protected landscapes are observed in Starobilsk slope-upland (5 objects) and Lower Dnieper terrace-delta (5 objects) regions. Five regions of the Dniester-Dnieper forest-steppe province do not have biosphere and nature reserves, national nature parks, which indicates the lowest level of representativeness of protected landscapes in the forest-steppe zone of Ukraine. *Key words:* physical and geographical zoning, landscape diversity, Nature Reserve Fund, reserve index.

Постановка проблеми. Згідно із Законом України «Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України», площа природно-заповідного фонду (далі – ПЗФ) має бути збільшена до 15% до 2020 р. [6]. Це завдання мало вирішуватися як розширенням площ уже наявних територій та об'єктів ПЗФ, так і створенням нових. Зрозуміло, що в запланований термін воно не буде виконане, адже відсоток заповідності в Україні нині становить усього 6,61.

Актуальність дослідження. За умови недостатності площі для виконання такого «надзавдання» на перше місце виходить питання репрезентативності мережі природно-заповідних територій та об'єктів, тобто наскільки вони в сукупності можуть представляти природу збережених і віртуальних (тих, які могли б бути на місці сучасних антропогенних) ландшафтів території їх охоплення (мережі). Оцінка, наперед зазначимо, такої репрезентативності ландшафтів на територіях ПЗФ може здійснюватися передусім за «сивобородим» критерієм еталонності (використовуючи, ясна річ, біогеографічні критерії).

Наявна мережа ПЗФ створювалася переважно для охорони рідкісних рослин і тварин. Однак, якщо виходити з ідеї, що в сучасних умовах природно-заповідний фонд має стати ядром екологічного каркасу території, першочерговим завданням стає необхідність збереження ландшафтного різноманіття ПЗФ України.

Мета дослідження – показати актуальність пошуку нових (креативних) шляхів і форм здійснення функціонального аналізу регіонального розподілу територій ПЗФ України задля оптимального збереження та охорони заповідного ландшафтного різноманіття.

Методи дослідження. Під час написання статті автор дотримувався чотирьох рівнів методології науки: філософсько-світоглядного, загальнонаукового, конкретно-наукового (методи ландшафтознавства) і техніки досліджень. Так, для доведення положень використано аналітичний методологічний прийом (метод аналізу). Також застосовано низку інших методів, зокрема загальнонаукові (логічні) – синтезу, абстракції, індукції й дедукції; конкретно-наукові (методи ландшафтознавства, передусім спостереження, порівняльно-географічний тощо).

Виклад основного матеріалу. Термін «ландшафт» походить від німецького “die Landschaft” і дослівно означає «пейзаж», чи «краєвид». Як науковий термін, близький за семантикою до слів «край», «країна», його використав ще в 1805 р. вчений Г. Гоммейєр. Сьогодні склалася ціла низка синонімів до цього терміна: природно-територіальний комплекс, геокомплекс, геосистема, ландшафтний комплекс тощо. З усіх ознак, властивих ландшафтним комплексам (далі – ЛК), найважливіші: 1) наявність природних компонентів; 2) взаємодія між природними компонентами (яка є земною сутністю ЛК); 3) територіальність (як найважливіша географічна ознака).

Що таке ландшафтне різноманіття? Дефініція ландшафтного різноманіття має принаймні два аспекти: теоретичний і прагматичний. Визначення сутності ландшафтного різноманіття як історично створеного поєднання інваріантного та варіантного різноманіття достатньо повно й обґрунтовано висвітлено в працях вітчизняних ландшафтознавців (Василенко, 1992; Коржик, 1992, 2001; Гродзинський, Шищенко, 1998; Гродзинський, 1999, 2000; Денисик, 1998; Пашенко, 2000; Гринецький, 2000).

Водночас справедливо зауважено (Гродзинський, 1999), що поняття «ландшафтне різноманіття» має щонайменше чотири різних тлумачення: традиційно-ландшафтне (геокомплексне), антропічне, біоцентричне та гуманістичне. На основі останнього ґрунтується Європейська ландшафтна конвенція, розроблена Радою Європи. У її рамках визнається, що людина має деяку оптимальну межу сприйняття різноманітності ландшафту, вище й нижче якої вона почуває себе некомфортно. Кожний із цих підходів має певні переваги й недоліки, проте сьогодні єдина, чітко визначена концепція ландшафтного різноманіття поки що відсутня.

Зважаючи на стоси списаного паперу із цього питання й обмежені рамки статті, висловимо максимально коротко власне бачення розглядуваного поняття. Ландшафтне різноманіття – система геокомплексів різної таксономії та генезису й сукупність системних (функціональних) зв'язків між ними, виражених (візуально) природними процесами та явищами.

За розмірністю ландшафтні комплекси бувають трьох масштабних рівнів: планетарні (ландшафтна оболонка, материк); регіональні (пояс, зона, підзона, країна, провінція, або край, область, район) і топологічні, або місцеві – місцевість, урочище, підурочище, фація.

Пізнавальний процес виявлення регіональних ЛК, їх вивчення, наукова систематика та картографування (нанесення на карту меж) називають природно-географічним районуванням. За ступенем систематизації матеріалу виділяють індивідуальне й типологічне природне районування [1; 2].

Індивідуальні (регіональні) ЛК (райони, місцевості) групуються й виділяються на карті за принципом відносної природно-географічної однорідності в типологічні одиниці районування (вид, рід тощо).

Питанням природно-географічного районування України присвячені наукові роботи В.П. Попова, О.І. Ланька, О.М. Маринича, П.Г. Шищенко, В.М. Пашенка, К.І. Геренчука та інших учених.

В основу репрезентативності ландшафтного різноманіття на територіях ПЗФ, як сказано вище, мусимо класти еталонність. Тобто передусім брати корінні структури ландшафтів. Якщо до уваги брати корінні зональні рослинні угруповання (фітоценози), то в ПЗФ України їх залишилося близько 16,7%, що дуже мало [18].

Особливо катастрофічна ситуація склалася нині зі степами України. Збереглися тільки окремі заповідні осередки. Здається, що ситуація безнадійнай неконтрольована. Жалюгідні, хворі їх залишки далекі від тих, які вкривали Північне Причорномор'я в епоху кочового господарства (структурний оптимум).

Отже, сьогодні збереження ландшафтного різноманіття треба трактувати не тільки як консервацію «диких» природних територій, а і як профілактику та оздоровлення «хворих» ландшафтів. Тому доцільно включати до природно-заповідного фонду деградовані угіддя й відповідно до наукових обґрунтувань здійснювати відновлення корінних ландшафтних комплексів.

Пропонуючи включати до складу ПЗФ території, які втратили свої природні властивості, виходимо з необхідності не просто зберігати природне середовище шляхом заповідання, а й відновлювати (через сукцесії) окремі території, які зазнали антропогенного навантаження, перейти від пасивного збереження природних властивостей оточуючого середовища до їх активного відтворення.

Цю особливу територіальну категорію варто відмежовувати від земель, які резервуються для наступного заповідання, за низкою особливостей. Так, відповідно до ст. 55 Закону України «Про природно-заповідний фонд України», резервуються цінні природні об'єкти й території, тоді як запропонована нами для включення до ПЗФ категорія таку властивість (цінність) уже втратила.

Території, що резервуються, залишаються у віданні землевласників і землекористувачів, а комплекси з утраченими природними властивостями, на нашу думку, необхідно включати до складу заповідних територій та об'єктів з одночасним вилученням в осіб, які ними розпоряджаються. Зарезервовані природні території та об'єкти продовжують використовуватися за цільовим призначенням, тоді як нова категорія територій (деградовані) повністю повинна вилучатися з господарського обігу та будь-яка діяльність у їх межах, окрім відновлювальних і науково-дослідних робіт, забороняється.

На часі (повертаючись до питання щодо фізико-географічного районування) потрібно зауважити, що межі таксонів фізико-географічного районування (ландшафтів) мають в основному розмитий екотонний характер. Це різної (залежно від рангу таксона) ширини перехідні (буферні) полоси [5]. Та й окремі природно-заповідні території можуть бути розміщені саме на цих межах. Так, національний природний парк «Дворічанський» у Харківській області знаходиться на межі двох природних зон – лісостепу і степу, межею яких є р. Оскіл. Правий берег річки, де, власне, і розміщений парк, належить до лісостепової зони.

Відповідно до фізико-географічного районування України, на її території в зоні змішаних лісів виділяють одну фізико-географічну провінцію (край) і шість фізико-географічних областей; у лісостепо-

вій зоні – чотири провінції й 18 областей; у степовій зоні – сім провінцій і 21 область (у північностеповій підзоні – чотири провінції й дев'ять областей, середньостеповій – одна провінція й п'ять областей, у сухостеповій – дві провінції й сім областей); в Українських Карпатах – одна провінція й сім областей; у Гірському Криму – одна провінція і три області.

Усього на території України виділяють 14 фізико-географічних провінцій і 57 фізико-географічних областей, 275 фізико-географічних районів як територіальних (індивідуальних) ландшафтних одиниць і понад 200 (220) видів ландшафтів як типологічних ландшафтних одиниць [10].

Відповідно до такого нерівнозначного ландшафтного різноманіття, нерівномірним є розподіл на території України і її природно-заповідного фонду [7].

Представленість ландшафтів України в ПЗФ залежить значною мірою від площі територій, які його становлять. Оптимальна вона тоді, коли містить усі типові для цього ландшафту морфологічні (складові) частини, зокрема місцевості, урочища. Найповніше ландшафти представлені в межах природних і біосферних заповідників, національних природних парків як найбільших за площею природно-заповідних категорій високого ступеня заповідання. В інших, менших за площею, категоріях ПЗФ, наприклад, у заказниках, пам'ятках природи, заповідних урочищах, представленість ландшафтів неповна, фрагментарна [9].

Найбільш представленими в природно-заповідному фонді України є природні ландшафти фізико-географічних гірських країн Українських Карпат (Вододільно-Верховинська ландшафтна область) і Гірського Криму (12,2% і 11,1% відповідно). Далі йде мішано-лісова зона (широколистяні та хвойно-широколистяні ліси – 9% і 7,4%), а також ландшафтні комплекси Західного Поділля. Найменші показники заповідності характерні для лісостепової і степової зон (2,9% і 3,5%) [9].

Отже, наявна територіальна природно-заповідна система як «зелений» каркас державної екологічної мережі далеко не відображає оптимальний ступінь репрезентативності ландшафтно-організаційної природного довкілля.

Ландшафтна зона мішаних лісів України (поліських ландшафтів). На Поліссі маємо Черемський, Рівненський, Поліський і Дрєвлянський природні заповідники, національні природні парки – Шацький, Ківерцівський «Цуманська Пуща», «Прип'ять-Стохід», Нобельський, Дермансько-Мостівський, «Мале Полісся», Мезинський і «Деснянсько-Старогутський». У них найбільш представлені такі види ландшафтів (із 31), як, наприклад, зандрові, моренно-зандрові та алювіальні рівнини з дерново-підзолистими та дерновими глейовими ґрунтами, грабовими суборами й борами.

У лісостеповій зоні, яка займає 34% території України, природна рослинність збереглася на 16%, із них 13% – ліси, 2% – луки на схилах ярів і балок,

1% – болота і степи [9]. У природних заповідниках: Канівському, «Медобори», «Розточчя» – представлено 7 видів ландшафтів. Лісостепові території ПЗФ, особливо на Лівобережжі, репрезентують у більшості долинні й заплавні природні азональні комплекси.

У степовій зоні 85% становлять орні землі. Степові природні заповідники: Дніпровсько-Орільський, «Сланецький степ», відділення Українського степового («Кам'яні могили», «Хомутівський степ», «Крейдяна флора», «Кальміуське»), Луганського («Стрільцівський степ», «Провальський степ», «Трьохізбенський степ», «Станично-Луганське», або «Придінцівська заплава») – на 10 ізольованих ділянках представляють зональний степовий ландшафт з півночі (заходу) на південний схід.

Загалом на рівні ландшафтних зон і країв (провінцій) жоден із регіонів не досягає рівня заповідності в 15%. Однак для фізико-географічних областей, регіонів Українських Карпат і Поділля, Присивасько-Приазовська ландшафтна область характеризуються показниками, що перевищують 15%, а то й 25%.

Відповідно до принципу «кожному природно-ландшафтному регіону – один біосферний резерват», нині в Україні біосферними заповідниками забезпечені біогеографічні регіони, Українські Карпати – Карпатським, Лівобережний рівнинний – «Асканія Нова», район гірл річок і морського узбережжя – Дунайський і Чорноморський, а також Правобережне Полісся – особливого статусу Чорнобильський радіаційно-екологічний [14].

Відтак сьогодні (у контексті вищесказаного) уже істиною стає **природно-географічний постулат: кожний географічний ландшафт як унікальна річ земного буття (геореал) повинен бути репрезентований природно-заповідною територією.**

Тобто кожна природно-ландшафтна країна, зона, край, область і навіть фізико-географічний район або кожний клас, підклас, тип, вид ландшафтів тощо, відповідно, мають представлятися (у натурі) природним чи біосферним заповідником, національним природним чи регіональним ландшафтним парком, як мінімум, заказником.

Тепер розглянемо, відповідно до схеми фізико-географічного районування (Маринич, Пашенко, Шищенко, 1985), регіональні ландшафти України (зона, підзона, провінція, область) і коротко існуючі в них природно-заповідні території вищого статусу заповідання (природні й біосферні заповідники, національні природні парки).

Зона мішаних лісів. Поліська провінція (край) включає шість ландшафтних областей (Волинське, Житомирське, Київське, Чернігівське, Новгород-Сіверське і Мале Полісся). Основу ландшафтної структури Українського Полісся становлять зандрові, моренні й моренно-зандрові рівнини.

На півночі області **Волинського Полісся** значні площі займають заплавні лучно-болотні ландшафти.

У центральній і південній частинах представлені денудаційні рівнини з дерново-підзолистими ґрунтами під суборами й сугрудками.

Природні заповідники (ПЗ). **Черемський** – знаходиться на межі річки Веселухи і Стоходу. Переважають соснові ліси з домінуванням зелених мохів, лишайників, чорниці. **Рівненський** – відзначається високою заболоченістю (найбільші в Україні болотні масиви).

Шацький НПП представляє типові природні ландшафти лісових і лучно-болотних заплав та озерно-зандрових плоско-низовинних рівнин з евтрофними (низинними) осоковими болотами, суборами й борами. **НПП «Прип'ять-Стохід»** складається з одного великого, витягнутого вздовж заплави р. Прип'ять контуру, а також багатьох дрібних ділянок лісу. Значної привабливості ландшафтам парку надають елементи еолово-льодовикового рельєфу – піщані дюни.

Ківерцівський НПП «Цуманська пуца» представляє збережений лісовий масив межиріччя Стиру й Горині в межах Цуманського фізико-географічного району (ландшафту) [20]. Значну частину території **НПП «Нобельський»** займають лісові масиви.

Мале Полісся – переважають мішано-лісові й лісостепові ландшафтні комплекси. **НПП «Дермансько-Острозький»** тягнеться вузькою смугою між Подільською та Волинською височинами, що сприяє формуванню особливо унікальних ландшафтів. У ландшафтній структурі **НПП «Мале Полісся»** поєднуються природно-територіальні комплекси лісового й лісостепового типів [17].

Житомирське Полісся. Значне місце посідають зандрові рівнини на кристалічній основі, з дерново-підзолистими ґрунтами, борами й суборами. **Поліський ПЗ** – ландшафти слабо дренуваних рівнин з дерново-підзолистими ґрунтами, суборами й борами. **Древлянський ПЗ** – це смарагдово зелені ліси, з голубими плесами річок та озер, непрохідними болотами.

Київське Полісся. Зандрові й алювіально-зандрові рівнини з дерново-слабопідзолистими ґрунтами, борами й суборами, болотами; на півдні – моренно-зандрова рівнина. **НПП «Голосіївський»** розміщений на межі двох ландшафтних зон – мішаних лісів і лісостепу. **Чорнобильський радіаційно-екологічний біосферний заповідник** – домінують зандрові та моренно-зандрові рівнини.

Чернігівського Полісся. Моренно-зандрові й зандрові місцевості з дерново-підзолистими ґрунтами. Типові «лесові острови» з ознаками північно-лісостепових ландшафтів [10].

Новгород-Сіверське Полісся – домінують моренно-зандрові рівнини з дерново-середньопідзолистими ґрунтами. **Мезинський НПП** простягається вздовж правого берега річки Десни невеликими ділянками (кластерами), представленими лісами, чагарниками, луками, болотами. **НПП «Деснянсько-Старогутський»** включає ландшафтні комп-

лекси заплави й борової тераси р. Десна, а також Старогутських соснових лісів і боліт.

Лісостепова зона. Західноукраїнська лісостепова провінція (край).

Фізико-географічні (ландшафтні) області.

Волинське лісостепове Опілля. Ландшафтна структура області характеризується значним поширенням розчленованих лесових височин із сірими й темно-сірими лісовими ґрунтами, залишками похідних грабових дібров.

Розточчя й Опілля. Домінуючими ландшафтами області є розчленовані лесові височини із сірими лісовими ґрунтами під дубово-буковими лісами. У природному заповіднику «Розточчя» представлені розчленовані лесові височини та денудаційні хвилясті рівнини із сірими, темно-сірими лісовими й чорноземними ґрунтами. Особливо характерні буково-дубово-соснові ліси.

Більшість території Яворівського НПП вкрита лісами, які в поєднанні з горбогірним рельєфом створюють своєрідне ландшафтне (пейзажне) різноманіття [16]. Галицький НПП розміщений на межі двох природних країн: Українських Карпат (область Передкарпаття) та південно-західної частини Східноєвропейської рівнини [20].

Західно-Подільський лісостеп. Ландшафтну структуру області утворюють передусім розчленовані лесові рівнини з чорноземами глибокими та опідзоленими, яружно-балкові й горбогірні місцевості з еродованими сірими ґрунтами. Природний заповідник «Медобори» розміщений переважно в межах Товтрової гряди. Найбільш поширені дубово-грабові ліси. НПП «Подільські Товтри» знаходиться в межах Придністровського Поділля [3].

Північно-Подільський лісостеп. У ландшафтній структурі виділяється розчленоване горбогір'я з еродованими сірими лісовими ґрунтами, дубово-грабовими та грабовими лісами, суходільними луками. Територія НПП «Північне Поділля» належить до фізико-географічних районів Гологор і Вороняків. НПП «Кременецькі гори» виділяється своєрідністю геологічної будови, рельєфу, рослинного і тваринного світу, горбогірними місцевостями. Значну площу становлять горбогір'я [20].

Прут-Дністровський лісостеп. У ландшафтній структурі домінують акумулятивно-денудаційні лесові височини з сірими й темно-сірими лісовими ґрунтами, залишками дубово-грабових, грабових і букових лісів. НПП «Дністровський каньйон» – подільський відрізок долини ріки Дністер: неповторні мальовничі ландшафти, величезна кількість ботаничних, геологічних і палеонтологічних пам'яток природи [3]. НПП «Хотинський» – крутосхили р. Дністер і пониззя його правосторонніх приток.

Дністровсько-Дніпровська лісостепова провінція (край). У структурі ландшафтів помітні зональні відмінності, що відображено в територіальному розподілі фізико-географічних областей [10].

Фізико-географічні області. Північно-Придніпровський лісостеп. У ландшафтній структурі переважають денудаційні хвилясті лесові рівнини з чорноземами глибокими малогумусними, фрагментами дубових лісів.

Київський височинний лісостеп. Переважаючим видом ландшафтів є розчленовані лесові рівнини з чорноземами типовими та опідзоленими. У Канівському ПЗ представлені лесові рівнини й сильно розчленовані височини та їх схили з гляціодислокаціями на юрсько-крейдовій основі, з ярами й балками, врізаними в палеогенові породи, зі світло-сірими лісовими ґрунтами під грабовими дібровами; з останцями та зсувами.

Лісостепова частина НПП «Голосіївський» включає ділянки широколистяного лісу, надзаплавну терасу Дніпра, укриту переважно сосновими та сосново-дубовими лісами, і лісо-болотний комплекс у долині р. Віта.

Придністровсько-Подільський лісостеп. Основними ландшафтами області є лесові височини та схили із сірими лісовими ґрунтами й опідзоленими чорноземами. Значні площі займають яружно-балкові та долинні місцевості з дубово-грабовими й дубовими лісами. **Подільсько-Побузький лісостеп.** У ландшафтній структурі домінують природно-антропогенні комплекси – хвилясті розчленовані лесові височини з ярами та балками, врізаними до кристалічних порід, дубово-грабовими та грабовими лісами. **Центрально-Придніпровський височинний лісостеп.** У доагрикультурний період панували лучні та остепнені луки. Серед сучасних ландшафтів переважають розчленовані горбисті лесові рівнини з чорноземами опідзоленими й темно-сірими лісовими ґрунтами.

Ландшафтні області Придністровсько-Подільського, Подільсько-Побузького та Центрально-Придніпровського височинного лісостепу не представлені в природно-заповідному фонді України категоріями високого статусу заповідності. Однак у їх межах чимало заказників загальнодержавного значення, які в перспективі можуть підняти свій статус заповідності.

Південно-Подільський височинний лісостеп. У ландшафтній структурі області переважають височинні рівнини з чорноземами глибокими малогумусними, залишками лісів з дуба скельного і звичайного. Територія НПП «Кармелюкове Поділля» розташована в межах південної частини Піщансько-Савранського фізико-географічного району [20]. Характерна досить складна ландшафтна структура. Домінує широколистяний лісовий ландшафт.

Південно-Придніпровський височинний лісостеп. У доагрикультурному ландшафті панували лучні степи. Були поширені дубові ліси на чорноземних опідзолених і дубово-грабові на сірих лісових ґрунтах, представлені нині Чорним лісом.

Лівобережно-Дніпровська лісостепова провінція (край). Лівобережно-лісостепові низовинні ландшафти. Провінція знаходиться в межах Дніпровсько-Донецької западини, якій у рельєфі відповідає акумулятивна терасова (проекується створення НПП).

Фізико-географічні області. Північно-Дніпровський терасово-рівнинний лісостеп. Основним видом ландшафтів є терасові мало дреновані рівнини з чорноземами глибокими, лучно-чорноземними ґрунтами, плямами солонців і солончаків. Лісостепові ландшафти урізноманітнюються боровими ландшафтними комплексами з дерново-підзолистими ґрунтами під дубово-сосновими лісами.

Ічнянський НПП. Основні (зональні) ЛК північного лісостепу (змішані ліси, лучні степи) поєднуються з азональними (заплавні луки, низинні болота). **НПП «Пирятинський».** Корінні природні ландшафти відсутні. Залишається відкритим питання, якими вони були тут у доісторичну епоху.

Південно-Дніпровський терасово-рівнинний лісостеп. На вищому гіпсометричному рівні знаходяться лесові терасові рівнини з потужними мало гумусними чорноземами, лучно-чорноземними солонцюватими ґрунтами із залишками злаково-різнотравних степів на схилах балок. **НПП «Нижньосульський»** – еталон українського ландшафту у вигляді заплавних лук і зарослих очеретом боліт, із тихими водними плесами нижньої течії річки Сула [3].

Північно-Полтавський лісостеп. Фоновими ландшафтами є лучно-степові (розчленовані лесові рівнини з чорноземами глибокими мало гумусними й опідзоленими). У **природному заповіднику «Михайлівська цілина»** представлені ландшафти розчленованих і пологохвилястих лесових рівнин із чорноземами глибокими мало- й середньогумусними, дібровами [10].

Гетьманський НПП розміщений на межі трьох ландшафтних областей (Північно- й Південно-Полтавський лісостеп, Сумський височинний лісостеп). Доландшафтної області Північно-Полтавського лісостепу зараховано долинно-річкові ландшафтні комплекси чарівної в нижній течії річки Боромлі.

Південно-Полтавський лісостеп. У ландшафтній структурі фон створюють лучно-степові ландшафти. Фрагментарно поширені широколистяно-лісові ЛК. **Гетьманський НПП** представляє долинно-річкові ЛК чарівної річки Ворскли.

Середньоросійська лісостепова провінція (край). **Фізико-географічні області. Сумський височинний лісостеп.** У ландшафтній структурі домінують ландшафти височин і їх схилів із сірими й темно-сірими лісовими ґрунтами, дібровами, ярами та балками, врізаними в крейдові породи. **Гетьманський НПП** – височинні та схиліві ландшафти із сірими й темно-сірими лісовими ґрунтами, ярами та балками.

Харківський височинний лісостеп. У морфологічній структурі ландшафтної області переважають сильно розчленовані, останцево-горбисті, лесові височини з типовими малогумусними чорноземами, сірими лісовими ґрунтами, із залишками кленово-липових дібров, ярами та балками, врізаними в крейдові породи [9].

Ландшафти **НПП «Слобожанський»** представлені широкими плакорними плато, які гармонійно поєднуються з елементами річкових долин. **НПП «Гомільшанські ліси»** включає плато корінного правого берега Сіверського Дінця, заплаву та борову терасу лівого берега річки. **НПП «Дворічанський»** знаходиться на межі двох природних зон – лісостепу і степу, межею яких тут є р. Оскіл. Правий берег, де й розміщений парк, належить до Лісостепу.

Степова зона. Північностепова підзона. Дністровсько-Дніпровська північностепова провінція. Ландшафтну структуру визначають види ландшафтів – розчленовані схили лесових височин із чорноземами звичайними середньогумусними (північна смуга); виположені схили лесових височин із чорноземами звичайними мало гумусними.

Фізико-географічні області. Степові відроги Центрально-молдавської височини. Найбільш характерні ландшафтні особливості – значний розвиток ерозійних долинно-балкових і яружних місцевостей, висока еродованість межиріч. *Відносно збережені Тарутинські степи в області (на місці військового полігону) можуть стати «другою Асканією-Новою».*

Степові відроги Подільської височини. Основні природні особливості: паралельне простягання річкових долин, їх значна ширина й коритоподібна форма з асиметричними схилами та своєрідне поєднання ландшафтних місцевостей (хвилястих при вододілах, прирічкових яружно-балкових, долинно-схилівих, надзаплавних і заплавних).

Степові відроги Придніпровської височини. У ландшафтній структурі домінують місцевості – височин при вододілах, горбисті та хвилясті; схиліві, ерозійні і скелясті; яружно-балкові й долинно-балкові; надзаплавно-терасові й заплавні.

Природний заповідник «Сланецький степ» становить яружно-балковий комплекс. Характерною ознакою ландшафту є виходи вапняків, котрі місцями утворюють досить високі та круті стінки. **НПП «Великий Луг»** за рельєфом – низинна, положисто хвиляста лесова рівнина на півночі придніпровського лівобережжя Причорноморської низовини.

Лівобережно-Дніпровсько-Приазовська північностепова провінція. У ландшафтній структурі **фізико-географічні області Орільсько-Конського низовинного степу** видне місце посідають вододільно-рівнинні, терасові й заплавні, долинно-балкові, яружно-балкові та схиліві місцевості. Своєрідності долининим ландшафтам надають степові борові місцевості [20].

У Дніпровсько-Орільському ПЗ представлені ландшафти заплави й першої надзаплавної тераси (терасово-горбисті піщані рівнини з дерновими та дерново-підзолистими ґрунтами, сухими борами й піщаними степами) Дніпра, сильно розчленованих схилів лесових височин із чорноземами звичайними малогумусними крутих правих берегів річкових долин.

Приазовський височинний степ. Виділяються місцевості: останцеві привододільні, привододільні хвилясті, яружно-балкові, придолинні ерозійно-схилові, терасово-річкові й заплавні [13]. Територія відділення Українського степового природного заповідника «Кам'яні могили» – сильно розчленована височина з чорноземами звичайними малогумусними, ярами й балками, врізаними в кристалічні породи.

Приазовський низовинний степ. Окрім привододільних, ерозійно-балкових, придолинно-схилувих, терасно-річкових і заплавних, тут розвинуті місцевості морських терас, абразійно-яружно-зсувних приморських схилів [13; 20].

Відділення Українського степового природного заповідника «Хомутівський степ». Представлені лесові рівнини з чорноземами звичайними малогумусними та міцелярними в поєднанні з лучно-чорноземними й дерновими. НПП «Меотида» представлений розгалуженою мережею проток, гирл, озер, лиманів, заток; прирусловими і прибережними масивами, лагунами, косами.

Донецька північностепова провінція. Ландшафтна структура **фізико-географічної області Степові західні відроги Донецької височини** включає вододільно-міжрічкові, яружно-балкові, балково-долинні, схилові, надзаплавно-терасові й заплавні місцевості. НПП «Святі Гори» репрезентує схилово-височинні ландшафти з рідкісними екотопами – крейдяними відслоненнями на корінних схилах Сіверського Дінця.

Донецький височинний степ. Виразне місце в морфологічній структурі ландшафтів області становлять долинно-балкові місцевості, незначне – заплавні [10].

У відділенні Луганського степового природного заповідника «Провальський степ» представлені великогрядові сильно розчленовані височини з чорноземами й дерновими щепенуватими ґрунтами на алювії щільних, карбонатних і безкарбонатних порід у поєднанні з чорноземами звичайними.

Задонецько-Донська північностепова провінція. Фізико-географічної області. Старобільський степ. Домінують слабо розчленовані місцевості високих лесових терас декількох рівнів із чорноземами звичайними середньо- та малогумусними, а також місцевості борових терас.

У відділенні Луганського степового природного заповідника «Стрільцівський степ» представлені сильно розчленовані схили лесових височин і височинні рівнини з чорноземами звичайними малогумусними, з ярами й балками, врізаними до

крейдяних порід. Станично-Луганське відділення («Придінцівська заплава») становить ландшафти заплави й першої надзаплавної тераси Сіверського Дінця, сильно розчленованих схилів лесових височин.

НПП «Святі Гори» репрезентує ландшафти заплави й першої надзаплавної тераси лівого берега р. Сіверський Донець. НПП «Дворічанський» включає заплаву р. Оскіл, яка є екотоном між лісостепом і степом у межах парку.

Середньостепова підзона. Причорноморська середньостепова провінція. Фізико-географічної області. Задністрівський низовинний степ становить акумулятивну приморську рівнину, розчленовану часто пересохлими річковими долинами й балками. Ландшафтні місцевості: привододільних рівнин, долинно-балкових, придунайських терасових, приморських галогенних, дунайських заплавних і дунайських дельтово-плавневих [20].

У Дунайському біосферному заповіднику представлені піщано-лесові рівнини з дерновими ґрунтами й чорноземними слабогумусованими ґрунтами; приморські ландшафти лиманно-морських солончаків рівнин і черепашково-піщані пересипи, коси й острови [10]. НПП «Тузловські лимани» виділяється чергуванням суходільних степових місцевостей з акваторіальними [3].

Дністрівсько-Бузький низовинний степ. Ландшафтно-морфологічну структуру становлять урочища привододільних рівнин із чорноземами південними малогумусними на лесовидних суглинках, урочища дельвіально-схилувих межиріччя і генетично зв'язані з ними урочища верхів'їв ерозійної сітки [10].

Бузько-Дніпровський низовинний степ. Значні обшири займають западинно-подові плакори. Уздовж річок широкими полосами тягнуться ерозійно-балкові місцевості. На схилах тераси Дніпра та балок і прилеглих ділянках плакору території НПП «Кам'янська Січ» широко представлені цілинні ділянки типчаково-ковилувих степів.

Дніпровсько-Молочанський низовинний степ. У ландшафтній структурі області провідну роль відіграють лесові рівнини з чорноземами південними мало гумусними.

Степові південно-західні схили Приазовської височини. У ландшафтній структурі представлені середньостепові аналоги всіх місцевостей північних Приазовських степів – від височинних останцево-вододільних до приморських [10]. Приазовський НПП (переважно Бердянська коса) включає доволі різноманітні ландшафтні комплекси: приморські коси, узбережжя, значні за площею суходільні ділянки в заплавах річок, плакорні наземні ділянки, ділянки з первинною степовою рослинністю, незначні угруповання чагарників і деревних насаджень.

Сухостепова (південностепова) підзона. Причорноморсько-Приазовська сухостепова провінція. Фізико-географічної області Приморського низовинного степу властиві два види ландшафтів:

лесові рівнини з чорноземами південними солонцюватими в комплексі з темно-каштановими солонцюватими ґрунтами та слабо дреновані лесові рівнини з подами.

Ландшафтна структура Нижньодніпровського терасово-дельтового степу (Олешія) – це терасові піщано-лесові рівнини з темно-каштановими й каштановими ґрунтами; терасові та давньодельтові горбисті піщані рівнини з дубово-березовими й березовими колками; заплавні та остепнені луки [10]. У Чорноморському біосферному заповіднику представлені піщано-лесові рівнини з дерновими ґрунтами й чорноземними слабогумусованими ґрунтами; приморські ландшафти лиманно-морських солончакових рівнин, коси й острови.

НПП «Олешківські піски» представляє унікальний ландшафт псамофітних різнотравно-дернинно-злакових степів, піщаних дюн (кучугур) і листяних гайків у міжкучугурних зниженнях. НПП «Нижньодніпровський» включає типові та рідкісні угруповання заплавних лісів, боліт, лук, піщаних степів, степових схилів річкової долини й балок.

Для ландшафтної структури НПП «Білобережжя Святослава» характерні заплавні, терасові та давньодельтові горбисті піщані та приморські берегові галогенні рівнини. Територія НПП «Джарилгач» за генезисом (коса-острів) є типовою акумулятивною формою берегового рельєфу [3].

У ландшафтній структурі Присивасько-Приазовського низовинного степу головну роль відіграють лесові слабо дреновані рівнини з темно-каштановими й каштановими солонцюватими ґрунтами [10].

У біосферному заповіднику «Асканія-Нова» ім. Ф.Е. Фальц-Фейна представлені слабо дреновані лесові рівнини з чорноземами південними солонцюватими. Територія Приазовського НПП включає різноманітні ЛК: приморські коси, узбережжя, значні за площею суходільні ділянки в заплавах річок, плакорні наземні ділянки, ділянки з первинною степовою рослинністю. Азово-Сиваський НПП (коса Бирючий Острів) представлений піщано-лесовими рівнинами з дерновими й чорноземними слабогумусними ґрунтами в поєднанні з глеєсолодями та лучними солончаками западин [3; 10].

Кримська степова провінція. У ландшафтній структурі фізико-географічної області Кримсько-Присиваський низовинний степ виділяють: лагунно-прибережні напівпустелі на каштанових і лучних солонцюватих ґрунтах, пересипи, коси; мало дреновані рівнини з типчакково-полиновими й типчакково-ковилловими сухими степами. Азово-Сиваський НПП представлений островами зі слаборозвиненими дерново-чорноземними солончакуватими ґрунтами та солончаками [3].

Ландшафтні особливості Тарханкутського височинного степу – підняття вододільних місцевостей, хвилястий рельєф, м'який клімат тощо [10]. НПП «Чарівна гавань» репрезентує типові та уні-

кальні, степові й приморські природні комплекси північно-західного узбережжя Чорного моря.

Ландшафтну структуру Центрально-Кримського низовинного степу становлять види ландшафтів: лесові рівнини з чорноземами малогумусними карбонатними; акумулятивно-денудаційні рівнини з чорноземами південними; лесові слабо розчленовані рівнини з чорноземами південними й темно-каштановими солонцюватими ґрунтами [10].

Керченський горбистий степ морфологічно виглядає як пасмово-горбиста рівнина. Переважають горбисті рівнини з чорноземами південними, темно-каштановими солонцюватими ґрунтами, типчакково-ковилловими, полинно-злаковими та петрофітними степами [5].

Казантипський ПЗ (мис Казантип). Зовнішня частина мису має вигляд кам'янистого підвищення. Берегова лінія помережена гротами. Опукський ПЗ (г. Опук, оз. Кояшське). Гора Опук – це плосковершинне ландшафтне підняття, складене рифовими вапняками, з терасами на схилах, урвищами, уступами, осипищами.

Карпатська гірська фізико-географічна країна. Українські Карпати поділяються на п'ять ландшафтних областей (Передкарпаття, область Зовнішніх Карпат, Вододільно-Верховинська область, Полонинсько-Чорногірська область, область Вулканічних Карпат, Закарпатська низовинна область) [20].

Передкарпаття. Ландшафтна структура області: низько терасові слабо дреновані рівнини з глейовими дерновими й дерново-підзолистими поверхнево-оглесеними ґрунтами, дубовими та дубово-грабовими лісами; високо терасові рівнини з глибшим розчленуванням і дерновими опідзоленими ґрунтами; глибоко розчленовані височини з дерново-середньоопідзоленими ґрунтами; денудаційні увалисто-рядові височини із сірими опідзоленими ґрунтами, дубовими й дубово-грабовими лісами [11].

Для території Галицького НПП на правобережжі Дністра характерні ландшафти терасованих межиріч рік Лімниця й Бистриця [20]. У межах Передкарпаття розміщена передгірна частина НПП «Гуцульщина» (Покутське Передкарпаття). Виділяють індивідуальні ландшафти: Запрутський, Косівський, Печеніжинський, Слобода Рунгурський та Ославський [12].

Зовнішні Карпати. Переважають низько- й середньогірні ландшафти. Виділяють підобласті: Бескидсько-Горганську та Покутсько-Буковинські Карпати [16].

Своєрідні й різноманітні ландшафтні комплекси ПЗ «Горгани» (кам'яні розсипища – куруми, із сосною кедровою). Значну частину НПП «Бойківщина» займають лісові масиви, переважно з ялиці білої, смереки. НПП «Сколівські Бескиди» – це переважно середньогірні сильно розчленовані зворами ландшафти зі смерековими, смереково-ялицево-буковими та ялицево-смереково-буковими лісами [15].

У межах ландшафтів Горган розміщена частина території НПП «Синевир». Це Зовнішні, або Привододільні Горгани, які загалом представлені системою декількох хребтів, найбільший із яких Братківський (1788 м н. р. м.). У ландшафтній підобласті Зовнішніх Карпат – Скибові Карпати (частина Зовнішніх Горган) знаходиться північна територія Карпатського НПП. Найбільшу площу займає місцевість крутосхилового лісистого середньогір'я [8]. За А. Мельником (1999), гірська частина НПП «Гуцульщина» знаходиться в межах Низькогірно-скибової й Середньогірно-скибової областей Гірськокарпатського округу.

Вододільно-Верховинські Карпати. У межах Воловецько-Міжгірської верховини (Міжгірського та Синевирського ландшафтів) знаходиться частина НПП «Синевир». Це верхня частина водозбору р. Теремби з озером Синевир. До цієї ландшафтної області (район Вододільного хребта) належить східна частина Ужанського НПП [19]. Тут збереглися високопродуктивні яворові бучини, буково-ялицеві ліси та праліси. В області знаходиться середня частина Карпатського НПП – частина району Верховинсько-Путильського низькогір'я. Тут виділяють дві ландшафтні місцевості – пологосхиліве низькогір'я й терасованих річкових долин.

Полонинсько-Чорногірські Карпати. Свидовецько-Чорногірська ділянка Карпатського біосферного заповідника. Живописні місцевості гірських ущелин мають особливу естетичну красу в долині р. Чорна Тиса (від Ясині до Рахова), у верхів'ях р. Біла Тиса. На території Лужансько-Угольської ділянки заповідника зберігаються найбільші в Європі залишки унікальних букових пралісів.

У Чорногірській підобласті Полонинсько-Чорногірських Карпат Карпатський НПП займає частину Свидовецько-Чорногірського району [8]. Характерне поєднання середньогірської крутосхилової лісисті місцевості, полонинських субальпійських та альпійських, терасово-долинних і гірсько-ущелинних місцевостей.

НПП «Верховинський» знаходиться на основному вододілі Українських Карпат та охоплює найвищі вершини Чивчино-Гринявських гір. Включає Верховинське пониження (Гуцульська Верховина) і частково Чорногірський хребет. До Полонинсько-Чорногірської ландшафтної області (район Полонини Рівної) належить західна й центральна частини Ужанського НПП (середньогірні ландшафти) [19].

Рахівсько-Чивчинські Карпати є частиною Марамороського масиву. Марамороський вид ландшафтів становить «карпатське високогір'я». Тут знаходиться Марамороська ділянка Карпатського біосферного заповідника. Рахівсько-Кузійська ділянка заповідника заходить на територію Росошківського ландшафту, який у рельєфі представлений поєднанням міжрічкових плакорів із крутосхиловим низькогір'ям.

НПП «Верховинський» частково включає гори Чивчини. Більша частина Чивчинського хребта входить до заповідної зони парку. НПП «Черемоський» складається з трьох основних масивів: Яровицько-Чорнодільського, Максимецького, Ракова-Шурдин [4].

У ландшафтному відношенні **Вулканічні Карпати** представлені низькогірними й середньогірними ландшафтами з дубово-буковими та буковими лісами на буроземних ґрунтах. НПП «Зачарований край» знаходиться в межах вулканічних ландшафтів (хр. Великий Діл), на схилах г. Бужори (живописна ландшафтна місцевість річки Вільшанки).

Закарпатська низовина. Переважають ландшафти низькотерасових слабо дренованих рівнин з дубовими й чорновільховими лісами, вторинними остепненими луками. В області Карпатський біосферний заповідник включає ділянки згаслих вулканів, нині заказників заповідника – «Юлівська гора» та «Чорна гора», а також «Долину нарцисів» – ділянку заплави р. Хустець.

Кримська гірська фізико-географічна країна. У ландшафтному відношенні тут виділяють три фізико-географічні області.

Передгірський лісостеп. У ландшафтній структурі виділяють куєстові виположені гряди; куєстові розчленовані гряди під дубовими лісами й лучними степами; куєстові розчленовані гряди з коричневими щебенуватими ґрунтами, шибляковими заростями, грабінниковими дібровами; міжпасмові полого схилі з зниження із залишками грабових дібров; долинно-терасові ландшафтні комплекси.

Головна гірсько-лучно-лісова гряда. В області розміщені природні заповідники: Кримський, Ялтинський гірсько-лісовий, Карадазький. Значну площу Кримського ПЗ займають ландшафтні комплекси степові, лучні й томілярів. Ялтинський гірсько-лісовий ПЗ – ландшафтні комплекси степові, лучні й томілярів. Карадазький природний заповідник – гірсько-лучно-лісові ландшафти.

Кримське південнобережне субсередземномор'я. Своєрідності ландшафтам області надають вулканічні низькогір'я з коричневими щебенуватими ґрунтами, ксерофітними розрідженими ялівцево-грабінниковими та дубовими лісами, які найповніше представлені в Карадазькому ПЗ. У ПЗ «Мис Мартьян» переважають пухнастодубові ліси та рідколісся.

Головні висновки. Надзвичайно багате ландшафтне різноманіття територій природно-заповідного фонду України представлено як гірськими, так і рівнинними ландшафтними комплексами.

Аналіз ландшафтно-регіонального розподілу природно-заповідних територій найкраще здійснювати на основі наявної схеми фізико-географічного (природного) районування території України.

Нерівномірний (випадковий) і слабо репрезентований розподіл природно-заповідних територій України, відповідно до схеми її фізико-географічного

районування, сьогодні є негативною особливістю мережі ПЗФ. Тобто спостерігається явна незональна представленість ландшафтного й біотичного різноманіття в природоохоронних об'єктах фізико-географічних регіонів.

Найскладніша ситуація через малу частку заповідності нині склалася в центральному правобережжі Дніпра, у середньому степу, у степового

Криму. Південна частина степової зони представлена в мережі природоохоронних територій слабо. Відповідно, ці регіони потребують найбільшої природоохоронної уваги й турботи.

Особливості сучасного територіального розподілу теренів ПЗФ варто враховувати в природоохоронному плануванні (створенні й розширенні таких теренів).

Література

1. Гетьман В.І. Про природно-ландшафтознавче районування *Наук. зап. Нац. ун-ту «Києво-Могилянська академія». Біологія та екологія*. Київ : Видавничий дім «Києво-Могилянська академія», 2006. Т. 54. С. 63–66.
2. Гетьман В.І. Екологічні субстанції: закономірності, ландшафти, рельєф : навчальний посібник. Київ : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2014. 71 с.
3. Гетьман В.І. Національні природні парки Лісостепу і Степу України. Київ : Талком, 2020. 283 с.
4. Гетьман В.І. Українські Карпати і Полісся у національних природних парках. Київ : Талком, 2020. 215 с.
5. Гродзинський М.Д. Ландшафтна екологія: підручник. Київ : Знання, 2014. 550 с.
6. Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України : Закон України від 21 грудня 2010 р. № 2818-VI. URL: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/2818-17>.
7. Іваненко Є.І. Аналіз розміщення природно-заповідного фонду України: підхід, стан, проблеми. *Український географічний журнал*. 2013. № 3. С. 64–69.
8. Карпатський національний природний парк / за редакцією М.М. Приходька, О.І. Киселюка, А.І. Яворського. Івано-Франківськ : Фоліант, 2009. 672 с.
9. Клімов О.В., Подоба І.М. Представленість ландшафтів у природно-заповідному фонді України. *Ландшафтогенез – 2000: філософія і географія. Проблеми постнекласичних методологій* : тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції. Київ : 1996. С. 75–77.
10. Маринич А.М., Пашенко В.М., Шищенко П.Г. Природа Украинской ССР. Ландшафты и физико-географическое районирование. Киев : Наукова думка, 1985. 224 с.
11. Мельник А.В. Українські Карпати: еколого-ландшафтознавчі дослідження. Львів : Вид-во Львів. ун-ту, 1999. 286 с.
12. Національний природний парк «Гуцульщина» / В.В. Пророчук та ін. ; за ред. В.В. Пророчука. Львів : НВФ «Карти і Атласи», 2013. 408 с.
13. Пашенко В.М. О дифференциации ландшафтов Северо-Степного Приазовья. *Физ. география и геоморфология*. 1979. Вып. 21. С. 79–88.
14. Попович С.Ю. Скільки нам ще потрібно заповідників і національних парків? або Значення природно-заповідного фонду в формуванні національної екомережі України. *Рідна природа*. 2001. № 1. С. 23–26.
15. Попович С.Ю. Природно-заповідна справа : навчальний посібник. Київ : Арістей, 2007. 480 с.
16. Природа Львівської області / за ред. К.І. Геренчука. Львів : Вид-во Львів. ун-ту, 1972. 151 с.
17. Природа Хмельницької області / под ред. К.І. Геренчука. Львов : Вища школа. Изд-во при Львов. ун-те, 1980. 152 с.
18. Удра І.Х., Батова Н.І. Біогеографічна оцінка репрезентативності природно-заповідних територій України в контексті розбудови екомережі. *Заповідна справа в Україні*. 2004. Т. 10. Вип. 1–2. С. 5–13.
19. Ужанський національний природний парк. Поліфункціональне значення / за ред. С.М. Стойка. Львів, 2007. 306 с.
20. Фізико-географическое районирование Украинской ССР / под ред. В.П. Попова, А.М. Маринича, А.И. Ланько. Киев : Изд-во Киев ун-та, 1968. 683 с.

РЕГІОНАЛЬНІ ОСОБЛИВОСТІ Й БАГАТОРІЧНА ДИНАМІКА ФЛОРИ ДЕРЖАВНОГО ДЕНДРОЛОГІЧНОГО ПАРКУ «ОЛЕКСАНДРІЯ» НАН УКРАЇНИ (М. БІЛА ЦЕРКВА)

Дойко Н.М.¹, Шиндер О.І.², Драган Н.В.¹

¹Державний дендрологічний парк «Олександрія» Національної академії наук України
09113, м. Біла Церква, Київська обл.

²Національний ботанічний сад імені М.М. Гришка Національної академії наук України
вул. Тімірязєвська, 1, 01014, м. Київ
magnoliya.pw@gmail.com, shinderoleksandr@gmail.com

Упродовж 2017–2020 рр. проведено інвентаризацію спонтанної флори дендрологічного парку «Олександрія» (м. Біла Церква), який є одним із перших інтродукційних осередків України. Дата його заснування – 1788 р. За результатами дослідження зафіксовано 830 таксонів, із яких 571 – аборигенні, а 259 – чужорідні. Серед чужорідних таксонів 104 – ксенофіти, 155 – утікачі з культури. На сучасній території «Олександрії» збереглася багата локальна флора, яка залишається цінним природним ядром екосистеми р. Рось. На території «Олександрії» природно росте багато гранично-ареальних видів рослин, а також рідкісні та реліктові види. Але до нашого часу 17 із них зникли. Найбільше рідкісних видів відмічено на реліктовому степовому схилі Палієвої гори. Загалом 8 місцевих видів у флорі Парку занесено до Червоної книги України (2009): *Adonis vernalis*, *Galanthus nivalis*, *Lilium martagon*, *Neottia nidus-avis*, *Pulsatilla grandis*, *P. pratensis*, *Stipa capillata*, *S. pennata*.

Унаслідок тривалої та інтенсивної інтродукційної роботи на території Парку, видовий склад чужорідних рослин постійно поповнюється. Уже в другій половині XIX ст. для «Олександрії» вказувалися в дикорослому вигляді: *Acer pseudoplatanus*, *Asclepias syriaca*, *Cyclamen purpurascens*, *Galinsoga parviflora* і *Oxalis stricta*. У XX ст. насадження Парку також виявилися первинним джерелом розповсюдження низки чужорідних рослин, зокрема: *Geranium sibiricum*, *Juncus tenuis* і *Parthenocissus inserta*. На основі оцінки динаміки адвентизації спонтанної флори з 1900 р. встановлено, що частка чужорідних видів у флорі зростала поступово й нині встановилася на рівні 30,8%. За результатами вивчення рівня натуралізації рослин у культурній і спонтанній флорі «Олександрії» встановлено, що високих показників натуралізації досягли біля 487 таксонів у насадженнях, із них 122 – здичавіли за межами культурних ділянок, 38 – широко розповсюдилися по території Парку, а 15 – поширилися за його межі. Нині в умовах «Олександрії» найбільшою шкодочинністю відзначається 6 утікачів з культури: *Acer negundo*, *Ailanthus altissima*, *Parthenocissus inserta*, *Robinia pseudoacacia*, *Solidago canadensis* і *Toxicodendron radicans*. **Ключові слова:** флора, дендропарк Олександрія, рідкісні види, фітоінвазії.

Regional features and long-term dynamics of flora of the Arboretum Oleksandriya of the NAS of Ukraine (Bila Tserkva, Kyiv region). Doiko N., Shnyder O., Dragan N.

During 2017–2020, an inventory of the spontaneous flora of the Arboretum Oleksandriya (Bila Tserkva, Kyiv region), which is one of the first centers of plant acclimatization in Ukraine. The date of its foundation was 1788. According to the results of the research, 830 taxa were recorded, of which 571 were aboriginal and 259 were alien. Among the alien taxa 104 – xenophytes, 155 – escaped plants. The modern territory of Arboretum Oleksandriya has a rich local flora, which remains a valuable natural core of the ecosystem of the river Ros. In the territory of Arboretum Oleksandriya, many species of plants grow on the borders of their native area. There are also rare and relict species in the flora of the Arboretum. But by now 17 of them have disappeared. Most rare species are observed on the relict steppe slope of Palieva Hora. In total, 8 local species in the flora of the Arboretum are listed in the Red Data Book of Ukraine (2009): *Adonis vernalis*, *Galanthus nivalis*, *Lilium martagon*, *Neottia nidus-avis*, *Pulsatilla grandis*, *P. pratensis*, *Stipa capillata*, *S. pennata*.

Due to long and intensive work on resettlement and acclimatization of plants in the Park, the list of alien plant species is constantly updated. Already in the second half of the XIX century. for Arboretum Oleksandriya were indicated in the spontaneous vegetation: *Asclepias syriaca*, *Cyclamen purpurascens*, *Galinsoga parviflora* and *Oxalis stricta*. In the XX century the plantations of the Park were also the primary source of a number of foreign plants for the flora of Ukraine, in particular: *Geranium sibiricum*, *Juncus tenuis*, *Parthenocissus inserta* et al. Based on the assessment of the dynamics of adventization of the spontaneous flora, since 1900 it has been established that the share of alien species in the flora has increased gradually and is now set at 30.8%. According to the study of the level of naturalization of plants in the cultural flora and spontaneous flora of Arboretum Oleksandriya it was found that high rates of naturalization reached about 487 taxa in plantations, of which 122 – escaped plants, grow outside cultural areas, 38 – invasive plants, widespread in the Arboretum, and 15 – spread beyond its borders. Currently, in the conditions of Arboretum Oleksandriya the most harmful are 6 invasive escaped plants: *Acer negundo*, *Ailanthus altissima*, *Parthenocissus inserta*, *Robinia pseudoacacia*, *Solidago canadensis* and *Toxicodendron radicans*. **Key words:** flora, Arboretum Oleksandriya, rare species, phytovasions.

Постановка проблеми. Територія Державного дендрологічного парку «Олександрія» НАН України відзначається великим ландшафтним і рослинним різноманіттям. Упродовж більше ніж двох століть, із 1788 р. – першої згадки про новостворений

Олександрійський сад – на цій території тривають інтенсивні роботи з паркобудівництва, вирощування корисних місцевих рослин і перспективних екзотів [1]. Упродовж тривалого часу рослинний покрив Парку приковував увагу багатьох поколінь вітчиз-

няних фітобіологів і сьогодні накопичився великий фактичний матеріал про флорорізноманіття цієї території, котрий потребував узагальнення.

Актуальність дослідження. Територія «Олександрії» належить до екосистеми р. Рось – великого регіонального екокоридору [2], тому вивчення аборигенного біорізноманіття Парку має вагоме значення у зв'язку з охороною біотичного різноманіття України та збереженням місцезростань рідкісних видів рослин і їх міграційних шляхів. Дослідження таксономічного різноманіття заносних і здичавілих рослин на території Парку актуальне у зв'язку з проблемою фітозабруднення та інвазіями чужорідних видів [3]. Важливим складником досліджень, що проводяться в інтродукційних установах є прогнозування як метод управління інтродукційною роботою та іншими пов'язаними з нею процесами [4].

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Вагоме завдання біологічної науки на сучасному етапі – вивчення та збереження біорізноманіття в умовах постійного антропоїчного навантаження й глобальних кліматичних змін [3; 4; 5]. Великий вплив на біорізноманіття також чинить інтродукційна робота, завдяки якій чужорідні таксони в нових умовах натуралізуються й часто дичавіють, загрожуючи популяціям та угрупованням аборигенних рослин. Останнім часом на міжнародному рівні наголошується на важливості вживання ботанічними садами та іншими інтродукційними осередками заходів із запобігання появи та розповсюдженню нових агресивних таксонів унаслідок інтродукційної роботи [5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Фрагментарні відомості про рослинний покрив Дендропарку «Олександрія» часто зустрічаються у вітчизняній літературі з 1855 р., але до цього часу остаточно не узагальнені. В останній період видано каталоги колекції деревних і трав'яних рослин Парку [1; 6]. На його території виявлено нове місцезнаходження рідкісного виду – *Carex hordeistichos* Vill. [7]. Вивчено природне різноманіття видів родів *Gagea* [8] і *Potentilla* [9]. Досліджено сучасний стан фітоценозів на Палієвій горі й у віковій діброві Парку, констатовано зникнення низки аборигенних місцезростань степових і лісових рослин [10–12]. Раритетні рослини вивчали Л.В. Калашнікова [13] та Н.М. Дойко [11], зокрема автори наголошували на необхідності репатріації місцезростань деяких рідкісних видів.

Природне поновлення хвойних у Дендропарку вивчали Ф.М. Левон зі співавторами [14], Н.С. Бойко описала колекційне різноманіття роду *Taxus* і натуралізацію окремих його таксонів [15]. Проблему спонтанної натуралізації інтродуцентів вивчали С.І. Галкін та Н.М. Дойко [10]. У нашій попередній роботі повідомлено про склад адвентивних жимолостей на території Парку, у т. ч. нові для адвентивної флори України види: *Lonicera* × *notha* Zabel.

і *L. ruprechtiana* Regel [16]. На основі узагальнення наявних відомостей про спонтанні флори інтродукційних осередків України О.І. Шиндер висловив попереднє припущення про видове багатство флори «Олександрії» [17].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Метою дослідження було провести інвентаризацію таксономічного складу спонтанної флори Державного дендрологічного парку «Олександрія» НАН України, виділити регіональні особливості, оцінити сучасну динаміку.

Новизна. Уперше спонтанна флора Дендрологічного парку «Олександрія» розглядається як окрема локальна флора, котра є повноцінною частиною регіональної флори, різносторонньо вивчено динамічні зміни її складу і структури.

Матеріали і методика досліджень. Дослідження проведено впродовж 2017–2020 рр. і базувалося на польових обстеженнях території Парку, камеральній обробці результатів та критичному опрацюванні літературних та інших джерел. У складі спонтанної флори виділяємо фракції за походженням: аборигенна фракція (місцеві таксони) й адвентивна фракція (чужорідні таксони). Чужорідні види поділяються на ксенофіти (спонтанно занесені рослини, без прямої участі людини) і втікачі з культури (здичавілі інтродуценти) [18; 19].

Виклад основного матеріалу. Дендрологічний парк «Олександрія» – найбільший і найстарший дендропарк України. Нині його територія має площу 400,67 га і складається з трьох основних частин (рис. 1), а територіально він розташований у західній частині м. Біла Церква (Київська область). За фізико-географічним районуванням, це – південна частина Київського плато в межах Придніпровської височини. По берегах р. Рось тут наявні гранітні відслонення й подекуди є степові ділянки. Ландшафтні особливості сприяли формуванню на території Парку великої ценотичної різноманітності й, відповідно, багатой аборигенної флори.

За результатами інвентаризації встановлено, що на території «Олександрії» за весь час досліджень зафіксовано 830 таксонів із 416 родів 92 родин без урахування культурної флори на колекційно-демонстративних ділянках. Аборигенна фракція включає 571 таксон, а адвентивна – 259 таксонів. Серед адвентивних видів 104 – ксенофіти, 155 – утікачі з культури. Детально структура спонтанної флори буде розглянута в іншій публікації.

У минулому на сучасній території Парку сформувалася багата локальна флора лісостепового типу, яка й до цього часу зберегла своє ядро й основні характеристики. Так, в аборигенній фракції нині переважають лісові (23,8%), узлісні (17,5%), лучні (18,6%), степові (11,7%) і болотні (11,7%) види рослин. Більша їх частина – багаторічні трави (69,9%). У географічній структурі, крім палеоарктичного геоеlementу



Рис. 1. Географічне розташування дендрологічного парку «Олександрія»:
1 – історична частина (201,6 га), 2 – нова територія, урочище Гайок (із 1999 р., 95,5 га),
3 – нова територія, урочище Голендерня (із 2010 р., 103,6 га)

(35,2%), великі частки мають: голарктичний (11,0%), неморальний (10,3%), європейсько-середземноморський (10,0%), євразійський степовий (6,5%) і європейський (6,0%) геоеlementи. У нинішньому вигляді аборигенна фракція флори «Олександрії» репрезентує 55,1% такої флори всього Київського плато, для якої наведено 1036 аборигенних видів [20]. Тож сьогодні спонтанна флора «Олександрії» залишається цінною частиною екосистеми р. Рось і потребує збереження в майбутньому та моніторингу.

У доісторичний час територія Парку на надзаплавній терасі р. Рось була переважно вкрита лісом [21], а нині найбільш цінні ділянки природного рослинного покриву – це лучний степ на схилі Палієвої гори, вікова паркова діброва на історичній території площею 44,6 га (рис. 2) і вікова діброва в урочищі Голендерня площею 35,35 га. Досить цінними є гранітні відслонення в нижній частині Палієвої гори й в урочищі Гайок і деякі заплавно-лісові й заболочені ділянки на березі р. Рось і по балках. Степові ділянки представлені ще на гранітних відслоненнях в урочищі Гайок, а в минулому – і в урочищі Голендерня. Подібне ландшафтне різноманіття було сприятливим для формування багатой місцевої флори і є запорукою для її збереження в майбутньому.

Серед місцевих видів рослин до нашого часу не збереглися принаймні 17 і ще ціла низка є імовірно зниклими. Більшість цих рослин зростали в складі степових угруповань на Палієвій горі й наведені в описах М.К. Гродзінського [22; 23] і частково І.Г. Дерія [21]. Уже в 1978 р. на Палієвій горі Г.В. Кляшторною не підтверджені [24]: *Aster bessarabicus* Bernh. ex

Rchb., *Cynoglossis barrelieri* (All.) Vural & Kit Tan, *Gentiana cruciata* L., *Jurinea cyanoides* (L.) Rchb., *Linum flavum* L., *L. perenne* L., *Medicago minima* (L.) Bartal., *Pulsatilla grandis* Wender¹, *Stipa pennata* L., а як рідкі були зафіксовані *Pontechium maculatum* (L.) Böhle & Hilger і *Pedicularis kaufmannii* Pinzger, які також не збереглися до нашого часу [11; 25]. Не вдалося підтвердити сьогодні й природне місцезростання *Clematis integrifolia* L. на гранітно-степових ділянках в урочищі Голендерня [23], указану як рясну в 1978 р. *Artemisia scoparia* Waldst. & Kit. [24] та наведену в 1958 р. *Anemone sylvestris* L. [21]. У віковій діброві ймовірно зникли рідкісні види *Digitalis grandiflora* Mill., *Lilium martagon* L. і *Neottia nidus-avis* (L.) Rich. [12]. До зниклих, можливо, належать *Carex humilis* Leyss., *Dianthus capitatus* DC. subsp. *andrzejowskianus* Zapal. і низка інших таксонів, які останнім часом не вдалося підтвердити. Більшість цих видів є рідкісними й гранично-ареальними, вони першочергово заслуговують на репатріацію в Парку. Роботи з відновлення втрачених популяцій рідкісних видів заплановані й для деяких видів уже проводяться [11]. Важливість відновлення відомостей про втрачені види та їх репатріацію і реставрацію важко переоцінити, і територія інтродукційного осередку є найбільш сприятливою для подібної діяльності на науково обгрунтованому рівні. Для порівняння, в НБС імені М.М. Гришка НАН України (м. Київ), за даними літератури й нашими відомостями,

¹ В останнє десятиріччя зафіксовані 2 слабкорозвинуті рослини, які можуть належати саме до цього виду, але вони потребують подальшого моніторингу.

упродовж ХХ ст. зникли аборигенні місцезростання принаймні 11 переважно рідкісних видів рослин і до цього часу вдалося відтворити інтродукційні моделі популяцій лише трьох із них.

Отже, найбільше зниклих місцевих видів у флорі Парку належать до степових, що свідчить про значне антропогенне навантаження на степовий флорокомплекс Палієвої гори. Варто звернути увагу на особливу цінність цієї ділянки природної степової рослинності не лише в контексті Парку, а й серед інших степів Київщини [25; 26]. Серед наведених описів степової рослинності колишньої Білоцерківської округи [22] Палієва гора відзначалася одним із найбагатших видовим складом степових рослин і до цього часу це одна з небагатьох збережених степових ділянок у північній смузі Правобережного Лісостепу і є останцем колишніх степів Київщини. На необхідність повного заповідання цього схилу вказувала ще Г.В. Кляшторная, заодно відмітивши розповсюдження на ньому синантропних рослин унаслідок неконтрольованого рекреаційного навантаження [24]. Нині на Палієвій горі зростає понад 150 місцевих видів рослин із участю адвентивних

рослин та інтродуцентів [11; 27]. Популяції рідкісних видів тут є об'єктами моніторингу, крім того, проводяться роботи з розширення видового складу лучного степу іншими видами степової флори Київського плато [12; 27; 28].

Лісова рослинність збереглася значно краще, зокрема, у парковій діброві нині представлено 1968 вікових дубів на історичній частині і ще біля 1600 – в урочищі Голендерня. Завдяки збереженості природного деревостану в лісовій частині Парку наявні сприятливі умови для зростання багатьох рідкісних неморальних видів рослин [9; 21; 29 та ін.]. Крім того, упродовж існування Парку деякі лісові рослини підсаджувалися в його лісовій частині, зокрема й рідкісні види. Так, природна популяція *Galanthus nivalis* L. в останні десятиліття значно доповнена новими локусами інтродукційного походження.

Важливою групою в складі кожної флори є гранично-ареальні види, які часто є рідкісними й потребують охорони. В «Олександрії» схил Палієвої гори є фактично гранично-ареальним степовим біотопом, а тому багато видів із його складу перебувають (а зниклі – перебували) тут



Рис. 2. План історичної частини дендрологічного парку «Олександрія»: А – паркова діброва, В – Мала галявина, С – Велика галявина, D – Горіхова галявина, Е – ново-парк, F – фруктовий сад, G – колекційні ділянки «Коніферетум» і «Сірінгарій», H – Палієва гора, I – балка Лев, K – Нагірна галявина

на північно-західній межі поширення: *Dianthus capitatus* subsp. *andrzejowskianus*, *Eremogone micradenia*, *Gagea pusilla* (F.W. Schmidt) Schult., *Medicago minima*, *Pulsatilla grandis*, *Ranunculus illyricus* L., *Stipa pennata* тощо. До цієї групи належить і *Clematis integrifolia*, який ріс на іншій ділянці Парку – в урочищі Голендерня. Кілька видів: *Adonis vernalis* L., *Agropyron cristatum* (L.) Gaertn., *Linum flavum*, *Stipa capillata* L. – перебувають на північній межі основної частини ареалу. На північній межі ареалу в Парку знаходяться місцезростання: галофітно-лучної *Carex hordeistichos*, лісових рослин: *Sisymbrium strictissimum* L., *Melica picta* K. Koch, *Viola suavis* M. Bieb., петрофітно-узлісного *Bupleurum falcatum* L. і деяких інших видів. На східній межі знаходяться *Ferulago sylvatica* (Besser) Rchb. і *Silene eugeniae* Kleopow, на південно-східній – *Helictotrichon pubescens* (Huds.) Pilg., на південній – *Holcus lanatus* L. і *Pulmonaria angustifolia* L. Не виключено, що тут проходила північно-східна межа природного ареалу *Arrhenatherum elatius* (L.) P. Beauv. ex J. Presl & C. Presl. Так, М.К. Гродзінський наводив цей вид для Палієвої гори в складі угруповання *Prunus fruticosa* [22]. Є передумови припускати, що в районі Парку на північно-західній межі первинного ареалу перебуває й *Holosteum umbellatum* L., хоча для потреб дослідження ми цей вид розглядаємо як ксенофіт. Варто відзначити, що через Білу Церкву проходить і південна межа первинного ареалу *Pinus sylvestris* L., яка пов'язана з піщаною терасою р. Рось, але в самому Парку цей вид є інтродуцентом і входить до групи втікачів з культури. Зазвичай велика кількість гранично-ареальних місцезнаходжень рідко поєднується в межах однієї локальної флори, отже, це лише підкреслює її ботаніко-географічну значущість і це необхідно врахувати в майбутньому при проведенні флористичного районування Правобережного Лісостепу. Більшість місцезростань гранично-ареальних видів пов'язані з екотопами долини р. Рось, а сама територія Парку є природним ядром цього важливого екокоридору.

Серед реліктових видів у флорі Парку представлені диз'юнктивно-ареальні *Carex humilis* і *Sisymbrium strictissimum*. Їх місцезнаходження є «відголосками» давньої історії формування рослинного покриву «Олександрії». *Carex humilis* – реліктовий вид післяльодовикових степів Східноєвропейської рівнини – відмічався на Палієвій горі в 1978 р. як масовий [24], а пізніше підтверджений В.В. Гриценко [25]. Проте в останні роки цей вид не зафіксований, тож його популяція імовірно потребує реставрації. *Sisymbrium strictissimum* має ареал лісостепового типу й поширений у широколистяних лісах південного типу в Лісостепу і Північному Степу. Його місцезростання в Парку приурочене до залісненого лівого берега р. Рось і відзначається локальною, але стійкою популяцією.

Раритетна фракція спонтанної флори Парку включає 8 видів із Червоної книги України [30]: *Adonis vernalis*, *Galanthus nivalis* L., *Lilium martagon* (-)², *Neottia nidus-avis* (-), *Pulsatilla grandis* (-?), *P. pratensis* (L.) Mill., *Stipa capillata*, *S. pennata* (-); і 21 регіонально-рідкісний вид, що охороняються в Київській області [13]: *Anemone sylvestris* (-), *Aquilegia vulgaris* L. (здичавіло), *Asplenium septentrionale* (L.) Hoffm., *Carex humilis* (-?), *Clematis integrifolia* (-), *Crataegus lipskyi* Klokov (фактично є опушеною формою *C. monogyna* Jacq.), *Digitalis grandiflora* (-), *Gagea pusilla*, *Gagea transversalis* Steven, *Gentiana cruciata*, *Geranium phaeum* L., *Isopyrum thalictroides* L., *Linum flavum* (-), *Melica transsilvanica* Schur, *Nymphaea alba* L., *Ornithogalum orthophyllum* Ten. subsp. *kochii* (Parl.) Zahar., *Pedicularis kaufmannii* (-), *Primula veris* L., *Prunus fruticosa*, *Scilla bifolia* L., *Scorzonera purpurea* L. До рідкісних видів належить і *Rumex sanguineus* L, локальна популяція якого зосереджена в балці Лев, але цей вид не внесено до регіонального природоохоронного переліку. Отже, територія Парку має велику фітосозологічну цінність у справі охорони місцезростань рідкісних рослин, незважаючи на те що частина їх уже втрачена.

Завершуючи опис особливостей аборигенної флори «Олександрії», варто зазначити, що в ній майже не представлені види заплавної й борової терас р. Рось, які добре представлені в інших околицях Білої Церкви.

На протигагу місцевим видам рослин, чисельність яких переважно скорочується, адвентивна фракція флори Парку постійно поповнюється новими чужорідними таксонами насамперед унаслідок інтродукційної роботи. Як указано вище, у флорі «Олександрії» зафіксовано 155 втікачів з культури на різних стадіях натуралізації. У додатковий список попередньо внесено ще 80 натуралізованих інтродуцентів, більшість із яких можуть із часом вийти за межі розсадників і культурфітоценозів. Крім того, культурне освоєння території Парку сприяло й розповсюдженню нецілеспрямовано занесених рослин – ксенофітів. Уже в другій половині XIX ст. для Парку вказувалися як здичавілі: *Acer pseudoplatanus* L., *Asclepias syriaca* L., *Cyclamen purpurascens* Mill. і ксенофіти: *Galinsoga parviflora* Cav. та *Oxalis stricta* L. [31]. У XX ст. кількість указівок про адвентивні види значно збільшилася, особливо завдяки знахідкам М.К. Гродзінського [22; 23] та П. Оксіюка [32]. Останній писав, що *Heliopsis scabra* Dunal «цілком здичавів і вже поширився значно поза межі парку». В.В. Протопопова [33] припустила, що *Galinsoga parviflora* занесено в парк «Олександрія» з посівним матеріалом із Західної Європи, а звідти цей вид розповсюдився по всій Україні. Уже П.С. Рогович відмічав цей вид по засмічених місцях в околицях Білої Церкви [33]. До 1929 р. кількість наведених для Парку адвентивних види поповнилася ще при-

² Тут і далі «(-)» – зниклий.

наймні на 20 кенофітів. Отже, дендрологічний парк «Олександрія» став одним із осередків первинного розповсюдження адвентивних видів в Україні. До таксонів, які поширилися як із Парку, так паралельно й з інших осередків, належать *Geranium sibiricum* L., *Juncus tenuis* Willd. і *Parthenocissus inserta* (A. Kern.) Fritsch. Цей перелік ще потребує уточнення.

Актуальним є вивчення змін таксономічного складу флори й рівня її адвентизації в динаміці. Серед інтродукційних установ досвід подібної роботи відомий для ГБС РАН (м. Москва) [18]. Завдяки наявності детального переліку спонтанної флори 1949 р. автори прослідкували її загальні і структурні зміни за 65 р. Зокрема, загальна чисельність зафіксованих таксонів зросла з 484 до 856, а найбільш динамічною виявилася група втікачів із культури, кількість яких зросла із 9 до 293! Авторами наведено й деякі інші цікаві закономірності.

В «Олександрії» до проведення нашого дослідження повні списки спонтанної флори не склалися. Так, у праці І.Г. Дерія [21] указано близько 200 видів рослин (переважно місцевих), що, звичайно, охоплює меншу частину всієї флори. Тому ми можемо провести оцінку динамічних змін флори «Олександрії» умовно, на основі наявних відомостей і деяких допущень. За точки відліку візьмемо 1900 р., 1958 р. і 2020 р.

На кінець XIX ст. для Парку було вказано 5 кенофітів. Цілкові імовірно, що в той час на дослідженій території була присутня більша частина відомих нині археофітів, тож приймемо виважену їх кількість – 58 видів (75%). Щодо аборигенної фракції флори припустимо, що на той час у Парку був присутній весь відомий сьогодні її склад. Отже, рівень адвентизації на кінець XIX ст. становив 9,9% (таблиця 1, рис. 3). Станом на 1958 р. (рік виходу праці І.Г. Дерія [21]) було достовірно відомо про 69 кенофітів на території Парку. Крім того, цілком припустимо, що тут уже траплялися всі археофіти, відомі до цього часу. З видів місцевої флори, імовірно, зникло була *Stipa pennata*, яка на межі зникнення перебувала вже в 1928 р. [22]. Інші нині зниклі степові види, імовірно, ще зростали в той час у складі флори. Для нинішнього часу варто брати актуальний склад флори, тобто ті таксони, що зафіксовані в останній період: 556 місцевих таксонів і 247 адвентивних. Як видно, збільшення кількості чужорідних видів у складі флори й загальний рівень адвентизації впродовж останнього століття мав поступовий характер. Але сьогодні цей показник зафіксований на рівні 30,8%, і ми вважаємо, що в майбутньому більше не відбуватиметься його подальшого значного зростання.

Важливу роль у розумінні динаміки адвентизації рослинного покриву відіграє диференціація адвентивної фракції на стабільний і нестабільний компоненти флори. Більша частина втікачів з культури (65,8%), зафіксованих у Парку, належить саме

до нестабільного компоненту. До нього належать ті види, які мають найнижчий рівень натуралізації і є ефемерофітами або колонофітами. Прикладами колонофітів є здичавілі інтродуценти, які сформували в Парку довговічні локальні популяції, але тенденції до подальшого розповсюдження не проявляють: *Bromus erectus* Huds., *Cyclamen purpurascens*, *Fragaria moschata* Duchesne ex Weston, *Glyceria striata* (Lam.) Hitchc., *Myosotis sylvatica* Ehrh. ex Hoffm., *Trisetum flavescens* (L.) P.Beauv. тощо. Вегетативно-рухомий колонофіт *Toxicodendron radicans* (L.) Kuntze. поступово прогресує, і вже навіть М.К. Гродзінський указав, що його в Парку «дуже багато», а колись посадили для закріплення берегів [23]. Нині *T. radicans* зустрічається в багатьох кварталах Парку й навіть відмічений у кількох ізольованих місцезростаннях, які виникли, імовірно, унаслідок насінневого розмноження. Але, незважаючи на експансивний характер *T. radicans*, поки його вдається утримати в межах Парку, тому він належить саме до колонофітів, тобто нестабільного компоненту флори.

Деякі види хоча й фіксувалися за межами культурних ділянок, але в умовах Парку їх спонтанні популяції виявилися нестійкими. Так, *Phedimus spurius*

Таблиця 1

Багаторічна динаміка зміни таксономічного складу флори дендрологічного парку «Олександрія»

| Рік | 1900 | 1958 | 2020 |
|------------------------|------|------|------|
| Адвентивна фракція | 63 | 147 | 247 |
| Кількість археофітів | 58 | 78 | 78 |
| Кількість кенофітів | 5 | 69 | 169 |
| Аборигена фракція | 571 | 570 | 554 |
| Уся флора | 634 | 717 | 801 |
| Рівень адвентизації, % | 9,9 | 20,5 | 30,8 |



Рис. 3. Багаторічна динаміка рівня адвентизації в дендрологічному парку «Олександрія» (у дужках – частка адвентивних видів)

(M.Bieb.) 't Hart у 1920-х роках указувався як здичавілий по території «Олександрії» [23; 32], але нині росте виключно в культурфітоценозах. А «цілком здичавілий» *Thymus pulegioides* L. [34] нам узагалі не вдалося відшукати. Це ж стосується й ефемерофітів, які є переважно одно- або малорічними рослинами: *Geranium pyrenaicum* Burm.f., *Silene chalcedonica* (L.) E.H.L. Krause тощо.

Адвентивні види з високими фітоценотичними позиціями належать до стабільного компоненту флори. Вони, як правило, мають різною мірою сформовані ареали в Україні й відзначаються експансивністю, а на території Парку розповсюджуються по багатьох кварталах. Такі види є інвазійними, тому вивчення спонтанної флори має вагоме значення у зв'язку з проблемою фітозабруднення. Вище вже наведені приклади адвентивних видів, які розпочали експансію по Україні саме з «Олександрії», хоча й не всі вони були інтродуцентами. Попередній перелік інвазійно-активних видів на території Парку опубліковано раніше [10], а в ході нової інвентаризації його суттєво уточнено. Під час проведення цього дослідження з'ясувалося, що розроблені загальні класифікаційні схеми інвазійних рослин [3] в рамках інтродукційної установи важко застосувати й більш ефективною є градація чужорідних видів за ступенем їх шкодочинності для культурфітоценозів. Нині в умовах «Олександрії» найбільшою шкодочинністю для зелених насаджень і природних угруповань відзначається 6 здичавілих інтродуцентів: *Acer negundo* L., *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle, *Parthenocissus inserta*, *Robinia pseudoacacia* L., *Solidago canadensis* L. і *Toxicodendron radicans*. Вони потребують постійних заходів щодо стримування й боротьби з наслідками розповсюдження. Додатково в деревних насадженнях трав'яному під'ярусу завдають шкоди *Impatiens parviflora* і *Vinca minor* L., а в прибережних угрупованнях: *Bidens frondosa* L. та *Echinocystis lobata* (Michx.) Torr. & A. Gray та. На початковій стадії експансії перебуває кільканадцять видів, які потребують моніторингу, а саме: *Clematis vitalba* L., *Duchesnea indica* (Andrews) Focke., *Lonicera ruprechtiana*, *Reynoutria × bohemica* Chrtek & Chrtkova, *Silphium perfoliatum* L., *Symphytum asperum* Lepech., *Telekia speciosa* (Schreb.) Baumg., *Thladiantha dubia* Bunge, *Vitis vulpina* L. тощо. Експансію більшості із цих видів вдається стримати періодичними превентивними й господарськими заходами. Але окремі види, як-от: *R. × bohemica*, усе ж поступово розширюють площу своїх осередків. А от експансія псевдоаборигенних *Acer pseudoplatanus* і *Tilia* spp. у насадження місцевих порід відбувається фактично приховано. До високоінвазійних видів зараховують низку однорічних чужорідних рослин [3], як-от: *Ambrosia artemisiifolia* L., *Bromus tectorum* L., *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik., *Centaurea diffusa* Lam., *Erigeron annuus* (L.) Pers., *Galinsoga parviflora* Cav., *Matricaria*

discoidea DC. тощо. В умовах інтродукційної установи ці види, як правило, не становлять прямої загрози багаторічним культурфітоценозам, але можуть бути надокучливими бур'янами й подекуди засмічують багаторічні трав'яні угруповання, як-от *Centaurea diffusa* на остепнено-лучних галявинах.

Окремо варто відзначити й позитивні приклади ліквідації інвазійних рослин на території Парку. Так, *Asclepias syriaca* наведений для «Олександрії» здичавілим ще в кінці XIX ст. [35], але в 1920-ті роки цей вид уже не вказувався для Парку, хоча його відмічали в інших місцях у Білій Церкві [23]. Не виключено, що для виведення інвазійної колонії *A. syriaca* на межі XIX і XX ст. застосовані цілеспрямовані заходи. Ще один вид – *Heracleum sosnowskyi* – занесено до «Олександрії» у 2008 р., але після ідентифікації рослин їх осередок виведено. Примітно, що ще кілька інвазійних рослин, які розповсюджені в Білій Церкві та її околицях, на території «Олександрії» ще не зафіксовані: *Berberis aquifolium* Pursh (росте виключно в культурфітоценозах і за їх межі не виходить), *Phytolacca acinosa* Roxb., *Sisymbrium volgense* M.Bieb. ex E.Fourn. і *Ulmus pumila* L. Ці види потребують моніторингу на предмет появи осередків розповсюдження. Так, в останні кілька років інвазійна куртина *Asclepias syriaca* виявлена по краю Парку, що підкреслює важливість постійного моніторингу за фітозабрудненням.

При вивченні спонтанних флор інтродукційних осередків важливо оцінити вклад інтродукційної роботи в розповсюдження адвентивних видів. Так, за результатами дослідження спонтанної флори НБС імені М.М. Гришка встановлено, що лише близько 3,1% інтродуцентів вийшли за межі культури [36]. У ГБС РАН на основі більш детальних наявних відомостей про видовий склад інтродуцентів за весь період існування саду проведено оцінку проходження інтродукованими рослинами етапів натуралізації та інвазійного потенціалу втікачів з культури [18] із використанням концепції подолання чужорідними організмами низки бар'єрів [37]. На основі наявних відомостей і результатів дослідження розглянемо характер проходження етапів натуралізації інтродукованих рослин на території «Олександрії» (рис. 4).

Узагальнення відомостей про кількість таксонів, інтродукованих у Парку за весь час його існування, тобто тих, які подолали географічний бар'єр, до цього часу не проводилося, утім такі відомості наявні лише в невеликій кількості установ. У каталоги колекційного фонду Парку за 2013 р. [1; 6] унесено близько 687 таксонів (не культиварів!) деревних інтродуцентів і 370 – трав'яних, отже, на цей час екологічний бар'єр пододало в Парку близько 1067 таксонів, із них досягло стадії плодоношення, а отже, пододало репродукційний бар'єр в умовах інтродукції, – близько 487 таксонів. Багато з них здатні формувати самосів у насадженнях, тобто в умовах, спеціально створених і підтримуваних для цього

виду. Найчастіше підріст обмежується зоною впливу материнських особин і лише в поодиноких випадках такі рослини можуть бути зафіксовані за межами експозиції. У ГБС РАН таким рослинам присвоєно 4 статус інвазійності [18], але ми зараховуємо їх до натуралізованих інтродуцентів [19] і в складі спонтанної флори або як здичавілі не розглядаємо. Проте такі таксони є потенційними втікачами з культури, тому потребують моніторингу.

Наступний етап (виходу з культури) надзвичайно важливий, але найчастіше ігнорується при флористичних дослідженнях. Детально це питання розглянуто в попередній публікації одного з авторів [19]. Межа переходу інтродукованої рослини за межі культурної ділянки не розглядалося як певний етап натуралізації в класичній схемі природних бар'єрів [37], оскільки ця схема розроблена для загальних випадків натуралізації чужорідних організмів. Але в межах інтродукційної установи розуміння цього етапу дає змогу відділити натуралізовані, але ще не здичавілі культивовані рослини від утікачів з культури на первинному етапі дичавіння. Самого факту спонтанного (або ймовірно спонтанного) зростання інтродуцента за межами культурної ділянки, на нашу думку, недостатньо, щоб зарахувати його до втікача з культури. Зважаючи на це, у межах інтродукційної установи має бути виявлено принаймні 2 окремі спонтанні локуси, щоб зарахувати рослину до адвентивної фракції. В «Олександрії», за нашими даними, цей етап подолали 122 таксони, які були в минулому безпосередньо інтродуковані до Парку (і ще 33 втікача з культури проникли на територію Парку зовні). У ГБС РАН ці рослини зараховано до 3 категорії інвазійного статусу. Наступний етап – ценотичний – в «Олександрії» подолали, за нашою оцінкою, 38 утікачів з культури. Це рослини, які здичавіли безпосередньо в Парку й нині переважно широко поширені на його території та належать до стабільного компоненту флори. У ГБС РАН такі рослини зараховано до 2 категорії інвазійного статусу [18]. Найбільш агресивні види, а також ті, які натуралізувалися впродовж тривалого часу, поступово розповсюджуються за межі Парку. Таких видів, за нашою оцінкою, серед колишніх інтродуцентів за весь час відомо до 15, у т. ч. *Asclepias syriaca*, *Geranium sibiricum*, *Parthenocissus inserta*, *Zizania latifolia* (Griseb.) Hance ex F.Muell. тощо. Склад цієї групи й умови дичавіння потребують окремого дослідження. У ГБС РАН такі рослини зараховані до 1 категорії інвазійності. В умовах «Олександрії» рослини із цієї групи мають переважно найвищу шкодочинність і багато з них є видами-трансформерами.

Щодо загального вкладу інтродукційної діяльності «Олександрії» в поширення адвентивних видів, то група втікачів з культури в Парку більша за таку в НБС імені М.М. Гришка й усіх інших інтродукційних установах України, по яких є відповідні дані. Отже, цей вклад дійсно виражений, причому в ньому найбільше значення відіграє не чисельність колекційного фонду (яка значно поступається деяким іншим установам) і величина території Парку, а довготривалість його інтродукційної діяльності, котра вже нараховує понад 2 століття. Утім у праці [18] звертається увага, що реально за межі інтродукційних установ розповсюджується значно менша кількість чужорідних видів, ніж можна очікувати. Також варто відмітити, що точну частку втікачів з культури в Парку від усіх інтродуцентів за весь час його існування оцінити поки що не вдається.

Підсумовуючи огляд флористичних особливостей «Олександрії», варто відзначити й деякі сумнівні та непідтверджені відомості. Зважаючи на довготривалий інтерес до «Олександрії» з боку флористів, у деяких працях зустрічаються вказівки, які не завжди висвітлюють факт натуралізації. Такою є наведена в парку як дикоросла *Centaurea stricta* (sub *C. montana* L. var. *axillaris* Willd.): «між кущами, чимала зарость» [23], або наведене як природне місцезростання *Onoclea struthiopteris* [29], яке М.М. Бортняк схилився зарахувати саме до інтродукційного [38]. Сюди ж, імовірно, належить і вказівка *Arunco dioicus* з околиць білої Церкви [39]. Утім подекуди автори знахідок наголошували, що мова, імовірно, ведеться саме про рослини в місцях садіння, як-от *Hepatica nobilis* [23] і *Hosta plantaginea* [32].

У ході інвентаризації ми виокремили ті види, локалітети яких наведені для Білої Церкви як острівні в загальній хорології. Але оскільки конкретні відо-

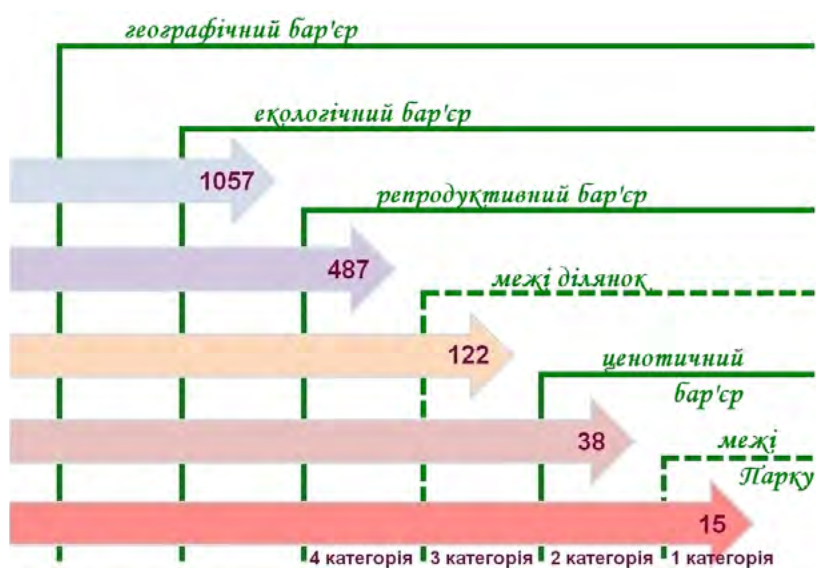


Рис. 4. Схема етапів натуралізації інтродукованих видів рослин у дендропарку «Олександрія». Для натуралізованих інтродуцентів наведені категорії інвазійності [18]

мости про спонтанне зростання цих видів відсутні, а більшість указівок прямо стосується території «Олександрії», то ймовірно, що мова йде про інтродуковані рослини. Так, за зборами Б.Е. Балковського, наведені місцезнаходження таких видів: *Anchusa ochroleuca* M.Bieb. – для «Олександрії» як острівне [34]; *Hieracium silvularum* Jord. ex Vogeau – для Білої Церкви, як єдине в рівнинній Україні [34]; *Heliotropium europaeum* L. – для «Олександрії», як єдине в Правобережному Лісостепу [34]; *Geranium nepalense* Sweet – для «Олександрії» як утікач з культури [31]. Очевидно, таким є й указаний як природний із єдиного локалітету на Придніпровській височині *Petasites hybridus* (L.) G. Gaertn., V. Mey. & Scherb. [21; 34]. *Cytisus scoparius* (L.) Link наведений для околиць Білої Церкви як адвентивний [42], але в гербарії КВНА всі три зразки цього виду звідти взяті з інтродукованих рослин, включаючи цитований: «Белая Церковь, заповедник, уч. бобовые», 16.05.1966, Т.Ф. Коляда, Н.М. Грисюк (КВНА). Острівний локалітет *Erodium beketowii* Schmalh. наведений з околиць Білої Церкви на загальній картосхемі поширення цього виду [41]. У цій групі й *Clinopodium menthifolium* (Host) Merino: «дендропарк Александрия, судубрава», 14.10.1955, Б. Балковский (sub *Nepeta officinalis* L.) – Det. 21.03.2018!! (KW) [40]. Варто згадати й *Lysimachia verticillata* (Greene) Hand.-Mazz., яку Ю.Д. Клепов розглядав на околиці Білої Церкви як приклад диз'юнктивно-ареального виду Середньої Наддніпрянщини [43]. Насправді ця вказівка стосується здичавілого в Парку близького виду *L. punctata* L. У ході інвентаризації ми також натрапляли на місцезростання інтродуцентів, які мали цілком спонтанний вигляд, наприклад: *Serratula coronata* L. на Палієвій горі.

Перелік вищенаведених рослин важливий для уникнення помилок у майбутньому при інвентаризації флорорізноманіття Середнього Придніпров'я або України загалом.

Головні висновки. Установлено, що за весь час досліджень на території «Олександрії» зафіксовано 830 таксонів дикорослих рослин, із яких 571 – місцеві, а 259 – адвентивні. Флора Парку до цього часу зберегла типові лісостепові риси й має високу фітосозологічну цінність. У її складі представлена велика кількість рідкісних і гранично-ареальних видів рослин, а на території Парку зберігся реліктовий залишок степової рослинності – Палієва гора. Ціла низка місцезростань місцевих видів до нашого часу не збереглися й у майбутньому потребують репатріації.

У ході інтродукційної роботи в Парку з XIX ст. низку чужорідних видів рослин поповнили адвентивну флору України. За результатами дослідження динаміки адвентизації дослідженої флори встановлено, що цей частка адвентивних видів поступово зростала з кінця XIX ст. і нині зафіксована на рівні 30,8%. За оцінкою рівня натуралізації інтродукованих рослин, у Парку відмічено, що репродукційний бар'єр подолали близько 457 інтродукованих видів, а здичавіли з усіх інтродуцентів за весь час – 122 види, лише 38 із них поповнили стабільний компонент флори, а 15 розповсюдилися за межі Парку.

Перспективи використання результатів дослідження. Відомості про флористичні особливості дендропарку «Олександрія» важливі для вивчення флори Середнього Придніпров'я. Матеріали публікації можуть бути використані при проведенні аналогічних досліджень у ботанічних садах і дендропарках.

Література

1. Каталог деревних рослин Державного дендрологічного дендропарку «Олександрія» НАН України / Н.С. Бойко, Н.М. Дойко, Н.В. Драган, Л.В. Калашнікова, Л.М. Кривдюк, І.Л. Мордатенко, В.Л. Рубіс. Біла Церква, 2013. 62 с.
2. Куземко А.А. Охорона флори і рослинності долини р. Рось. *Український ботанічний журнал*. 2002. Т. 59. № 5. С. 569–577.
3. Протопопова В.В., Шевера М.В. Інвазійні види у флорі України. I. Група високо активних видів. *GEO&BIO*. 2019. Vol. 17. P. 116–135.
4. Булах П.Е. Теория и методы прогнозирования в интродукции растений. Київ : Наукова думка, 2010. 110 с.
5. Кодекс поведінки ботанічних садів та дендропарків України щодо інвазійних чужорідних видів / укладачі: Р.І. Бурда, С.А. Приходько, А.А. Куземко, Н.О. Багрікова. Київ-Донецьк, 2014. 20 с.
6. Дойко Н.М., Калашнікова Л.В., Рубіс В.Л. Каталог трав'янистих рослин Державного дендрологічного дендропарку «Олександрія» НАН України / за ред. С.І. Галкіна. Біла Церква, 2013. 65 с.
7. Чорна Г.А. Нові знахідки *Carex hordeistichos* Vill. та *Carex paniculata* L. (Cyperaceae) в Правобережному Лісостепу України. *Український ботанічний журнал*. 2004. Т. 61. № 1. С. 62–68.
8. Дойко Н.М. Види роду *Gagea* Salisb. у дендропарку «Олександрія». *Матеріали 13 з'їзду Українського бот. товариства*. Львів, 2011. С. 44.
9. Дорошенко Ю.В., Катрєвич М.В. Природні види роду *Potentilla* L. в ландшафтах дендропарку «Олександрія». *Збереження різноманіття рослинного світу у ботаничних садах та дендропарках: традиції, сучасність, перспективи* : матеріали Міжн. наук. конф. до 230-річчя дендропарку «Олександрія». Біла Церква : ТОВ «Білоцерківдрук», 2018. С. 132–134.
10. Галкін С.І., Дойко Н.М. Проблеми спонтанної натуралізації інтродукованих рослин у дендрологічному парку «Олександрія» НАН України. *Інтродукція рослин*. 2015. № 4. С. 89–98.
11. Дойко Н.М. Динаміка растительности луго-степного участка в дендрологическом парке «Александрия» НАН Украины. *Проблеми збереження, відновлення та стабілізації степових екосистем*. Маріуполь : Рената, 2011. С. 46–51.
12. Калашнікова Л.В., Дойко Н.М. Фитоценологическая и фитосозологическая ценность фитоценозов дендропарка «Александрія». *Природно-заповідний фонд України – минуле, сьогодення, майбутнє* : матеріали Міжн. конф. Тернопіль : Підручники і посібники, 2010. С. 356–363.

13. Калашнікова Л.В. Таксономічний склад та соціологічний статус раритетних видів регіональної лісостепової созофлори дендропарку «Олександрія» НАН України. *Актуальні проблеми озеленення населених місць: освіта, наука, виробництво, мистецтво формування ландшафту* : мат. 3 конф. Біла Церква, 2017. С. 69–70.
14. Природне поновлення хвойних рослин в дендропарку «Олександрія» / Ф.М. Левон, Н.В. Драган, Л.П. Мордатенко, С.І. Галкін. *Біоекологічні аспекти. Інтродукція і зелене будівництво* : збірник наукових праць. Біла Церква : Мустанг, 2000. С. 115–122.
15. Бойко Н.С. Рід тис (*Taxus L.*) в Правобережному Лісостепу України: інтродукція, біолого-екологічні особливості, використання : автореф. дис. ... канд. біол. наук : 03.00.05 «Ботаніка». Київ, 2014. 20 с.
16. Адвентивні види роду *Lonicera* (Carrifoliaceae) у флорі Правобережної України / О.І. Шиндер, Ю.М. Неграш, С.А. Глухова, Н.М. Дойко, О.О. Рак. *Наукові записки НаУКМА. Біологія і екологія*. 2020. Т. 3. С. 58–65.
17. Шиндер О.І. Спонтанна флора Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України (м. Київ). Повідомлення 4. Адвентивні види: Ксенофіти. *Інтродукція рослин*. 2019. № 4. С. 18–33.
18. Виноградова Ю.К., Майоров С.Р., Бочкін В.Д. Влияние чужеродных видов растений на динамику флоры территории Главного ботанического сада РАН. *Росс. журн. биол. инвазий*. 2015. № 4. С. 22–41.
19. Шиндер О.І. Спонтанна флора Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України (м. Київ). Повідомлення 2. Методологічні проблеми і критерії виділення ергазіофітів в умовах інтродукційного центру. *Інтродукція рослин*. 2019. № 2. С. 3–16.
20. Фіцайло Т.В. Структурно-порівняльна оцінка диференціації ценофлор Київського плато : дис. ... канд. біол. наук : 03.00.0. Київ, 2000. 432 с.
21. Дерій І.Г. Дендрофлора парку «Александрія» ботанического сада АН УССР. *Акклиматизация растений*. Киев : Изд-во АН УССР, 1958. С. 110–132.
22. Гродзінський М.К. Білоцерківщина. Рослинність Білоцерківщини. *Труди Білоцерківського краєзнавчого товариства*. 1928. Т. 1. Вип. 4. С. 1–79.
23. Гродзінський М.К. Матеріали до флори Білоцерківщини. *Записки Білоцерківського с.-г. політехнікуму*. 1929. Т. 1. Вип. 1. С. 9–22.
24. Кляшторная Г.В. Флора южного склона Палиевой горы дендрозаповедника «Александрія» АН УССР – реликт степной растительности Правобережной Лесостепи Украины. *Восстановление и обогащение парковых ландшафтов на Украине* : сборник научных трудов. Київ : Наукова думка, 1981б. С. 61–69.
25. Гриценко В.В. Лучні степи Київського плато: флора, рослинність, популяції рідкісних видів та охорона : дис. ... канд. біол. наук : 03.00.05. Київ, 2007. 358 с.
26. Степи Київської області. Сучасний стан та проблеми збереження / І. Парнікоза, О. Василюк, Д. Іноземцева, В. Костюшин, А. Мішта, О. Некрасова, І. Балашов. Київ : НЕЦУ, 2009. 160 с.
27. Дойко Н.М. Вивчення та збереження степової рослинності у Державному дендрологічному дендропарку «Олександрія» НАН України. *Флористичне і ценоманітне різноманіття у відновленні, збереженні та охороні рослинного світу* : матеріали Міжн. науково-практичної конференції. Київ : Ліра-К, 2018. С. 39–40.
28. Калашнікова Л.В. Наукові основи збереження раритетних угруповань природного об'єкту дендропарку «Олександрія» – Палієва гора. *Історичні, правові та природоохоронні аспекти збереження пам'ятних багатівікових дерев*. Київ, 2018. С. 17–22.
29. Кляшторная Г.В. Папоротник «Страусово перо» – ценное реликтовое и редкое декоративное растение. *Восстановление и обогащение парковых ландшафтов на Украине* : сборник научных трудов. Київ : Наукова думка, 1981а. С. 99–101.
30. Червона книга України. Рослинний світ / за ред. Я.П. Дідуха. Київ : Глобалконсалтинг, 2009. 900 с.
31. Протопопова В.В. Адвентивні рослини Лісостепу і Степу України. Київ : Наукова думка, 1973. 192 с.
32. Оксіюк П. До питання про поширення адвентивних рослин на Україні. *Наукові записки. Орган Київських науково-дослідчих кафедр*. Київ, 1924. Т. 2. С. 121–129.
33. Рогович А. Обзорение сосудистых и полусосудистых растений, входящих в состав флоры губерний Киевской, Черниговской и Полтавской. Киев : Унив. тип., 1855. 147 с.
34. Флора УРСР : у 12 т. / за ред. О.В. Фомина, С.І. Бордзіловського, С.М. Лавренка, М.І. Котова та ін. Київ : АН УРСР. 1936–1965.
35. Финк В. Список некоторых растений, пригодных для культуры на неудобной земле. *Записки Имп. общ. с.-х. Юж. России*. Одесса. 1890. № 12. С. 1–17.
36. Шиндер О.І. Спонтанна флора Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України (м. Київ). Повідомлення 3. Адвентивні види: ергазіофіти. *Інтродукція рослин*. 2019. № 3. С. 14–36.
37. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions / D.M. Richardson, P. Pyšek, M. Rejmánek, M.G. Barbour, F.D. Panetta, C.J. West. *Divers. Distribut.* 2000. Vol. 6. № 2. P. 93–107.
38. Бортяк М.М. Нове місцезнаходження *Matteuccia strupitopteris* (L.) Tod. на Київщині. *Український ботанічний журнал*. 1984. Т. 41. № 3. С. 78–79.
39. Рогович А. Обзорение семенных и высших споровых растений, входящих в состав флоры губерний Киевского учебного округа: Волынской, Подольской, Киевской, Черниговской и Полтавской. Киев : Унив. тип., 1869. 308 с.
40. Шиндер О.І. Хорологічні особливості *Clinopodium menthifolium* (Lamiaceae) і *Sedum borissovae* (Crassulaceae) – рідкісних видів флори Правобережжя України. *Рослинний світ у Червоній книзі України: впровадження Глобальної стратегії збереження рослин* : матеріали 5 конф. Херсон, 2018. С. 93–96.
41. Чопик В.И. Редкие и исчезающие растения Украины. Київ : Наукова думка, 1978. 216 с.
42. Мельник В.І., Баранський О.Р. Генезис та динаміка ареалу *Sarothamnus scoparius* (Fabaceae) у межах України. *Український ботанічний журнал*. 2017. Т. 74. № 4. С. 334–346.
43. Клеопов Ю.Д. Анализ флоры широколиственных лесов европейской части СССР / отв. ред. Д.Н. Доброчаева. Київ : Наукова думка, 1990. 352 с.

БІОМОРФОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ РАРИТЕТНОЇ ДЕНДРОФЛОРИ ДЕНДРОПАРКУ «ОЛЕКСАНДРІЯ» НАН УКРАЇНИ

Калашнікова Л.В., Дорошенко Ю.В.

Державний дендрологічний парк «Олександрія» Національної академії наук України
Дендропарк «Олександрія», 09113, м. Біла Церква, Київська обл.
kalashnikovaluda@gmail.com

У статті наведено результати біоморфологічного аналізу 178 таксонів дендрозоофітів дендропарку «Олександрія»: 83 належать до відділу Pinophyta, 95 – Magnoliophyta. Досліджувані таксони належать до 68 родів і 31 родини: 4 – голонасінних, 27 – покритонасінних, із них 20 видів належать до автохтонної лісостепової флори. За класифікацією І. Серебрякова (1962), раритетні деревні рослини дендропарку зарахували до 4 груп із життєвою формою: «дерево», «чагарник», «напівчагарник» і «чагарничок». За рекомендаціями Ю. Клименка і С. Кузнецова (2014), життєву форму «дерево» за висотою рослини поділили на 4 підгрупи: D₁, D₂, D₃, D₄, «чагарник» – на 3 підгрупи: високі чагарники (Ч_в), середні (Ч_с) і низькі (Ч_н). Висота напівчагарників (н/ч) прийнята меншою за 0,5 м, чагарничків (ч/н) – 0,05–0,2 м.

Установлено, що домінуючою є група дерев, яка налічує 113 таксонів (63% від загальної кількості досліджуваних рослин). У ній переважають листопадні рослини – 91 таксон (51%), вічнозелених – 87 таксонів (49%). Найбільший рівень дерев у родині Pinaceae – 39 таксонів, це 35% від загальної кількості раритетних дерев і 47% рослин відділу голонасінних. За класами висоти переважають дерева третьої величини – 34 таксони (30% від загальної кількості раритетних дерев і 19% – раритетних таксонів дендропарку), висота рослин яких сягає від 5 до 15 м. На долю D₄ припадає 16%, D₂ – 15%, найменша кількість D₁ – 23 таксони (13% від загальної кількості раритетних деревних рослин). Найбільша кількість дерев D₁ припадає на родину Pinaceae (10 таксонів – 43% від дерев цієї категорії), на інші родини (Aceraceae, Betulaceae, Corylaceae, Fabaceae, Fagaceae, Oleaceae, Salicaceae, Tiliaceae) – 57%.

Кількість раритетних чагарників становила 57 таксонів (голонасінних – 20, покритонасінних – 37), що становить 32% від загальної кількості дендрозоофітів. Домінуючою є група середніх чагарників – 23 таксони (40% від раритетних чагарників), висота яких сягає від 1,0 до 2,5 м. Високих і низьких чагарників однакова кількість – по 17 таксонів (30%), із них переважають таксони відділу Magnoliophyta – 37 (65%), Pinophyta становлять 20 (35%).

За результатами проведених досліджень, установлена формула відсоткового співвідношення життєвих форм дендрозоофітів дендропарку: 13,0D₁15,0D₂19,0D₃16,0D₄9,5Ч_в13,0Ч_с5,5Ч_н3,0Н/Ч2,0Ч/Н, яка відображає частку участі кожної біоморфи в паркових фітоценозах і може бути використана при екологічному моніторингу, що особливо важливо в теперішніх умовах зміни клімату. *Ключові слова*: біоморфологічний аналіз, дендрозоофіти, життєва форма, таксон, відсоткове співвідношення, екологічний моніторинг.

Biomorphological analysis of the rare dendrological species of the dendrological park “Olexandria” of NAS of Ukraine. Kalashnikova L., Doroshenko Yu.

The article presents the results of biomorphological analysis of 178 taxa of dendrosophytes of the dendrological park “Olexandria”: 83 of them belong to the division Pinophyta, 95 to the Magnoliophyta. The studied taxa belong to 68 genera and 31 families: 4 to gymnosperms, 27 to angiosperms, of which 20 species belong to the indigenous forest-steppe flora. Rare woody plants of the park were classified into 4 groups according to life forms “tree”, “shrub”, “semi-shrub” and “small shrub”, based on the classification of I. Serebryakov (1962). The life form “tree” was divided into 4 subgroups according to plant height: D₁, D₂, D₃, D₄; “shrub” into 3 subgroups: tall shrubs (S_t), medium (S_m), and low (S_l), based on to the recommendations of Yu. Klymenko and S. Kuznetsov (2014). The height of semi-shrubs (semi/s) is less than 0.5 m, small shrubs (s/s) are 0.05–0.2 m.

The dominant group is trees, which has 113 taxa (63% of the total number of studied plants). It is dominated by deciduous plants, 91 taxa (51%), and evergreens, 87 taxa (49%). The highest level of trees in the family Pinaceae counts 39 taxa, which is 35% of the total number of rare trees and 47% of plants of the gymnosperm. As for the classes by height, trees of the third magnitude are dominating and make 34 taxa (30% of the total number of rare trees and 19% of rare taxa of the park), with a height of 5 to 15 m. D₄ makes 16%, D₂ makes 15%, the smallest number of D₁ makes 23 taxa (13% of the total number of rare woody plants). The largest number of D₁ trees falls on the family Pinaceae (10 taxa make 43% of trees in this category), other families (Aceraceae, Betulaceae, Corylaceae, Fabaceae, Fagaceae, Oleaceae, Salicaceae, Tiliaceae) make 57%.

Rare shrubs count 57 taxa (gymnosperms make 20, angiosperms make 37), which is 32% of the total number of dendrosophytes. The dominant group is medium-sized shrubs that make 23 taxa (40% of rare shrubs), with a height of 1.0 to 2.5 m. Tall and low shrubs make the same number, 17 taxa (30%), and the Magnoliophyta division predominate making 37 taxa (65%). Pinophyta makes 20 taxa (35%).

According to the results of the research, the formula of the percentage of the dendrosophytes’ life forms of the dendrological park is calculated: 13,0D₁15,0D₂19,0D₃16,0D₄9,5S_t13,0S_m5,5S_l3,0semi/s2,0s/s, which reflects the share of each biomorph in park phytocenoses and can be used in ecological monitoring, which is especially important in the current climate change conditions. *Key words*: bio-morphological analysis, dendrosophytes, life form, taxon, percentage, ecological monitoring.

Постановка проблеми. Основним проявом ступеня пристосованості рослин до умов природного середовища є формування в них певних життєвих форм або біоморф упродовж еволюції. Під поняттям життєвих форм учені розуміють групу рослин із подібними структурними пристосуваннями: морфологічними ознаками, особливостями будови тощо [1]. Антропогенне навантаження та зміна кліматичних умов у районі досліджень завдає нищівного удару по природним екосистемам, призводить до незворотних процесів трансформації природного середовища, флори і рослинності й ставить на межу виживання цілий ряд видів рослин місцевої та інтродукованої флори.

Актуальність дослідження. Аналіз біоморфологічного складу дендрозоофітів дендропарку й установлення співвідношення життєвих форм має велике значення для врахування впливу кліматичних змін і дає можливість використовувати його при екологічному моніторингу й розробляти заходи з оптимізації таксономічного складу.

Матеріал і методи досліджень. Об'єктами досліджень були 178 таксонів дендрозоофітів дендропарку «Олександрія»: 83 – відділу Pinophyta, 95 – відділу Magnoliophyta, з них 20 автохтонних видів. Досліджувані види відносяться до 68 родів і 31 родини: 4 – відділу голонасінних, 27 – покритонасінних.

Визначення життєвої форми (ЖФ) або біоморфи раритетних рослин дендропарку базувалося на класифікації І. Серебрякова [2], який уважав, що життєва форма рослин – це її габітус, пов'язаний із пристосуванням до умов навколишнього середовища. Використовували біоморфи, які прийняті в дендрології: дерево (д), чагарник (ч), напівчагарник (н/ч), чагарничок (ч/н). Для більш докладного вивчення біоморфологічного складу використовували рекомендації Ю. Клименко й С. Кузнецова [3] щодо комплексної оцінки паркових насаджень: ЖФ «дерево» включала 4 підгрупи: Д₁, Д₂, Д₃, Д₄. Основним критерієм виділення підгруп була прийнята висота рослин на території дендропарку: до дерев першої величини (Д₁) зарахували рослини вищі за 25 м, другої (Д₂) – 15–25 м, третьої (Д₃) – 5–15 м і четвертої величини (Д₄) – 2–5 м. У ЖФ «чагарник» також виділили підгрупи залежно від висоти рослини: високі чагарники (Ч_в) – вище ніж 2,5 м, середні (Ч_с) – 1–2,5 м і низькі (Ч_н) – менше ніж 1 м. Напівчагарник (н/ч) – менше за 0,5 м, чагарничок (ч/н) – сланкий, 0,05–0,2 м заввишки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Упродовж кількох останніх десятиліть аналіз дендрологічного складу насаджень дендропарку «Олександрія», оцінка ролі екологічних та історичних факторів у збереженні паркового середовища є найважливішим напрямом наукових досліджень. Принциповий підхід до режиму підтримки історичного об'єкта, яким є дендропарк «Олександрія», включає проведення комплексного дендрологіч-

ного аналізу паркових насаджень. Нами надано комплексну оцінку раритетних видів деревних рослин відділу Magnoliophyta [4], проведено кількісний і віковий аналіз раритетних таксонів відділу Pinophyta [5], тому актуальним є з'ясувати кількісне співвідношення біоморф деревних рослин раритетної фракції для проведення подальшого екологічного моніторингу.

Виклад основного матеріалу. Дендрологічний парк «Олександрія» розташований у Європейсько-Сибірській Лісостеповій області Центрально-європейської провінції Староконстантинівсько-Білоцерківського району дубових лісів. Вікова діброва дендропарку займає площу 40,6 га і є оселищем для 20 видів деревних рослин місцевої флори, які в останній час через низку несприятливих умов та антропогенної трансформації потрапили до міжнародних і регіональних охоронних зведень [6].

На початку XIX століття господарі цих земель графи Браницькі почали створювати штучні паркові насадження, включаючи до природних фітоценозів інтродуковані рослини. За 230-річну історію існування дендропарку до колекції деревних рослин зібрано 1218 видів і внутрішньовидових таксонів [7], із них раритетна фракція нараховує 158 таксонів.

Серед раритетних видів деревних рослин дендропарку відмічено представників 4 груп ЖФ: «дерево», «чагарник», «напівчагарник» і «чагарничок». Оскільки дерева є основним компонентом композицій у паркових фітоценозах, домінуючою є група дерев – 113 таксонів, що становить 63%. Найбільший рівень дерев у родині Pinaceae – 39 таксонів, це 35% від загальної кількості раритетних дерев і 47% рослин відділу голонасінних.

Із загальної кількості раритетних рослин (178) переважають листопадні – 91 таксон (51%), а вічнозелених – 87 таксонів (49%). Вічнозелені представлено 75 таксонами відділу Pinophyta, крім 8 листопадних: *Ginkgo biloba* L., *Larix decidua* Mill., *L. decidua* Mill. 'Pendula', *L. kaempferi* (Lamb.) Carr., *L. laricina* (Dv. Roi) Koch, *L. polonica* Racib., *L. sibirica* Ledeb., *Metasequoia glyptostroboides* Hu et Cheng. Із відділу Magnoliophyta вічнозелені належать до 11 таксонів: *Buxus sempervirens* L., *Cerastium biebersteinii* DC., *Chamaecytisus albus* (Hacq.) Rothm., *Ch. blockianus* (Pawl.) Klask., *Ch. podolicus* (Blocki) Klaskova, *Ch. rochelii* (Wierzb.) Rothm., *Daphne cneorum* L., *D. pontica* L., *Dryas octopetala* L., *Euonymus koopmannii* Launche., *E. nana* Bieb.

За класами висоти переважають дерева третьої величини – 34 таксони (голонасінних – 18, покритонасінних – 16), що становить 30% від загальної кількості раритетних дерев і 19% – раритетних таксонів дендропарку, висота яких сягає від 5 до 15 м. На частку Д₄ припадає 29 таксонів (голонасінних – 25, покритонасінних – 4) – 26% від дерев, на Д₂ – 27 (голонасінних – 10, покритонасінних – 17) – 24%. Найменша кількість дерев першої величини – 23 так-

сони (голонасінних – 10, покритонасінних – 13), що становить 20% від кількості раритетних дерев і 13% від загальної кількості раритетних деревних рослин. Найбільша кількість дерев Д₁ припадає на Pinaceae (10 таксонів – 43% від дерев цієї категорії). На інші родини (Aceraceae, Betulaceae, Corylaceae, Fabaceae, Fagaceae, Oleaceae, Salicaceae, Tiliaceae) припадає

57%. До дерев першої величини належать 6 автохтонних раритетних видів: *Fraxinus excelsior* L., *Quercus robur* L., *Carpinus betulus* L., *Populus alba* L., *Populus nigra* L., *Alnus glutinosa* (L.) Gaerth. (рис. 1).

Кількість раритетних чагарників становила 57 таксонів (голонасінних – 20, покритонасінних – 37), що становить 32% від загальної кількості

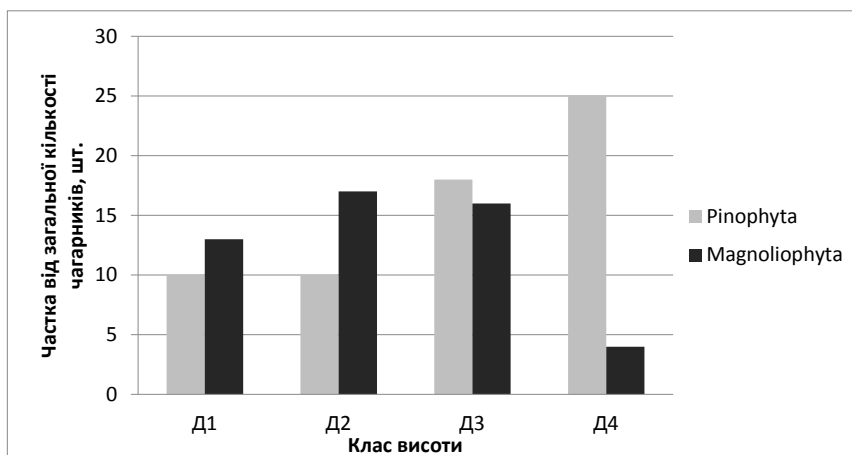


Рис. 1. Диференціація раритетних дерев за класами висоти

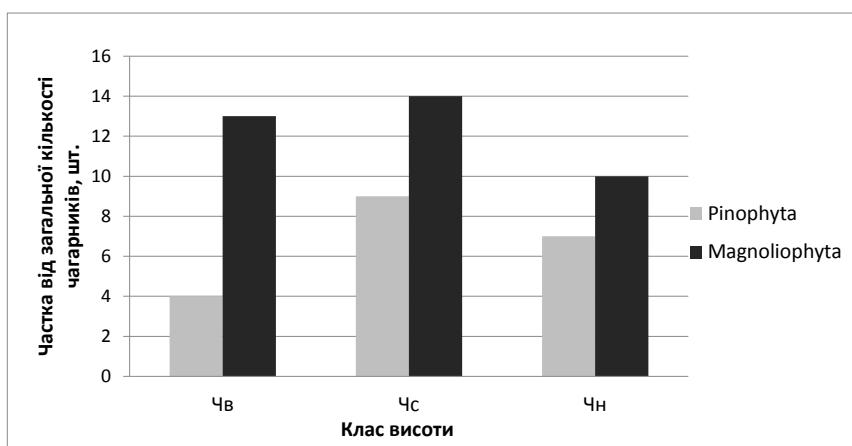


Рис. 2. Диференціація раритетних чагарників за класами висоти

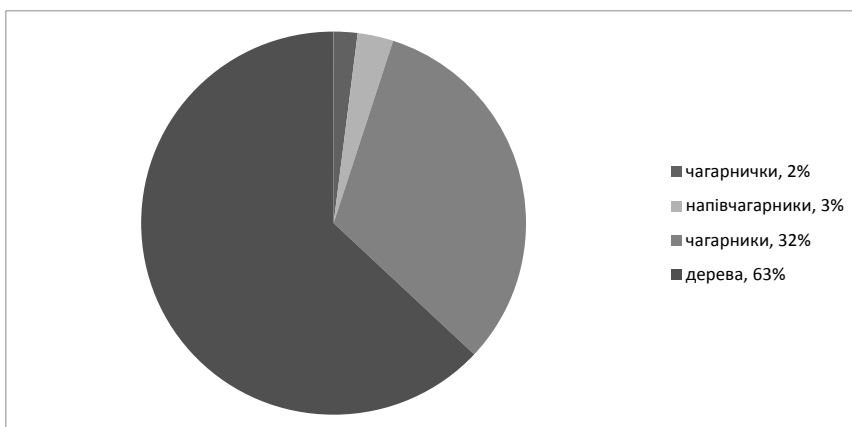


Рис. 3. Кількісний біоморфологічний спектр розподілу видів дендроекотів колекції дендропарку «Олександрія»

Таблиця 1

Представленість підгруп життєвих форм раритетної дендрофлори дендропарку «Олександрія»

| Родина | Кількість таксонів різних життєвих форм | | | | | | | | | Загальна кількість таксонів |
|--------------------------|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------|----------|-----------------------------|
| | дерева | | | | чагарники | | | н/ч | ч/н | |
| | Д ₁ | Д ₂ | Д ₃ | Д ₄ | Ч _в | Ч _с | Ч _н | | | |
| <i>Ginkgoaceae</i> | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | 1 |
| <i>Cupressaceae</i> | - | 2 | 11 | 9 | 1 | 8 | 7 | - | - | 38 |
| <i>Pinaceae</i> | 10 | 7 | 6 | 16 | 1 | - | - | - | - | 40 |
| <i>Taxaceae</i> | - | - | 1 | - | 2 | 1 | - | - | - | 4 |
| Pinophyta | 10 | 10 | 18 | 25 | 4 | 9 | 7 | - | - | 83 |
| <i>Aceraceae</i> | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 |
| <i>Anacardiaceae</i> | - | - | - | - | 1 | - | - | - | - | 1 |
| <i>Berberidaceae</i> | - | - | - | - | 1 | - | - | - | - | 1 |
| <i>Betulaceae</i> | 2 | 3 | 4 | - | - | - | - | - | - | 9 |
| <i>Brassicaceae</i> | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | 1 |
| <i>Buxaceae</i> | - | - | - | - | - | 1 | - | - | - | 1 |
| <i>Caesalpiniaceae</i> | - | - | 1 | - | - | - | - | - | - | 1 |
| <i>Caprifoliaceae</i> | - | - | - | - | 1 | 1 | 1 | - | - | 3 |
| <i>Caryophyllaceae</i> | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | 1 |
| <i>Celastraceae</i> | - | - | - | - | - | 1 | - | 2 | - | 3 |
| <i>Cercidiphyllaceae</i> | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | 1 |
| <i>Corylaceae</i> | 1 | 1 | - | - | 3 | 1 | - | - | - | 6 |
| <i>Ericaceae</i> | - | - | - | - | - | - | 1 | - | - | 1 |
| <i>Fabaceae</i> | 1 | - | 1 | - | - | 2 | 3 | 1 | - | 8 |
| <i>Fagaceae</i> | 1 | 1 | 1 | 1 | - | - | - | - | - | 4 |
| <i>Hippocastanaceae</i> | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | 1 |
| <i>Juglandaceae</i> | 1 | - | 1 | - | - | - | - | - | - | 2 |
| <i>Magnoliaceae</i> | - | 1 | 1 | - | - | - | - | - | - | 2 |
| <i>Oleaceae</i> | 1 | 1 | 1 | - | 1 | 1 | - | - | - | 5 |
| <i>Rhamnaceae</i> | - | - | - | - | - | 1 | - | - | - | 1 |
| <i>Rosaceae</i> | 1 | 4 | 6 | 3 | 3 | 4 | 3 | - | 1 | 25 |
| <i>Salicaceae</i> | 2 | 2 | - | - | - | 1 | - | - | - | 5 |
| <i>Staphyleaceae</i> | - | - | - | - | 1 | - | - | - | - | 1 |
| <i>Tamaricaceae</i> | - | - | - | - | 1 | - | - | - | - | 1 |
| <i>Thymelaeaceae</i> | - | - | - | - | - | 1 | 3 | - | 1 | 5 |
| <i>Tiliaceae</i> | 2 | 2 | - | - | - | - | - | - | - | 4 |
| <i>Viburnaceae</i> | - | - | - | - | 1 | - | - | - | - | 1 |
| Magnoliophyta | 13 | 17 | 16 | 4 | 13 | 14 | 10 | 5 | 3 | 95 |
| Усього таксонів | 23 | 27 | 34 | 29 | 17 | 23 | 17 | 5 | 3 | 178 |
| % | 13 | 15 | 19 | 16 | 9,5 | 13 | 9,5 | 3 | 2 | 100 |

Примітка: позначки життєвих форм і підгруп надані в тексті.

раритетних рослин. Відсотковий склад за висотою розподілений: домінуючою є група середніх чагарників – 23 таксони (40% від раритетних чагарників), високих і низьких однакова кількість – по 17 (по 30%). Із них переважають чагарники відділу Magnoliophyta – 37 таксонів (65%), Pinophyta – 20 (35%) (рис. 2).

Серед високих чагарників 4 природних види: *Crataegus monogyna* Jacq., *Corylus avellana* L., *Rosa canina* L., *Prunus spinosa* L. Біоморфу напівчагарників мають – 5 таксонів (3%), чагарничків – 3 (2%). Дані наведені в таблиці 1.

За проведеним біоморфологічним аналізом дендросозофлори дендропарку представлено кількісний біоморфологічний спектр (рис. 3) і встановлена формула відсоткового співвідношення життєвих форм: 13,0Д₁15,0Д₂19,0Д₃16,0Д₄9,5Ч_в13Ч_с9,5Ч_н3,0Н/Ч2,0Ч/Н, яка відображує частку участі кожної групи в паркових фітоценозах і є індикатором екологічних умов на цей період часу.

Головні висновки. За проведеними дослідженнями біоморфологічної структури 178 таксонів дендросозофітів дендропарку «Олександрія» встановлено представників 4 груп із життєвою

формою: «дерево», «чагарник», «напівчагарник» й «чагарничок». Домінуючою є група дерев, яка налічує 113 таксонів (63% від загальної кількості раритетів). Найбільший рівень дерев у родині *Pinaceae* – 39 таксонів, це 35% від загальної кількості раритетних дерев і 47% рослин відділу голонасінних. За класами висоти переважають дерева третьої величини – 34 таксони (19%), висота яких сягає 5–15 м. Найменша кількість дерев першої величини – 23 таксони (13% від загальної кількості раритетних деревних рослин), висота яких сягає

25 м і більше. Кількість раритетних чагарників нараховує 57 таксонів (32%). Домінуючою є група середніх чагарників – 23 таксони (40%), із них переважають чагарники відділу *Magnoliophyta* – 37 таксонів (65%), *Pinophyta* нараховує 20 (35%). Формула відсоткового співвідношення життєвих форм деревних раритетних рослин дендропарку дорівнює $13,0D_1, 15,0D_2, 19,0D_3, 16,0D_4, 9,5C_1, 13C_2, 5C_3, 3,0H_1, 2,0H_2, 0H_3$, вона відображує частку участі кожної групи в паркових фітоценозах і може бути використана в подальшому при екологічному моніторингу.

Література

1. Заповідна дендросоцїофлора Лїсостепу України / С.Ю. Попович, Н.П. Степаненко, Я.М. Дяченко, О.В. Василик та ін. Київ : ТОВ Аграр Медїа Груп, 2010. 262 с.
2. Серебряков И.Г. Экологическая морфология растений. Москва : Высшая школа, 1962. 378 с.
3. Клименко Ю.О., Кузнецов С.І. Комплексна оцїнка паркових насаджень. Київ, 2014. 66 с.
4. Калашнікова Л.В., Дорошенко Ю.В. Кїлькїсна та вікова характеристика раритетних видів відділу *Pinophyta* колекцїї дендропарку «Олександрїя» НАН України. *Прїоритетні напрямки дослїдження голонасїнних у сучасних умовах*. Біла Церква, 2020. С. 101–103.
5. Калашнікова Л.В., Дорошенко Ю.В. Комплексна оцїнка раритетних видів відділу *Magnoliophyta* колекцїї дендропарку «Олександрїя». *Екологїчні науки*. Київ : Видавничий дїм «Гельветика», 2020. Вип. 3 (30). С. 176–181.
6. Драган Н.В., Калашнікова Л.В., Плєскач Л.Я. Старовїкова дїброва – ключовий бїотоп дендропарку «Олександрїя» НАН України. *Класифїкацїя рослинностї та бїотопів України*. Київ, 2018. С. 109–115.
7. Каталог деревних рослин дендрологїчного парку «Олександрїя» НАН України / за ред. С.І. Галкїна. Біла Церква, 2013. 62 с.

СОЦІАЛЬНО-ЕКОЛОГІЧНІ ЧИННИКИ ПРИРОДООХОРОННИХ ЗАХОДІВ ЗБЕРЕЖЕННЯ ЕКОСИСТЕМИ КІНБУРНСЬКОЇ КОСИ (НА ПРИКЛАДІ НПП «БІЛОБЕРЕЖЖЯ СВЯТОСЛАВА»)

Скарлат В.П.

Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, корп. 2, 03035, м. Київ
vskarlat@ukr.net

У роботі проаналізовано сучасний екологічний і природоохоронний стан екосистеми Кінбурнської коси, визначено основні чинники негативного антропогенного впливу та на їх основі розроблено пропозиції щодо вдосконалення заходів, щодо відновлення ландшафту, біорізноманіття флори, фауни, водних біоресурсів НПП «Білобережжя Святослава».

Усі пропозиції відповідають нормативно-правовим актам держави (законам України, указам Президента України, постановам Кабінету Міністрів України, підзаконним актам органів влади, виданим у межах їх компетенції).

– Основні напрями науково-дослідної роботи:

– Вивчення поточного стану екосистеми Кінбурнської коси.

– Визначення найбільш вразливих ділянок коси від негативних антропогенних факторів.

– Виявлення слабких місць в організації екологічних та екологічних заходів.

– Обґрунтування необхідності втілення спеціальних заходів для відновлення екосистеми Кінбурнської коси.

– Передбачення можливих ризиків погіршення екосистеми Кінбурнської коси в разі продовження її надмірної експлуатації.

– Розроблення низки організаційних заходів і нормативних поправок для створення умов щодо відновлення екосистеми Кінбурнської коси.

– Формування ідеології екологічного світогляду населення Кінбурнської коси (особливо молоді).

– Прогнозування впливу антропогенних факторів на екосистему Кінбурнської коси (на кілька років уперед) у разі невжиття відповідних заходів для збереження екосистеми.

– Моделювання наслідків позитивного розвитку екосистеми Кінбурнської коси в разі рекомендованих заходів щодо збереження її екосистеми.

Виконання цих рекомендацій зможе дієво допомогти новому керівництву НПП «Білобережжя Святослава», органам місцевого самоврядування – Покровській сільській раді, а також керівництву Очаківської райдержадміністрації, Миколаївської облдержадміністрації, природоохоронним і рибогосподарським громадським організаціям регіону, місцевим мешканцям і відвідувачам парку в проведенні заходів щодо збереження й відновлення природної екосистеми Кінбурнської коси. *Ключові слова:* антропогенне навантаження, ендеміки, ННН-рибальство, норма рекреаційного навантаження.

Socio-ecological factors of environmental measures to preserve the ecosystem of the Kinburn Spit (on the example of National Nature Park (NNP) “White Coast of Svyatoslav”). Skarlat V.

This paper analyzes the current ecological and conservation status of the ecosystem of the Kinburn Spit, identifies the main factors of negative anthropogenic impact and based on them developed proposals for improving measures to restore the landscape, biodiversity of flora, fauna, aquatic biological resources NNP “White Coast of Svyatoslav”. All proposals comply with legal acts of the state (Laws of Ukraine, Decrees of the President of Ukraine, Resolutions of the Cabinet of Ministers of Ukraine, bylaws of government bodies issued within their competence).

– The main directions of research work:

– Study of the current state of the Kinburn Spit ecosystem.

– Identification of the most vulnerable areas of the spit from negative anthropogenic factors.

– Identification of weaknesses in the organization of environmental and environmental activities.

– Justification of the need to implement special measures to restore the ecosystem of the Kinburn Spit.

– Anticipation of possible risks of deterioration of the Kinburn Spit ecosystem in the event of continued overexploitation.

– Development of a number of organizational measures and normative amendments to create conditions for the restoration of the Kinburn Spit ecosystem.

– Formation of the ideology of the ecological worldview of the population of Kinburn Spit (especially young people).

– Forecasting the impact of anthropogenic factors on the Kinburn Spit ecosystem (for several years to come) in the event of failure to take appropriate measures to preserve the ecosystem.

– Modeling the consequences of the positive development of the Kinburn Spit ecosystem in the case of recommended measures to preserve its ecosystem.

Implementation of these recommendations will be able to effectively help the new management of NNP “White Coast of Svyatoslav”, and also the management of the Ochakov regional state administration, the Nikolaev regional state administration, nature protection and fishery public organizations natural ecosystem of the Kinburn Spit. *Key words:* anthropogenic load, endemics, IUU – fishing, norm of recreational load.

Постановка проблеми. Екосистема Кінбурнської коси та прилеглої до неї акваторії (Дніпровсько-Бузького лиману, Чорного моря та Ягорлицької затоки) в останні десятиліття в результаті глобальних змін клімату, негативного впливу низки антропогенних чинників і людської жадібності до наживи за будь-яку ціну стрімко почала змінюватися в бік деградації всіх її екологічних ніш. Процес руйнування набув по деяких напрямках особливо загрозливий характер із чіткими ознаками повного зникнення окремих видів флори, фауни, особливо іхтіофауни. Водночас держава в особах чиновників різних рівнів ігнорує всі реальні зміни природного середовища Кінбурнської коси та прилеглої до неї акваторії. Більше того, низка чиновників сама сприяє розцвіту корупції задля особистого збагачення. Проблема одна – як зберегти для самих себе та своїх нащадків унікальну екосистему Кінбурнської коси?

Актуальність дослідження. В останні 40 років у світі й в Україні зокрема гостро постала проблема екологічної кризи. Особливо гостро це стало відчуватися на заповідній території Кінбурнської коси та прилеглих до неї акваторій. Стрімко стали зникати цілі види флори, фауни, а особливо іхтіофауни, тому всі наукові роботи в цьому напрямі мають першочергове значення.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Комплексні наукові дослідження, які стосуються вивченню екосистеми Кінбурнської коси та прилеглих до неї акваторій, в останній раз проводилися в далекому 2008 р., коли йшла підготовка до створення Національного природного парку «Білобережжя Святослава». За 12 років у результаті глобальних кліматичних змін, а особливо низки негативних антропогенних чинників екосистема регіону стрімко деградує. Наукова робота написана з метою привертання уваги влади до наявних проблем і прийняття негайних діючих заходів для відновлення екосистеми.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останні дослідження іхтіофауни акваторії навколо Кінбурнської коси проводила Одеська філія «ПівденНІРО» під керівництвом к.б.н. О.К. Чашина, але вони мали прикладний характер, який пов'язаний із необхідністю надання промислових квот (зі створенням НПП «Білобережжя Святослава» квоти скасували). Найбільш ретельний комплекс наукових досліджень останнього часу проведений при розробці «Проекту організації території Національного природного парку «Білобережжя Святослава» [2]. Автори досліджень – Ю.В. Великий, В.В. Волчецький та інші. Тематика наукових робіт стосувалася вивчення клімату регіону, флори, фауни, іхтіофауни, чинників антропогенного навантаження, соціально-економічних питань, культури, історії, рекреаційної діяльності тощо. Якість наукового матеріалу не викликає нарікань. Але за останні роки заповідна екосистема почала деградувати по всіх її елементах.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Жодного разу після створення НПП «Білобережжя Святослава» (2009 р.) державою не переглядалися нормативи допустимого рекреаційного навантаження на екосистему Кінбурнської коси, і це в той час, коли саме ці чинники відіграють основну роль у руйнуванні екосистеми. Друга основна проблема – це необхідність відновлення іхтіофауни у водних екосистемах (прісноводних і морських). Стаття зосереджена саме на цих ключових напрямках.

Новизна. Уперше пропонується переглянути нормативи рекреаційного навантаження на заповідну територію в бік його зменшення. Також пропонується будівництво двох рибоводних заводів щодо відтворення камбали-калкан та осетрових видів риб (за рахунок компенсаційних коштів з необхідним обтунтуванням будівництва саме на цій території). Робота цих заводів запустить соціально-економічні механізми покращення життя місцевих мешканців Кінбурнської коси, а також сприятиме відновленню іхтіофауни з одночасним покращенням навантаження на всю регіональну екосистему.

Методологічне або загальнонаукове значення. У роботі наведені ланцюжки антропогенного впливу на екосистему через людську бездіяльність, корупцію, жадібність, байдужість до природи, «сьогодні все, а завтра хоч потоп», які призводять до руйнування екосистеми через ННН-рибальство, браконьєрство. Але сама природа зможе відновлюватися через покращення соціально-економічних умов життя людей при зникненні безробіття й злиднів.

Виклад основного матеріалу. Динаміку трансформації екосистеми Кінбурнської коси та причини тривожності територіальної громади доцільно розглядати в ракурсі *негативних наслідків* антропогенного впливу, що здійснює людина на навколишнє середовище і його ресурси внаслідок господарської діяльності.

В останні десятиліття практично скрізь на планеті (у тому числі на Кінбурнській косі) у результаті антропогенного тиску ми відчуваємо наслідки глобального руйнування навколишнього природного середовища, які проявляються в зміні хімічного складу атмосфери, води (на суші, у морях та океанах), ґрунтів землі, ландшафтів, біомаси й біологічної продуктивності, режиму поверхневих і підземних вод, вологого обміну між поверхнею Землі та атмосферою. Це, у свою чергу, призвело до збільшення швидкості втрати біорізноманіття, біологічної деградації ґрунтів, зміни ландшафтів, зростання концентрації біогенів у воді з прискоренням евтрофікації водних об'єктів, забрудненням повітря та іншими негативними наслідками [1].

Прямий та опосередкований антропогенний вплив на екосистему Кінбурнської коси відбувається внаслідок господарської діяльності на акваторії Дніпровсько-Бузького лиману, Чорного моря,

Ягорлицької затоки, водних об'єктах коси, у ґрунтових водах, ландшафті, лісі тощо.

Антропогенними чинниками, які негативно впливають на природні комплекси та об'єкти рослинного і тваринного світу на території парку, є:

– *Забруднення акваторій* навколо Кінбурнської коси (мулом під час днопоглиблювальних робіт, нафтопродуктами, сміттям, а також комплексом промислових відходів, які виносять річки Дніпро, Південний Буг, Інгул, Інгулець та інші). Потрапляння в Дніпровсько-Бузький лиман неорганічних та органічних речовин щорічно створює заморні явища, які призводять до загибелі мідій та інших водних біоресурсів.

– *Заселення акваторій* інвазійними видами риб.

– *Заліснення (штучне) півострова* (умовно із застереженнями).

– *Навантаження на екосистему (рекреаційне надмірне)*, що проявляється у витоπτуванні, засміченні, механічному пошкодженні рослинного покриву.

– *Рух автомобільного транспорту (через складні дорожні умови автомобілісти часто прокладають нові паралельні дороги)*.

– *Збільшення автомобільного транспорту (сприяє руйнуванню природних біотопів, забрудненню території, загибелі тварин під колесами)*.

– *Забруднення ґрунтових вод каналізаційними відходами*, через відсутність очисних споруд (у домогосподарствах і домах відпочинку).

– *Пожежі* (у результаті необережного поводження з вогнем).

– *Поширення адвентивних (чужорідних) рослин (маслинка вузьколистої)*.

– *Накопичення надлишку мортмаси (мертвої рослинності й фауни)*.

– *Випас худоби де завгодно* (у тому числі на заповідних територіях).

– *Поширення кількості земель, які Покровська сільська рада надала людям у власність для індивідуального будівництва (не мешканцям півострова)*.

– *Збирання грибів і лікарських рослин (незаконний)*.

– *Браконьєрство (незаконне, неконтрольоване, непідзвітне) на воді та суші*.

– *Надання державними органами влади незаконних дозволів на промисел водних біоресурсів на території НПП «Білобережжя Святослава»*.

Хімічне забруднення території Кінбурнської коси зі шкідливими промисловими та сільськогосподарськими хімічними відходами відсутнє. У плані хімічного забруднення найбільше занепокоєння викликає акваторія Дніпровсько-Бузького лиману в районі Кінбурнської коси. Води Дніпра, Південного Бугу, Інгульця, Інгулу та безлічі їх приток несуть у пониззя Дніпровсько-Бузького лиману весь комунальний, сільськогосподарський і промисловий смітник із площ водозбору майже у 200 000 км² (нафтопродукти, побутова та зливова каналізація, сільськогосподарська хімія, важкі метали, різноманітні

хімічні елементи, промислові відходи, радіаційні й інші забруднюючі речовини) [3].

Аналізи останніх років донного ґрунту Дніпровсько-Бузького лиману поблизу Кінбурнської коси на фоні інших місць гирлової області екструзарної системи показують нетипові прошарки мулу, відклади важких металів і деяких небажаних хімічних елементів з перевищенням ПДК.

Радіаційне забруднення Кінбурнської коси та прилеглих до неї акваторій за останні роки не перевищує норми і знаходиться в межах 6÷17 мкР/ч.

Однак при поновленні днопоглиблювальних робіт у Дніпровсько-Бузькому лимані радіаційний фон помітно зростає.

Загалом до різних природоохоронних списків представників флори Кінбурнської коси занесені 28 видів судинних рослин парку, у тому числі до Червоної книги України (ЧКУ) – 15 видів, Європейського червоного списку (ЄЧС) – 9 видів, Світового червоного списку (СЧС) – 3 види, Додатку Бернської конвенції (БЕРН) – 2 види, Додатку Вашингтонської конвенції (СІТЕС) – 3 види, Червоного списку Миколаївської області (ЧСМО) – 4 види.

Рівень життя місцевого населення в середньому не відрізняється від інших глибинних сільських місцевостей України.

Для розробки заходів щодо збереження екосистеми Кінбурнської коси, розвитку умов для туристично-рекреаційного відпочинку людей і покращення умов для проживання місцевого населення, державі в особах Міністерства захисту довкілля і природних ресурсів України, НПП «Білобережжя Святослава», а також територіальній громаді й органу місцевої самоврядування необхідно прийняти для себе й держави особливий документ – *Доктрину розвитку Кінбурнської коси – ідеологічний документ, який установлює пріоритети розвитку заповідної території. Пріоритетом має стати збереження та відновлення екосистеми Кінбурнської коси, розвиток туристично-рекреаційного відпочинку людей або покращення умов для проживання місцевого населення?*

Без прийняття Доктрини розвитку Кінбурнської коси не можна приймати на півострів жодного рекреанта, не можна навіть розробляти заходи щодо розвитку території та покращення соціальних умов для проживання місцевого населення!!!

Негативні наслідки відсутності ідеології розвитку заповідної території в умовах посилення загального антропогенного тиску в масштабах країни і Світу ми вже спостерігаємо у вигляді прискорення деградації екосистеми Кінбурнської коси з патологічними наслідками.

Тому тільки після прийняття цього державного документа можна буде у фарватері ідеологічних засад якимось розглядати заходи щодо збереження та відновлення екосистеми, розвитку рекреаційно-туристичного напрямку й розвитку територіальних громад.

Регулювання господарської діяльності та відновлення корінних ландшафтів парку є ландшафтне планування. Його основою має стати спеціально розроблений проект, який міститиме план оптимальної організації, збереження та використання ландшафтних комплексів заповідного об'єкта.

Особливу увагу треба приділити зменшенню кількості шляхів, яких на території парку в кілька разів більше ніж це потрібно.

Заходи щодо мінімізації впливу антропогенних чинників на рослинний світ парку. У майбутньому доцільно розширити територію НПП «Білобережжя Святослава» за рахунок злиття цінних у природоохоронному відношенні ділянок РЛП «Кінбурнська коса», які з різних причин випали під час підготовки проектної документації з організації НПП «Білобережжя Святослава» (3 000 га природних територій).

Для захисту й відновлення іхтіофауни суттєвого розширення потребує також та акваторія парку з боку Дніпровсько-Бузького лиману, Ягорлицької затоки й деякий ділянок Чорного моря.

Для збереження рослинного покриву необхідно сьогодні вжити заходів щодо неконтрольованого розповсюдження інвазійних видів рослин, насамперед таких як маслинка вузьколистої (*Elaeagnus angustifolia*) тощо.

В останні 10 років на території парку відбувається суттєва трансформація рослинного покриву з проникненням солоних морських вод у внутрішні прісноводні райони. У результаті такого надзвичайного явища рослини, в тому числі й деревинні, гинуть. Натомість з'являються численні галофіти.

Пропозиції. Необхідно встановити істинні причини проникнення солоних морських вод, якщо вони мають штучний характер, необхідно їх усунути.

Причина цього негативного явища криється у викачуванні прісної води з водоносних горизонтів для побутових потреб населення, поливу городів, насаджень тощо. У результаті безконтрольної витрати води (навіть тільки на соціальні потреби), замість прісної води, у підземні горизонти проникає солона морська вода, яка й руйнує все навколо.

Це ще раз доказує, що екосистема Кінбурнської коси дуже крихка, тому потребує максимальної обережності при вторгненні на її територію.

Пірогенний фактор (*пожари*) на території парку найбільш небезпечний для штучних соснових насаджень. Улітку на півострові відпочиває велика кількість рекреантів, які не витримують протипожежні правила.

Унаслідок зменшення кількості копитних тварин, свійської худоби та, як наслідок, зменшення пасовищного навантаження та обсягів сінокошення на території НПП спостерігається значне накопичення надлишку мортмаси.

Пропозиції. Рецепт немає. Необхідно вивчати, пробувати щось робити.

Мінімізація впливу антропогенних чинників на тваринний світ. Для зменшення негативного впливу на унікальних представників фауни, існування яких в основному пов'язано з чагарниковою та степовою рослинністю, потрібно проводити контроль за випасом худоби й незаконними випалюваннями трави.

Пропозиції. Не допускати або мінімізувати негативний вплив цих чинників на фауну заповідної території. Необхідно *планувати* всі види господарської діяльності. У місцях масового розмноження тварин бажано втілювати науково обгрунтоване її обмеження з проведенням постійних моніторингових досліджень, там, де необхідно проводити обмежене перенесення тварин на безпечні території.

Особливим напрямом щодо мінімізації антропогенного впливу є формування екологічного та природоохоронного Світогляду населення.

Територія НПП «Білобережжя Святослава» має малу площу, що не задовольняє популяції ссавців, які відрізняються значною рухливістю й здатні в пошуках їжі долати значні відстані, виходячи за периметр парку. Тому для збереження біорізноманіття площа парку повинна збільшитися.

З усіх форм впливу тварин на рослинність НПП найбільш помітним є пасовищне навантаження та режим випасання. Колективне й індивідуальне розведення великої рогатої худоби з успіхом замінило численних трав'яних тварин, котрі мешкали на цій території в минулому.

Мінімізація впливу антропогенних чинників на іхтіофауну. Домінуючою загрозою для іхтіофауни НПП «Білобережжя Святослава» є «*організоване ННН-рибальство*». Коріння цього злочинного явища лежать у плоскості неприборканої людської жадібності, де за будь-яку ціну (*бракон'єрам і тим, хто їх покриває в органах державної влади, силових структурах, злочинних угрупованнях*) необхідно терміново збагатитися, поки вони у владі та є така можливість, навіть шляхом знищення цілих популяцій риб та іншої іхтіофауни.

Тотальне бракон'єрство, яке прийняло масштаб національного лиха, зниження поверхневого рівня води Дніпровсько-Бузького лиману, осушення природних нерестовищ півострова, судноплавство в нерестовий період та інші негативні чинники унеможливають самостійне відновлення екосистеми.

Відновлення водної екосистеми навколо Кінбурнської коси ще можливе, якщо терміново спроектувати й побудувати рибоводні заводи.

Перший завод на Дніпровсько-Бузькому лимані (*на прісній воді*) повинен бути зорієнтований на вирощування зарибку осетрових (*білуга, російський осетер, севрюга*) та частикових видів риб гирлової системи Дніпровсько-Бузького лиману (*ляща, рибиця, сома, щуки, судаку, тарані тощо*).

Другий завод на узбережжі Чорного моря або Ягорлицької затоки повинен бути зорієнтованим на відтворення камбали-калкан та інших морських риб.

Головні висновки. Кінбурнська коса – це місце Духовної Сили українського народу, об'єкти культурно-археологічної спадщини, це первозданна природа, це біорізноманіття флори і фауни (з ендеміками), а також різноманітна іхтіофауна прісних вод Дніпровсько-Бузького лиману, Чорного моря, Ягорлицької затоки (місця нересту більшості риб) та озер півострова.

Весь регіон Кінбурнської коси має значні різноманітні туристично-рекреаційні ресурси, які при правильному науково обґрунтованому використанні та розвитку зможуть збагатити народ України на фізичному, емоційному, культурному, духовному й ментальному рівнях.

Але збільшення антропогенного тиску на природне середовище Кінбурнської коси (варварська

експлуатація заповідних територій рекреантами та безжалісне ННН-рибальство, значні порушення правил господарювання) унеможливило природне самовідновлення екосистеми.

Держава має негайно вжити низку заходів щодо відновлення екосистеми Кінбурнської коси та прилеглих до неї акваторій.

Перспективи використання результатів дослідження. Аналіз стану екосистеми Кінбурнської коси, чинників антропогенного впливу та пропозиції щодо проведення заходів із забезпечення сталого розвитку унікальних заповідних територій дієво допоможуть у розробці заходів зі збереження й відновлення природної екосистеми Кінбурнської коси.

Література

1. Щербак В.І., Губанов Е.П. Екологічний стан та антропогенні загрози різноманітним водоймам та водотокам. Київ, 2013. 178 с.
2. Проект організації території НПП «Білобережжя Святослава», охорони, відтворення та рекреаційного використання його природних комплексів і об'єктів / Ю.В. Великий, Р.В. Волчецький та інші. Том 1–3.
3. Лобойченко В.М., Варивода Є.О. Екологія. Харків, 2013, С. 184.

ЕКОЛОГІЧНА І ЦЕНОТИЧНА СТРУКТУРА ФЛОРИ НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ «МАЛЕ ПОЛІССЯ»

Цибуля М.М.

Національний природний парк «Мале Полісся»
вул. Михельська, 32, 30300, м. Ізяслав, Хмельницька обл.
marinka-bg111@i.ua

У статті наведено результати досліджень екологічної і ценотичної структури флори національного природного парку «Мале Полісся». Досліджувана флора складає 801 вид вищих судинних рослин, що належать до 389 родів, 109 родин та 5 відділів. Під еколого-ценотичною структурою флори розуміємо кількісний розподіл видів за нормою реакції на вплив екологічних факторів, які діють безпосередньо, що визначає належність виду до певного екотопу та характер його поведінки в угрупованні. У флорі Національного природного парку (далі – НПП) «Мале Полісся» кількісно переважають мезофіти (474 види рослин, або 59,17%). Значна частка ксеромезофітів та ксерофітів (7,1%) пояснюється саме специфічними ґрунтовими умовами (піщані та супіщані ґрунти). За показником світлового забезпечення у флорі НПП переважають геліофіти (624 види рослин, або 77,90%). Ними є види лучних, болотних та сеgetально-рудеральних угруповань. За показником трофності ґрунту переважають мезотрофи (407 видів рослин, або 50,81%), еутрофи (307 видів, або 38,04%). Це пов'язано з фізико-географічними умовами, що сприяють розвитку видів болотних та лісових фітоценозів. На основі аналізу виявлено такі флороценокомплекси у складі флори НПП «Мале Полісся»: лісовий, лучний, водний, болотний та синантропофільний. Лісовий флороценокомплекс НПП становить 85% усієї території, що включає дубово-грабові, сосново-дубово-грабові, березові, березово-соснові ліси. Лучний флороценокомплекс різноманітний за фітоценотичним складом. Водний (повітряно-водний) флороценокомплекс досить багатий за видовим складом. У ньому переважають види голарктичного та помірно-широкого типів ареалів. Болотний флороценокомплекс досить гетерогенний, володіє специфічними особливостями та включає евтрофні, оліготрофні та мезотрофні болота. Синантропофільний флороценокомплекс наймолодший і сформувався внаслідок господарської діяльності людини.

Ключові слова: Національний природний парк «Мале Полісся», флора, види рослин, рослинність, екологічні фактори.

Ecological and coenotic structure of the flora of the National Natural Park “Male Polissya”. Tsybulya M.

The article presents the results of research on the ecological and coenotic structure of the flora of the National Natural Park “Male Polissya”. The studied flora consists of 801 species of higher vascular plants belonging to 389 genera, 109 families and 5 divisions. Under the ecological-coenotic structure of flora we understand the quantitative distribution of species by the rate of reaction to the influence of direct environmental factors, which determines the confinement of the species to a particular ecotope and the nature of its behavior in the group. The flora of NNP “Male Polissya” is dominated by mesophytes (474 species of plants, or 59,17%). A significant share of xeromesophytes and xerophytes (7,1%) is explained by specific soil conditions (sandy and loamy soils). According to the indicator of light supply, heliophytes predominate in the flora of NNP (624 species of plants, or 77,90%). These are mainly types of meadow, swamp and segetal-ruderal groups. In terms of soil trophism, mesotrophs predominate (407 plant species, or 50,81%), eutrophs (307 species, or 38,04%). This is due to favorable physical and geographical conditions that contribute to the development of wetland and forest phytocenoses. Based on the analysis, the following florocenocomplexes were found in the flora of NNP “Male Polissya”: forest, meadow, water, swamp and synanthrophilic. The forest florocenocomplex of NNP makes 85% of all territory, including oak-hornbeam, pine-oak hornbeam, birch forests, birch-pine. Meadow florocenocomplex is very diverse in phytocenotic composition. Water (air-water, water) florocenocomplex is quite rich in species composition. It is dominated by species of holarctic and temperate latitudes of habitats. Swamp florocenocomplex is quite heterogeneous, has specific features and includes: eutrophic, oligotrophic, mesotrophic swamps. The synanthrophilic florocenocomplex is the youngest and was formed as a result of human economic activity. *Key words:* National Nature Park “Male Polissya”, flora, plant species, vegetation, ecological factors.

Постановка проблеми. Національний природний парк (далі – НПП) «Мале Полісся» створений Указом Президента України № 430 від 2 серпня 2013 року з метою збереження і відтворення природних ландшафтів малополіської частини Хмельницької області, що мають вагоме наукове, природоохоронне, освітнє, рекреаційне значення [1]. Парк створений на території Шепетівського району (раніше Ізяславського та Славутського районів) Хмельниччини. Для установ природно-заповідного фонду України, особливо новостворених, важливим є проведення інвентаризації біорізноманіття території задля планування природоохоронної, науково-дослідної, еколого-освітньої діяльності. Проте

і нині рослинний світ НПП «Мале Полісся» досліджений фрагментарно, що не дозволяє сформувати загальну картину стосовно флори та рослинності цієї території.

Мета дослідження – проаналізувати екологічну і ценотичну структуру флори НПП «Мале Полісся», що дасть змогу використовувати отримані дані у подальших наукових дослідженнях, природоохоронній справі. Об'єктом дослідження є флора НПП, а предметом – екологічний та ценотичний аналіз видів флори НПП «Мале Полісся».

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Історія дослідження флори Мале Полісся, зокрема й території НПП «Мале Полісся», нерозривно

пов'язана з дослідженнями флори та рослинності Українського Полісся в цілому. Одні з перших флористичних досліджень, що включали цю територію, розгорнув В.Г. Бессер. Учений зробив флористичний огляд Волині, Поділля, Бессарабії, зокрема й для Київської губернії, навів загальний перелік рослин (Besser) [2; 3].

Наприкінці 30-х років XIX ст. у регіоні досліджень працював В. Тишецький [3]. Він досліджував флору в околицях м. Острога та м. Полонного та передавав гербарні рослини і списки знайдених рослин О. Роговичу. Так, перелік рослин, які В. Тишецький зібрав біля Полонного, включав 663 види рослин, зокрема і рідкісних [3; 4].

У 80-х роках XIX ст. біля м. Острога, м. Полонного та м. Славути проводив флористичні дослідження І. Шмальгаузен (1886). Подальші дослідження проводив Й. Пачоський [2; 3; 5; 6], яким наведено понад 1 291 вид дикорослих рослин Полісся, подано характеристику культивованих видів, вказано їх місцезростання.

Напочатку 1990-х років В. Гулаєм, Л. Любінською, М. Матвєєвим були проведені польові дослідження майже у всіх районах Хмельниччини, результати яких знайшли своє відображення у Кадастрі флори та фауни Хмельницької області [2; 3].

Особливу увагу присвятила Т. Андрієнко дослідженню рослинного світу Українського Полісся, вивченню боліт та бореальних лісів України [3; 7]. Т. Андрієнко та її учні (Л. Юглічек, О. Прядко, О. Недоруб, В. Антосяк, О. Орлов) дослідили характер і закономірності розподілу рослинного світу східної частини Малого Полісся, флористичну класифікацію лісів, рідкісні види тощо [2; 3; 7; 8].

Сучасний етап представлено в наукових працях Т. Андрієнко, І. Прядко, Ю. Шеляга-Сосонко, С. Поповича, Я. Дідуха, В. Мельника, Р. Бурди, В. Собка, С. Мосякіна, М. Федорончука, П. Устименка, Д. Дубини, І. Григори, Б. Якубенка, Л. Любінської, Л. Юглічек, М. Козака, М. Цибулі (Белінської), А. Чурілова. [2; 3; 7–10] та ін., роботи яких носять геоботанічний і флористичний характер, стосуються території України в цілому й регіону досліджень зокрема.

Методологічне або загальнонаукове значення.

Наукові дослідження виконувалися комплексно з використанням таких загальнонаукових методів, як аналіз, синтез, спостереження, а також системного підходу і спеціальних методів біологічних досліджень: польових (детально-маршрутний, метод стандартних геоботанічних описів) й камеральних (структурно-порівняльний флористичний аналіз, метод класифікації рослинності, поділ видів флори за екологічними факторами на групи).

Виклад основного матеріалу. Флора НПП «Мале Полісся», яка розглядається нами як конкретна [11], нараховує 801 вид вищих судинних рослин, що належать до 389 родів, 109 родин та 5 відді-

лів: *Lycopodiophyta*, *Equisetophyta*, *Polypodiophyta*, *Pinophyta* і *Magnoliophyta*.

Під еколого-ценотичною структурою флори розуміємо кількісний розподіл видів за нормою реакції на вплив екологічних факторів [12], які діють безпосередньо, що визначає належність виду до певного екотопу та характер його поведінки в угрупованні [12–14]. Еколого-ценотична структура флори відбиває адаптивні пристосування видів до дії певних екологічних факторів. Відповідно до фактора зволоженості екотопу нами виділено сім гігоморф у флорі НПП «Мале Полісся». Найбільш представлені групи: мезофіти (474 види рослин, або 59,17%), гігомезофіти (215 видів, або 26,84%), гідрофіти (50 видів, або 6,24%), ксеромезофіти (46 видів, або 5,74%), гідатофіти (12 видів, або 1,49%), ксерофіти (2 види, або 0,24%) – *Sedum acre* L., *Sedum sexangulare* L., сукуленти (2 види, або 0,24%) – *Sedum acre* L., *Sedum sexangulare* L.

Згідно з показником світлового забезпечення флору НПП «Мале Полісся» поділяємо на три групи: геліофіти (624 види рослин, або 77,90%), геліосціофіти (152 види, або 18,97%) та сціофіти (25 видів, або 3,12%).

У кількісному відношенні у флорі НПП «Мале Полісся» переважають геліофіти (це види лучних, болотних та сегетально-рудеральних угруповань). Проміжну позицію посідають факультативні геліофіти, які можуть зростати в умовах сильного затінення та на відкритій території. Найменше у досліджуваній флорі тіневитривалих видів (сціофітів). До них належать види, які можуть зростати у водному середовищі, види широколистяних лісів, які займають найнижчі яруси у складі лісових фітоценозів, ефемероїди, лісові сапрофіти тощо.

Щодо трофності субстрату флору НПП «Мале Полісся», то їх поділяємо на такі групи: мезотрофи (407 видів рослин, або 50,81%), еутрофи (307 видів, або 38,04%), оліготрофи (87 видів, або 10,86%). У флорі досліджуваного регіону в кількісному відношенні переважають мезотрофи та еутрофи. Це пов'язано з фізико-географічними умовами, що сприяють розвитку видів болотних та лісових фітоценозів.

Менш представлена видами група оліготрофів, оскільки є непоширеними оліготрофні водойми та болота. Також на території НПП «Мале Полісся» чималі площі займають фітоценози, в основі яких лежать піщані ґрунти, на яких зростають соснові ліси, як правило, не зовсім флористично багаті на види цієї групи. До оліготрофних видів належать такі: *Ledum palustre* L., *Carex dioica* L., *Sedum acre* L., *Koeleria glauca* (Spreng.) DC та ін.

Під ценотичним аналізом флори розуміємо визначення та поділ видів флори НПП «Мале Полісся» за їх ценотичною належністю. На основі аналізу нами виявлено такі флороценокомплекси: лісовий, лучний, водний, болотний та синантропофільний [11].

Лісовий флороценокомплекс НПП «Мале Полісся» становить орієнтовно 85% від усієї території, що включає дубово-грабові, сосново-дубово-грабові, березові, березово-соснові ліси. За своїм флористичним складом лісовий флороценокомплекс багатий на трав'янистий покрив та порівняно збіднений чагарниковим, що представлений невеликою кількістю видів, на відміну від лісових комплексів Поділля. Це такі: *Sorbus aucuparia* L., *Corylus avellana* L., *Frangula alnus* Mill., *Vaccinium myrtillus* L., *Ledum palustre* L.

Едифікаторами лісових флороценокомплексів є: *Pinus sylvestris* L., *Quercus robur* L., *Betula pendula* L., *Populus tremula* L., *Alnus glutinosa* (L.) Gaerth. [13]. Субедифікаторами головних синузій є: *Anthericum ramosum* L., *Carex pilosa* L., *Carex digitata* L., *Calluna vulgaris* (L.) Hull, *Asarum europaeum* L., *V. myrtillus* L., *Stellaria holostea* L., а також весняні синузії ефемероїдів представлені домінуванням *Anemone nemorosa* L. та ін.

Для лісів НПП цікавими у флористичному відношенні є такі види мохового ярусу, як *Dicranum rugosum* Hoffm. ex Brid., *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt., *Lycopodium annotinum* L., *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn, *Polytrichum commune* Hedw. Ліси НПП «Мале Полісся» особливо багаті на раритетну компоненту – *Platanthera bifolia* (L.) Rich., *Epipactis helleborine* (L.) Crantz, *Neottia nidus-avis* (L.) Rich., *Allium ursinum* L. та ін.

Становлення лісового флороценокомплексу на цій території відбулося в середньому голоцені. Характерною є наявність у складі деревних фітоценозів типових бореальних видів. Іноді серед широколистяних лісових масивів трапляються ділянки борових фітоценозів, що є характерним для Українського Полісся в цілому [7; 8]. Борові ліси на території НПП «Мале Полісся» представлені досить невеликою кількістю видів, що пояснюється едафотопічними умовами території. Це характеризується слабким мінеральним живленням субстрату та поганим водозабезпеченням.

Еколого-ценотична структура флори лісів НПП «Мале Полісся» підтверджує її гетерогенність і вказує на те, що в її складі присутні рослини, притаманні лучним, водним, болотним та синантропним місцезростанням.

Лучний флороценокомплекс НПП «Мале Полісся» дуже різноманітний за фітоценотичним складом та особливостями розміщення, включає заплавні (дрібнозлакові та крупнозлакові справжні луки), болотисті, торф'янисті, очеретяні луки [5–8]. Луки займають найбільш багаті щодо трофності ділянки субстрату. В едифікаторній групі переважають такі види: *Poa pratensis* L., *Poa angustifolia* L., *Glyceria maxima* (C. Hartm.) Holmb., *G. Fluitans* (L.) R.Br., *Phragmites communis* (Cav.) Trin. ex Steud., *Bromus inermis* Leyss., *Alopecurus pratensis* L., *Festuca pratensis* Huds. та ін.

У флорі ценозів лук субедифікаторами є такі: *Carex vulpina* L., *C. nigra* (L.) Reichard, *Trifolium pratensis* L., *Mentha arvensis* L., *Lathyrus pratensis* L. та ін. Лучні фітоценози НПП «Мале Полісся» мають, як правило, вторинне походження і виникають на місцях вирубок або осушених боліт, а також у місцях із надмірним зволоженням та лучно-болотними, мулисто-глейовими ґрунтами [5–8]. Луки також багаті на раритетну компоненту, а саме: *Dactylorhiza incarnata* (L.) Soó, *D. maculata* (L.) Soó, *D. majalis* (Rchb.) P.F.Hunt & Summerh., *Phiteuma orbiculare* L., *Cypripedium calceolus* L. та ін.

Водний (повітряно-водний) флороценокомплекс НПП «Мале Полісся» досить багатий за видовим складом. У ньому переважають види євроазійського, голарктичного та помірнотропічного типів ареалів. В едифікаторній групі переважають такі види: *Nymphaea alba*, *N. candida*, *Potamogeton natans*, *Glyceria maxima*, *G. fluitans*, *Phragmites communis*, *Typha latifolia*, *T. laxmannii*, *Scirpus lacustris*, *Sparganium erectum*, *S. minimum* та ін.

У флорі ценозів водойм НПП «Мале Полісся» субедифікаторами є такі: *Potamogeton crispus* L., *Lemna minor* L., *L. trisulca* L., *Utricularia vulgaris* L., *Batrachium circinatum* Sibth., *Hydrocharis morsus-ranae* L., *Carex acuta* L., *C. acutiformis* Ehrh., *Equisetum palustre* L., *Lycopus europaeus* L., *Alisma plantago-aquatica* L. та ін.

У водному флороценокомплексі досить рідко трапляється раритетний компонент (порівняно з Центральною та Південною Україною). До цього компонента належать такі види, як *Nymphaea candida* J. Presl, *Salvinia natans* (L.) All., *Sparganium minimum* L. [6–8].

Болотний флороценокомплекс НПП «Мале Полісся» також досить гетерогенний, адже володіє специфічними особливостями і включає евтрофні (низинні болота), оліготрофні (верхові болота), мезотрофні (перехідні болота).

Головними едифікаторами болотних флороценокомплексів є: *Glyceria maxima*, *G. fluitans*, *Phragmites communis* (Cav.) Trin. ex Steud., *Alnus glutinosa*, *Salix cinerea* L., *Carex acuta*, *C. riparia*, *C. rostrata*, *Scirpus lacustris*, *Typha latifolia*, *T. angustifolia* та ін. Ці види широких граничних ареалів (євроазійського та голарктичного) включені у склад інтразональної болотної рослинності [5–9].

На території НПП «Мале Полісся» незначні площі займають сфагнові болота, де едифікаторами ценозів є сфагнові мохи, а субедифікаторами – *Vacanium uliginosum* L., *Oxycoccus palustris* L. Видове різноманіття цих боліт мають євроазійський та голарктичний типи ареалів. Облігатними видами сфагнових боліт є *Carex dioica*, *C. chordorrhiza* L., *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench та ін.

Для боліт Малого Полісся флористично цікавими є види першого ярусу, такі як *Pteridium aquilinum* L., Kuhn, *Polytrichum commune*, *Eriophorum latifolium* Hoppe, *Carex davalliana* Sm. та ін.

Аналізуючи видове різноманіття флори боліт НПП «Мале Полісся», очевидним є те, що сучасна флора сфагнових боліт сформувалась наприкінці валдайського періоду в результаті об'єднання видів різноманітного генетичного походження [7; 8].

Синантропофільний флороценокомплекс на території НПП «Мале Полісся» представлений у меншій кількості (порівняно з іншими флорокомплексами). Цей флороценокомплекс характеризується значною кількістю видів та у його складі переважають азональні, лісо-лісостепові та полізонально-помірноширотні види, а також спостерігається значна кількість адвентів. Цей флороценокомплекс наймолодший і сформувався внаслідок господарської діяльності людини.

Синантропофільні фітоценози у своєму складі містять такі види: *Consolida regalis* Gray, *Aquilegia*

vulgaris L., *Polygonum dumetorum* L., *Chelidonium majus* L., *Fumaria parviflora* Lam., *Polygonum aviculare* L. та ін. [15].

Головні висновки. Отже, у флорі НПП «Мале Полісся» кількісно переважають мезофіти. Значне заболочення території та порівняно густа річкова сітка і численні водойми регіону сприяють тому, що значно відображеними є такі групи, як гігро-мезофіти, гідрофіти та гідатофіти. За показником світлового забезпечення у флорі НПП переважають геліофіти (це види лучних, болотних та сеgetально-рудеральних угруповань). За показником трофності ґрунту переважають мезотрофи. На основі аналізу виявлено такі флороценокомплекси у складі флори НПП «Мале Полісся»: лісовий, лучний, водний, болотний та синантропофільний.

Література

1. Про створення національного природного парку «Мале Полісся» від 02 серпня 2013 року № 420-2013 / База даних «Законодавство України». URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/420/2013>.
2. Флористичне і ценотичне різноманіття у відновленні, охороні та збереженні рослинного світу: монографія / за ред. С.М. Ніколаєнка. Київ : Видавництво Ліра-К, 2018. 476 с.
3. Андрієнко Т.Л., Білик Р.Г., Казімірова Л.П., Матвєєв М.Д., Юглічек Л.С. Національний природний парк «Мале Полісся»: наукові нариси до створення. Кам'янець-Подільський : ПП Мошинський, 2011. 92 с.
4. Барбарич А.І. Панас Семенович Рогович (До 150-річчя з дня народження). *Укр. ботан. журн.* 1963. Т. 20, № 5, С. 99–104.
5. Пачоский И.К. Флора Полесья и прилежащих местностей. Труды С-Петербургского Общества естествоиспытателей. 1900. Т. 30. Вып. 3. С. 1–103.
6. Шмальгаузен И.Ф. Флора Юго-Западной России, т.е. губерний: Киевской, Волынской, Подольской, Черниговской и смежных местностей. Киев. 1886. 752 с.
7. Природа унікального краю Мале Полісся / під ред. Т.Л. Андрієнко. – Кам'янець-Подільський : Видавництво ПП Мошинський, 2010. – 245 с.
8. Юглічек Л.С. Нариси рослинності східної частини Мале Полісся. *Наукові записки ТДПУ ім. В. Гнатюка. Серія: Біологія.* 2002. № 2 (17). С. 30–36.
9. Дідух Я.П., Устименко П.М., Плюта П.Г., Шеляг-Сосонко Ю.Р., Коротченко І.А. Карта рослинності 30-кілометрової зони Хмельницької АЕС. *Укр. ботан. журн.* 2001. Т. 58. № 4. С. 10–20.
10. Белінська М.М., Якубенко Б.С. Гідрологічний заказник «Теребіжі» ключова територія збереження місцезростань *Carex bohemica* Schreb. та інших раритетів НПП «Мале Полісся». *Наукові записки ТДПУ ім. В. Гнатюка. Серія: Біологія.* 2017. № 1 (68). С. 25–28.
11. Якубенко Б.С., Попович С.Ю., Григорюк І.П., Устименко П.М. Геоботаніка: тлумачний словник. Київ : Фітосоціоцентр. 2015. 484 с.
12. Серебряков И.Г. Экологическая морфология растений. Москва : Высш. школа. 1962. 378 с.
13. Екофлора України / Відп. ред. Я.П. Дідух. Т. 23. Київ. Фітосоціоцентр. 2002-2003.
14. Флора УРСР. В 10 т. / АН УРСР. Київ, 1957. Т. 8. 391 с.
15. Протопопова В.В., Мосякін С.Л., Шевера М.В. Фітоінвазії в Україні як загроза біорізноманіттю: сучасний стан і завдання на майбутнє. Київ : Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України. 2002. 32 с.

ЗМІНА КЛІМАТУ

УДК 577, 58.006

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.7-34.18>

ОЦІНКА СУКЦЕСІЙ РОСЛИННОГО ПОКРИВУ ІЧНЯНСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ В УМОВАХ ЗМІН КЛІМАТУ

Лукіша В.В.¹, Лисенко Г.М.², Шульга О.О.³

¹Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. Василя Липківського, 35, корп. 2, 35035, м. Київ

²Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя
вул. Графська, 216600, м. Ніжин, Чернігівська обл.

³Ічнянський національний природний парк
вул. Лісова, 43, 16700, м. Ічня, Чернігівська обл.
lukisha1@ukr.net, lysenko_gena@yahoo.com, ichn_park@ukr.net

У статті досліджено перебіг сукцесій рослинного покриву на території Ічнянського національного природного парку, розташованого у верхів'ях річки Удай (Лівобережний Лісостеп). У рослинному покриві переважають ліси з домінуванням фітоценозів *Pineta sylvestris*, *Betuleta pendulae*, *Querceta roboris*, *Carpineto-Querceta*, *Pineto-Querceta* та перехідні болота з домінуванням формацій *Cariceta acutiformis*, *Cariceta elatae* та *Cariceta appropinquata*.

Зазначено, що прискорення темпів підвищення температури повітря при зменшенні кількості опадів за останні 10–15 років призвели до істотного погіршення гідрологічного режиму, ксерофілізації біотопів та активізації екзоєкогенетичних сукцесій рослинного покриву.

Установлено, що за період лісокористування зміна едіфікаторів на 1/5 площі лісів відбувалася переважно в ході антропогенної сукцесії. На перебіг автогенних сукцесій у хвойних лісах вагому роль відіграють інвазії фітофагів, камбіофагів, ксилофагів і мікопатологій, які призводять до порушення континууму лісових біогеоценозів.

При сільватизації перелогів, пасовищ на суходолах у першій серії сукцесії домінуючі позиції серед експлерентів займають *Pinus sylvestris* L. і *Betula pendula* Roth. Сільватизація водно-болотних угідь шляхом експансії *Betula pendula*, *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn., *Frangula alnus* Mill., *Padus avium* Mill. і численних видів роду *Salix* L. відбувається в біотопах з домінуванням *Carex acutiformis* Ehrh., *C. acuta* L., *C. cespitosa* L., *Bolboschoenus maritimus* (L.) Palla, *Juncus bufonius* L., *Equisetum fluviatile* L., *E. palustre* L. тощо. Експансія фанерофітів у водно-болотні та лучно-болотні біотопи негативно позначається на чисельності популяцій видів рослин, занесених до Червоної книги України, – *Epipactis palustris* (L.) Crantz, *Carex bohémica* Schreb., *Utricularia minor* L., *Lycopodium annotinum* L., *Aldrovanda vesiculosa* L., що потребує проведення системи заходів для їх охорони й самовідтворення. *Ключові слова:* зміни клімату, лісові та лучно-болотні фітоценози, сукцесії, сільватизація.

Estimation of vegetation successions of Ichnia National Nature Park in the conditions of climate change. Lukisha V., Lysenko H., Shulga O.

The course of vegetation succession in the territory of Ichnia National Nature Park, located in the upper reaches of the Udai River (Left-Bank Forest-Steppe), has been studied. The vegetation is dominated by forests dominated by phytocenoses *Pineta sylvestris*, *Betuleta pendulae*, *Querceta roboris*, *Carpineto-Querceta*, *Pineto-Querceta* and transitional swamps dominated by formations *Cariceta acutiformis*, *Cariceta elatae* and *Cariceta appropinquata*.

It is shown that the acceleration of air temperature increase with decreasing precipitation over the last 10–15 years has led to a significant deterioration of the hydrological regime, xerophytization of habitats and activation of exoecogenetic successions of vegetation.

It is established that during the period of forest use the change of edifiers by 1/5 of the forest area took place mainly during anthropogenic succession. Invasions of phytophages, cambiophages, xylophages and mycopathologies, which lead to the disruption of the continuum of forest biogeocenoses, play an important role in the course of autogenous successions in coniferous forests.

Pinus sylvestris L. and *Betula pendula* Roth occupy dominant positions among the experts in the first series of succession during the silvaticization of fallow lands and pastures on land. Silvaticization of wetlands by expansion of *Betula pendula*, *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn., *Frangula alnus* Mill., *Padus avium* Mill. and species of the genus *Salix* L. occurs in habitats dominated by *Carex acutiformis* Ehrh., *C. acuta* L., *C. cespitosa* L., *Bolboschoenus maritimus* (L.) Palla, *Juncus bufonius* L., *Equisetum fluviatile* L., *E. palustre* L. and others. Expansion of phanerophytes into wetland and meadow-wetland biotopes has a negative effect on the number of populations of plant species listed in the Red Book of Ukraine – *Epipactis palustris* (L.) Crantz, *Carex bohémica* Schreb., *Utricularia minor* L., *Lycopodium annotinum* L., *Aldrovanda vesiculosa* L., which requires a system of measures for their protection and self-reproduction. *Key words:* climate change, forest and meadow-wetland phytocenoses, successions, silvaticization.

Постановка проблеми. Глобальне потепління, яке прискорилося з другої половини ХХ ст., може спричинити різноманітні наслідки, які безпосеред-

ньо впливають на біорізноманіття й динаміку екосистем. Підвищення середньої температури на 1°C спричинює зсув природних зон в Україні на 160 км, за

прогнозами вчених, температура може зрости на 3°C [1, с. 35]. Сукцесії як закономірні зміни екосистеми в напрямі клімаксового стану, що найбільше відповідають умовам певної місцевості, були предметом досліджень у низці робіт [2; 3; 4]. За Я.П. Дідухом [3, с. 40], сукцесії – це результат природного добору видів на рівні конкретних фітоценозів. Кожний фітоценоз мусить розглядатися як такий, що перебуває на певному сукцесійному етапі свого розвитку стосовно клімаксового стану.

Основними завданнями дослідження є оцінка перебігу сукцесій лісової та лучно-болотної рослинності у зв'язку зі зміною абіотичних чинників у зоні Лівобережного Лісостепу.

Об'єктом дослідження обрано сукцесії рослинного покриву на території Ічнянського національного природного парку (далі – Ічнянський НПП), розташованого у верхів'ї р. Удай. Особливостями території є домінування ландшафтів озерно-алювіальної низовинної рівнини зі складним поєднанням місцевостей древньодолінних заболочених знижень, прохідних долин або древньоозерних западин, які перетворилися в болота. Усе це зумовило виключну строкатість ґрунтового покриву та відповідне різноманіття екосистем [5; 6]. У межах Ічнянського НПП переважають дерново-підзолисті й темно-сірі опідзолені ґрунти.

Матеріали та методи. Матеріалами для досліджень слугували геоботанічні та флористичні списки, таксаційні описи, картографічні, звіти з польових обстежень. Застосовано методи аналізу, синтезу, порівняльної екології, лісівничі, геоботанічні й флористичні.

Виклад основного матеріалу. Абіотичні фактори. Дані гідрометеорологічної станції «Прилуки» вказують на істотне перевищення темпів зростання середньодобової температури атмосферного повітря в зоні діяльності Парку над загальноукраїнськими. Якщо з 1961 р. середня температура по Україні підвищилася на 1,1°C, то в зоні діяльності Парку – з 6,3°C у 1976–1980 рр. до 8,4°C у 2001–2010 рр., тобто на 2,1°C. В останні 15 років темпи підвищення середньої температури прискорилися (рис. 1), середньорічного максимуму в 10,2°C температура досягла у 2020 р.

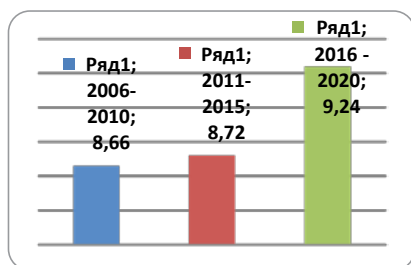


Рис. 1. Середньорічна температура за 5-річними періодами по ГМС «Прилуки», °C

За останні 15 років випадало в середньому 554,7 мм атмосферних опадів, що становить 89,5% від «кліматичної норми» 1961–1990 рр. П'ятирічка

2011–2015 рр. із середньорічною кількістю опадів 536 мм була «провальною» (рис. 2) з мінімальною кількістю опадів (375 мм) у 2014 р. Водночас метеорологи в останні роки відмічають підвищення частки непродуктивних опадів. На фоні різкого підвищення температури й випаровуваності зростають загрози аридизації території.

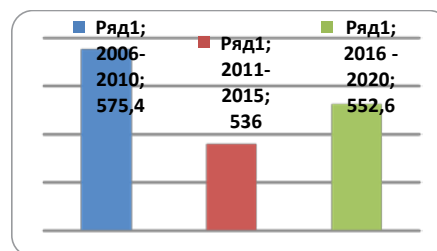


Рис. 2. Середньорічна кількість опадів за 5-річними періодами, у мм

Істотно погіршився гідрологічний режим досліджуваної території. Аберация в бік зниження кількості атмосферних опадів у 2011–2015 рр. при зростанні середньої температури супроводжувалася гідрологічною посухою 2015 р., яка виявилася в інтенсивному заростанні вільно плаваючою та особливо прибережно-водною рослинністю, виникненні ділянок стоячої води, локальному пересиханні русел р. Удай і її приток Іченьки, Моршиньки тощо.

Гідрологічні спостереження наукового відділу Ічнянського НПП в 10 пунктах річок і ставів на малих річках протягом семи років (2013–2019) фіксують поступове пониження рівня води аж до повного зникнення водяного плеса. Так, на період замерзання у 2017 р. відсутність води була зафіксована в 3 пунктах спостереження (став «Мисливський», став «Грабове» та став в урочищі «Садове»), а в листопаді 2019 р. відсутність води зафіксована вже в 7 пунктах спостереження: русло р. Іченька поблизу с. Грабів, став «Мисливський», став «Будянський», став ур. «Садове», став поблизу с. Лучківка, став «Химчине» і став «Дзюбівка» [7].

У рослинному покриві Парку переважають ліси, площа яких становить 8,03 тис. га, що становить 83% від його загальної території. Серед лісової рослинності переважають фітоценози таких формацій: сосни звичайної (*Pineta sylvestris*), берези повислої (*Betuleta pendulae*), квазікорінних і корінних зональних фітоценозів дубових (*Querceta roboris*), дубово-грабових (*Carpineto-Querceta*) та дубово-соснових (*Pineto-Querceta*) лісів. Листяні (дубові, дубово-грабові, грабово-дубові) та дрібно-листяні (березові, вільхові, тополеві) ліси представлені окремими ділянками. Флора судинних рослин станом на 01.01.2016 нараховує 680 видів, що належать до 356 родів, 106 родин. Раритетна компонента представлена 16 видами, занесеними до Червоної книги України, з яких 3 види занесені до додатку № 1 Бернської конвенції [8; 9; 10].

На території постійного користування НПП виділено 12 типів лісу, серед яких найбільшу частку займають свіжі сосново-дубові субори (27,8%) та свіжі грабово-дубово-соснові сугрудки (27,4%), вагоме місце належить також сирим чорновільховим сугрудкам (17,9%), поширеним переважно в заплавах р. Удаю та Іченьки. Свіжі грабові діброви займають 10,5% лісовкритої площі й розташовані переважно в східній частині території Ічнянського НПП. Свіжі бори приурочені до надзаплавних терас річок і їх приток [11].

За історичний період у лісах Ічнянського НПП відбувалися автогенно-антропогенні сукцесії лісової рослинності, передусім деревного ярусу. На 18,0% лісовкритої площі нині зростають насадження, які за складом едифікаторів є похідними (рис. 3).

Зокрема, у свіжих борах, де корінним едифікатором є сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.) з домішкою берези повислої (*Betula pendula* Roth), нині близько третини площ зайнято монодомінантними березняками та сосняками. У дубово-сосновому суборі, де домінуючим видом має бути сосна звичайна у співдомінуванні з дубом звичайним у другому ярусі, суттєва частка ценозів зайнята монодомінантними сосняками, березняками та березово-сосновими деревостанами. Похідні насадження в сугрудах представлені переважно монодомінантними сосняками, березняками, а значна частина грабово-дубових, грабово-сосново-дубових деревостанів перетворилася в монодомінантні грабняки. У типових свіжих грабових дібровах, окрім дуба звичайного, роль домінантів виконують береза повисла, ясен звичайний, сосна звичайна, в'яз дрібнолистий, верба ламка, осика та види-інтродуценти – дуб червоний, ялина європейська, тополя канадська. Загалом у лісостанах Парку нараховується близько 600 га монодомінантних насаджень, що становить 19% лісовкритої площі. Такі гомогенні насадження більш уразливі до дії природних чинників, зокрема інвазій консументів, спричиняють також явище «грунтовтоми» [12; 13].

У лісах формується потужне фітогенне поле, яке вже на початкових стадіях керує напрямом сукцесії й не допускає вторгнення чужих (інвазійних) елементів [3, с. 41]. При погіршенні гідротермічного режиму до ослаблення фітогенного поля досить часто призводить порушення континууму насаджень інвазіями камбіофагів і ксилофагів (короїди, златки, вусачі, рогохвости тощо).

Так, у кварталі 13, виділ 35, Хаєнківсько-Заудайського природоохоронного наукового-дослідного відділення (далі – ПНДВ) на площі 15,7 га спостерігаються сукцесії, пов'язані з експансією робінії псевдоакації (*Robinia pseudoacacia* L.) під наметом середньовікових монодомінантних сосняків. Вони розріджені до повноти 0,4–0,5 у результаті пошкоджень їх короїдами та іншими консументами.

У заповідній зоні Хаєнківсько-Заудайського ПНДВ на 3 ділянках загальною площею 3,4 га у 2012 р. внаслідок інвазій камбіофагів і ксилофагів відбулося суцільне всихання монодомінантних штучних насаджень ялини європейської (*Picea abies* (L.) Karst.) віком 85 років. З урахуванням заповідного режиму вилучення дерев не проводилося, їх стовбури нині перебувають на різних етапах деструкції ксилотрофними грибами. Разом із цим спостерігаються ініціальні стадії відновлювальної сукцесії – інтенсивне поширення хмелю звичайного (*Humulus lupulus* L.) і бузини чорної (*Sambucus nigra* L.). Водночас відновлення порід деревного ярусу нами не зафіксовано.

Зазвичай лісові масиви займають невеликі площі й розташовані на території Парку відносно рівномірно. Вони перемережовані гідрографічною мережею, болотами, агроценозами, населеними пунктами, шляхами транспорту тощо. Така фрагментованість збільшує продовжність екотонів, зокрема узлісь, де спостерігається експансія інвазійного клена ясенелистого (*Acer negundo* L.), який розповсюджується в різних типах освітлених лісів.



Рис. 3. Площа похідних насаджень в основних типах лісу, га

Дуб північний (*Quercus borealis* Michx) (*Quercus rubra* Du Roi), алохтонний вид, уведений 30–40 років тому попередніми лісокористувачами по всій території Ічнянського НПП невеликими ділянками, виявляє віолентні властивості. Його підріст поширюється під наметом насаджень на всіх суміжних ділянках.

Поширеними різновидом сукцесії на території Парку є **сильватизація** відкритих ділянок нелісових земель (перелogi, пасовища, болота тощо) [14]. Сильватизація перелогів і пасовищ спостерігалася ще з 90-х рр., коли пішла на спад активна сільськогосподарська діяльність. На земельній ділянці площею 8,5 га, що межує з сосновими насадженнями у кварталі 2 Хаєнківсько-Заудайського ПНДВ, тип лісу – свіжий грабово-дубово-сосновий сугруд, у результаті спонтанної сильватизації формується мішане насадження природного походження. На кінець 2020 р. склад деревостану – 8Сз2Бп, вік – 2–10 років, зімкненість крон – від 0,3 до 0,6.

На території Будянсько-Сезьківського ПНДВ відбувається спонтанна сильватизація земельної ділянки площею 25,8 га у кварталі 5, що межує з 80-річною лісосмугою із сосни звичайної та 55-річними березовими насадженнями. Молоді насадження віком до 15 років мають склад 8Сз2Бп. За подібним сценарієм у кварталі 1 заповідної зони такого ж віку досягли природні насадження сосни звичайної на відкритій земельній ділянці площею 2,7 га. Діаспорами з 60-річного насадження сосни у кварталі 2 (виділи 27, 28, 29, 30) загальною площею 3,9 га, тип лісу – свіжа грабово-дубова судіброва природним шляхом спонтанно заліснена сусідня ділянка площею 19,2 га. Насадження мають вік до 15 років, склад деревного ярусу – 8Сзв2Бп.

Отже, у першій серії сукцесії на відкритих земельних ділянках видовий склад природного насадження здебільшого формувався залежно від наявності діаспор видів, які першими заповнюють екологічні ніші. У переважній частині біотопів на суходолах провідні позиції серед експлерентів займають *Pinus sylvestris* і *Betula pendula* без участі автохтонних дуба і граба.

В останні 10–15 років активізувалася **сильватизація** водно-болотних угідь. Це переважно трав'яні евтрофні болота, розташовані в заплавах річок. Загальна площа їх на території Ічнянського НПП становить 1,2 тис га. Ще на початку 2000 рр. центральна частина таких боліт мала відкрите плесо. Протягом останні 10–15 років переважна частина таких боліт до середини літа повністю пересихає.

Активна сильватизація боліт відбувається шляхом експансії берези повислої (*Betula pendula* Roth), вільхи клейкої (*Alnus glutinosa* L.), крушини ламкої (*Frangula alnus* Mill.), черемхи звичайної (*Padus avium* Mill.) і численних видів роду *Salix* L. у біотопах з домінуванням осоки гострої (*Carex acuta* L.), осоки гостроподібної (*Carex acutiformis* Ehrh.), осоки дернистої (*Carex cespitosa* L.), бульбокомишу морського (*Bolboschoenus maritimus* L.), ситника жаб'я-

чого (*Juncus bufonius* L.), хвоща річкового (*Equisetum fluviatile* L.), хвоща болотного (*Equisetum palustre* L.) тощо [15]. Станом на 2017 р. на стаціонарі, закладеному у 2013 р. для моніторингу ценопопуляції червонокнижної коручки болотної (*Epipactis palustris* (L.) Crantz) у Лучківському болоті висота деяких екземплярів берези повислої (*Betula pendula*) сягає 7–8 м і вище при зімкнутості крон 0,4–0,6. Щільність стояння стовбурів коливається від 1,7 до 5,4 екз./м². Між ними накопичується значний (до 30–40 см) шар мертвих рослинних залишків, що створюють механічну перешкоду для зростання видів трав'янистого ярусу, у тому числі *Epipactis palustris*.

Нашими дослідженнями 2014 р. на більшості облікових ділянок виявлено незначне переважання вегетативних особин *Epipactis palustris* над генеративними, що може свідчити про нормальне поновлення популяції. У 2016–2017 рр. кількість як вегетативних, так і генеративних особин на всіх облікових ділянках суттєво зменшилася. Так, у межах сьомої ділянки (трансекта № 1), на якій у 2014 р. зафіксовано найбільшу щільність особин коручки болотної, її кількість за 2 роки зменшилася на 18%. У 2019 р. спостерігалася зменшення кількості вегетативних екземплярів, адже останні до певного моменту онтогенезу тісно пов'язані з «материнською» рослиною, яка за умови дефіциту вологи елімінує периферійні екземпляри, що не вступили у фазу цвітіння, тим самим забезпечуючи збереження статевого розмноження.

Ще одним вразливим видом, місцезростання якого тісно пов'язано з режимом змінного зволоження, є осока богемська (*Carex bohemica* Schreb.) [16]. На момент виявлення досліджуваного виду (липень 2008 р.) найбільші площі зайняті формацією *Cariceta acutiformis* із домішкою осоки високої (*Carex elata* All. ssp. *omskiana* (Meinsh.) Jalas). Невелику площу займав фрагмент угруповання з домінуванням очерету звичайного *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. Ближче до центру масиву, де завжди було найбільше обводнення, домінувала *Carex bohemica* (проективне вкриття 70%), разом із якою співдомінував китник рівний (*Alopecurus aequalis* Sobol.) (10%) і поодинокі зустрічалися частуха подорожникова (*Alisma plantago-aquatica* L.) і плакун верболистий (*Lythrum salicaria* L.) [16].

Моніторингові дослідження протягом наступних 6 років показали, що на тлі ксерофілізації біотопів сукцесії рослинного покриву виявляються в експансії лігнозних біоморф, особливо осики *Populus tremula* L., кореневі паростки якої утворили новий контур і поширилися за зарості верби попелястої (*Salix cinerea* L.), що в минулому межували з трав'янистими ценозами болота. По центру депресії поширюються щільні зарості *Betula pendula* з домішкою верб, що значно зменшують вузьку смужку, котру раніше займала *C. bohemica*. Суттєво змінився флористичний склад трав'янистих угруповань. Так, із

травостою зникли гігро- та гігромезофіти: частуха подорожникова (*Alisma plantago-aquatica*, гірчак почечуйний (*Polygonum persicaria* L.), китник рівний (*Alopecurus aequalis*), жерушник короткоплодий (*Rorippa brachycarpa* (С.А. Меу.) Науек), спорадично продовжують зустрічатись плакун верболистий (*Lythrum salicaria*), валеріана пагононосна (*Valeriana stolonifera* Czern.). Натомість з оточуючих місцезростань активно поширюються мезофіти: енотера дворічна (*Oenothera biennis* L.), агалік-трава гірська (*Jasione montana* L.), суховершки звичайні (*Prunella vulgaris* L.), конюшина повзуча (*Trifolium repens* L.), скереда покривельна (*Crepis tectorum* L.), нечуйвітер волохатенький (*Hieracium pilosella* L.), латук дикий (*Lactuca serriola* Torner), перстач повзучий (*Potentilla reptans* L.) тощо.

Натомість у травостої продовжує домінувати осока гостроподібна (*Carex acutiformis* Ehrh.), тоді як на відкритих місцях дернини осоки високої (*C. elata* All), котрі у 2008 році займали ранг співдомінанта, знаходяться в край пригніченому статі й поступово деградує. Відзначається широке поширення ксеро-мезофітних злаків: кунічника сірватого (*Calamagrostis canescens* (Weber) Roth), мітлиці повзучої (*Agrostis stolonifera* L.), мітлиці тонкої (*Agrostis tenuis* Sibth.) і костриці лучної (*Festuca pratensis* Huds.), що раніше не відмічалось. Усе зазначене свідчить про розвиток серіальних стадій сукцесії рослинного покриву від водно-болотних угруповань до лучно-болотних і лучних [18].

Сильватизація лучних ділянок після припинення господарського використання (в основному випасання худоби) негативно позначається на чисельності популяцій окремих рідкісних видів рослин, зокрема пальчатокорінників Фукса (*Dactylorhiza*

fuchsii), м'ясочервоного (*Dactylorhiza incarnata*) та плямистого (*Dactylorhiza maculata*), поширених в околицях с. Хаєнки. Погіршення водного режиму негативно позначається також на чисельності популяцій пухирника малого (*Utricularia minor* L.), плауна річного (*Lycopodium annotinum* L.) та альдрованди пухирчастої (*Aldrovanda vesiculosa* L.).

Головні висновки. Прискорення темпів підвищення температури повітря при зменшенні кількості опадів за період з 2006 по 2020 рр. є першопричиною істотного погіршення гідрологічного режиму території Ічнянського НПП, водного режиму біотопів та активізації сукцесій рослинного покриву в Ічнянському НПП.

Зміни гідротермічного режиму території позначаються на перебігу автогенних сукцесій едифікаторів деревного ярусу в лісах менш виразно, ніж у ценозах лучно-болотного комплексу.

В умовах погіршення вологозабезпечення водно-болотних біотопів фанерофіти (представники родів *Betula*, *Alnus*, *Salix*, *Frangula*) мають конкурентні переваги перед гемікриптофітами і трав'янистими екобіоморфами й здатні формувати квазілісові ценози.

На відкритих земельних ділянках (колишніх с/г вгіддях) видовий склад фітоценозів в ініціальних стадіях сукцесії здебільшого формується залежно від наявності діаспор експлерентів, які першими заповнюють екологічні ніші. У більшості біотопів на території Ічнянського НПП провідні позиції серед експлерентів займають *Pinus sylvestris* і *Betula pendula*.

Сильватизація лучно-болотних місцезростань негативно позначається на чисельності популяцій рідкісних видів рослин – гігромезофітів, що потребує проведення системи заходів для їх збереження [19].

Література

1. Дідух Я.П. Екологічні аспекти глобальних змін клімату: причини, наслідки, дії. *Вісник НАН України*. 2009. № 2. С. 34–44.
2. Дідух Я.П. Якими будуть наші ліси? *Укр. ботан. журн.* 2010. Т. 67. № 3. С. 321–343.
3. Дідух Я.П. Сучасні тенденції змін рослинного покриву та їх дослідження. *Наук. записки НАУКМА*. 2011. Том 119 : Біологія та екологія. С. 40–45.
4. Динаміка сукцесії в лісових насадженнях / М.І. Волошин, М.Д. Кучма, Г.О. Хаурдінова, В.В. Мороз. *Збірник наук. праць Вінницького нац. аграрн. ун-ту*. Вінниця, 2012. Вип. 4. № 63. С. 162–169.
5. Андриєнко Т.Л. Ічнянський національний парк. *Перспективна сеть заповідних об'єктів України* / под общ. ред. Ю.Р. Шеляга-Сосонко. Київ : Наук. думка, 1987. 292 с.
6. Фіторізноманіття заповідників і національних природних парків України. Київ : Фітосоціоцентр, 2012. Ч. 2 : *Національні природні парки* / колектив авт. під ред. В.А. Онищенко і Т.Л. Андриєнко. 580 с.
7. Літописи природи Ічнянського НПП за 2013–2019 рр.
8. Жигаленко О.А. Лісова рослинність Ічнянського національного природного парку. *Укр. ботан. журн.* 2009. Т. 66. № 6. С. 836–845.
9. Жигаленко О.А. Анований конспект флори Ічнянського національного природного парку. Суми : Університетська книга, 2015. 79 с.
10. Лобань Л.О. Лісова рослинність верхньої частини басейну р. Удай (Чернігівська обл.). *Укр. ботан. журн.* 2000. Т. 57. № 4. С. 386–392.
11. Лукіша В.В., Шульга О.О. Оцінка екологічних загроз лісам природно-заповідного фонду (на прикладі Ічнянського НПП). *Екологічні науки : науково-практичний журнал*. Київ : ДЕА, 2017. № 16–17. С. 111–121.
12. Колесниченко М.В. Лесомеліорація с основами лесоводства. 2-е изд. Москва : Колос, 1981. 334 с.
13. Логинов В.Б. Интродукционная оптимизация лесных культурценозов : монография. Киев : Наукова думка, 1988. 164 с.
14. Яценко П.Т., Надорожняк О.Я. Сильватизація як процес і фактор ренатуралізації природних екосистем Західного Полісся : збірник наук.-техн. праць. Львів : УкрДЛТУ, 2003. Вип. 13.3. С. 171–176.

15. Лисенко Г.М., Шовкун Т.О. *Eriopactis palustris* (L.) Crantz на території Ічнянського національного природного парку: сучасний стан популяції, екологічні особливості та заходи охорони. *Dynamics of the development of world science. Abstracts of the 2nd International scientific and practical conference. Perfect Publishing. Vancouver, Canada.* 2019. P. 291–292. URL: <http://sci-conf.com.ua>.
16. Жигаленко О.А., Данилик І.М., Андрієнко Т.Л. Нова знахідка *Carex bohemica* Schreb. (CYPERACEAE) з лівобережного Лісостепу (Україна). *Укр. ботан. журн.* 2009. Вип. 66. № 4. С. 566–570.
17. Лисенко Г.М. Стан популяції *Carex bohemica* (Cyperaceae) в Ічнянському національному природному парку. *Мережа NATURA 2000 як інноваційна система охорони рідкісних видів та оселищ в Україні. Серія «Conservation biology in Ukraine»*: матер. наук.-практ. семінару, м. Київ, 15 лютого 2017 р. Вип. 1. Київ : LAT&K, 2017. С. 76–79.
18. Лисенко Г.М. *Carex bohemica* Schreb. в Ічнянському національному природному парку: сучасний стан популяції, проблеми збереження та самовідтворення. *Теоретичні та прикладні аспекти вивчення, збереження та збагачення фіторізноманіття у науково-дослідних установах та навчальних закладах України* : мат. Всеукр. наук.-практ. конф. (м. Хорол, 4 жовтня 2018 р.). Полтава : ФОП Гаража М.Ф., 2018. С. 64–67.
19. Лисенко Г.М., Пасічник С.В., Шульга О.О. Оптимізація заповідних режимів у Ічнянському національному природному парку. *Моніторинг та охорона біорізноманіття в Україні: Рослинний світ та гриби. Серія «Conservation Biology in Ukraine»*. Київ-Чернівці : Друк Арт, 2020. Вип. 16. Т. 1. С. 129–133.

АГРОЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ВПЛИВУ ЗМІН КЛІМАТУ НА УМОВИ ВИРОЩУВАННЯ І ПРОДУКТИВНІСТЬ НАСАДЖЕНЬ МІСКАНТУСУ В ПІВНІЧНОМУ СТЕПУ

Польовий А.М., Вольвач О.В., Божко Л.Ю., Барсукова О.А.

Одеський державний екологічний університет

вул. Львівська, 15, 65016, м. Одеса

apolevoy@te.net.ua, rada.d.4109001@gmail.com, bozko@i.ua, lena5933@ukr.net

Розвиток біоенергетики сприятиме посиленню енергонезалежності України в сучасних складних економічних умовах. Україна має виключні агрокліматичні та ґрунтові ресурси для отримання сталих і високих урожаїв біоенергетичних культур, зокрема й міскантусу. Тому необхідним є детальне вивчення агрокліматичних умов його вирощування на досліджуваній території з метою раціонального використання цих умов і найбільш оптимального розміщення посівів. Особливого значення набуває вирішення цього питання у зв'язку зі змінами клімату.

Метою дослідження є оцінка впливу змін клімату на агрокліматичні ресурси стосовно умов формування продуктивності гігантського міскантусу на прикладі однієї з областей Північного Степу України – Дніпропетровської. Для досягнення поставленої мети були розраховані основні агрокліматичні показники вегетаційного періоду міскантусу третього року життя за період із 2021 до 2050 рр. за сценаріями RCP6.0 та RCP 8.5. Для порівняльного аналізу сценарних і фактичних показників узято період із 1980 до 2010 роки. Також було визначено вплив можливих змін клімату на фотосинтетичну продуктивність та врожайність міскантусу. Дослідження формування врожайності проводилося з використанням математичної моделі оцінки агрокліматичних ресурсів формування продуктивності сільськогосподарських культур, адаптованої для культури міскантусу.

За результатами розрахунків можна зробити висновок, що умови теплозабезпеченості посівів за умов змін клімату залишаться сприятливими для вирощування міскантусу. Показник вологозабезпеченості посівів за умов сценарію RCP6.0 залишиться на нинішньому рівні. За реалізації сценарію RCP8.5 умови зволоження досить суттєво погіршаться. Однак це погіршення компенсується властивістю міскантусу економічно використовувати вологу та помірно посухостійкістю. Урожай надземної маси міскантусу за базових умов становить 20,3 т/га. За умов сценарію RCP6.0 він становитиме 23,4 т/га, тобто 115% від базового. За умов сценарію RCP8.5 очікується врожай 19,4 т/га, тобто 96% від базового. Тому врожаї культури в умовах майбутніх змін клімату будуть стабільними. *Ключові слова:* міскантус, модель продуктивності, зміна клімату, агрокліматичні умови, урожай біомаси.

Agroecological assessment of the impact of climate change on growing conditions and productivity of miscanthus plantations in the Northern Steppe. Polevoy, A., Volvach, O., Bozhko, L., Barsukova, E.

The development of bioenergy will contribute to strengthening energy independence Ukraine in today's difficult economic conditions. Ukraine has exceptional agroclimatic and soil resources for sustainable and high yields bioenergy crops, in particular miscanthus. Therefore, detailed is necessary study of agro-climatic conditions of its cultivation on the studied territory in order to rationally use these conditions and most optimal placement of crops. Particular importance is the solution this issue in the face of climate change.

The purpose of this study is to assess the impact of climate change on agroclimatic resources in relation to the conditions of productivity formation giant miscanthus on the example of one of the areas of the Northern Steppe of Ukraine – Dnipropetrovsk. To achieve this goal were the main agroclimatic indicators of the miscanthus vegetation period are calculated of the third year of life for the period from 2021 to 2050 according to the scenarios RCP6.0 and RCP 8.5. For comparative analysis of scenario and actual indicators taken the period from 1980 to 2010. The impact was also identified possible climate change on photosynthetic productivity and yield miscanthus. The study of yield formation was conducted with using a mathematical model for assessing agro-climatic resources formation of crop productivity adapted for miscanthus culture.

Based on the results of calculations, we can conclude that the conditions of heat supply for crops under climate change will remain favorable for growing miscanthus. Moisture content of crops under RCP6.0 scenario conditions will remain at the current level. By implementing the RCP8.5 scenario humidification conditions will deteriorate significantly. However, it deterioration is compensated by the property of miscanthus economically use moisture and moderate drought resistance. Harvest aboveground the mass of miscanthus under basic conditions is 20.3 t / ha. Under the terms of the RCP6.0 scenario it will be 23.4 t / ha, i.e 115% of the baseline. Under the terms of the RCP8.5 scenario is expected to yield 19.4 t / ha, i.e 96% of the baseline. Therefore, the harvest crops in the context of future climate change will be stable. *Key words:* miscanthus, productivity model, climate change, agroclimatic conditions, biomass harvest.

Постановка проблеми. Функціонування сучасної енергетичної системи в Україні суттєво залежить від імпортової енергетичної сировини. За даними Державної служби статистики, найдорожчими статтями українського імпорту є нафтопродукти і вугілля, ціна на які постійно зростає. Тому для зменшення енер-

гетичної залежності та зміцнення енергетичної безпеки перед нашою державою постає дуже актуальне завдання – скорочення споживання імпортного палива. Цього можна досягнути за умов використання альтернативних відновлюваних джерел енергії, зокрема і створених на основі біоенергетичної сировини [1–5].

Актуальність дослідження. Біоенергетика нині є одним із найбільш перспективних складників світової економіки. Хоч біоенергетика вважається досить молодого галуззю народного господарства, однак розвивається вона дуже швидкими темпами. Поняття «біоенергетика» поєднує все, що будь-яким чином пов'язано з отриманням у промислових масштабах енергії з різних видів поновлюваної сировини біологічного походження. Така сировина та її похідні називаються біопаливом. Як біопаливо використовують різні види рослинної та органічної сировини.

Оскільки лісові деревні рослини є безцінним об'єктом природи, використання деревини (за винятком відходів деревообробки та сухоостою) як біопалива є найменш бажаним напрямом, то останніми роками значно збільшився інтерес до біопалива, що виробляється з високопродуктивних енергетичних культур.

Важливим аспектом, пов'язаним із використанням біопалива, є екологічна чистота викидів порівняно з викопними видами палива. Енергетичні рослини поглинають із повітря вуглекислий газ і разом з енергією сонця та водою перетворюють його в органічну речовину. У процесі спалювання вони виділяють таку ж кількість CO₂, яку споживають у процесі росту, тобто не сприяють виникненню парникового ефекту. Використання поновлюваної енергії, накопиченої рослинами в процесі фотосинтезу, заслуговує все більшої уваги у зв'язку зі змінами клімату у світі.

Другий важливий аспект вирощування енергетичних культур полягає у тому, що їх можна вирощувати на низькородючих, деградованих і забруднених ґрунтах («маргінальних»), що дозволяє їх відновлювати [6].

Перспективним джерелом для виробництва біопалива є міскантус гігантський (*Miscanthus giganteus*). Це рослина нового покоління енергетичних культур із підвищеною стійкістю, врожайністю і хімічним складом, вирощування якої дозволяє отримати високоякісний енергетичний продукт [2].

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Тема дослідження відповідає основним напрямам Енергетичної стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність», схваленої розпорядженням Кабінету Міністрів України № 605-р від 18 серпня 2017 р. [7]. Саме цим документом підтверджується підтримка нашою державою курсу європейських країн на зменшення споживання невідновлюваних видів палива і надання переваги поновлюваним джерелам енергії. Також тематика досліджень відповідає основним напрямам наукової діяльності кафедри агрометеорології та агроекології Одеського державного екологічного університету, зокрема науково дослідній роботі на тему «Оцінка впливу змін клімату на поновлювальні та невичерпні природні ресурси України».

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У таких країнах Європи, як Німеччина, Велика Британія, Італія, Франція, Іспанія, Польща, Чехія,

міскантус досліджують та вирощують як енергетичну рослину ще з 90-х років минулого століття. Для України ця культура є порівняно новою, але вже посіла провідне місце з-поміж злакових енергетичних культур як така, що має найбільший потенціал за врожайністю. Врожайність зеленої фітомаси становить від 60 до 150 т/га, сухої маси – 10–15 (до 32) т/га [8; 9].

В Україні вивченню поширення міскантусу присвячена значна кількість наукових праць широкого кола фахівців, насамперед Інституту біоенергетичних культур та цукрових буряків Національної академії аграрних наук України (далі – НААН). Основними напрямками досліджень фахівців цієї установи стосовно культури міскантусу є інтродукція та селекція [10], розроблення технологій вирощування та захисту плантацій від бур'янів, шкідників та хвороб [11; 12]. Багаторічні напрацювання вчених з Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків (далі – ІБКіЦБ) щодо агротехнічних та екологічних основ технології вирощування високопродуктивних біоенергетичних культур, зокрема й міскантусу, узагальнені у двох сучасних монографіях [13; 14]. Також ІБКіЦБ є оригіном сорту міскантусу гігантського Осінній зорецьвіт.

Також дослідженню культури міскантусу присвячені численні праці вчених Національного ботанічного саду ім. М.М. Гришка НААН [15; 16]. У результаті інтродукційної і селекційної роботи фахівців цієї установи було створено сорт міскантусу гігантського Гулівер.

Суттєвий внесок у розвиток біоенергетики в Україні роблять члени Біоенергетичної організації – UABIO. Це неприбуткова громадська спілка, яка об'єднує бізнес та експертів для розвитку української біоенергетики [17].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Натепер культура міскантусу вже досить добре вивчена як у морфологічному аспекті, так і в агротехнічному. Також розроблено технологію перероблення фітосировини та визначено показники якості твердого біопалива з міскантусу. Незважаючи на таке широке коло вивчених питань, відомості стосовно впливу майбутніх змін клімату на умови вирощування і продуктивність культури у вітчизняній літературі наразі майже відсутні.

Тому метою дослідження є вивчення впливу агрокліматичних умов на формування продуктивності міскантусу в Північному Степу (на прикладі Дніпропетровської області) та визначення впливу можливих змін клімату на майбутні врожаї культури.

Методологічне або загальнонаукове значення. Дослідження впливу змін клімату на режим агроекологічних показників розвитку і формування продуктивності міскантусу в Північному Степу України виконувалося шляхом порівняння показників за базових умов (період

1980–2010 pp.) та розрахованих показників в умовах змін клімату за двома з набору кліматичних сценаріїв RCP (Репрезентативні траєкторії концентрацій – Representative Concentration Pathways) – RCP6.0 та RCP8.5 (за період із 2021 до 2050 pp.).

Репрезентативні траєкторії концентрацій – сценарії, які включають часові ряди викидів і концентрацій усього набору парникових газів, аерозолів і хімічно активних газів. Сценарії RCP визначаються приблизною сумарною величиною радіаційного впливу до 2100 року порівняно з 1750 р.: 6,0 Вт·м⁻² для сценарію RCP6.0 і 8,5 Вт·м⁻² для сценарію RCP8.5. Сценарій RCP6.0 вважається сценарієм стабілізації, а RCP8.5 – «жорстким» сценарієм із дуже високими рівнями викидів парникових газів [18].

Для розрахунків агрокліматичних показників вегетаційного періоду за багаторічний період застосована інформація з агрокліматичних довідників. Дослідження впливу змін клімату на майбутню продуктивність посівів міскантусу виконувались за базовою моделлю оцінки агрокліматичних ресурсів, запропонованою А.М. Польовим [19].

Уже зазначалося, що міскантус є порівняно новою культурою для України, тому наразі в агрометеорологів немає багаторічних матеріалів спостережень за культурою. Тому для визначення агрокліматичних показників розвитку міскантусу ми користувалися даними з літературних джерел [13–15]. Також слід зазначити, що посіви міскантусу першого року вирощування накопичують досить невелику біомасу, тому зазвичай його не скошують. Як правило, посіви починають експлуатувати з другого-третього року життя і вони щорічно протягом 15–20 років забезпечують стабільні врожаї сухої біомаси. Тому об'єктом дослідження було обрано посіви міскантусу третього року життя.

Виклад основного матеріалу. Основні агрокліматичні показники вегетаційного періоду міскантусу для Північного Степу представлено в табл. 1.

Відновлення вегетації плантацій міскантусу в Північному Степу починається за середніми багаторічними даними 18.04. За умов реалізації сценарію зміни клімату RCP6.0 строки відновлення вегетації міскантусу в Північному Степу суттєво зміняться (порівняно з базовими). Відновлення вегетації очікується 11 квітня, тобто на 7 днів раніше ніж за базових умов. Сума активних температур, що накопичується за вегетаційний період, становить за базових умов 3114°C. За сценарними умовами вона буде набагато більшою і становитиме 3723°C. Відповідно, збільшується і середня температура за вегетацію: за базових умов вона становить 17,7°C, за сценарних очікується вище на 1,8–19,5°C. Можна сказати, що температурні умови вегетації за змін клімату дещо покращаться.

За умов реалізації сценарію зміни клімату RCP8.5 очікується більш пізній термін відновлення вегетації міскантусу – 20 квітня. Таким чином, різниця в термінах у порівнянні з базовим варіантом становитиме лише 2 дні. Сума активних температур, що накопичується за вегетаційний період за умов цього сценарію, у порівнянні з базовою майже не зміниться і становитиме 3092°C. Середня за вегетаційний період температура повітря за умов реалізації сценарію RCP8.5 очікується майже така ж, як і базова: 18,0°C проти базових 17,7°C.

Оскільки головним джерелом поповнення запасів ґрунтової вологи є опади, ми порівняли декадні значення суми опадів за базовим та сценарним варіантами. За середньобагаторічними даними протягом вегетаційного періоду міскантусу в Північному Степу випадає 273 мм опадів. За сценарним варіантом RCP6.0 їх очікується майже стільки ж – 264 мм. Це лише на 9 мм, або 3%, менше за базовий варіант. За сценарієм RCP8.5 очікується набагато менша кількість опадів за вегетацію міскантусу, яка становитиме лише 202 мм, що менше за базову на 71 мм (або на 26%).

Таблиця 1

Порівняння середніх багаторічних показників формування врожаїв міскантусу з розрахованими за різними сценаріями зміни клімату

| Сценарій, період | 1980–2010 | Сценарій RCP6.0 | | | Сценарій RCP8.5 | | |
|--|-----------|-----------------|---------|------------|-----------------|---------|------------|
| | | 2021–2050 | різниця | різниця, % | 2021–2050 | різниця | різниця, % |
| Дата відновлення вегетації | 18.04 | 11.04 | -7 | | 20.04 | 2 | |
| Середня температура повітря за період, °C | 17,7 | 19,5 | 1,8 | | 18,0 | 0,3 | |
| Сума опадів за період, мм | 273 | 264 | -9 | 3 | 202 | -71 | 26 |
| Сумарне випаровування за період (E), мм | 365 | 462 | 97 | 27 | 275 | -90 | 25 |
| Випаровуваність за період, (E ₀), мм | 711 | 949 | 239 | 33 | 787 | 76 | 11 |
| Відносна вологозабезпеченість (E/E ₀), відн. од. | 50 | 49 | -1 | | 35 | -15 | |
| Середній за період ГТК, відн. од. | 0,88 | 0,87 | -0,01 | | 0,65 | -0,23 | |
| Сума ФАР, кДж/см ² за період | 160,4 | 203,3 | 42,9 | 27 | 183,3 | 22,9 | 14 |

Базова величина сумарного випаровування (фактичного вологоспоживання) міскантусу становить 365 мм, базове значення вологопотреби культури (випаровуваності) становить 711 мм. Базове значення дефіциту вологи (різниця випаровуваності E_0 та випаровування E) становить 346 мм. За умов реалізації сценарію RCP6.0 дефіцит вологи протягом вегетації становитиме 487 мм, тобто збільшення дефіциту становитиме відповідно 141 мм, або 41%. При цьому величина E збільшиться відповідно на 97 мм (27%) у порівнянні з базовою і становитиме 462 мм. Величина E_0 також збільшиться до значення 949 мм, що на 239 мм, або 33%, більше базового значення. Тобто величини E та E_0 за сценарієм RCP6.0 майже однаково збільшаться.

З огляду на таке суттєве й однакове збільшення обох складників, сценарна вологозабезпеченість вегетаційного періоду міскантусу майже не зміниться і становитиме 49% проти 50% базових. Залишиться без змін і величина гідротермічного коефіцієнта Г.Т. Селянинова (ГТК): з 0,88 до 0,87 відн. од.

Дещо інакше ведуть себе показники зволоження вегетаційного періоду за умов реалізації сценарію RCP8.5. Величина E зменшиться в умовах зміни клімату на 90 мм (25%) у порівнянні з базовою і становитиме 275 мм. Величина E_0 збільшиться до значення 787 мм, що на 76 мм, або 11%, більше базового значення. Також суттєво збільшиться дефіцит вологи протягом вегетації. Він становитиме 512 мм замість базового 646 мм (тобто збільшення дефіциту становитиме відповідно 166 мм, або 48%). У зв'язку з тим, що сценарна величина випаровування дуже зменшиться, а сценарна величина випаровуваності не надто зросте, вологозабезпеченість вегетаційного періоду міскантусу за умов реалізації сценарію RCP8.5 також поступово зменшиться (E/E_0) і коливатиметься в межах від 30 до 35%. Також очікується зменшення величини ГТК, що коливатиметься від 0,88 до 0,65 відн. од.

Загальний прихід ФАР за вегетаційний період за середніми багаторічними даними становить 160,4 кДж/см². За сценарієм RCP6.0 протягом 2021–2050 рр. прихід ФАР очікується набагато більше за базовий – 203,3 кДж/см², що на 42,9 кДж/см² більше. У відсотковому співвідношенні таке збільшення становить 27%.

Сума ФАР за вегетаційний період міскантусу за сценарієм RCP8.5 становить 183,3 кДж/см², що на 22,9 кДж/см² більше базової суми. У відсотковому співвідношенні таке збільшення є також досить суттєвим і становить 14%.

Розрахунки продуктивності посівів, як уже зазначалось, виконувались за допомогою математичної моделі А.М. Польового. Її алгоритм базується на принципах максимальної продуктивності посівів Х. Тоомінга [20]. Розглядалися такі агроєкологічні категорії врожайності: потенційна врожайність (далі – ПУ), яка за умов оптимальної забезпеченості рослин теплом, вологою та мінеральним живленням

визначається лише надходженням сонячної радіації; метеорологічно можлива врожайність (далі – ММУ), яка забезпечується температурним режимом та режимом зволоження досліджуваної території; дійсно можлива врожайність (далі – ДМУ), що забезпечується природною родючістю ґрунту. Останньою агроєкологічною категорією є господарська врожайність або врожайність у виробництві (далі – УВ). Рівень господарської врожайності загальної біомаси обмежується реальним рівнем культури землеробства й ефективністю внесених мінеральних і органічних добрив [19].

Зміни агрокліматичних умов вирощування у зв'язку з очікуваними змінами клімату в Північному Степу зумовлять і зміни показників фотосинтетичної продуктивності посадок міскантусу. Зміниться динаміка формування площі листової поверхні та величини фотосинтетичного потенціалу посівів (далі – ФСП), чистої продуктивності фотосинтезу та приростів біомаси. Зміна цих складників формування врожаю призведе до зміни величини загальної сухої біомаси врожаїв усіх агроєкологічних категорій.

На рис. 1 представлена динаміка середньодекадних приростів потенційної врожайності міскантусу залежно від добових сум ФАР за умов сценарію RCP6.0 у порівнянні з базовими. Відомо, що перебіг ФАР зумовлює прирости потенційної врожайності. Величини сум ФАР за базовим варіантом менші за сценарні, тому і базові значення приростів також менші.

Можна спостерігати, що майже всі величини базових приростів не перевищують 550 г/м²·дек, тоді як за сценарним варіантом максимальні прирости ПУ коливаються в межах 650–665 г/м²·дек. Виняток становить лише третя декада вегетації, коли величини базового і сценарного приростів майже однакові, але у цю декаду базові суми ФАР також майже дорівнюють сценарним, тому ця ситуація є цілком природною. До кінця вегетації приріст ПУ зменшується до 202 г/м²·дек за базових умов і до 268 г/м²·дек – за сценарних.

На рис. 2 представлені результати аналогічних розрахунків за сценарієм RCP8.5. Можна побачити, що протягом 3–5 декад вегетації величини ФАР базові і сценарні відрізняються найменше, тому різниця між приростами ПУ базовими і сценарними також несуттєва. Найбільш активно росте ПУ міскантусу протягом 6–11 декад вегетації, коли базові прирости коливаються в межах 490–620 г/м²·дек, а сценарні – у межах 580–635 г/м²·дек. Із дванадцятої декади спостерігається зменшення приростів, які на кінець вегетації становлять 200 г/м²·дек за базових умов і 320 г/м²·дек – за сценарних.

На основі кількісних значень фактичних та сценарних урожаїв міскантусу різних агроєкологічних рівнів ми виконали оцінку узагальнювальних характеристик ґрунтових та агрокліматичних умов формування продуктивності її плантацій. Рівень родючості ґрунтів Дніпропетровської області нами прийнято за 0,69 відн. од.

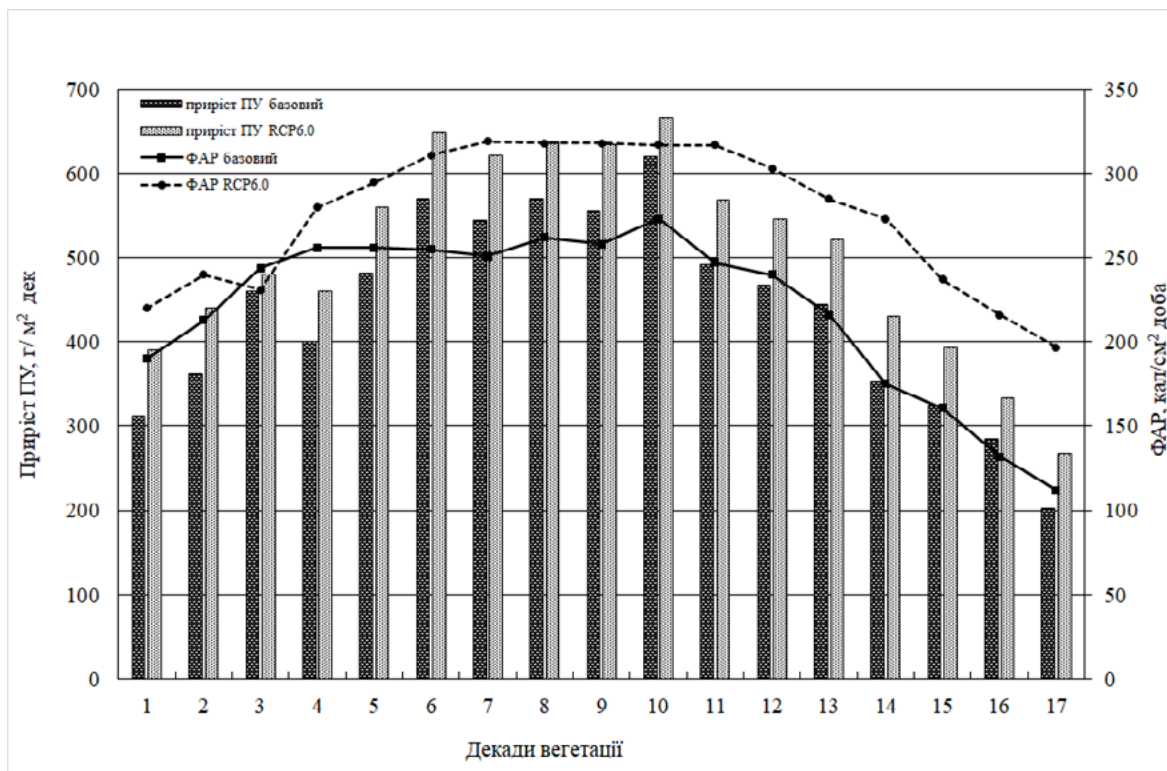


Рис. 1. Динаміка середньодекадних приростів потенційної врожайності міскантусу за сценарієм RCP6.0 порівняно з базовими умовами

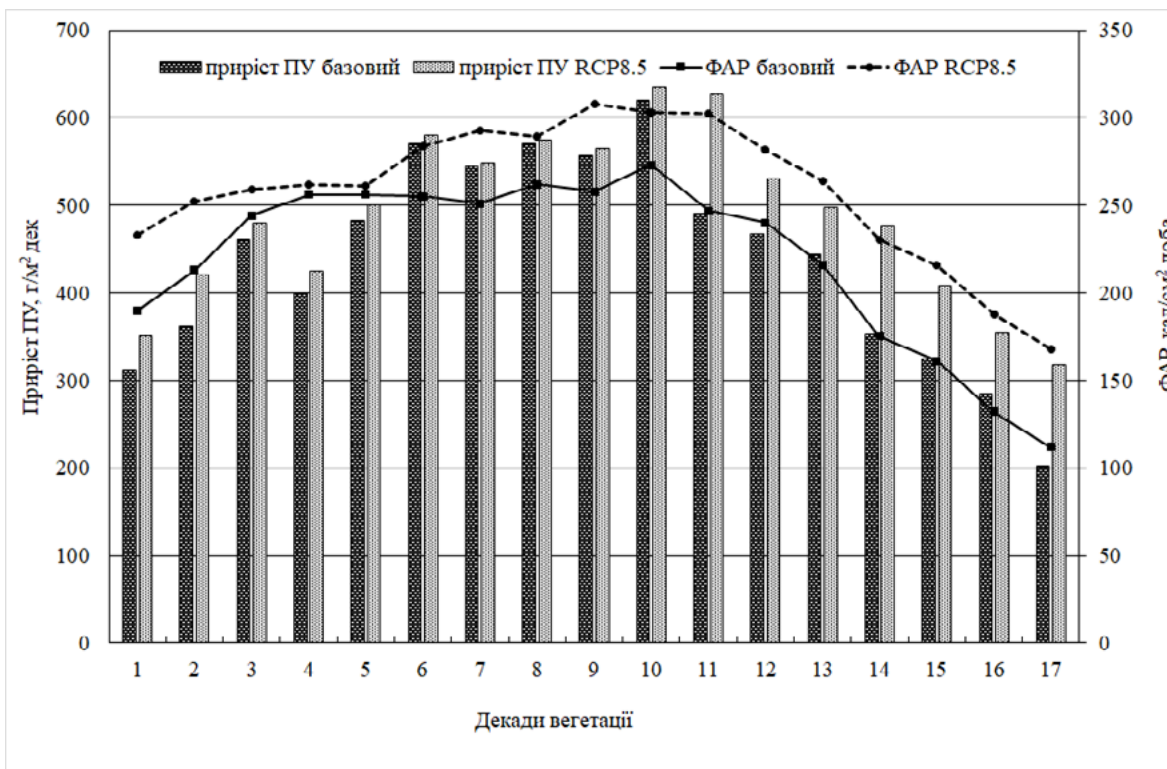


Рис. 2. Динаміка середньодекадних приростів потенційної врожайності міскантусу за сценарієм RCP8.5 порівняно з базовими умовами

Формування урожаю міскантусу в Північному Степу за базових умов та порівняно з умовами за сценаріями зміни клімату

| Період, сценарій | Вся суха маса, ц/га | | | Фотосинтетичний потенціал м ² /м ² за період | Урожай за вологості 19% | | |
|------------------|---------------------|---------------------------------|-------------------------|--|-------------------------|----------------------|---------------------|
| | потенційного урожаю | метеорологічно можливого урожаю | дійсно можливого урожаю | | надземної маси, т/га | підземної маси, т/га | сумарної маси, т/га |
| 1980–2010 | 936 | 358 | 247 | 528 | 20,3 | 10,2 | 30,5 |
| Сценарій RCP6.0 | | | | | | | |
| 2021–2050 | 971 | 411 | 284 | 645 | 23,4 | 11,7 | 35,1 |
| Різниця | 35 | 53 | 37 | 117 | 3,1 | 1,5 | 4,6 |
| Сценарій RCP8.5 | | | | | | | |
| 2021–2050 | 962 | 342 | 236 | 468 | 19,4 | 9,7 | 29,1 |
| Різниця | 26 | -16 | -11 | -60 | -0,9 | -0,5 | -1,4 |

У табл. 2 наводяться узагальнені характеристики продуктивності міскантусу за обома сценаріями у порівнянні з базовими значеннями.

Можна бачити, що за умов сценарію «стабілізації» RCP6.0 в період 2021–2050 рр. в Північному Степу очікуються умови, сприятливі для вирощування міскантусу. Про це свідчать більші за базові сценарні потенційні врожаї сухої біомаси культури, які очікуються завдяки збільшенню приходу ФАР протягом вегетації. Незважаючи на невелике зменшення кількості опадів протягом вегетаційного періоду, завдяки покращенню температурного режиму величини сухої маси ММУ, що очікуються, будуть дещо більше за базові. Та ж сама ситуація спостерігається і з сухою біомасою ДМУ.

На тлі підвищених значень ФАР за умов сценарію RCP6.0 сформується і високий фотосинтетичний потенціал травостою, він становитиме 645 м²/м² чи 122% базової величини (528 м²/м²). Урожай надземної маси міскантусу за вологості 15% становить 20,3 т/га за базових умов. У разі агрокліматичних умов сценарію RCP6.0 він складатиме 23,4 т/га – 115% від базового. Урожай підземної маси міскантусу за вологості 15% становить 10,2 т/га за базових умов. У разі агрокліматичних умов сценарію RCP6.0 очікується урожай 11,7 т/га – також 115% від базового. Загальна біомаса міскантусу становить за сценарієм RCP6.0 35,1 т/га проти базових 30,5 т/га.

За умов «жорсткого» сценарію RCP8.5 у період 2021–2050 рр. в Північному Степу очікуються умови, менш сприятливі для вирощування міскантусу, ніж базові та за сценарієм RCP6.0. Однак можна побачити, що сценарні потенційні врожаї сухої біомаси культури більші за базові. Це можливо завдяки збільшенню приходу ФАР протягом вегетації за сценарним варіантом. Але суттєве зменшення кількості опадів протягом вегетаційного періоду та погіршення умов вологозабезпеченості призведуть до того, що величини сухої маси ММУ і ДМУ, що очікуються, будуть дещо меншими за базові.

Якщо в період максимального розвитку (це, як правило, 9–10 декада вегетації) за середніх багаторічних умов площа листя становить 5,15 м²/м², то за сценарієм RCP8.5 очікується зменшення її величини до 4,8 м²/м². Також сформується і менший фотосинтетичний потенціал посіву. За сценарієм RCP8.5 очікується зменшення його величини до 468 м²/м², тобто він становитиме 89% базової величини.

Як уже зазначалося, урожай сухої надземної маси міскантусу становить 20,3 т/га за базових умов. У процесі реалізації сценарію RCP8.5 величина урожаю надземної маси становитиме 19,4 т/га – 96% від базової. Урожай підземної маси міскантусу в умовах реалізації сценарію RCP8.5 становитиме 9,7 т/га – також 96% від базового. Загальна біомаса міскантусу становить за сценарієм RCP8.5 29,1 т/га проти базових 30,5 т/га.

Головні висновки. Загалом, можна сказати, що за умов обох сценаріїв змін клімату не слід очікувати суттєвого погіршення умов зростання міскантусу. За першим сценарієм ці умови навіть покращаться, що приведе до збільшення врожаїв. Деяке погіршення умов за другим сценарієм буде суттєво знівельоване завдяки біологічними особливостям міскантусу (властивістю його економно та продуктивно використовувати вологу, помірну посухостійкість та теплолюбність). Тому за умов вирощування вітчизняних сортів, адаптованих до агрокліматичних умов України, можна очікувати значний прогрес у розвитку біоенергетики завдяки цінній біоенергетичній культурі – міскантусу.

Перспективи використання результатів досліджень. В Україні є великі площі малопродуктивних і «маргінальних» земель, на яких можна одержувати значні обсяги біомаси високопродуктивних енергетичних культур, зокрема й міскантусу. Як показують наші розрахунки, навіть за умов реалізації досить «жорсткого» сценарію зміни клімату на території Північного Степу можна очікувати досить високі врожаї. Тому необхідно проводити подальші дослідження.

дження для території Полісся та Лісостепу, що за кліматичними умовами є більш сприятливими для вирощування міскантусу. Також перспективними

є дослідження в умовах реалізації інших кліматичних сценаріїв, що сприятиме просуванню біоенергетичних культур в Україні.

Література

1. Бунтов І.Ю. Перспективи розвитку досліджень зі створення біопалива в Україні. *Бізнесінформ*. 2014. № 12. С. 267–275.
2. Енергетичні рослини як альтернатива традиційним видам палива / О.Б. Хіврич та інші. *Агробіологія*. 2011. Вип. 6. С. 153–157.
3. Зинченко В., Яшин М. Энергия мискантуса. *Леспроектформ*. 2011. № 6 (80). С. 134–140.
4. Mola-Yudego B., Arevalo J., Díaz-Yáñez O., Dimitriou I., Freshwater E., Haapala A., Khanam T. & Selkimäki M. Reviewing wood biomass potentials for energy in Europe: the role of forests and fast growing plantations. *Biofuels*. 2017. Vol. 8, № 4. P. 401–410. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17597269.2016.1271627>.
5. Гелетуша Г.Г., Железна Т.А., Баштовий А.І., Гелетуша Г.І. Огляд кращих практик організації роботи ринку біопалив у країнах ЄС. *Промышленная теплотехника*. 2017. № 5. т. 39, С. 108–112. URL: <https://doi.org/10.31472/ihe.5.2017.18>.
6. Шароваров Г.А., Минюк З.П. Энергетические долины на территориях, загрязненных радионуклидами, актиноидами и тяжелыми металлами. *Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ*. 2008. № 6. С. 55–62.
7. Розпорядження КМУ від 18 серпня 2017 р. № 605-р Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-p> (дата звернення: 08.11.2019 р.).
8. Курило В.Л., Рахметов Д.Б., Кулик М.І. Біологічні особливості та потенціал урожайності енергетичних культур родини тонконогових в умовах України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. № 1. С. 11–17. DOI 10.31210/visnyk2018.01.01.
9. Курило В.Л., Гументик М.Я., Квак В.М. Міскантус – перспективна енергетична культура для виробництва біопалива. *Агробіологія: зб. наук. праць Білоцерківського НАУ*. 2010. № 4(80). С. 62–66.9 .
10. Роїк М.В., Гонтаренко С.М., Лашук С.О. Сучасний стан розвитку селекції та реєстрації представників роду *Miscanthus* в Україні та світі. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур та цукрових буряків*. 2014. Вип. 21. С. 249–254.
11. Гументик М.Я. Технологічні основи створення промислових плантацій високопродуктивних біоенергетичних культур. *Біоенергетика*. № 1 (15). 2020. С. 14–17.
12. Макух Я.П. Особливості формування врожайності міскантусу гігантського за спільної вегетації з бур'янами. *Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2017. Вип. 25. С. 115–123.
13. Вирощування біоенергетичних культур : монографія / М.Я. Гументик та ін.; /за ред. к.с.-г. наук, с.н.с. М.Я. Гументик. Київ : ТОВ «ЦП «Компринт», 2018. 179 с.
14. Міскантус в Україні: монографія / М.В. Роїк, В.М. Сінченко, В.І. Пиркін, В.М. Квак та ін. Київ : ФОП Ямчинський О.В., 2019. 256 с.
15. Рахметов Д.Б., Щербаківа Т.О., Рахметова С.О. Перспективні енергетичні рослини роду *Miscanthus Anderss*, інтродуковані в Національному ботанічному саду ім. М.М. Гришка НАН України. *Інтродукція рослин*. 2015. № 1(65). С. 3–18.
16. Vergun O.M., Rakhmetov D.B., Fishchenko V.V., Rakhmetova S.O., Shymanska O.V., & Druz N.G. Biochemical composition of the genus *Miscanthus Anderss*. plant raw material in conditions of introduction. *Plant Introduction*. 2017. Vol. 76. P. 3–10. <https://doi.org/10.5281/zenodo.2327138>.
17. Гелетуша Г.Г., Железна Т.А., Трибой О.В. Перспективи вирощування та використання енергетичних культур в Україні. *Аналітична записка UABIO*. № 10. 33 с. Публікація доступна на: www.uabio.org/activity/uabio-analytics.
18. Кліматичні ризики функціонування галузей економіки України в умовах зміни клімату / за ред. С.М. Степаненка, А.М. Польового. Одеса : ТЕС, 2018. 549 с.
19. Полевой А.Н. Базовая модель оценки агроклиматических ресурсов формирования продуктивности сельскохозяйственных культур. *Метеорология, климатология и гидрология*. 2004. Вып. 48. С. 195–205.
20. Тооминг Х.Г. Экологические принципы максимальной продуктивности посевов. Ленинград : Гидрометеиздат, 1984. 254 с.

ЕКОЛОГІЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ

УДК 502/504; 57.02

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.7-34.20>

ЗАГРОЗИ СЬОГОДЕННЯ ДЛЯ ЕКОСИСТЕМИ ЧОРНОГО МОРЯ

Баштовенко О.А., Вовк А.М.

Ізмаїльський державний гуманітарний університет
пр. Суворова, 138, 68611, м. Ізмаїл, Одеська обл.
osiabasht@gmail.com, anatolyvovk@idguonline.net

Нині питання екологічного стану біосистем є дуже актуальними. Посилення моніторингу екологічних об'єктів і привернення уваги суспільства дозволять розробити законодавчі рішення цих питань.

Приєднання до міжнародних угод щодо боротьби зі зміною клімату, посилення державного законодавства охорони морського узбережжя та збереження біоти Чорного моря дуже важливі для нашої держави. Унікальність чорноморської екосистеми потребує уваги більш широкого кола громадян і популяризації знань про екологічні зв'язки та фактори, що їх порушують. Регулювання природоохоронної діяльності й антропогенного втручання повинно здійснюватися з усвідомленням принципів сталого розвитку.

Чорне море є одним із найвідоміших внутрішніх морів світу, має динамічні морські екосистеми з найрізноманітнішими життєвими формами які призвичаїлися до особливих умов і значного безкисневого прошарку. Роль великих річок, що несуть у море значну кількість донних відкладів, органіки, а також побутове сміття і речовини-забрудники, власні екологічні фактори небезпеки впливають на здоров'я всіх його мешканців: від бактерій і мікроскопічних водоростей до риб, ссавців і людини. Хімічне та шумове забруднення, зміна кліматичних факторів, а також морське сміття становлять загрозу для всіх видів Чорного моря. Аналіз біоти з розумінням харчових ланцюгів, виокремлення й аналіз факторів негативного впливу, донесення інформації на різних рівнях здійснення освітньої діяльності сприятимуть збереженню унікального природного об'єкта.

У чому унікальність чорноморської екосистеми? Які наслідки мають зрушення під впливом економічного та туристичного напрямів діяльності нашої держави? Чому Чорне море щороку стає більш вразливим до впливу факторів середовища? Відповіді на ці питання, забезпечення функціонування спільної програми моніторингу екосистеми та створення інформаційного простору щодо популяризації екологічних знань серед населення на різних рівнях освітнього простору сприятимуть вирішенню цієї проблеми. *Ключові слова:* екосистема, Чорне море, екологічні фактори, біорізноманіття, екологічні знання.

Today's dangers for the Black Sea ecosystem. Bashtovenko O., Vovk A.

Issues of ecological status of biosystems are very relevant today. Strengthening environmental monitoring and community awareness will allow the development and implementation of additional legislative steps to address these issues positively.

Accession to international agreements on combating climate change, strengthening state legislation on the protection of the sea coast and the preservation of the Black Sea biota is very important for our country. The uniqueness of the Black Sea ecosystem requires the attention of a wider range of citizens and the promotion of knowledge about environmental links and the factors that disrupt them. Regulation of environmental protection and anthropogenic intervention should be carried out taking into account the principles of sustainable development.

The Black Sea is one of the most famous inland seas in the world, with dynamic marine ecosystems with various life forms that are accustomed to special conditions and the presence of a significant oxygen layer. The role of large rivers, which carry significant amounts of sediment, organic matter, as well as household waste and pollutants, their own environmental hazards affect the health of all its inhabitants: from bacteria and microscopic algae to fish, mammals and humans. Chemical and noise pollution, climate change and marine litter pose a threat to all species of the Black Sea. Analysis of biota with an understanding of food chains, selection and analysis of factors of negative impact, the transfer of information at different levels of educational activities make it possible to preserve a unique natural object.

What is the uniqueness of the Black Sea ecosystem? What are the consequences of changes under the influence of economic and tourist activities of our state? Why is the Black Sea becoming more vulnerable to environmental factors every year? Answers to these questions, ensuring the functioning of a joint program for monitoring ecosystems and creating an information space for the promotion of environmental knowledge among the population at different levels of the educational space – are necessary ways to solve the problem. *Key words:* ecosystem, Black Sea, ecological factors, biodiversity, ecological knowledge.

Постановка проблеми. Чорне море з басейном р. Дунай – важливі природні об'єкти, які формують екологічну, соціальну й економічну складову частину нашої Держави. Динамічні морські екосистеми мають свої унікальні властивості та зазнають постійного антропогенного втручання, але здоров'я моря, його біогеоценотичний стан – здоров'я всіх його мешканців, від бактерій і мікроскопічних

водоростей до риб і дельфінів – має прямий вплив і на здоров'я людини. Все, що становить загрозу для екосистеми Чорного моря, потребує ретельного вивчення та популяризації цих знань для збільшення можливостей природоохоронного спрямування життєдіяльності населення різних вікових груп.

Актуальність дослідження. Питання необхідності збереження генофонду рослинного та тва-

ринного світу уже давно гостро стоїть перед людством, особливо актуальним це стало у ХХ ст. Політика фронтальної економіки привела до серйозних проблем використання й експлуатації природних ресурсів як невичерпного джерела і безмежного поглинача відходів. За такого підходу досить рідко звертали увагу на співвідношення обсягів видобутку й використання ресурсів із їхніми запасами, оскільки основними факторами, які лімітують економічний розвиток, вважали виключно працю та капітал, але з роками з'ясувалося, що природні ресурси людства досить обмежені, а ті, які ми відносили до невичерпних або до таких, що здатні порівняно швидко відтворюватися, не виправдали наших оптимістичних сподівань [1, с. 154].

Тому важливими науковими та практичними завданнями є збереження унікального ландшафтного утворення з особливими природно-кліматичними умовами.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Наше дослідження пов'язане з аналізом найважливіших практик щодо питань екології Чорного моря, які вивчалися Українським науковим центром екології моря Міністерства екології і природних ресурсів України. У Національній доповіді (1996–2000 рр.) наводяться дані щодо географії, гідрографії, клімату, хімії, біології й антропогенної діяльності у Чорному морі [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Провідні науковці світу (С. Медінець, Уте Скиба, В. Коморін, О. Марушевська, М. Сон, О. Ольштинська, О. Митропольський, В. Ємельянов, І. Орлова, М. Куманцов, А. Зав'ялов, Ю. Гаргопа, Н. Бурдіян) назвали найбільш важливі для Чорного моря проблеми: зменшення біологічного різноманіття, виснаження запасів промислових видів риб і несанкціонований вилов риби, руйнування прибережної зони, забруднення водного середовища, вплив транспорту та портової діяльності. Ці питання виокремили провідні міжнародні експерти під час воркшопу в Одесі й обговорення стану Північно-атлантичного регіону Світового океану [3].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Оскільки встановлено, що сучасний екологічний стан Чорного моря потребує ретельного охоронного режиму та повинен забезпечувати належний захист моря від забруднення, популяризація інформації збільшить можливості для вирішення екологічних проблем і надасть додатковий доступ до інформації загалом або її окремих складників, доступних для широкого кола громадян.

Новизною нашого дослідження є концентрування основних відомостей щодо показників, які характеризують сучасний екологічний стан Чорноморської екосистеми, виділення найтиповіших представників біосистеми та їхніх взаємозв'язків, акцентування уваги на негативних факторах впливу та загрозах

екології Чорного моря, визначення основних шляхів вирішення проблеми з метою популяризації та доступності екологічних знань.

Методологічне або загальнонаукове значення. Формування стійкого екологічного світогляду, екологічної обізнаності, можливості поширення відповідних знань із застосуванням навичок самозбереження та збереження довкілля для розвитку ноосферного світогляду нашого суспільства.

Виклад основного матеріалу. На жаль, значні перетворення водних екосистем, що відбулися у ХХ ст., мали глобальний характер. Це суттєво вплинуло на біологічне різноманіття й умови існування більшості тварин і рослин на всьому планетарному просторі. Особливо значних змін зазнала біота [2].

Сьогодні у Чорному морі зареєстровано 5 680 видів представників тваринного та рослинного світу, в т. ч. 4 види ссавців, 201 вид риб, 1 888 видів водоростей, морської трави та грибів, 1 677 видів представників молюсків, крабів, черв'яків, 1 910 видів планктону [3].

У Чорному морі мешкає три ендемічні види дельфінів. Підвид чорноморська морська свиня *Phocoena phocoena relicta*, котрий сягає розмірів до 160 см і має тривалість життя 7–10 років, знаходиться під загрозою зникнення.

Чорноморський звичайний дельфін білобочка *Delphinus delphinus ponticus* сягає розмірів до 220 см і живе до 30 років. Він є вразливим видом, що потребує уваги до себе.

Чорноморська афаліна *Tursiops truncatus ponticus*, один із підвидів афаліни звичайної – найбільша істота серед ссавців цієї екосистеми. Розміри його сягають 310 см, тривалість життя – до 35 років. Цей вид знаходиться також під загрозою зникнення.

Нині загрозою для існування цих унікальних істот є браконьєрство та надмірне рибальство з використанням оснащень, хімічне забруднення та морське сміття, надмірне шумове забруднення, епідемії невідомого походження. До цього долучається безвідповідальне ставлення людини, а саме несанкціонований вилов для дельфінаріїв і приватних осіб.

Біорізноманіття має величезне значення для забезпечення неперервного відновлення та відповідного функціонування екосистеми. Харчові зв'язки є тією необхідною умовою, що забезпечує неперервний процес відтворення живих організмів [4, с. 3–11].

Зрушення в екосистемі з дегенеративними процесами можуть мати непоправні наслідки для всіх живих істот, пов'язаних умовами існування, живлення, а також для людини. Пошкоджена екосистема виробляє недостатню кількість харчової речовини для її мешканців. Це відображується і на господарській діяльності людини в її економічній і харчовій складових частинах, оскільки велика кількість продуктів харчування надходить саме з цієї екосистеми.

Які виклики стоять перед унікальною чорноморською екосистемою?

У ХХ ст. Червона книга Чорного моря містила 158 видів, але нині їхня кількість збільшилася утричі та нараховує 476 видів, що зникають. Природні зрушення в екосистемі пов'язані з інвазивними видами, які, поширюючись, витісняють або завдають непоправимої шкоди місцевим видам [1, с. 30]. Кількість їх зростає щороку. Сьогодні їх нараховується 365 видів.

Мнеміопсис (*Mnemiopsis leidyi*), один із видів гребневиків – хижак, що живиться зоопланктоном, ікром'язами та личинками риб, молюсків. Занесення його відбулося у 1982 р. кораблями разом із баластними водами. Стійкий до малих перепадів солоності та температури, цей вид завдав економічних збитків і величезного удару для природного середовища. Зрушення у харчових ланцюгах призвело до зменшення промислових риб та економічних збитків усіх країн чорноморського узбережжя. Оскільки цей вид є інвазивним, він не має природних ворогів, тож надто складно знайти вирішення цієї проблеми.

Піленгас (*Planiliza haematocheilus*) – приклад господарської діяльності людини, яка почалася з акліматизації його у Бердянському водосховищі, звідки він проник у відкрите море. Хоч піленгас і є промисловою рибою, його біологія не характерна для цієї екосистеми, що завдає шкоди місцевим видам (Матеріали комісії по захисту Чорного моря від забруднення).

Не тільки інвазивні види, кліматичні зміни, а й безвідповідальна діяльність людини є загрозою для існування чорноморської екосистеми. Руйнування середовищ існування, забруднення, надмірний вилов, нестача коштів для природоохоронної діяльності – це фактори, які потребують вивчення та створення системи запобіжних заходів [5, с. 10].

Морське сміття у Чорному морі є прямою загрозою для біорізноманіття. 83% знайденого у Чорному морі сміття – пластик. Із нього можна виділити 5 видів морського сміття, яке найчастіше виявляється на пляжах: пластикові стаканчики – 14%; упаковки з-під чіпсів і цукерок – 6%; пластикові пляшки – 5%; недопалки та фільтри – 18%; соломинки та ватні палички – 2%. Велика кількість виноситься з водою річок: пластикові пакети – 11%; пластикова упаковка – 9%; пластикові пляшки – 20%; пластикові контейнери – 14%.

Особливо вражає те, що знайдено безпосередньо в морі: шматочки пластику – 68%; пластикові контейнери – 9%; пінопласт – 3%; пластикові пляшки – 3%; пластикові пакети – 8%.

Мікропластик – це дуже дрібні частинки пластику (менше 5 мм), що забруднюють навколишнє середовище. PE/ PP (пластикові пляшки, сіті) – 44%; поліаміди (рибацька ліска) – 32%; акрилати (текстиль) – 13%.

Небезпека пластику та мікропластику в тому, що період його розкладання становить від 100 років для пластикових пляшок до більш ніж 1 000 років для

полістиролу. До 2050 р. в морі буде більше пластику, ніж риби! Мікропластик призводить до драматичних наслідків, особливо, якщо його проковтують живі організми: планктон, молюски, риби та дельфіни.

Порівняно з іншими регіонами світу щільність морського сміття на поверхні океанів і морів становить 90,5 (кількість одиниць у км²) від максимально зафіксованого світового рівня у 579 одиниць [6].

Чорне море має високий показник засміченості внаслідок обмеженого водообміну з відкритим океаном, а також через інтенсивне винесення сміття найбільшими річками Європи (такими як Дунай, Дністер, Дон, Південний Буг і Кубань).

Ще одним викликом для Чорного моря є забруднення його хімічними речовинами та збільшення джерел їх надходження.

Забруднення хімічними речовинами, токсичними для живих морських організмів, навіть у дуже низьких концентраціях, які здатні накопичуватися у рибі та морепродуктах і мають негативні наслідки для здоров'я людини, є комунальні стічні води, такі речовини, як антибіотики, біоциди, пластифікатори, антипірени, побутова хімія, промислові стічні води, велика кількість різних хімікатів. Оскільки період розкладання пластику становить від 100 років (для пляшок), до 1 000 років для полістиролу, перспективи для живих істот дуже сумні [7, с. 132–140].

Ще один вид небезпеки – забруднення повітря при спалюванні повітря на ТЕС і перенесення повітряних мас на великі відстані, пестициди, фармацевтичні засоби для тварин, що використовуються у сільському господарстві.

Порти та морський транспорт стають причиною утворення нафтових плям і джерелом хімікатів, якими покривають корпуси суден.

Відповідно до вимог водної рамкової директиви ЄС проби води та біоти були проаналізовані на наявність у них всіх 45 пріоритетних речовин-забрудників [6].

Перевищення граничних значень найчастіше фіксувалося для: тперфтороктансульфонової кислоти (антропогенного флюорофлюктора та глобального забруднювача), бензопірену (показника нафтового забруднення), гексахлор циклогексану (пестициду), циперметрин гептахлорату (інсектициду), ртуті, полібромованих дифенілових ефірів і сполук типу діоксинів. Ці речовини знайдено в рибі, молюсках і мертвих дельфінах.

Виявлено речовини-забрудники, специфічні для Чорного моря: це хімічні сполуки, використання яких досі не регулюється на державному рівні, вони є шкідливими не тільки для екосистем, а і для здоров'я людини. Проведено скринінг на наявність більше 40 тисяч потенційних речовин-забрудників в одній пробі води, відкладах і біоті. Із них виявлено 124 речовини-забрудники, включаючи стійкі органічні забрудники, пестициди, антипірени, складники сонцезахисного крему.

Чорноморська база даних із якості води містить майже 150 тисяч записів щодо вмісту хімічних забрудників у воді, відкладах і біоті [8].

Окремою небезпекою є підвищення рівня сірководню у Чорному морі.

87% всього об'єму Чорного моря є безкисневим. Ця безкиснева зона насичена сірководнем (H_2S), який є високотоксичною хімічною сполукою. Це найбільша безкиснева акваторія у світі. Чорне море – закрите море, тому вертикальні течії у його глибокій частині слабкі. Як наслідок, глибинні шари води не перемішуються з поверхневими, насиченими киснем, що сприяє виникненню великої безкисневої зони. У період із 1955 по 2017 рр. сірководневий шар піднявся із глибини 140 до 54 м від поверхні моря. Цей феномен підсилюється етریفікацією моря та глобальним потеплінням [9].

Наслідки збільшення безкисневого шару: зменшення майже на 40% середовища існування для кисневозалежних морських жителів – риб, моллюсків, дельфінів, водоростей і мікроорганізмів, що веде до зменшення біорізноманіття. Чорне море стає більш вразливим до забруднення та змін клімату. Лише кілька мікроорганізмів здатні виживати за безкисневих умов. До них належать дуже цікаві представники проміжної ланки між про- та еукаріотами. Це *Lokiarchaeota*, яких було описано у 2015 р. [6].

Головні висновки. Чорне море є одним із найвідоміших внутрішніх морів світу, що має динамічні морські екосистеми, які призвичаїлися до солонуватих, багатих на органіку вод і безкисневого прошарку. Великі річки несуть у море значну

кількість донних відкладів, органіки, а також побутове сміття і речовини-забрудники. Здоров'я моря впливає на здоров'я всіх його мешканців, від бактерій і мікроскопічних водоростей до риб, дельфінів і людини, але вплив антропогенного фактору з хімічним і шумовим забрудненням, морське сміття становлять загрозу для всіх видів Чорного моря та його узбережжя. Створення напряму екологічної освіти як загальнодоступного та спрямованого на формування відповідального ставлення до навколишнього середовища на підставі екологічних знань сприятиме збереженню унікальності біогеоценозу. Формування у населення розуміння власної відповідальності за процеси втручання в екосистеми закладе основи ноосферного мислення майбутніх поколінь.

Перспективи використання результатів дослідження. Створення проектів співробітництва із європейськими країнами щодо захисту та покращення екологічного стану надають можливості зрушення ситуації з можливістю більш сталого використання й управління водними ресурсами, оптимізації управління, зменшення забруднення й очищення стічних вод, вигоди для здоров'я населення у зв'язку з поліпшенням якості вод для купання, вигоди для екосистем, покращення умов для економічної діяльності (наприклад, туризму), виникнення реальної господарської відповідальності – зацікавленості сторін внаслідок результату громадської участі у процесі прийняття рішення. Свідомість громадян, обізнаність в екологічних цінностях, сумлінне ставлення до живих об'єктів дозволять активно долучитися до екологозбережувальних заходів.

Література

1. Демченко Н.А. Трансформація іхтіоценозів річок північно-західного приазов'я : дис. ... канд. біол. наук : 03.00.17 / Тавр. держ. агротех. ун-т. Мелітополь, 2016. 166 с. URL: <http://www.imb.odessa.ua/docs/arch/dis3.pdf> (дата звернення: 20.09.2020).
2. Стан довкілля Чорного моря Національна доповідь 1996–2000 роки / Міністерство екології і природних ресурсів України, Український науковий центр екології моря (Активний центр з моніторингу і оцінки забруднення). 94 с. URL: <https://mepg.gov.ua/files/docs/2report.compressed.pdf> (дата звернення: 13.10.2020).
3. Матеріали комісії по захисту Чорного моря від забруднення. URL: <http://www.blacksea-ommission.org/Inf.%20and%20Resources/Data%20Links/> (дата звернення: 15.11.2020).
4. Куманцов М.И., Страхова Т.В. Международные научные исследования морских биологических ресурсов и морской среды как основа устойчивого развития черноморского рыбохозяйственного комплекса. *Матеріали VII Міжнародної конференції*. Керч, 2012. С. 3–11. URL: <http://aquacultura.org/upload/files/pdf/library-8.1.pdf> (дата звернення: 19.12.2020).
5. Зайцев Ю.П. Введення у екологію Чорного моря. Одеса : Эвен, 2006. С. 224.
6. Официальный сайт Европейского Союза: веб сайт. URL: https://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/index_en.html (дата звернення: 14.12.2020).
7. Ковальова Н.В., Медінець В.І., Мілева А.П., Ботнар М.Г., Снігірьов С.М., Газетов Є.І., Медінець С.В. Порівняльна оцінка якості прибережних морських вод Одеської затоки і району острову Зміїний в 2016 р. *Вісник ХНУ ім. В.Н. Каразіна. Серія: «Екологія»*. 2017. Вип. 16. С. 132–140.
8. Коморин В. База даних качества воды Черного моря (BS WQD). URL: <https://catalogue.odis.org/view/907> (дата звернення: 14.12.2020).
9. Сближение с водной политикой Европейского Союза (ЕС): Краткий путеводитель для стран-партнеров по Европейской политике добрососедства, и России. URL: https://ec.europa.eu/environment/enlarg/pdf/pubs/water_ru.pdf (дата звернення: 20.11.2020).

ВПЛИВ СУЧАСНИХ МИЙНИХ ЗАСОБІВ НА ГІДРОБІОНТИ-ФІЛЬТРАТОРИ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ

Білик Т.І.¹, Веренікін О.М.², Леонтьєва Т.О.³

¹Національний авіаційний університет
пр. Любомира Гузара, 1, 03680, м. Київ

²Національний університет біоресурсів і природокористування України
вул. Героїв Оборони, 15, 02000, м. Київ

³Інститут гідробіології Національної академії наук України
пр. Героїв Сталінграда, 12, 04210, м. Київ

larus_2010@ukr.net, verenikin@delamark.ua, leontieva3394@gmail.com

Розглянуті ризики впливу сучасних мийних засобів на біоту водойм, наведені результати досліджень токсичності безфосфатних і фосфатних засобів на *Daphnia magna* та перспективи зменшення забруднення водних екосистем.

Доведено, що серед різних забруднень окремі мийні засоби створюють значні ризики для природних екосистем, особливо водних, внаслідок надходження великих об'ємів недостатньо очищених або зовсім неочищених скидів підприємств, автомилок і побутових стічних вод, які містять високі концентрації токсичних речовин, насамперед поверхнево-активних речовин і фосфатів. Вони мають прямий і непрямий вплив на екосистеми, уражаючи водяну фауну та флору.

Обґрунтовано, що евтрофікація природних водойм є одним із наслідків забруднення фосфатами. Крім того, при надходженні на очисні споруди мийні засоби зменшують ефективність очищення води мікроорганізми активного мулу. Потрапивши зі стічними водами у природні водойми, мийні засоби проходять через організми-фільтратори, що визначають здатність водойм до самоочищення. З іншого боку, за наслідками впливу на гідробіонтів-фільтраторів, зокрема на дафній, можливо зробити висновки про екологічну безпечність мийних засобів для навколишнього середовища і водних екосистем.

Проведені дослідження токсичності на *Daphnia magna* показали суттєву безпечність безфосфатних синтетичних мийних засобів, у складі яких замість фосфатів як комплексоутворювачі використовувалися нешкідливі для організмів речовини. Найбільша виживаність дафній спостерігалася у розчинах без фосфатного засобу на основі тринатрієвої солі метилгліцинедіоцтової кислоти за всіх досліджених концентрацій. Інші безфосфатні порошки виробництва України та Німеччини показали дещо нижчі, практично однакові результати. Найбільша смертність спостерігалася у розчинах фосфатного мийного засобу МЗ-4. *Ключові слова*: мийні засоби, вплив на гідробіонтів, водні екосистеми, фосфати, евтрофікація, безфосфатні засоби, дафнії, токсичність.

Influence of modern detergents on aquatic filter-filters of aquatic ecosystems. Bilyk T., Verenikin O., Leontieva T.

The aspects of the impact of modern detergents on the biota of water bodies are discussed, the results of research on the toxicity of phosphate-free and phosphate agents on *Daphnia magna* and the prospects for reducing pollution of aquatic ecosystems are presented. Among various contaminants, detergents have been shown to pose significant risks to natural ecosystems, especially aquatic ones, due to large volumes of insufficiently treated or untreated discharges of enterprises, car washes and domestic wastewater containing high concentrations of toxic substances, primarily surface water active substances and phosphates. They have direct and indirect effects on ecosystems, affecting aquatic fauna and flora. It is substantiated that eutrophication of natural reservoirs is one of the consequences of phosphate pollution. In addition, when entering treatment plants, detergents reduce the efficiency of water treatment microorganisms activated sludge. Once in natural water bodies with wastewater, detergents pass through filter organisms, which largely determine the ability of water bodies to self-clean. On the other hand, based on the effects of filtering aquatic organisms, in particular on *daphnia*, it is possible to draw conclusions about the ecological safety of detergents for the environment and aquatic ecosystems in particular. Toxicity studies on *Daphnia magna* have shown significant safety of phosphate-free synthetic detergents, which instead of phosphates as complexing agents used harmless to organisms. The highest survival of *daphnia* was observed in solutions of phosphate-free agent based on the trisodium salt of methylglycinediacetic acid at all studied concentrations. Other phosphate-free powders produced in Ukraine and Germany showed slightly lower, almost identical results. The highest mortality was observed in phosphate detergent solutions. *Key words*: detergents, impact on aquatic organisms, aquatic ecosystems, phosphates, eutrophication, phosphate-free agents, *daphnia*, toxicity.

Постановка проблеми. Застосування мийних засобів (далі – МЗ) для дотримання чистоти приміщень, одягу й особистої гігієни людини є безперечним досягненням цивілізації. Швидкий розвиток хімічної промисловості викликав появу величезної кількості різноманітних товарів побутової хімії, однак людина недооцінює шкоду, якої вони завдають. Велика частина пральних порошоків містить поліфосфати, небезпечні для навколишнього середовища та для здо-

ров'я людини, поверхнево-активні речовини (ПАР), хлор, вуглекислий газ, оксиди азоту, фенол, формальдегід, ацетон, аміак, ензими, відбілювачі, абразивні речовини, ароматизатори – це не повний список хімічних речовин, що містяться у використовуваній побутовій хімії. Всі ці компоненти біологічно агресивні. Потрапляючи в потік стічних вод, мийні засоби можуть мати далекосяжні наслідки для навколишнього середовища, насамперед водних екосистем [1; 2].

Надмірне надходження фосфору до водойм внаслідок антропогенного забруднення, а саме використання фосфатів у МЗ, викликає евтрофікацію і, як наслідок, накопичення біотоксинів, погіршення якості води та враження гідробіонтів. Здійснюючи різноплановий вплив на фізіолого-біохімічні процеси у водяних тварин, фосфати можуть суттєво впливати на метаболізм і репродукцію, модифікувати адаптивні реакції, викликані абіотичними чинниками, ускладнюючи цим пристосування до навколишнього середовища, яке постійно змінюється [1; 3]. Водяні організми-фільтратори відіграють визначну роль в очищенні води від низки забруднювачів як природного, так і антропогенного походження, що має велике значення для природних водних екосистем. Водночас токсичність ксенобіотиків може перевищувати толерантність до них організмів, а це викликає їхню загибель і впливає на здатність екосистем до самоочищення [1–3]. Це впливає на якість питної води та на людину як кінцевого споживача й вимагає негайних заходів зі зменшення такого впливу.

Актуальність дослідження. Сьогодні всі розвинені країни переходять на заміну фосфатних МЗ безфосфатними. Водночас актуальним завданням є з'ясування їх впливу порівняно з фосфатними на водні екосистеми, який ще не вивчений достатньо, щоб визначити їхню екологічну безпечність.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Вимоги до МЗ визначає Технічний регламент мийних засобів, затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 20 серпня 2008 р. № 717.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. В Україні використовується велика кількість МЗ, що містять сполуки фосфору, ПАР та інші компоненти. Враховуючи світову тенденцію відмови від фосфатних МЗ, виробники працюють над розробленням нових безфосфатних рецептур, щоб зменшити негативну дію на навколишнє природне середовище та на людину. Водночас потребують з'ясування питання їхньої екологічної безпечності для водних екосистем, зокрема дослідження токсичності для природних гідробіонтів-фільтраторів. Одночасно важливо визначити за результатами біотестування МЗ, які мають екологічно прийнятні характеристики.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Численними дослідженнями з'ясовано, що МЗ виконують у побуті споживчу функцію, оскільки вони амфифільні: частково гідрофільні (полярні) та частково гідрофобні (неполярні). Їхня подвійна природа полегшує змішування гідрофобних сполук (таких як олія та жир) із водою. Оскільки повітря не є гідрофільним, МЗ також є піноутворювачами різного ступеня. Головним компонентом МЗ є ПАР. Інші складники можуть виконувати відбілювальну функцію (вивільняють хлор або кисень), соду, рідке скло (солі кремнієвої кислоти), наповнювачі, піноутворю-

вачі, стабілізатори, речовини, що пом'якшують воду (фосфати, цеоліти та полікарбонатові кислоти), парфумерні та суспендуючі речовини, ферменти, барвники, оптичні відбілювачі, бактерицидні речовини (четвертинні сполуки амонію) та інші матеріали [3–5].

Мийна дія ПАР зумовлена ще й тим, що детергенти утворюють високостійкі піни, гідрофобні бульбашки яких флотують частки забруднень. Надходячи зі стічними водами до річок і водойм, ці речовини утворюють на поверхні води «гори» стійкої піни, що зумовлює зниження швидкості проникнення кисню з повітря у воду та призводить до зменшення адсорбції розчиненого кисню водними організмами [6]. У цьому разі страждають всі організми у водоймі. Так, згідно з дослідженнями в річці Темза загинула більшість біоти та навіть було утруднено судноплавство через піну, яка скупчилася в межах Лондона [7]. Великою проблемою для довкілля стало використання у МЗ значної кількості сполук фосфору. Сучасні МЗ можуть містити до 30–50% пентанатрійди- або трифосфату (наприклад, $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) і деяку кількість поліфосфатів. Доведено, що вони міцно пов'язують дво- і тривалентні іони металів, що пом'якшує воду й усуває бруд, який складається з важкорозчинних сполук. Крім того, поліфосфати підсилюють дію ПАР. Біологи з'ясували, що, потрапляючи після прання разом зі стічними водами у водойми, фосфати діють як добрива, унаслідок чого збільшується популяція водоростей [8; 9]. Вони, розкладаючись, виділяють у значних кількостях метан, аміак, сірководень, які знищують все живе у воді й порушують екосистему водойм [9]. У багатьох країнах законодавчо заборонили застосування фосфатних СМЗ, оскільки евтрофікація призводить до масового розвитку не тільки мікроскопічних водоростей, але й інших мікроорганізмів, бактерій, що розкладають органічну речовину. Витрачається значна кількість кисню, у воду виділяються токсичні продукти розпаду, що призводить до погіршення умов проживання гідробіонтів. Окрім того, СМЗ – ще й потужні дезоксигенатори, тобто речовини, які активно руйнують розчинений у воді кисень, тому вони небезпечні для всього живого у воді навіть за незначних концентрацій. Наприклад, встановлено, що вміст в 1 л води 1 мг МЗ токсичний для риб [10]. Більша частина сполук, що входять до складу мийних засобів, може розщеплюватися певною мірою в аеробних деструктивних процесах, але через їхню токсичність та обмежений шлях метаболізму анаеробна деградація є менш можливою [10].

Вивчення процесу гідролізу МЗ на основі поліфосфатів (ПФ) показало, що період їхнього напіврозпаду у стічних водах становить 7,3 год при 15°C і 3,0 год при 20°C [10]. Потрапивши у воду, сполуки фосфору включаються в біохімічні цикли внутрішньоводоймних процесів його колообігу й уже практично не залишають її. Результатом є надлишкова продукція автотрофів, особливо водо-

ростей і ціанобактерій. Синьо-зелені водорості під час розмноження утворюють на поверхні води щільне «покривтя», що не пропускає сонячне світло й кисень. Ця висока продуктивність призводить до зростання бактеріальної популяції та високих темпів дихання, що спричиняє гіпоксію або аноксію в погано перемішуваних придонних водах, а також у поверхневих водах вночі за теплих умов. Низький рівень розчиненого кисню викликає загибель водних тварин і вивільнення багатьох речовин, зазвичай зв'язаних донними відкладами, у т. ч. різних форм Р. Це, у свою чергу, підсилює евтрофікацію [9; 10].

При відмиранні цих водоростей у водоймах розвиваються гнилісні процеси. Бактерії, що окислюють органічні сполуки водоростей, активно споживають кисень, тому у водоймах починає його бракувати. Це призводить до кисневого голодування й загибелі риби та іншої фауни у водоймах і, як наслідок, зменшення біорізноманіття в екосистемі. Підвищені концентрації фосфору впливають також на життєдіяльність безхребетних тварин. Так, за збільшення концентрації фосфору у воді різко зростає смертність дафній, коловерток, діатомусів, що впливає на здатність водойм до самоочищення внаслідок діяльності організмів-фільтраторів [9; 10; 12].

Оскільки фосфор як один із основних елементів фосфатної буферної системи відіграє важливу роль у механізмі підтримання кислотно-лужної рівноваги у крові та інших біологічних рідинах організму риб, то його надлишок призводить до порушення фізіологічної рівноваги й загибелі особин. За підвищення концентрації фосфатів у воді є загроза розвитку ацидемії (зростання кислотності біологічних рідин). Через це може порушуватися підтримання балансу кислих і лужних елементів у крові, а відповідно, і кислотно-лужної рівноваги в організмі риб [12]. Окрім того, всі МЗ руйнують зовнішні шари слизу, які захищають рибу від бактерій і паразитів. Доведено, що накопичення ПАР у воді за короткий час може порушувати зір риб, а також ушкоджує зябра [13]. Дослідження хронічного впливу ПАР на ріст і виживання личинок морського окуня (*Lates calcarifer Bloch*) показало, що рівень токсичності (LC50, 96 год) становив 1,8 мг/л. Відзначено негативний вплив на щоденний приріст, а за більш високих концентрацій рівень смертності збільшився. Крім того, вплив на личинок за концентрації, нижчої за летальну дозу, протягом 30 днів призводив до дегенерації печінки [13]. При визначенні впливу забруднення води фосфатним МЗ у чотирьох різних концентраціях – 200 мг/л, 150 мг/л, 100 мг/л, і 50 мг/л на споживання кисню у прісноводних риб виду *Anabas testudineus* доведено, що збільшення концентрації викликає утруднене дихання й ознаки дистресу, а також зниження рухливості. Крім того, концентрація вище 200 мг/л була смертельною для риб [14]. МЗ шкідливі також для водних рослин. Процес евтрофікації проявляється у масовому розмноженні насамперед синьо-зелених водоростей

внаслідок скидання у водойми стічних вод із високою концентрацією фосфатів і пригнічення багатьох інших видів водних рослин [10].

Окрім прямого впливу МЗ, зменшення популяцій рослин може побічно впливати на ті види гідробіонтів, що залежать від них у плані отримання їжі, захисту або місця для нересту [14]. При дослідженні впливу трьох МЗ (додецилбензолсульфонату натрію, триполіфосфату натрію та лаурилсульфату натрію) на двох видів водних рослин (*Azolla pinnata* та *Hydrilla verticillata*) було відзначено зниження хлорофілу за всіх досліджуваних концентрацій, а також зниження росту рослин і втрату біомаси. Результати показали, що фітотоксична доза лаурилсульфату натрію для *Lemna minor* і *Spirodela polyrhiza* становить 8,05%, для *Pistia stratiotes*, *Hydrilla verticillata* та *Ceratophyllum demersum* – 0,01%, а *Salvinia molesta* виявився чутливим видом навіть до концентрації 0,005% [15; 16].

Забруднення вод МЗ ускладнюється ще й тим, що навіть їх біологічне руйнування не є вирішенням проблеми, оскільки самі продукти такого руйнування подеколи є токсичними. Мікроорганізми та безхребетні фільтратори, пропускаючи через себе воду й отримуючи таким чином поживні речовини, разом із ними отримують і дозу забруднювача. Забруднення поширюється по харчовому ланцюгу, концентрація такої речовини на одиницю ваги кожного наступного консумента зростає. На додаток до вищезазначених проблем води, забруднені фосфатами та токсинами водоростей, отруйні і для людини [17; 18].

Вплив МЗ на мікроорганізми активного мулу систем біологічного очищення стічних вод спричиняє зниження їх ефективності на 40% [19; 20].

В останні роки у стічних водах, що надходять на Бортницьку станцію аерації, за даними ПрАТ АК Київводоканал, кількість фосфатів різко зросла (рис 1).

Якщо в середині 90-х рр. минулого століття концентрація фосфатів у стічній воді, яка надходила на споруди, становила 6–8 мг/л, то сьогодні вона сягає майже 30 мг/л за нормативу скиду в міську каналізаційну мережу 8.0 мг/л. Фосфати в таких значних концентраціях у стічних водах значно погіршують якість очистки, оскільки впливають на біоценоз активного мулу аеротенків, зменшуючи кількість розчиненого кисню [23]. Єдиний шлях вирішення проблеми прямо зараз – зменшення кількості фосфатів, що надходять на станцію аерації. Аналогічна ситуація зі змінами у складі стічної води, що супроводжується ростом концентрацій синтетичних поверхнево-активних речовин (СПАР) і фосфатів, останнім часом склалася на багатьох станціях очистки стічних каналізаційних вод у різних містах України (Харкові, Полтаві, Львові, Краматорську та ін.) [24]. Це свідчить про універсальність досліджуваної проблеми. Водночас технологія очистки комунальних стічних вод за допомогою аеротенків є досить подібною.

Висока концентрація фосфатів у стічних водах і застарілі технології призводять до недостатнього очищення води, яка надходить у скидний канал. Така ситуація призводить до погіршення стану водних екосистем, впливає на якість води та на людину як на кінцевого споживача. Отже, для підтримання екологічної рівноваги у водних екосистемах необхідно контролювати вміст фосфатів у воді й не допускати його перевищення.

Виклад основного матеріалу. Для дослідження були обрані пральні порошки, представлені на ринку України, які користуються широким попитом різних верств населення. Для порівняння впливу на гідробіонтів визначені 4 види пральних порошоків, із яких 3 були безфосфатними, а один містив фосфати. З метою запобігання звинувачень у рекламі або антирекламі певних брендів ми не наводимо назви використаних пральних порошоків. В експерименті було використано такі МЗ:

МЗ-1 – безфосфатний, із комплексоутворювачем на основі тринатрієвої солі метилгліцинедіоцтової кислоти, середньої цінової категорії (Україна). Склад: аніонні та неіоногенні ПАР (<5%), натрій глюконат, тринатрієва сіль метилгліцинедіоцтової кислоти, мило рідке, бікарбонат і карбонат натрію, електроліти, антиресорбенти, силікати, антиресорбент, оптичний відбілювач, ароматизатор;

МЗ-2 – безфосфатний, із комплексоутворювачем на основі сесквікарбонату натрію, середньої цінової категорії (Україна). Склад: аніонні ПАР (<4%), неіоногенні ПАР (<1%), сесквікарбонат натрію та бікарбонат натрію (<35%), електроліти, антиресорбенти, силікати, інгібітор переносу барвника, інгібітор інкрустації тканини, ензими, парфумерна композиція;

МЗ-3 – безфосфатний, із комплексоутворювачем на основі цеолітів, середньої цінової категорії (Німеччина). Склад: аніонні та неіоногенні ПАР (<5%), цеоліти, відбілювальні кисневі сполуки, оптичні підбілювачі (<5%), регулятор піни, ензими, ароматизатор.

МЗ-4 – фосфатний, із комплексоутворювачем на основі фосфатів, низької цінової категорії (Україна). Склад: аніонні ПАР (5%), неіоногенні ПАР (<5%), фосфати, фосфонати, полікарбоксилати, ензими, оптичні підбілювачі, ароматизатори.

Вміст фосфатів у обраних порошках був перевірений у лабораторії та показав відсутність їх у безфосфатних МЗ, у МЗ-4 він становив 9,2%.

Аналіз складу обраних безфосфатних мийних засобів, наведений за доступною нам від виробників інформацією, дозволяє визначити основні їхні відмінності:

МЗ-1 містить тринатрієву сіль метилгліцинедіоцтової кислоти як комплексоутворювач для пом'якшення води (нешкідливу для навколишнього середовища речовину), до складу порошку МЗ-2 входить сесквікарбонат натрію (аналог природного мінералу, «єгипетська сіль») для пом'якшення води; у складі порошка МЗ-3 не повідомлено про особливі речовини, МЗ-4 містить сполуки фосфору, а всі інші компоненти у складі порошоків були подібними.

Необхідно відзначити, що детальний кількісний склад рецептур пральних порошоків виробники не розголошують, оскільки ця інформація захищена авторським правом розробника. Водночас відомо, що при розробленні безфосфатних МЗ для заміни фосфатів як комплексоутворювачів застосовують глюконат натрію, тринатрієву сіль метилгліцинедіоцтової кислоти, полікарбоксилат, похідні етилендіамінтетра-

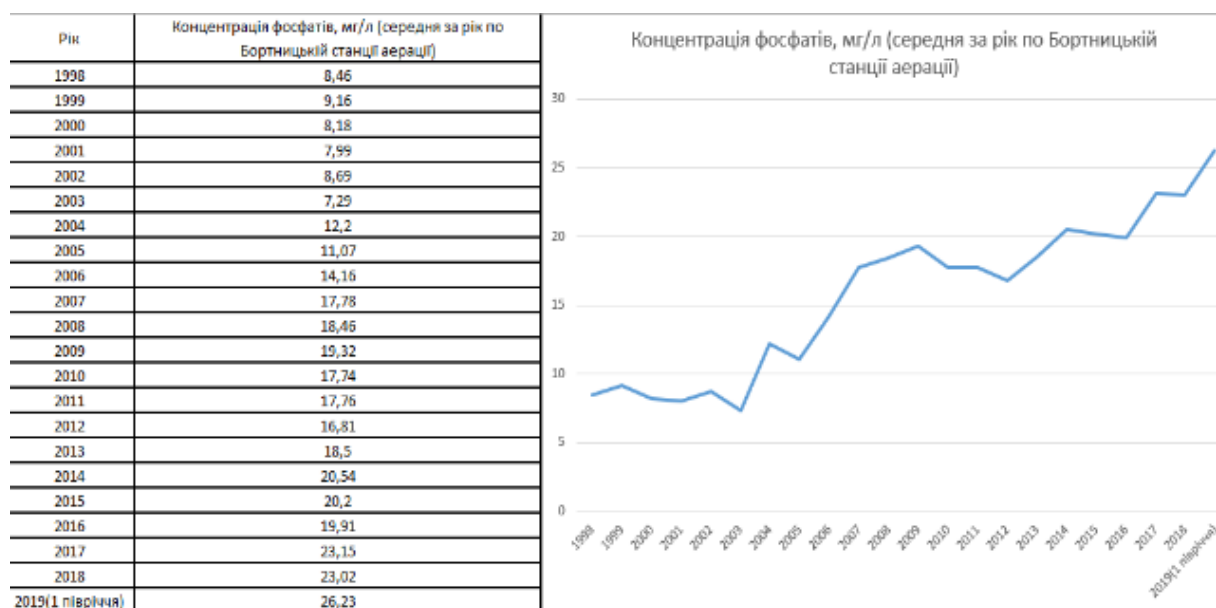


Рис. 1. Концентрація фосфатів, мг/л (середня за рік) у стічних водах, що надходили на споруди Бортницької станції аерації за період 1998–2019 рр.

оцтової кислоти, сесквікарбонат натрію, які знижують жорсткість води, зв'язуючи катіони металів, і не допускають повторного осідання частинок бруду на очищену поверхню. Оптимізація системи комплексоутворювачів підвищує мийну здатність, зменшує осідання мінеральних речовин, стабілізує ензими, знижуючи їхнє протеолітичне розкладання. Уведення аніонних і неіоногенних ПАР у співвідношенні 1:2 у складі МЗ дозволяє досягнути ступеня мийної здатності на рівні 98%. Частка допоміжних складників усіх рецептур (барвника, ароматизатора, оптичного відбілювача, консерванта) має становити менше 1% для позиціонування продукції як екологічно прийнятної.

Для визначення токсичності дафній поміщали у скляні стакани з розчинами МЗ визначених концентрацій 0,01, 0,1, 1,0, 10 та 100 мг/л відповідно по 10 особин, контролем була чиста вода. На кожну концентрацію речовини досліди проводилися у 5 повторях. Через 24, 48, 72 та 96 годин проводили підрахунок виживаності особин *Daphnia magna* за ДСТУ 4166-2003, КНД 211.1.4.054-97. Для оцінки токсичності мийних засобів були проведені гострі (24 години) та хронічні (96 годин) досліди. Статистичну обробку отриманих даних проводили описаними загальноприйнятими методами [24].

Екологічна оцінка безпечності МЗ проводилася шляхом біотестування розчинів у діапазоні концентрацій від 0,01 до 100 мг/л в експериментальних еколого-токсикологічних дослідженнях із використанням як тест-об'єктів гіллястовусих безхребетних ракоподібних *Daphnia magna*.

Вибір цих водяних організмів був зумовлений тим, що вони є характерними представниками прісноводних екосистем і використовуються у стандартизованих методиках біотестування для оцінки токсичності водного середовища [25].

Daphnia magna – вид невеликих планктонних ракоподібних розмірами від 0,2 до 5 мм, які є постійними мешканцями стоячих і слабопроточних водойм. За способом харчування дафнії – активні фільтратори. Аклімацію дафній до лабораторних умов проводили із підтримкою кисневого та температурного режиму водного середовища, за температури $25 \pm 1^\circ\text{C}$ впродовж 7 діб. Дафній годували щоденно хлорелю, концентрацію мікродоростей підтримували

в діапазоні 0,1–0,7 мг С/дм³ (мг водоростевого органічного вуглецю) [24]. Для дослідів використовували синхронізовану, генетично однорідну культуру *Daphnia magna*.

Для дослідження готували розчини МЗ концентрацій концентрацією від 0,01 до 100 мг/л, у яких проводили вимірювання рН (табл. 1). Як видно з результатів вимірів, рН відповідає лужному середовищу, підвищується в межах 0,2–0,7 одиниць зі збільшенням концентрації та незначно відрізняється для різних МЗ у межах однакової концентрації.

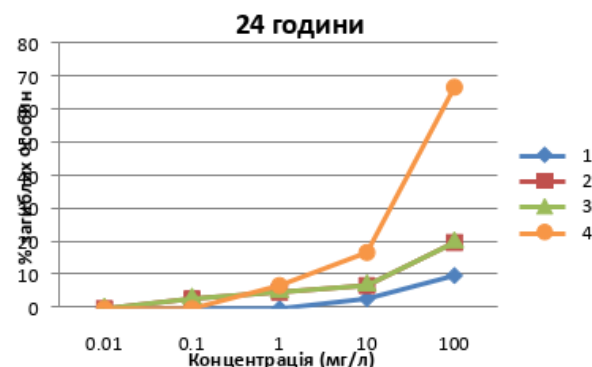


Рис. 2. Вплив МЗ на виживаність *Daphnia magna* після 24 годин впливу (гостра токсичність)

Позначення: 1 – МЗ-1; 2 – МЗ-2; 3 – МЗ-3; 4 – МЗ-4

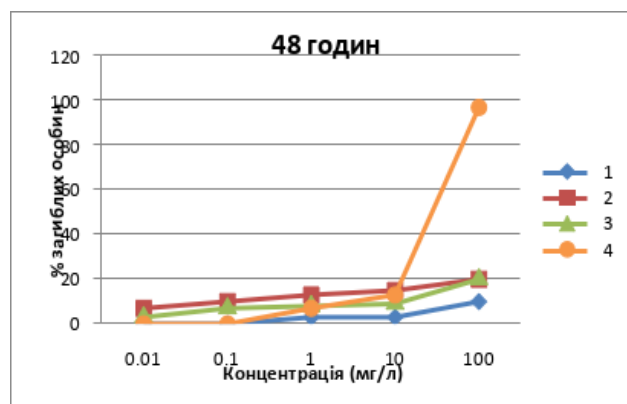


Рис. 3. Вплив МЗ на виживаність *Daphnia magna* після 48 годин впливу

Позначення: 1 – МЗ-1; 2 – МЗ-2; 3 – МЗ-3; 4 – МЗ-4

Таблиця 1

Результати вимірювання рН у розчинах МЗ

| Назва порошку | МЗ-2 | МЗ-1 | МЗ-3 | МЗ 4 |
|---------------|------|------|------|------|
| Концентрація | | | | |
| 100 | 8,56 | 8,65 | 8,23 | 8,74 |
| 10 | 8,07 | 8,11 | 8,03 | 8,09 |
| 1 | 8,0 | 8,03 | 8,05 | 8,03 |
| 0,1 | 8,0 | 8,01 | 8,02 | 8,0 |
| 0,01 | 8,6 | 8,01 | 8,03 | 7,95 |
| Контроль | 7,95 | | | |

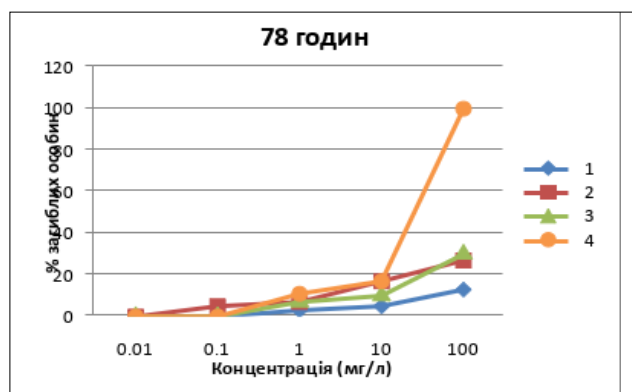


Рис. 4. Вплив МЗ на виживаність *Daphnia magna* після 78 годин впливу

Позначення: 1 – МЗ-1; 2 – МЗ-2; 3 – МЗ-3; 4 – МЗ-4

Результати біотестування представлені на рис. 2–5.

Основною метою проведення експерименту була перевірка впливу безфосфатних МЗ на гідробіонтів, порівняння із впливом фосфатного засобу, а також встановлення впливу покращення екологічних характеристик сучасних безфосфатних МЗ на виживаність дафній за умови надходження у водне середовище їхнього існування цих засобів у діапазоні концентрацій від 0,01 до 100 мг/л. Дослід на гостру токсичність (рис. 2) показав, що найбільша виживаність дафній спостерігалася у розчинах безфосфатного МЗ-1 за всіх досліджених концентрацій, навіть за 100 мг/л – 90% живих особин. Найбільша смертність спостерігалася у розчинах фосфатного МЗ широкого попиту.

Безфосфатні порошки виробництва Німеччини й України МЗ-3 та МЗ-2 показали однаковий задовільний результат – 80% живих особин популяції за концентрації 100 мг/л. Як показали дослідження, ця тенденція зберігалася й після 48 та 78 годин впливу (рис. 3, 4).

Водночас за більш тривалого впливу (96 годин) смертність дафній значно зросла для всіх МЗ, за винятком безфосфатного МЗ виробництва Німеччини (рис. 5). Поясненням цьому факту може бути наявність стійких до розкладу токсичних компонентів пролонгованої дії у складі засобів у разі високої смертності та більша швидкість їхнього біорозкладу у разі низької смертності (27%) дафній у розчині МЗ-3 за концентрації 100 мг/л.

Результати дослідження показали, що концентрації пральних порошоків до 10 мг/л були малотоксичними для дафній при експозиції до 78 годин впливу, водночас за умови продовження експерименту до 96 годин смертність дафній збільшувалася в розчині МЗ-4. Концентрація 100 мг/л фосфатного МЗ призводила до загибелі практично 100% дафній вже за 48 годин експозиції, а всі досліджені безфосфатні МЗ показували низьку смертність (до 20%) до 78 годин експозиції.

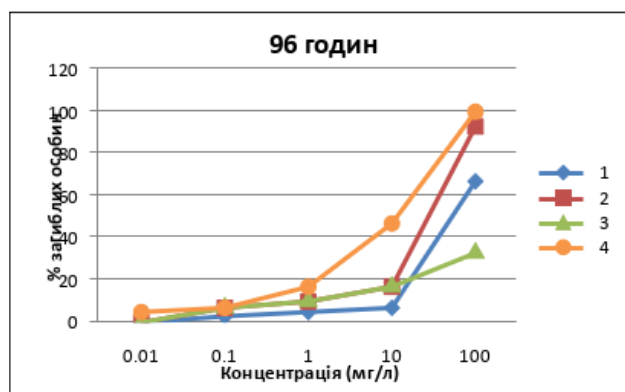


Рис. 5. Вплив МЗ на виживаність *Daphnia magna* після 96 годин впливу

Позначення: 1 – МЗ-1; 2 – МЗ-2; 3 – МЗ-3; 4 – МЗ-4

Можна зробити висновок, що токсичність безфосфатних пральних порошоків суттєво нижча порівняно з фосфатним, а вищі показники виживаності *Daphnia magna* серед них показав МЗ-1 із покращеними екологічними характеристиками складу.

Головні висновки. На основі аналізу наукових джерел доведено, що забруднення поверхневих вод фосфатами значною мірою відбувається через надходження стічних вод, які містять фосфати та інші шкідливі речовини як компоненти синтетичних МЗ. Це викликає евтрофікацію, виділення токсинів, загибель гідробіонтів і деградацію водних екосистем [26]. Пральні порошки, що реалізуються на території України, містять 5–40% фосфатних речовин, які не видаляються застарілими технологіями очистки. Для вирішення цієї проблеми необхідно вводити обмеження, а краще заборону, на використання фосфоровмісних МЗ на державному рівні, як це зробили більшість розвинених країн.

Еколого-токсикологічна оцінка МЗ шляхом біотестування на *Daphnia magna* показала суттєву безпечність безфосфатних МЗ: найбільша виживаність дафній спостерігалася у розчинах безфосфатного МЗ-1 за всіх досліджених концентрацій, навіть за 100 мг/л – 90% живих особин. Безфосфатні порошки виробництва України та Німеччини МЗ-2 та МЗ-3 показали однаковий непоганий результат – 80% живих особин популяції за концентрації 100 мг/л. Як показали дослідження, ця тенденція зберігалася і протягом 78 годин впливу. Найбільша смертність спостерігалася у розчинах фосфатного МЗ широкого попиту МЗ – 4 призводив до 100% загибелі гіллястовусих ракоподібних фільтраторів вже через 48 годин.

Дафнії виявилися чутливими до впливу МЗ і можуть бути інформативними тест-об'єктами для визначення токсичності й екологічної безпечності МЗ.

Створення і впровадження сучасних безфосфатних МЗ, які містять для заміни фосфатів такі комплексоутворювачі: тринатрієву сіль метилгліцинеді-

оцтової кислоти, глюконат натрію, сесквікарбонат натрію, полікарбоксилат, що знижують жорсткість води, – це перспективний шлях покращення їхніх екологічних характеристик і підвищення рівня безпечності для водних екосистем.

Перспективи використання результатів досліджень. Узагальнюючи результати проведених експериментів, можна сказати, що для збереження водних екосистем необхідна заміна фосфатів у пральних

порошках на екологічно безпечні компоненти як перспективний захід запобігання забрудненню.

Отже, заходи, якими можна покращити стан довкілля, – це запровадження жорстких стандартів, котрі зменшують використання токсичних речовин і фосфатів, що входять до складу пральних порошків; законодавче регулювання та стимулювання виробників до створення і впровадження сучасних безфосфатних екологічних МЗ.

Література

1. Дудник С.В., Євтушенко М.Ю. Водна токсикологія: основні теоретичні положення та їхнє практичне застосування : монографія. Київ, 2013. 297 с.
2. Гандзюра В.П., Грубінко В.В. Концепція шкодочинності в екології. Київ – Тернопіль, 2018. 144 с.
3. Черных Н.А., Сидоренко С.Н. Экологический мониторинг токсикантов в биосфере. Москва, 2013. 430 с.
4. Беспалова Л.Е. Водна токсикологія : навчальний посібник. Херсон, 2015. 131 с.
5. Вергейчик Т.Х. Токсикологическая химия : учебник. Москва, 2012. 432 с.
6. Моисеенко Т.И. Водная экотоксикология: Теоретические и прикладные аспекты. Москва, 2009. 400 с.
7. Ohmen, A., Lemos, P.C., Carvalho, G., Yuan, Z., Keller, J., Blackall, L. L., et al. Advances in enhanced biological phosphorus removal: from micro to macro scale. *Water Res.*, 41, 2015. P. 2271–2300.
8. Pattusamy V., Nandini N., Bheemappa K. Detergent and sewage phosphates entering into lake ecosystem and its impact on aquatic environment. *Int J Adv Res.* 1 (3). 2013. P. 129–133.
9. Морозова А.О. Режим завислої речовини, фосфору та заліза в водоймах гирлової області р. Дніпра та Південного Бугу : автореф. дис. ... канд. географ. наук : 11.00.07. Київ, 2000. -18 с.
10. Дашенко Ю.С. Евтрофирование водохранилищ. Гидролого-гидрохимические аспекты. Москва, 2007. 252 с.
11. Jha B, Singh D. Applications of fly ash zeolites: case studies. *FlyAsh Zeolites, Springer.* Singapore. 2016. P. 191–202.
12. Романенко В.Д. Основи гідроекології. Київ, 2001. 726 с.
13. Rejeki S, Rahmat A. Chronic effects of detergent surfactant (linear alkylbenzene sulfonate) on the growth and survival rate of sea bass (*Lates calcalifor Bloch*) larvae. *J Coast Devel*, 8 (3). 2013. P. 207–226.
14. Krause-Jensen D., Middelboe A.L., Carstensen J., Dahl K. Spatial patterns of macroalgal abundance in relation to eutrophication. *MarBiol.* 152 (1). 2007. P. 25–30.
15. Pandey P., Gopal B. Effect of detergents on the growth of two aquatic plants: *Thalassiosira pseudonana* and *Hydrilla verticillata*. *Environ We Int J Sci Technol.* 5. 2010. P. 107–114.
16. Brandt K., Hesselso M., Roslev P., Henriksen K., Sorensen J. Toxic effects of linear alkylbenzene sulfonate on metabolic activity, growth rate, and microcolony formation of *Nitrosomonas* and *Nitrosospira* strains. *Appl Environ Microbiol.* 67 (6). 2001. P. 2489–2498.
17. Куценко С.А. Основы токсикологии. Санкт-Петербург, 2002. 395 с.
18. Остроумов С.А. Биологические эффекты поверхностно-активных веществ в связи с антропогенными воздействиями на биосферу Москва, 2000. 116 с.
19. Bashar, R., Gungor, K., Karthikeyan, K. G., Barak, P. Cost effectiveness of phosphorus removal processes in municipal wastewater treatment. *Chemosphere*, V. 7. 2018. P. 195–217.
20. Cornel, P., and Schaum, C. Phosphorus recovery from wastewater: needs, technologies and costs. *Water Sci. Technol.* 59. 2009. P. 1069–1076.
21. Cydzik-Kwiatkowska, A., Zielinska, M. Bacterial communities in full-scale wastewater treatment systems. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 32, 2016. P. 113–119.
22. Chen, L., Gu, Y., Cao, C., Zhang, J., Ng, J. W., and Tang, C. Performance of a submerged anaerobic membrane bioreactor with forward osmosis membrane for low-strength wastewater treatment. *Water Res.*, 21, 2014. P. 213–239.
23. Шевчук В., Мазуркевич О., Навроцький В. Екологічне оздоровлення Дніпра (досвід міжнародної співпраці). Київ, 2017. 267 с.
24. Арсан О.М., Давидов О.А., Євтушенко М.Ю., Жукинський В.М. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / за ред. В.Д. Романенко. Київ, 2006. 406 с.
25. Єфремова О.О. Біотестування. Сучасний стан практичного використання. *Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету.* № 6. 2006. С. 2–30.
26. Walker C.H., Hopkin S.P., Sibly R.M., Peakall D.B. Principles of Ecotoxicology. 2001. 307 p.

ОСОБЛИВОСТІ БІОЛОГІЧНОЇ ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД ВИРОБНИЦТВ ОРГАНІЧНОГО СИНТЕЗУ

Блінова Н.К., Мохонько В.І.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля
пр. Центральний, 59А, 93400, м. Сєвєродонецьк, Луганська обл.
blinovan.k@ukr.net, mohonko@snu.edu.ua

Обґрунтовані технологічні особливості й оптимальні умови біологічної очистки промислових стічних вод, які містять органічні речовини за показником ХСК $1225 \text{ mgO}_2/\text{dm}^3$, БСК_{повн} $907 \text{ mgO}_2/\text{dm}^3$ і невелику кількість азотних забруднень – азоту амонійного, азоту нітритного, азоту нітратного в кількості $72,6 \text{ mg}/\text{dm}^3$ за азотом загальним. У динамічному режимі на експериментальній двоступеневій установці з використанням аеротенків-змішувачів досягнута висока ефективність очистки стоків. Переважна кількість забруднень була вилучена на першій стадії очистки та становила 93% за ХСК. Визначені основні технологічні параметри цієї стадії: навантаження на активний мул становило $432 \text{ g}/\text{m}^3 \cdot \text{добу}$, муловий індекс – $180 \text{ ml}/\text{g}$ за концентрації мулу $4 \text{ g}/\text{dm}^3$, тривалість аерації – 21 година, рекомендована концентрація розчиненого кисню – не менш ніж $3 \text{ mg}/\text{dm}^3$. Активний мул характеризувався задовільним станом і присутністю у значній кількості індикаторних найпростіших, які є показником гарної окиснювальної властивості біологічних споруд. При мікроскопіюванні активного мулу найбільш часто зустрічалися індикаторні рухливі форми війчастих найпростіших – інфузорій рядів Spirotricha (спіралевійчасті), Holotricha (рівновійчасті) та раковинні амеби роду Arcella. Друга стадія очищення промислових стічних вод передбачала доочищення від залишкових кількостей органічних забруднень, а також сполук неорганічного азоту. На тлі аеробного окиснення органічних речовин частково протікала біохімічна нітри-денітрифікація. Відзначено, що технологічний процес очищення стічних вод залежить від впливу факторів навколишнього середовища, насамперед таких, як температура, наявність біогенних елементів і токсичних речовин. *Ключові слова:* стічні води, біологічна очистка, органічні речовини, аеробне окиснення, аеротенк, параметри, активний мул, індикаторні організми.

Features of biological wastewater treatment of organic synthesis enterprises. Blinova N., Mokhonko V.

Technological features and optimal conditions for biological treatment of industrial wastewaters, which contain organic substances in terms of COD $1225 \text{ mgO}_2/\text{dm}^3$, BOD_{full} $907 \text{ mgO}_2/\text{dm}^3$ and a small amount of nitrogen pollution ammonium nitrogen, nitrite nitrogen, nitrate nitrogen to the amount of $72.6 \text{ mg}/\text{dm}^3$ in total nitrogen are substantiated. High efficiency of wastewater treatment in dynamic mode was achieved in an experimental two-stage installation using aeration tanks-mixers. Most of the contaminants were removed at stage 1 and amounted to 93% by COD. The main technological parameters of this stage were determined: the load on the activated sludge was $432 \text{ g}/\text{m}^3 \cdot \text{day}$, the sludge index was $180 \text{ ml}/\text{g}$ at an activated sludge concentration of $4 \text{ g}/\text{dm}^3$, the duration of aeration was 21 hours, the recommended concentration of dissolved oxygen was not less than $3 \text{ mg}/\text{dm}^3$. The activated sludge was in a satisfactory condition. It contained a significant amount of indicator protozoa, which are an indicator of the good oxidizing ability of structures. During microscopy of activated sludge, the most common indicator mobile forms of ciliated protozoa ciliates of the orders Spirotricha (spiral ciliates), Holotricha (equilateral) and shell amoebae of the genus Arcella. The second stage of industrial wastewater treatment was a post-treatment from residual amounts of organic pollutants and inorganic nitrogen compounds. Biochemical nitrification partially proceeded against the background of aerobic oxidation of organic substances. It is noted that the technological process of wastewater treatment depends on the influence of environmental factors, primarily such as temperature, the presence of biogenic elements and toxic substances. *Key words:* waste water, biological treatment, organic matter, aerobic oxidation, aerotank, parameters, activated sludge, indicator organisms.

Постановка проблеми й актуальність дослідження. Запобігання забрудненню водойм багато в чому залежить від надійної та якісної очистки стічних вод. Серйозну небезпеку для поверхневих вод становлять стічні води підприємств органічного синтезу, які містять велику кількість органічних забруднювачів. Класичним і водночас перспективним для вилучення органічних забруднень із побутових і промислових стічних вод залишається метод біологічного очищення [1–3]. Біологічне очищення стічних вод засновано на фізіологічній особливості мікроорганізмів використовувати як поживний та енергетичний субстрат широкий спектр органічних речовин і не окиснені мінеральні сполуки – вуглеводні, ароматичні речовини, здійснюючи деструкцію органічних молекул і отримуючи необхідні органічні

кислоти, спирти, жири, вуглеводи, амоніак, нітрити. Біоценоз активного мулу складається переважно зі скупчень бактерій, а також включає найпростіші, гриби, водорості. Якісний і кількісний склад мікроорганізмів залежить від характеру стічних вод [1; 2].

Метою роботи є визначення технологічних особливостей та оптимальних умов біологічного очищення промислових стічних вод, що містять органічні забруднюючі речовини.

Нами проведено серію лабораторних дослідів за динамічних умов із вивчення процесу біологічної очистки стічних вод підприємств хімічної промисловості, які містять органічні речовини. Для дослідження використовували реальні промислові стічні води ПрАТ «Сєвєродонецьке об'єднання Азот». Вихідна величина показника ХСК_{біох} (хімічне спо-

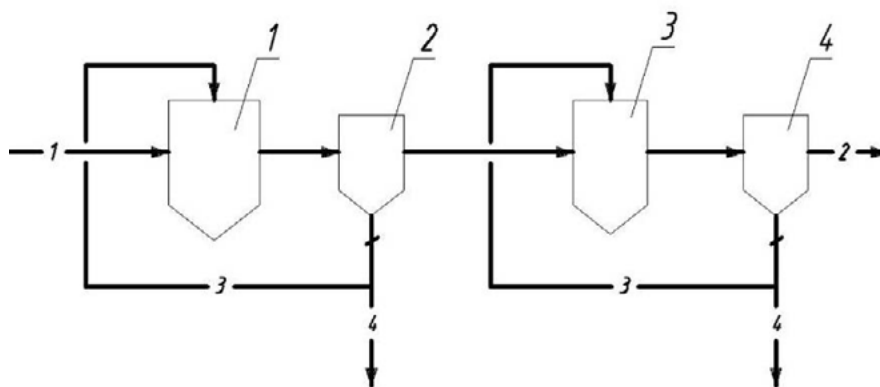


Рис. 1. Схема експериментальної установки: 1 – аеротенк 1, 2 – відстійник 1, 3 – аеротенк 2, 4 – відстійник 2; -1- – стічні води, -2- – очищені стічні води, -3- – зворотний активний мул, -4- – надлишковий активний мул

живання кисню) промислових стоків становила $1225 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$. Активний мул використовували з аеротенків очисних споруд ПрАТ «Северодонецьке об'єднання Азот». Досліди проводили на експериментальній установці, що моделює двостадійний аеробний процес очищення: аеротенк 1 – відстійник 1; аеротенк 2 – відстійник 2 (рис. 1) за температури $21\text{--}25^\circ\text{C}$. Як аеротенки використовували циліндричні ємності об'ємом 4 і 2 літри відповідно. Для оцінки ефективності очищення проводили визначення величини показників $\text{ХСК}_{\text{біохр}}$, рН, амонійного азоту, азоту нітритів, азоту нітратів, фосфору за уніфікованими методиками [4]. Відбір проб здійснювали через кожні 2–3 години. Методика мікроскопіювання для проведення гідробіологічного аналізу описана нами раніше [5; 6].

Виклад основного матеріалу. Вибір методу очищення визначається насамперед якісним і кількісним складом стічних вод. Стічні води ПрАТ «Северодонецьке об'єднання Азот» є складною багатокомпонентною сумішшю, до складу якої входять рідкі відходи виробництва органічного синтезу та комплексу виробництва азотних добрив. Сумарний потік промислових стічних вод, які пройшли попереднє фізико-хімічне очищення, містить такі речовини, як метанол, ацетилен, оцтова кислота, формальдегід, адипінат натрію, сечовина, неорганічні форми азоту. Переважаючими забруднювачами у потоці є органічні речовини. Органічні компоненти промислових стічних вод характеризуються різним ступенем біологічного окиснення, котре виражається показником $\text{БСК}_{\text{повн}}$ (біологічне споживання кисню). Співвідношення показників $\text{БСК}_{\text{повн}}/\text{ХСК}_{\text{біохр}}$ суміші промислових стічних вод становило 74%, що говорить про досить високий ступінь біологічної деструкції, тому визначальним процесом очищення таких стічних вод може бути обраний метод біохімічного окиснення.

Біологічне окиснення може бути прямим і непрямим, аеробним і анаеробним. Пряме окиснення в мікробній клітині відбувається за рахунок

приєднання кисню за участю ферментів оксидаз. Непряме окиснення відбувається за рахунок дегідрогенування субстрату (відібрання водню) або за рахунок віддачі субстратом електронів. Отримана енергія акумулюється в макроергічних зв'язках системи аденозиндіфосфат-аденозинтрифосфат (АДФ-АТФ) і служить клітині для задоволення її енергетичних потреб. Аеробне дегідрогенування здійснюється завдяки системі окислювально-відновних ферментів – дегідрогеназ (нікотинамід-аденіндіуклеотид (НАД) і нікотинамідаденіндіуклеотидфосфат (НАДФ)) [7; 8].

Процес біологічного окиснення органічних речовин в аеротенках здійснюється мікроорганізмами-сапрофітами за аеробних умов із використанням розчиненого кисню. Ефективність окиснення визначається насамперед активністю ферментних систем мікробної клітини. У свою чергу, активність ферментів залежить від низки факторів водного середовища – наявності поживних речовин, температури, реакції середовища, наявності токсичних речовин і т. д. Одними з найбільш важливих параметрів технологічного процесу біологічної очистки у цьому разі є концентрація розчиненого кисню, концентрація активного мулу, час аерації, навантаження на мул, окислювальна потужність споруди. Існують емпіричні, розрахункові методи визначення значень оптимальних технологічних параметрів, які регламентуються будівельними нормами та правилами (СНІП-1975; ДБН В.2.5-75:2013) [9; 10], однак у кожному конкретному випадку ці параметри повинні бути уточнені експериментально.

Для стічних вод підприємств хімічної промисловості, що містять високі концентрації органічних забруднень, рекомендується двоступеневе очищення [2]. Технологія очищення відпрацьовувалася на стендових установках аеротенків-змішувачів. У ході експериментів зі двостадійного біологічного очищення промислових стічних вод нами визначені оптимальні технологічні параметри аеробного біохімічного окиснення. Для дослідів використовували

змішаний біоценоз активного мулу, адаптований до цих промислових стоків. Показники якості стоків до та після очищення за БСК_{повн} і ХСК наведені в табл. 1.

Після адаптації активного мулу та виходу установки на робочий режим очищення стічних вод відбувалося зі стабільно високою якістю (див. табл. 1). Активний мул становив крупні компактні пластівці, мав високі флокулюючі властивості, добре ущільнювався. Він характеризувався досить високим значенням мулового індексу – 180 мг/дм³. У ньому масово були присутні індикаторні найпростіші – показники гарної окиснювальної властивості біологічних споруд. При мікроскопіюванні активного мулу найбільш часто зустрічалися індикаторні рухливі форми вийчастих найпростіших інфузорій рядів *Spirotricha* (Спіралевійчасті) та *Holotricha* (Рівновійчасті). Серед них чітко ідентифікувалися такі види, як *Aspidisca costata*. Війчасті інфузорії роду *Aspidisca* є показниками задовільного стану активного мулу та доброго очищення стічних вод. У великій кількості також можливо було спостерігати амеб роду *Arcella* (рис. 2). Представники роду *Arcella* – це раковинні амеби класу саркодові, їхнє тіло вкладено у хітинову раковину. На мікрофото (див. рис. 2) добре видно отвір, у який тварина висуває псевдоподію для закріплення на субстраті.



Рис. 2. Препарат активного мулу. Мікрофото (збільшення 10x10) – представник роду *Arcella*

Як біогенний фосфор додавали ортофосфорну кислоту, виходячи із класичного вагового співвідношення БСК_{повн} : P = 100: 0,5 [9; 10]. Реакція середовища коливалася в межах 7–7,3. Середній вміст азотних компонентів у стічних водах становив: азоту амонійного N-NH₄⁺ – 19 мг/дм³, азоту нітритного N-NO₂⁻ – 8,6 мг/дм³, азоту нітратного N-NO₃⁻ – 45 мг/дм³. Ефективне окиснення основної частини органічних речовин, що містяться у стічних водах, відбулося на першій стадії протягом 14 годин, але повна її тривалість становила 21 годину (табл. 2). Основні технологічні параметри першої стадії показані в табл. 2. Окиснювальна потужність за показником ХСК становила 1306 г/м³ * добу, навантаження

на мул – 432 мг ХСК на 1 г беззольної речовини мулу на добу. Оскільки дозована подача в експериментальні ємності повітря була складною, процес протікав за умов надлишкової концентрації розчиненого кисню – 5 мг/дм³. Концентрація мулу по сухій вазі склала 4–5 г/дм³. Ефект очищення за таких умов за ХСК був максимальний – 93%.

Друга стадія очищення промислових стічних вод була малоефективною і передбачала доочищення від залишкових кількостей органічних забруднень, а також сполук неорганічного азоту (табл. 3).

Слід зазначити, що в ході очищення від органічних речовин відбулося видалення близько половини азотних компонентів (51% по азоту загальному) на першій стадії та з досить великим ступенем ефективності (87% по азоту загальному) на 1 і 2 стадіях очищення разом (табл. 3). Тобто на тлі основного процесу окиснення органічних речовин мала місце біохімічна нітри-денітрифікація [5]. Величина рН середовища збільшилася до 8,5–8,7.

Процес біологічного окиснення органічних речовин (або гетеротрофної аеробної конверсії органічних речовин [11]) в аеротенках здійснюється мікроорганізмами-сапрофітами за аеробних умов із використанням розчиненого кисню. Ефективність окиснення визначається насамперед активністю ферментних систем мікробної клітини. У свою чергу, активність ферментів залежить від низки факторів водного середовища – наявності поживних речовин, температури, реакції середовища, наявності токсичних речовин та ін. Так, загальновідомим є факт, що за зниження температури на кожні 10°C від оптимальних значень швидкість біохімічних процесів знижується в 1,5–2 рази. Було досліджено вплив температури у діапазоні 9–25° на ефективність біохімічного очищення стічних вод [12]. Відзначено високий ступінь залежності процесу денітрифікації та поглинання органічного субстрату гетеротрофними бактеріями від температури. У досліджуваному діапазоні за збільшення температури якість очищення стічних вод від азоту нітратів збільшується відповідно до прямої лінійної залежності з високим ступенем кореляції.

Наявність у промислових стічних водах токсичних, так званих «жорстких» компонентів суттєво гальмує процес очищення. Цілий ряд органічних речовин важко окиснюються мікроорганізмами, тому можливість подачі стоків на біологічні споруди визначається експериментально. Нами був досліджений ступінь токсичності стічних вод, що утворюються при переробці сирого бензолу для сапрофітної мікрофлори біоценозу активного мулу [13].

Стічні води, які утворюються при переробці сирого бензолу, є складною багатокомпонентною сумішшю, що містить органічні речовини переважно бензольного ряду (такі як бензол, толуол, ксилол, етилбензол), ненасичені сполуки (циклопентадієн, стирол, кумарон, циклогексен), сірчисті сполуки

(сірковуглець, тіофен) і насичені вуглеводні жирного та гідроароматичного ряду (циклогексан). Більшість компонентів досліджуваних стічних вод характеризується яскраво вираженою токсичною дією для гідробіонтів і низьким ступенем біологічної деструкції. Ступінь біохімічного окиснення мікроорганізмами досліджуваних вод низька (менше 50%) і становить у середньому 35%. Такі води не підлягають біологічному очищенню, однак за певних технологічних умов та експериментально визначеної міри розведення можуть подаватися на споруди. З огляду на низький ступінь біохімічного окиснення забруднюючих компонентів досліджуваних вод, наявність важко окиснюваних органічних речовин, а також речовин, які володіють токсичною дією для мікроор-

ганізмів біоценозу активного мулу, необхідний тривалий період адаптації [13].

Необхідно звернути увагу на те, що перевантаження мулу і споруд за органічними речовинами (показники окиснювальної потужності, навантаження на мул) і, як результат, низька концентрація розчиненого кисню стимулюють анаеробні процеси окиснення. До таких процесів належать: використання мікроорганізмами для окиснення органічних речовин як кінцевого акцептора електронів нітратів – денітрифікація; сульфатів – десульфатація або десульфофікація, а також анаеробне зброджування органіки метанотворюючими бактеріями [2]. Денітрифікація або дисиміляційна нітратредукція полягає у відновленні сапрофітними мікроорганізмами азоту нітратів до

Таблиця 1

Ефективність вилучення органічної речовини за показниками БСК та ХСК на 1 стадії біологічної очистки

| Найменування показників | Одиниці вимірювання | До очищення | Після очищення | Ефективність очищення, % |
|-------------------------|-----------------------------------|-------------|----------------|--------------------------|
| ХСК _{біхр} | мгО ₂ /дм ³ | 1225 | 82 | 93 |
| БСК _{повн} | мгО ₂ /дм ³ | 907 | 18 | 98 |

Таблиця 2

Оптимальні технологічні показники першої стадії біологічного очищення стічних вод на експериментальній установці

| Параметр, одиниці вимірювання | Розрахункова формула | Значення |
|--|--|---------------|
| Температура, °С | (Для мезофільних мікроорганізмів) | 21–25 |
| Водневий показник рН | (Для нейтрофільних мікроорганізмів) | 7–7,3 |
| Окислювальна потужність, г/м ³ *добу (за ХСК, СНіП-1975 [9]) | $OP = \frac{(L_H - L_K)Q}{V}$ | 1306 |
| Навантаження на мул, мг/г*добу (за ХСК, СНіП-1975 [9]) | $q_i = \frac{24(L_{en} - L_{ex})}{\alpha_i(1-s)t_{at}}$ | 432 |
| Період аерації, год | (Визначено експериментально) | 21 |
| Необхідна кількість фосфору для життєдіяльності організмів, мг/дм ³ | (Згідно вагового співвідношення, визначеного експериментально) 100 вагових одиниць БСК _{повн} ; 0,5 вагових одиниць Р | 5 |
| Концентрація розчиненого кисню, мг/дм ³ | (Визначено експериментально) | ні менш ніж 3 |
| Мулові показники: | Визначені експериментально | |
| – масова концентрація мулу по сухій речовині, г/дм ³ | | 4 |
| – динаміка осадження, мл/дм ³ | | 720 |
| – муловий індекс, мл/г | | 180 |

Таблиця 3

Ефективність вилучення сполук неорганічного азоту на першій і другій стадіях очистки на стендовій установці

| Найменування показників | Одиниці вимірювання | До очищення | Після очищення | Ефективність очищення, % |
|--------------------------|---------------------|-------------|----------------|--------------------------|
| Азот загальний, у т. ч.: | мг/дм ³ | 72,6 | 9,01 | 87 |
| – амонійний | мг/дм ³ | 19 | 0,63 | 97 |
| – нітритний | мг/дм ³ | 8,6 | 0,08 | 99 |
| – нітратний | мг/дм ³ | 45 | 8,3 | 82 |

молекулярного азоту бактеріями родів *Pseudomonas*, *Acrobacterium*, *Micrococcus* і ін. Цей процес супроводжує очищення і дозволяє вилучити зі стічних вод такі забруднюючі компоненти, як нітрати. У ході дисиміляційної сульфатредукції мікроорганізми родів *Desulfovibrio*, *Beggiatoa* активують сульфат і відновлюють його до сульфіду в системі енергетичного метаболізму. Результатом такого процесу є скупчення в середовищі великих кількостей сірководню. Сульфіди заліза зумовлюють чорний колір мулової суміші, а сірководень – неприємний запах.

Головні висновки. Відповідно до отриманих експериментально результатів і їх обговорення можливо зробити такі висновки:

1. Для біологічного очищення промислових стічних вод із високим вмістом органічних речовин та азотних компонентів може бути використана двостадійна технологічна схема з аеротенками із завислим аеробним активним мулом, яка забезпечить стабільно ефективне вилучення забруднюючих речовин.

2. При дотриманні оптимальних технологічних параметрів більша частина забруднювачів може

бути вилучена на першій стадії очищення. Значення другої стадії – доочистка залишкових кількостей домішок.

3. На тлі окиснення органічних речовин може відбуватися частково біохімічна нітри-денітрифікація.

4. На стан активного мулу і, як наслідок, на ефективність процесу біологічної очистки впливають фактори середовища, особливо температура, наявність живильних біогенних речовин і токсичних компонентів.

Перспективи використання результатів дослідження. Отримані дані можуть бути використані на діючих підприємствах. Для запобігання виникнення небажаних побічних явищ, пов'язаних з утворенням токсичних речовин у ході очищення промислових стічних вод, слід суворо дотримуватися оптимальних технологічних параметрів. Концентрацію розчиненого кисню за інших подібних умов необхідно підтримувати не менше 3 мг/дм³. Рекомендується контролювати так само вміст сульфатів на вході стічних вод у спорудження для очищення і на виході з нього.

Література

1. Роговская Ц.И. Биохимический метод очистки производственных сточных вод. Москва : Стройиздат, 1967. 140 с.
2. Очистка промышленных сточных вод / Когановский А.М., Кульский Л.А., Сотникова Е.В., Шмарук В.Л. Киев : Техника, 1974. 257 с.
3. Орловский З.А. Очистка сточных вод за рубежом. Москва : Стройиздат, 1974. 92 с.
4. Лурье Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод. Москва : Химия, 1984. 448 с.
5. Блінова Н.К., Кравченко О.В. Сучасні проблеми біологічної очистки стічних вод та шляхи їх вирішення. *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. Сер. Техн науки*. 2018. № 3 (244). С. 14–19.
6. Блінова Н.К., Мохонько В.І. Особливості технології очистки поверхневих стічних вод з територій підприємств нітратної промисловості. *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. Сер. Техн науки*. 2019. № 7 (255). С. 14–19.
7. Яковлев С.В., Карюхина Т.А. Биохимические процессы в очистке сточных вод. Москва : Стройиздат, 1990. 107 с.
8. Сорвачев К.Ф. Биологическая химия : учебник. Москва : Просвещение, 1971. 430 с.
9. Строительные нормы и правила СНиП II – 32-74, Часть II, Глава 32 Канализация. Наружные сети и сооружения. Москва : Стройиздат, 1975. 89 с.
10. ДБН В.2.5-75:2013 «Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування». Чинний від 2014.01.01. Київ, 2012. 206 с.
11. Очистка сточных вод. Биологические и химические процессы / Хенце М. и др. ; пер. с англ. Т.П. Мосоловой под ред. С.В. Калужного. Москва : Мир, 2006. 480 с.
12. Блінова Н.К., Кравченко О.В., Зарайська Ю.Р. Влияние температуры на эффективность процесса нитри-денитрификации. *Вітчизняна наука на зламі епох: проблеми та перспективи розвитку* : матеріали XXVII Всеукр. наук-практ. інтернет-конф., 17 лист. 2016 р. Переяслав-Хмельницький : ПХДПУ ім. Г. Сковороди, 2016. Вип. 27. С. 23–26.
13. Блінова Н.К., Осмоловский В.А., Какичев А.П. Исследование токсичности сточных вод, образующихся при переработке сырого бензола. *Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы* : Материалы III Всерос. конф. по водной токсикологии, посвященной памяти Б.А. Флерова (с междунар. участием), 11–16 ноября 2008 г. Борок : ИБВВ им. И.Д. Папанина РАН, 2008. Ч. 2. С. 7–9.

ПРОБЛЕМИ ВОДОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАСЕЛЕННЯ ПИТНОЮ ВОДОЮ У ЗВ'ЯЗКУ ІЗ ПОГЛИБЛЕННЯМ ДЕФІЦИТУ ДОСТУПНИХ ВОДНИХ РЕСУРСІВ

Бондар О.І., Закорчевна Н.Б., Цвєткова А.М.

Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, корп. 2, 03035, м. Київ
dei2005@ukr.net

Розглянуті проблеми забезпечення населення якісною питною водою за умов зростаючого дефіциту водних ресурсів у зв'язку зі зміною клімату. Запропоновано шляхи вирішення проблеми з якістю води для водопостачання відповідно до настанов ВООЗ, викладених у Планах забезпечення безпечного водопостачання на основі аналізу й оцінки ризиків, запровадження заходів, що контролюють такі ризики на всіх етапах питного водопостачання: від джерела до крану споживача.

Акцентується увага на необхідності планування розподілу водних ресурсів (Water Resource Allocation), яка вже давно існує у багатьох країнах і набуває дедалі більшого значення у міру зростання їх дефіциту, що також сприяє вирішенню міжнародних, регіональних і місцевих конфліктів щодо доступу до води.

На прикладі міста Маріуполь проаналізовані можливі варіанти забезпечення міста питною водою з доступних місцевих водних джерел. Водопостачання Маріуполя знаходиться у критичному стані, тому що головне джерело питної води – річка Сіверський Донець – знаходиться на відстані 240 км від міста. Це ускладнює транспортування води та негативно впливає на її якість. Майже на 70% зношені труби міської водопровідної мережі. Стале забезпечення міста водою Комунальним підприємством «Вода Донбасу» з використанням Південно-Донбаського водогону каналу Сіверський Донець – Донбас протягом останніх років знаходиться під постійною загрозою руйнування. Визначення потенційним джерелом водозабезпечення міста річку Кальміус все одно залишає певні ризики через воєнний конфлікт на сході, де безпосередньо розташований басейн Кальміусу, та поступове зменшення поверхневого річкового стоку в останні 20 років.

Розглядаються технічні рішення щодо водозабезпечення регіону: перекидання річкового стоку, використання морської води, застосування новітніх технологій під час підготовки питної води. *Ключові слова:* зміна клімату, ризики, дефіцит водних ресурсів, вода і здоров'я, питне водопостачання, плани забезпечення безпечного водопостачання, якість води, стале забезпечення водою, джерела питного водопостачання.

Problems of drinking water supply to the population due to the increasing shortage of available water resources. Bondar O., Zakorchevna N., Tsvietkova A.

The problem of providing the population with quality drinking water in the context of growing water scarcity under climate change is considered. Ways to solve the problem of water quality for water supply based on development of water safety plans in accordance with WHO guidelines, using risk analysis and assessment and implementation of measures to control these risks at all stages of drinking water supply: from the source to the consumer tap, are recommended.

Emphasis is put on the need on the Water Resource Allocation planning, which is existed for long time in many countries and is becoming increasingly important due to water resources deficit increasing, such planning also contributes to the resolution of international, regional and local conflicts on access to water.

On the example of the city of Mariupol, possible options to supply the city with drinking water from available local water sources are analyzed. Mariupol's water supply is in critical condition because the main source of drinking water is the Siverskyi Donets River, located 240 km far from the city. It complicates the transportation of water and negatively affects water quality. The pipes of the city water supply network are almost 70% of pipelines of the city water supply network are worn out. In addition, the city's sustainable water supply by the Utility Company "Voda Donbasu" using the South Donbass water pipeline of the Siversky Donets-Donbass Channel has been under constant threat of destruction in recent years. The identification of the Kalmius River as a potential source of city water supply still leaves some risks due to the military conflict in the east, where the Kalmius River Basin is located, and the gradual reduction of river runoff in the last 20 years.

The article also considers technical solutions for water supply in the region, such as transportation of river runoff, use of seawater, use of new water treatment technologies for drinking water production. *Key words:* climate change, risks, shortage of water resources, water and health, drinking water supply, water safety plans, water quality, sustainable water supply, sources of drinking water supply.

Постановка проблеми. На сучасному етапі існування людства прояви зміни клімату стають частішими та потужнішими, збільшуючи ризики та загрози життю значної частини людства. Особливого значення набувають впливи зміни клімату на водні ресурси планети. Нині дедалі частіше вчені наголошують на особливій ролі води, яка є універсальною речовиною, що пов'язує все на

цій планеті – «interconnector», забезпечує існування людини, природи та суспільства. Задоволення природної потреби людини у воді необхідної кількості та безпечної якості вже давно знаходиться під значними ризиками.

Зростання дефіциту водних ресурсів у зв'язку зі зміною клімату піднімає проблему на найвищій щабель серед інших проблем виживання. Багато

країн вже відчувають нестачу води. У деяких регіонах наявність прісної води доброї якості скорочується через забруднення її відходами життєдіяльності людини, промисловості та сільського господарства. Глобальні прогнози щодо демографічного й економічного зростання порушують питання щодо забезпечення такого росту водними ресурсами. Попри стереотип щодо відновлюваності водних ресурсів, людство зіштовхується з наростаючою проблемою відсутності необхідної кількості прісної води належної якості. З огляду на це у майбутньому можливе зростання водних конфліктів. Так, за останні 60 років було підписано понад 300 міжнародних угод по воді. У 37 зареєстрованих випадках сталися водні конфлікти між державами.

Планування розподілу водних ресурсів (Water Resource Allocation) вже давно існує у багатьох країнах і набуває дедалі більшого значення у міру зростання їх дефіциту, що також сприяє вирішенню міжнародних, регіональних і місцевих конфліктів щодо доступу до води [1]. Планування розподілу води – один зі способів ефективного управління водними ресурсами країни, який дозволяє визначити, скільки води можна використати з підземних і поверхневих водних джерел, одночасно забезпечуючи стійкість ресурсу та захищаючи залежні від води екосистеми. На жаль, такий план розподілу водних ресурсів в Україні відсутній.

Найефективнішою сучасною практикою сталого управління якістю та безпекою питної води багатьма країнами визнано планування безпеки води (Water Safety Planning) на основі аналізу й оцінки ризиків із уживанням заходів, що контролюють такі ризики на всіх етапах питного водопостачання: від джерела до крана споживача.

Актуальність дослідження. Система водопостачання – це базова інфраструктура, складова частина економічного успіху країни, розвитку міст і сіл, запорука благополуччя населення. Щороку ситуація повільно загострюється, міста і громади дедалі більше зіштовхуються з водними проблемами, її низькою якістю, забрудненням і пересиханням річок, зниженням рівня підземних вод.

Сьогодні у сфері централізованого водопостачання та водовідведення накопичилася низка проблем, які потребують комплексного врегулювання, а саме: відсутність прогресу (для окремих населених пунктів спостерігається регрес) щодо розвитку централізованого питного водопостачання (тільки 69% населення мають доступ до централізованого водопостачання і 47,8% – до водовідведення); подача води за графіком; привізною водою сьогодні забезпечуються 824 населені пункти у 9 областях, у яких проживає майже 267 тис. населення; наявна система очищення питної води не відповідає вимогам і потребує удосконалення; незадовільний технічний стан основних фондів систем централізованого питного водопостачання та водовідведення (в аварійному

стані знаходяться 35% водопровідних мереж і 38% мереж водовідведення, майже 30% насосних агрегатів на насосних станціях потребують заміни); висока енергоємність систем водопостачання та водовідведення; високий рівень втрат і неврахованих витрат питної води (36% у середньому по Україні); застосування застарілих технологій та обладнання в системах централізованого водовідведення й очищення стічних вод.

Протягом 2020 р. на засіданнях РНБО України неодноразово розглядалися проблеми якості питної води (<https://www.rnbo.gov.ua/ua/Diialnist/4631.html>). Проте дієві рішення щодо ефективного управління на державному і локальному рівнях цією проблемою так і не впроваджуються. Державних санітарних норм і правил «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171-10) комунальні підприємства не дотримуються [2].

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Міжнародні стандарти якості питної води з 1958 р. розробляє Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ), яка після видання трьох редакцій Міжнародних стандартів у 1971 р. розширила роботу над удосконаленням стандартів і почала розробляти та публікувати Керівні принципи для забезпечення якості питної води – Guidelines for Drinking Water Quality. Нині вже опубліковано чотири редакції Керівних принципів. Остання редакція зроблена у 2011 р., де ВООЗ узагальнила й оновила знання та кращий досвід людства за останні 50 років роботи експертів з усього світу над питанням якості питної води та шляхів її забезпечення [3]. Нині ці принципи є основою політики в секторі води та здоров'я та сталого управління безпекою питної води на практиці.

Починаючи з 2011 р. в Україні відбулися 3 національні семінари – тренінги із представлення концепції, принципів і практик впровадження Планів забезпечення безпечного водопостачання (ПЗБВ) провідними водними операторами з Іспанії, Польщі, Франції, Швеції, Великої Британії, Німеччини, Угорщини за участю фахівців ВООЗ. Участь у цих тренінгах брали як представники міністерств і відомств, відповідальні за управління водними ресурсами та громадським здоров'ям, так і фахівці водоканалів і контролюючих обласних органів влади, неурядові організації. У 2015–2016 рр. після тренінгу у серпні 2015 р. за участю ВООЗ громадська мережа України ВЕГО «МАМА-86» за підтримки Шведського Агентства з питань міжнародної співпраці та розвитку SIDA виконали перші проекти із впровадження ПЗБВ зі використанням Рекомендацій ВООЗ із розробки ПЗБВ для малих громад. У рамках цього досвіду було розроблено 9 ПЗБВ для 8 громад та окремих цільових груп споживачів, і завдяки фінансовій підтримці донора та місцевих громад були виконані пріоритетні контрольні заходи 8 роз-

роблених планів. Внаслідок цих пілотів доступ до безпечної питної води (безпечної санітарії в одній школі м. Кропивницький, до безпечного водопостачання, санітарії та гігієни – у міській дитячій лікарні м. Ніжині) отримали понад 17 000 мешканців, головним чином – діти у 8 населених пунктах України.

Навиконання Угоди про Асоціацію з Європейським Союзом Україна зобов'язалася поступово наблизити своє законодавство в частині вимог щодо якості питної води до положень Директиви Ради 98/83/ЄС «Про якість води, призначеної для споживання людиною» від 03 листопада 1998 р. [4]. Завдання України на цьому етапі – забезпечити апроксимацію національного законодавства до вимог законодавства ЄС, прийняти та законодавчо закріпити основні принципи Директиви та галузевої реформи. Українське законодавство певною мірою відповідає вимогам Директиви в частині ст. 5–7, так, в Україні встановлено вимоги щодо якості питної води та щодо контролю якості питної води. Водночас Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171-10) за деякими показниками відхиляються від значень, передбачених Директивою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На підставі ризик-орієнтованого планування у деяких країнах вже розробляються ПЗБВ, які є робочим інструментом водоканалів та основою втілення програм розвитку місцевих громад у секторі водопостачання. Починаючи з 2009 р. ВООЗ розробила практичні керівництва щодо покрокової підготовки таких планів як для окремих водоканалів, так і для окремих громад (невеликих сільських) і груп споживачів (шкіл, медичних закладів), якими нині послуговуються Світова та Європейська асоціації операторів водопостачання – водоканалів.

З 2010 р. Народою Сторін Протоколу про воду та здоров'я до Конвенції ЄЕК ООН про охорону та використання трансграничних водотоків і міжнародних озер (1992 р.) ПЗБВ було визнано та рекомендовано країнам – сторонам Протоколу як основний інструмент його впровадження. Україна є Стороною Протоколу з 2003 р. У 2015 р. ВООЗ розробила також Керівництво з підготовки Планів забезпечення безпеки санітарії (Sanitation Safety Plan), яке було затверджено 4-ою Народою Сторін Протоколу і рекомендовано урядам країн-сторін Протоколу до впровадження. Україна потребує адаптації цих Керівництв ВООЗ, законодавчого закріплення інструментів – Планів забезпечення безпеки води і санітарії та підготовки кадрів для впровадження їх на місцях [5].

Україна обрала євроінтеграційний шлях розвитку і має можливість застосовувати найкращі світові здобутки у своєму економічному розвитку. Імплементация директив ЄС, виконання зобов'язань міжнародних конвенцій та угод дають неабиякий поштовх у досягненні Цілей Сталого Розвитку, які стали обов'язковими для виконання Україною.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Мета статті – проаналізувати сучасні світові підходи в управлінні сферою водопостачання і водовідведення та запропонувати алгоритми дій від запровадження законодавчих змін – розробку ПЗБВ, до практичних рішень на рівні населених пунктів на прикладі м. Маріуполь. Якісне водопостачання населення півдня України, особливо Донецької області, завжди було актуальним питанням. На прикладі м. Маріуполь у статті розглядається, яким чином місто намагається вирішити цю проблему.

Виклад основного матеріалу. В Україні чинним нормативним документом, котрим встановлено вимоги до якості та безпечності питної води, є Наказ МОЗ України від 12 травня 2010 р. № 400 «Про затвердження Державних санітарних норм та правил «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171-10).

Навиконання Угоди про Асоціацію з Європейським Союзом¹ Україна зобов'язалася поступово наблизити своє законодавство в частині вимог щодо якості питної води до положень Директиви Ради 98/83/ЄС «Про якість води, призначеної для споживання людиною» від 03 листопада 1998 р. На думку експертів, чинні в Україні нормативи за деякими параметрами є жорсткішими, ніж європейські, тож забезпечити їх дотримання надто складно, практично неможливо. Це пояснюється тим, що модернізація підприємств питного водопостачання країни проведена на недостатньому рівні, і станом на кінець 2019 р. практично жодне з них не змогло забезпечити доведення питної води до вимог ДСанПіН 2.2.4-171-10, які мали вступити в дію з 1 січня 2020 р. Не вдалося підприємствам також забезпечити належним чином відповідним обладнанням свої лабораторії для моніторингу додаткових показників контролю якості питної води. З огляду на це МОЗ України своїм наказом від 24 грудня 2019 р. № 2675 відтермінував дату набрання чинності нових нормативних значень для окремих показників якості питної води строком на два роки, а саме до 01 січня 2022 р. Це дало змогу де-юре продовжувати у 2020–2021 рр. постачати питну воду населенню України, а підприємства питного водопостачання отримали додаткові два роки на модернізацію шляхом проведення реконструкції, технічного та технологічного переоснащення, однак може статися так, що від 1 січня 2022 р., коли набудуть чинності нові вимоги до якості питної води, встановлені ДСанПіН 2.2.4-171-10, ситуація дійде до критичної, адже за незмінності ситуації та відсутності інвестиційних ресурсів для докорінної модернізації технічного стану системи централізованого водопостачання питна вода в Україні де-юре може стати непитною у багатьох населених пунктах України.

¹ Ратифікована Законом України № 1678-VII від 16 вересня 2014 р. Набрала чинності з 01 вересня 2017 р.

За оцінкою Асоціації «Укрводоканалекологія», лише близько п'ятої частини водоканалів зможуть забезпечити вимоги ДСанНіПу 2.2.4-171-10. Аби забезпечити їх дотримання, необхідні критичні суми інвестиційних ресурсів для реконструкції системи водопідготовки та заміни водопровідних мереж. За даними цієї ж Асоціації, для модернізації критично зношеної інфраструктури системи централізованого водопостачання щонайменше потрібно вкласти 11,6 млрд євро (347,6 млрд грн), із них лівову частку – 10 млрд євро (300 млрд грн), або 86% від загальної суми, складає потреба у коштах для реконструкції мереж водопостачання.

Більшість підприємств водопровідно-каналізаційного господарства (ВКГ) є збитковими. Обсяги збитків у разі перевищують прибутки, що свідчить про наявність глибинних проблем у державному регулюванні діяльності підприємств ВКГ та недосконалу тарифну політику. Так, станом на кінець 2019 р. сукупні збитки підприємств становили 2 647 млн грн, що у 2,7 разів перевищує суму отриманих прибутків (973 млн грн).

Відповідно до чинного законодавства (постанова КМУ від 17 лютого 2010 р. № 151²) у разі невиконання вимог щодо якості питної води підприємства ВКГ зобов'язанні виконувати перерахунки споживача, знизивши розмір плати на 20%, що ще більше ускладнює фінансово-економічний стан підприємств. Можна піти шляхом перегляду та пом'якшення чинних в Україні вимог до якості питної води, щоб задекларувати їх досягнення, проте це не призведе до поліпшення якості та безпеки води і, відповідно, не зменшить негативний вплив на стан здоров'я населення. З метою забезпечення населення якісною та безпечною питною водою в достатній кількості необхідна реконструкція наявних і будівництво нових підприємств питного водопостачання, впровадження нових та удосконалення наявних технологій очищення води, сучасного обладнання, ефективних реагентів, фільтруючих матеріалів, сорбентів тощо.

Окрім вищевикладеного, питання забезпечення питною водою стає не лише інфраструктурним або технологічним питанням. Дедалі більше пріоритети вирішення проблеми спрямовуються на забезпечення сталого управління цією сферою задля досягнення головної мети роботи сектору водопостачання – гарантування права кожної людини на питну воду як основу забезпечення її життєдіяльності. Саме тому у світі за останні 10 років питанням сталого управління водопостачанням і санітарією приділяється значна увага як на глобальному рівні, так і на рівні держав та операторів питного водопостачання або

водоканалів. Це відобразилося у зміні глобальних політичних цілей у цьому секторі, а минулого року у зв'язку з пандемією COVID-19 набуло ще більшої актуальності [6].

Глобальна Ціль сталого розвитку у водному секторі сформульована як *забезпечення наявності та сталого управління водою та санітарією для всіх*. Основу такого сталого управління, яке забезпечує доступ до безпечної, якісної й економічно доступної питної води, нині становлять принципи проактивного управління або такого, яке спирається на аналіз водних ризиків та загроз і запровадження заходів, що мінімізують, контролюють або знімають ці ризики для питного водопостачання на крані у споживача.

Сьогодні розроблені численні Рекомендації ВООЗ щодо планування безпеки води як для централізованого водопостачання (Керівництво ВООЗ –МВА з розробки та реалізації плану забезпечення безпеки води: покрокове управління ризиками для постачальників питної води, 2011), так і для окремих невеликих громад або будівель. Результатом такого планування є Плани забезпечення безпеки води (ПЗБВ), що є оперативним інструментом проактивного управління якістю питної води на місцях на рівні водоканалів і місцевої влади.

Основні положення Керівних принципів забезпечення якості питної води стосуються:

- безпеки питної води, включаючи мінімум процедур і важливості специфічних керівних принципів, а також те, яким чином вони мають бути застосовані;
- підходів, що використовуються для запровадження керівних принципів, у т. ч. їхніх значень;
- мікробіологічних небезпек, які залишаються пріоритетними питаннями як для розвинутих, так і для країн, що розвиваються; важливості системного підходу до забезпечення мікробіальної безпеки та розбудови превентивних принципів, введених у 3-му виданні Керівництв на основі розвитку мультибар'єрного підходу, посилюючи увагу та важливість захисту джерела води;
- зміни клімату, яка веде до коливань температури води та характеру опадів, суворих і довготривалих посух або затоплень, змін якості та браку води; визнання важливості управління цими впливами як обов'язкової складової частини стратегій водного менеджменту;
- хімічного забруднення питної води, включаючи інформацію про хімічні сполуки, що раніше не розглядалися, в т. ч. пестициди, які використовуються для контролю перенесення (вектор) у питній воді, та перегляд бази даних про хімічні сполуки з урахуванням новітніх наукових знань, що подекуди призвело до скорочення опису та пониження пріоритетності певних хімікатів у керівництві;
- ключових хімічних сполук, які спричиняють широкомасштабні впливи на здоров'я людини через питну воду, зокрема миш'як, фториди, свинець, ніт-

² Порядок проведення перерахунків розміру плати за надання послуг із централізованого опалення, постачання холодної та гарячої води і водовідведення в разі ненадання їх або надання не в повному обсязі, зниження якості, затверджений постановою КМУ від 17 лютого 2010 р. № 151. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/151-2010-%D0%BF>.

рати, селен та уран; рекомендацій щодо визначення місцевих пріоритетів та управління;

– важливості участі багатьох різних стейкхолдерів у забезпеченні безпеки питної води та рекомендацій щодо ролей і відповідальностей ключових стейкхолдерів у досягненні мети;

– керівних принципів для нетрадиційних способів (збору дощової води, постачання води безтрубним способом або двома трубами) або методів водопостачання громадами або комунальними службами – водоканалами.

Сьогодні проактивне управління набуває поширення та розвитку в багатьох країнах. Першими активно запроваджувати ПЗБВ стали такі країни, як Австралія, Велика Британія, Канада, Німеччина, Сінгапур, США, Японії та Міжнародна Водна асоціація (IWA), і саме їхній досвід було використано для підготовки Керівних принципів ВООЗ. Слід зазначити, що в Європейському регі-

оні запровадження ПЗБВ отримало значну підтримку з боку Протоколу про воду та здоров'я, і з 2010 р. підхід і рекомендації ВООЗ щодо планування та сталого управління безпекою води та санітарії є пріоритетною сферою впровадження Протоколу про воду та здоров'я. У 2016 р. Народа сторін Протоколу затвердила вже низку Керівництв, у т. ч. і Керівництво з розробки планів забезпечення безпеки санітарії. Таким чином була підготована основа для інтегрованого управління безпекою води та санітарії. Пандемія COVID-19 змусила світ подивитися і на важливість забезпечення третього ключового фактору забезпечення безпеки в секторі води та здоров'я – забезпечення безпеки особистої та колективної гігієни.

На жаль, в Україні поки що проактивне управління водними ресурсами не має належного розуміння і супроводу на рівні науки та підтримки на рівні законодавчої та нормативної бази.

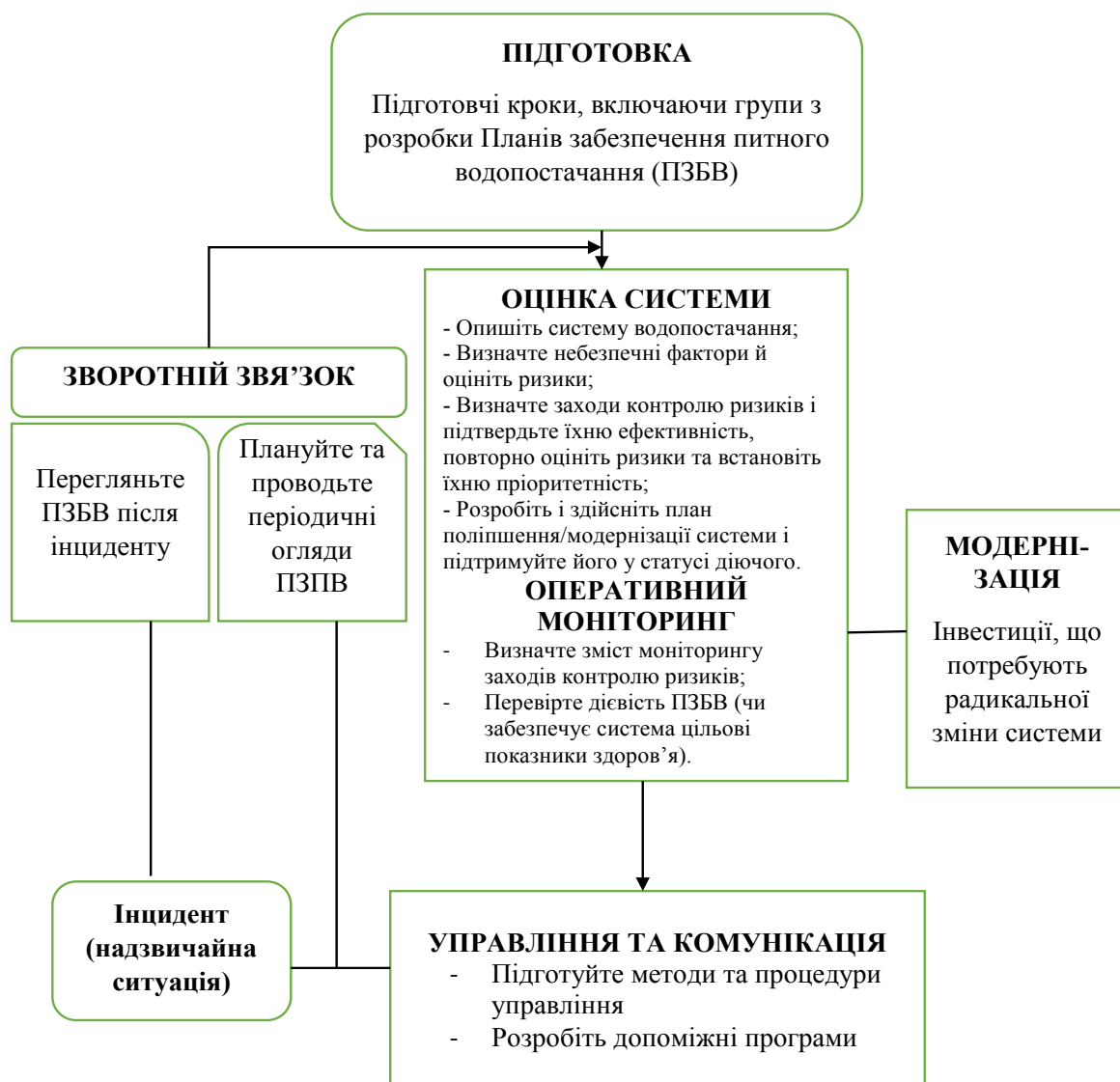


Рис. 1. Як розробити та реалізувати план забезпечення безпеки водопостачання (рекомендації ВООЗ) [7]

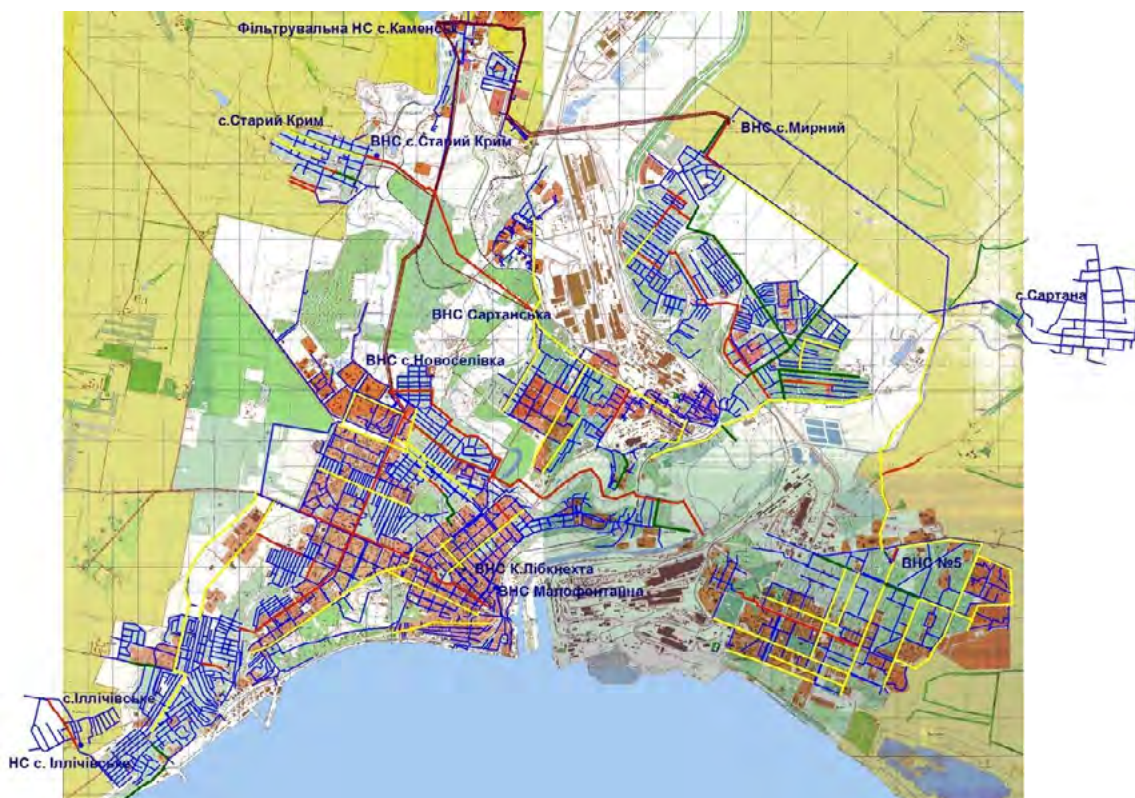


Рис. 2. Схема водопостачання м. Маріуполь

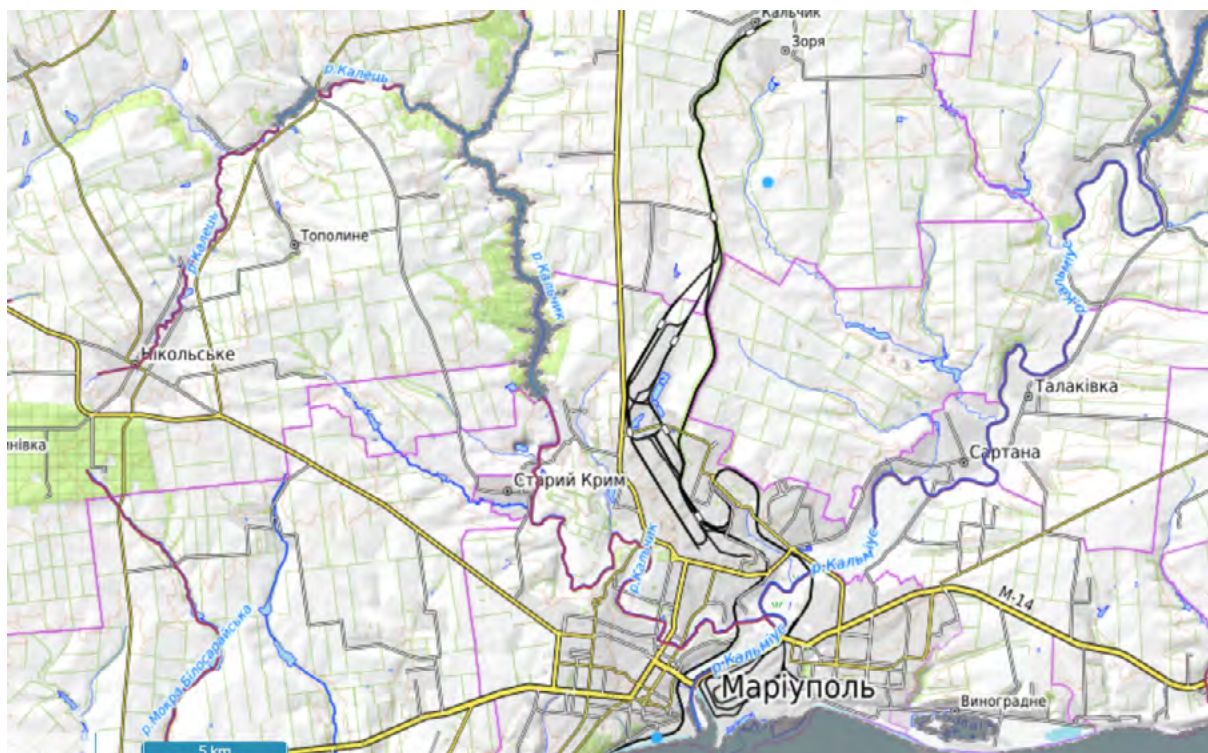


Рис. 3. Гідрографічна мережа території, на якій розташоване м. Маріуполь, яку утворюють річки басейну Кальміус і Кальчик

Слід зазначити, що завдяки Європейському досвіду впровадження ПЗБВ та фінансовій, технічній і гуманітарній підтримці ЄС і європейських країн нині в Україні розпочато пілотний напрям впровадження ПЗБВ. Зокрема, пілоти з упровадження ПЗБВ включено у нову програму з покращення якості послуг водопостачання в Україні за фінансової підтримки NEFCO та ЄС, яка працює із січня 2020 р. Також у рамках проектів гуманітарної допомоги мешканцям територій, які постраждали від війни на сході, впроваджується проект, що виконується Консорціумом АСТЕД з 2019 р., в рамках якого також планується впровадження пілотів із розробки ПЗБВ для сільських громад у Маріупольському районі.

За умов зміни клімату та тривалої пандемії COVID-2019 підходи, що базуються на оцінці ризиків і плануванні контрольних заходів, потребують переосмислення самих підходів і моделей управління водними ресурсами, в т. ч. використання напрацьованого досвіду людства щодо впровадження ПЗБВ (рис. 1).

Можливі рішення проблеми водопостачання на прикладі м. Маріуполь. Маріуполь – одне з найбільших міст східної України, яке розташоване на північному узбережжі Азовського моря, в гирлі річки Кальміус і входить до десятки найбільших міст країни. Загальна площа становить 166,0 км² (з передмістями, тобто територіями, підлеглими Маріупольській міській раді, – 243,17 км²), населення – понад 450 тис. осіб.

КП «Маріупольське ВУ ВКГ» надає послуги з централізованого водопостачання населенню м. Маріуполь і прилеглих селищ, обслуговуючи 15 населених пунктів і 400,478 тис. абонентів. У середньому за добу управління подає 113 тис.м³ води. Для забезпечення населення використовується покупна вода – 98% (у КП «Компанія «Вода Донбасу») та вода із власних поверхневих і підземних джерел – 2% (рис. 2).

Південно-Донбаський водогін (ПДВ) з'єднає канал Сіверський Донець – Донбас (СДД) і Старо-Кримську фільтрувальну станцію КП «Компанія «Вода Донбасу» в Маріуполі на Старо-Кримському водосховищі (р. Кальчик). Він був ведений в експлуатацію у 1971 р., реконструйований у 90-ті рр. до продуктивності 696,4 тис. м³/доб.

Водопостачання Маріуполя знаходиться у критичному стані – головне джерело питної води, р. Сіверський Донець, знаходиться на відстані 240 км від міста. Це ускладнює транспортування та негативно впливає на якість. До того ж майже на 70% зношені труби міської водопровідної мережі.

Із початком бойових дій у червні 2014 р. ПДВ неодноразово припиняв роботу внаслідок пошкодження СДД та припинення постачання електроенергії. Такий стан речей створює значні загрози водопостачанню міста. У періоди, коли Маріупольський водоканал був вимушений забирати воду для питного

водопостачання зі Старо-Кримського водосховища на р. Кальчик (рис. 3), її якість була настільки далека від нормативних вимог, що її не можна було використовувати для вживання та побутових цілей.

Проблеми водопостачання м. Маріуполь такі:

– дефіцит місцевих водних ресурсів у басейні річок Приазов'я. Доступного місцевого ресурсу поверхневих вод задовільної якості, включаючи водосховища басейну р. Кальміус, немає;

– відсутність альтернативних джерел водопостачання та залежність від основного джерела водопостачання з р. Сіверський Донець по системі каналу Сіверський Донець – Донбас;

– досягнення санітарних вимог до питної води за наявною технологією на Старо-Кримській фільтрувальній станції КП «Компанія «Вода Донбасу» у разі використання води з р. Кальчик нині не можливо.

Якість води у р. Кальміус, як і в його притоці Кальчик, у межах міста не відповідає національним стандартам, що вимагаються від річкових вод із метою використання їх для господарсько-побутових потреб. І якщо об'єм річкового стоку дозволяє розглядати воду р. Кальміус як потенційне джерело водозабезпечення Маріуполя, то якість ставить певні обмеження. Річки басейну приймають понад 60% стічних вод. У санітарному відношенні якість води характеризується як полісапробна, тобто максимально забруднена з відсутністю самоочищення. Вода річки Кальміус не відповідає вимогам стандарту джерела для питного водопостачання (табл. 1).

Зі зворотними водами до поверхневих водних об'єктів басейну річок Приазов'я за даними державної звітності за формою 2-ТП водгосп (річна) у 2019 р. було скинуто 82,3 тис. т забруднюючих речовин (без сухого залишку). Аналіз скиду зворотних вод показує, що найбільший об'єм скиду зворотних вод здійснюється до Азовського моря – 69% від загального скиду по басейну (490,6 млн м³) та водних об'єктів басейну р. Кальміус – 29% (170,9 млн м³), із яких безпосередньо до р. Кальміус скидається 115,3 млн м³ (67% від скиду до басейну р. Кальміус). За інформацією Сіверсько-Донецького басейнового управління водних ресурсів Держводагентства України, перевищення нормативів у 2018 р. спостерігалось за такими показниками, як: азот амонійний, БСК5, залізо загальне, марганець, мідь, нафтопродукти, нікель, нітрати, сульфати, хром (VI), хлориди, цинк.

За останні 10 років річковий стік р. Кальчик змінювався в діапазоні 28,7–15,8 млн м³ в рік (від 78 630 до 43 290 м³/добу). Об'єм Старо-Кримського водосховища за останні роки коливався в діапазоні 25,8–35,68 млн.м³, при скиді в нижній б'єф 0,1 м³/с (екологічний попуск). Об'єм скиду, водовіддача водосховища становить зазвичай 0,27 млн м³. Для водопостачання лівобережної частини м. Маріуполь водних ресурсів, що надходять до Старо-Кримського водосховища з р. Кальчик, буде недостатньо.

За останні 100–120 років температура повітря у Маріуполі має тенденцію до підвищення. Протягом цього періоду середньорічна температура повітря підвищилася щонайменше на 1,0°C. Це найменш зволожена частина Приазов'я (350–400 мм на рік). У маловодні роки кількість опадів може знижуватися до 164 мм на рік. За теплий сезон спостерігається шість бездошових періодів тривалістю від 10 і більше днів.

В останні роки спостерігається зростання кількості бездошових періодів у районах, розташованих на березі Азовського моря, що пов'язано з розвитком бризової циркуляції. Бризи, які приносять тепле вологе повітря з моря, послаблюють конвенцію і зменшують кількість опадів. Цей процес негативно впливає на формування річкового стоку басейну р. Кальміус і якість води. Взагалі п'ятиріччя 2015–2020 рр. були найтеплішими в історії спостереження за кліматом як у світі, так і в Україні, а особливо на півдні країни, де розташоване м. Маріуполь. Аналіз річкового стоку річок Кальміус і Кальчик за останні 20 років свідчить про поступове зниження його обсягу на більш ніж 30%.

Підземні води розташовані по території Донецької області дуже нерівномірно, їхні основні обсяги прив'язані до басейну р. Сіверський Донець або його приток, тобто основні запаси підземних вод знаходяться у північній частині області. Значний вплив на підземні води, їхню кількість і якість здійснює вугільна промисловість. Необхідність шахтного водозниження призвела до практично повного знищення запасів підземних вод, придатних для застосування в системах централізованого водопостачання. У багатьох випадках шахтні води без

належного обґрунтування були віднесені до «умовно чистих» і скидалися у поверхневі водойми без будь-якого очищення, але шахтні води цього регіону здебільшого належать до мінералізованих вод, причому ступінь мінералізації може коливатися в досить широких межах – від слабо до сильно мінералізованих. Такий майже безконтрольний скид шахтних вод до природних водойм призвів до збільшення мінералізації води поверхневих джерел, які практично повсюдно характеризуються підвищеним вмістом солей жорсткості, сульфатів, хлоридів, сухого залишку тощо.

Підземні води для водозабезпечення Маріуполя використовуються в незначних обсягах, оскільки не відповідають вимогам ДСанПіН 2.2.4-171/10 «Гігієнічні вимоги до питної води, призначеною для споживання людиною» по сухому залишку, сульфатах, хлоридах, загальній жорсткості. Тому вони використовуються як джерело постачання технічної води (прилеглі підприємства, полив присадибних ділянок і теплиць, на власні потреби для зливної станції та на промивку каналізаційних колекторів).

Фахівцями у сфері управління водними ресурсами та ВКГ за останні 5 років були запропоновані певні варіанти вирішення питання щодо потенційних джерел водопостачання м. Маріуполь, що вимагають значних інвестицій і мають як свої недоліки, так і переваги, а саме:

- розширення водозабірних споруд і водоочисної станції Західного групового водопроводу (Запорізька область) і побудова водоводу від м. Бердянськ до м. Маріуполь;

- використання води із водозабору, розташованого на Каховському водосховищі, що неподалік

Таблиця 1

Середньорічні концентрації забруднюючих речовин у контрольних створах водних об'єктів регіону за звітний рік (мг/л) за даними Сіверсько-Донецького БУВР

| Пункт спостереження за якістю води | Показники складу та властивостей | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|------------------|---------------|----------|---------|-----------------|---------|---------------|------|-------------------|---------|--------|-----------|---------|--------|-------|--------|
| | завислі речовини | БСК ₅ | мінералізація | сульфати | хлориди | амоній сольовий | нітрати | нафтопродукти | ХСК | розчинений кисень | фосфати | цинк | марганець | фториди | залізо | нітри | міль |
| ОБРВ (1990 р.)* | - | 2 | - | 100 | 300 | 0,5 | 40 | 0,05 | - | >6 | - | 0,01 | 0,01 | - | 0,1 | 0,08 | 0,001 |
| р. Кальміус, 1 км, м. Маріуполь, гирло | 21,9 | 4,3 | 2221 | 758,7 | 324,3 | 1,18 | 18,1 | 0,12 | 24,1 | 8,5 | 1,55 | 0,0248 | 0,0456 | - | 0,21 | 0,44 | 0,0037 |
| р. Кальчик, 18 км, нижній б'єф Старо-Кримського водосховища | 21,4 | 4,4 | 2226 | 675,2 | 426,1 | 1,06 | 14,9 | 0,11 | 23,1 | 8,5 | 1,67 | 0,0243 | 0,0548 | - | 0,19 | 0,32 | 0,0042 |
| р. Кальчик, 1 км, м. Маріуполь, гирло | 21,3 | 4,3 | 2069 | 738,0 | 282,9 | 1,14 | 17,6 | 0,12 | 22,3 | 8,6 | 1,36 | 0,0240 | 0,0442 | - | 0,20 | 0,40 | 0,0038 |

* Узагальнений перелік гранично допустимих концентрацій (ГДК) та орієнтовно безпечних рівнів впливу (ОБРВ) шкідливих речовин для води рибогосподарських водойм

с. Благовіщенка, Кам'янсько-Дніпровського району Запорізької області, та збільшення потужності Старокримської фільтрувальної станції;

– використання недозавантажених потужностей ДВС-1 КП «Водоканал» Запорізької міської ради;

– використання води Державного міжрайонного підприємства водопровідно-каналізаційного господарства «Дніпро-Західний Донбас»

– прокладання водоводу для перекидання води з Павлопільського водосховища (р. Кальміус) до Старо-Кримського водосховища (р. Кальчик) і побудова станції доочищення води;

– будівництво заводу з опріснення морської води.

За результатами проведених різними інженерно-конструкторськими організаціями у попередні роки (до 2017 р.) техніко-економічних розрахунків можливих варіантів забезпечення безперебійним водопостачанням населення м. Маріуполь зроблено такі висновки (приблизна вартість розрахована відповідно до цін 2017 р.):

1. Вирішення проблеми безперебійного водопостачання населення Донецької області потребує комплексного підходу

2. За рахунок тільки місцевих джерел і наявної системи водопостачання вирішити надійність водопостачання м. Маріуполь дуже складно

3. На першому етапі для швидкого вирішення проблеми запропоновано реалізувати варіант із розширенням водозабірних споруд і водоочисної станції Західного групового водопроводу (ЗГВ, Запорізька область) і побудовою водоводу від м. Бердянськ до м. Маріуполь з орієнтовною вартістю реалізації – 1 557 835 тис. грн, собівартість води становитиме 4,98 грн/м³.

4. На другому етапі запропоновано використання води із водозбору, розташованого на Каховському водосховищі поблизу с. Благовіщенка, Кам'янсько-Дніпровського району Запорізької області, та збільшення потужності Старо-Кримської фільтрувальної станції з орієнтовною вартістю реалізації 4 886 642 тис. грн, собівартість води становитиме 3,39 грн/м³.

5. На третьому етапі для підвищення надійності системи водопостачання запропоновано використання недостатньо завантажених потужностей ДВС-1 КП «Водоканал» Запорізької міської ради з орієнтовною вартістю реалізації 2 296 229 тис. грн, собівартість води становитиме 9,74 грн/м³. Використання води із водогону «Дніпро – Західний Донбас»: через м. Покровськ із орієнтовною вартістю реалізації 210 715 тис. грн і собівартістю 8,36 грн/м³; через м. Волноваха з орієнтовною вартістю реалізації 379 265 тис. грн і собівартістю 10,86 грн/м³.

6. Використання морської води з Азовського моря. Будівництво заводу з опріснення води Азовського моря потужністю 100 000 м³/добу з можливістю збільшення до 130 000 м³ / добу.

7. Використання мембранних технологій для очищення води можливо лише для окремих населених пунктів, котрі не підключені до спільної системи КП «Компанія Вода Донбасу» та мають джерела води зі стабільним дебетом і підвищеною жорсткістю та солемістом.

8. Поступова реалізація означених вище варіантів забезпечить надійне водопостачання населених пунктів Донецької області, включаючи м. Маріуполь, водою гарантованої якості.

Законом України від 25 квітня 2019 р. № 2710-VIII ратифіковано Рамковий договір між Урядом України й Урядом Французької Республіки про офіційну підтримку проєкту з постачання Маріуполя питною водою [8]. Проєкт входить у пріоритети Уряду України та дозволить місту Маріуполь поліпшити якість послуг із забезпечення питною водою, що має життєво важливе значення для населення міста. Згідно з умовами Рамкового договору проєкт також передбачає розробку Генерального плану щодо вдосконалення системи водопостачання та водовідведення Маріуполя до 2040 р. а також модернізацію системи для зменшення втрат питної води.

Запланований обсяг робіт у рамках фінансування проєкту якісного водопостачання м. Маріуполя:

1. Розробка генеральної схеми управління водними ресурсами міста (водопостачання та водовідведення). До розробки генеральної схеми планується долучити провідні французькі компанії у сфері забезпечення водопостачання та водовідведення міст.

2. Розробка провідними французькими експертами ТЕО альтернативної системи водопостачання з урахуванням можливих джерел водопостачання та впровадження сучасних технологій із очищення води.

3. Будівництво заводу з очищення води.

4. Розробка Програми зниження втрат і підвищення ефективності КП «МВУ ВКГ», що дозволить знизити втрати води до нормативних і, як наслідок, забезпечити беззбиткову діяльність підприємства.

Пропоновані потенційні джерела водопостачання м. Маріуполь мають обиратися з використанням вимог чинного національного законодавства у сфері питного водопостачання. Вибирають нові поверхневі та підземні джерела централізованого питного водопостачання на підставі:

– оцінювання умов формування ресурсів і якості поверхневих і підземних вод у місцях розташування наявних або запроєктованих водозборів, які з'ясовують аналізуванням усіх доступних (відомих) у кожному конкретному випадку ретроспективних, сучасних і прогнозних матеріалів досліджень джерел централізованого водопостачання та встановлених щодо них екологічних нормативів якості води відповідно до Закону України «Про Загальнодержавну програму «Питна вода України» від 3 березня 2005 р. № 2455-IV [9];

– оцінювання якості води у місцях водозабору, що виконують за результатами гігієнічного й екологічного аналізування (Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171-10);

У разі вибору нових джерел господарсько-питного водопостачання перевагу надають найбільш надійним. У разі недостатніх запасів води в них або неможливості їх використання (з технічного та/або економічного погляду) дефіцит води слід поповнювати за рахунок менш надійних водних джерел з урахуванням розрахункової якості води після їх змішування перед надходженням у розподільчу мережу.

На джерела питного водопостачання повинні бути складені в установленому законодавством порядку паспорти. Перелік показників якості води у паспорті джерела питного водопостачання має відповідати переліку, визначеному державними санітарними нормами і правилами.

Попередні лабораторні дослідження вихідної води проводять за переліком показників ДСанПіН 2.2.4-171-10 з урахуванням місцевих природних умов, санітарного стану джерела питного водопостачання та прилеглої території, а також особливостей подальшої обробки питної води.

Моніторинг стану вихідної води проводять протягом належного часу, щоб визначити межі коливання показників безпечності та якості. У разі використання поверхневої води як вихідної моніторинг повинен відображати її склад як мінімум протягом трьох років. Якість вихідної води повинна забезпечувати відповідність якості одержуваної питної води вимогам ДСанПіН 2.2.4-171-10 з використанням необхідних сучасних технологій водопідготовки або без них.

Історично м. Маріуполь розділене на 2 частини – лівобережну та правобережну. У лівобережній частині проживає приблизно 30% населення і, відповідно, на неї припадає 30–35% водоспоживання. Правобережна частина, у т. ч. центр міста, споживає 65–70% питної води.

Загальне водоспоживання міста з урахуванням перспективних заходів щодо скорочення втрат води з 40 до 30% у літній період становить 120 тис. м³/добу. Таким чином, можливі варіанти водопостачання міста необхідно розглядати, виходячи з обсягів водоспоживання 36–42 тис.м³/добу і 78–84 тис.м³/добу для ліво- і правобережної частин міста відповідно.

Як альтернативне джерело водопостачання лівобережної частини може розглядатися вода з річки Кальміус. Для правобережної частини міста нині

Таблиця 2

Недоліки та переваги 4 варіантів джерел водопостачання м. Маріуполь

| № | Фактори впливу | Варіант 1 | Варіант 2 | Варіант 3 | Варіант 4 |
|---|---|-------------------------------------|--|---|---------------|
| | | Кальміус 120 тис. м ³ | Старо-Кримське в-ще 85 тис. м ³ Кальміус 42 тис. м ³ | Старо-Кримське в-ще 120 тис. м ³ | Азовське море |
| 1 | Наявність необхідного обсягу сирі води для отримання питної води | так | ні | ні | так |
| 2 | Енергоефективність | так | так | так | ні |
| 3 | Відповідність вихідної (сирі води) нормативним вимогам і вимогам постачальників обладнання за граничними показниками забруднень, які можна видалити технологією | так | так | так | частково |
| 4 | Можливість підмішування сирі води (після фільтрування на швидких фільтрах і знезаражування безхлорним методом (УФ або озонування) для подальшої мінералізації опрісненої осмосом води до показників ДСанПіН 2.2.4-171-10. | так | так | так | ні |
| 6 | Можливість забезпечити зону санітарної охорони відповідно до ДБН В.2.5-74:2013 | так | так | так | ні |
| 7 | Наявність поблизу водогонів достатнього діаметру для підключення проектних потужностей станції водоочищення | частково | частково | ні | ні |
| 8 | Залежність надалі від постачальника питної води КП «Компанія» Вода Донбасу». | частково на першому етапі | на 65% | так | ні |
| 9 | Екологічні аспекти (можливість скидання відходів виробництва у річки або в море). | так | так | так | ні |

єдиним джерелом водопостачання є вода з ПДВ. Води зі Старо-Кримського водосховища на річці Кальчик не вистачить, оскільки необхідний дозволений обсяг забору сиріої води зі Старо-Кримського водосховища з урахуванням технологічних витрат на промивку швидких фільтрів (3–5%) і скидання розсолу із мембран зворотного осмосу (20%) повинен становити 100,0–115,0 тис. м³/добу.

Гідравлічно ліва та права частина міста пов'язані лише водогонями великого діаметру КП «Компанія «Вода Донбасу», частина з яких є аварійною. КП «Маріупольводоканал ВУ ВКГ» своїх магістральних водогонів, що пов'язують ліву та праву частину, міста не має, а експлуатує лише розподільчі мережі.

З огляду на вищезазначене можливі 4 варіанти вибору джерел водопостачання та розміщення водочисних споруд (табл. 2).

Не вдаючись до інфраструктурних і технологічних подробиць можливих схем водозабезпечення міста, необхідно зауважити, що всі варіанти вибору джерела і місцезнаходження нового заводу з підготовки питної води в Маріуполі небездоганні за багатьма чинниками. Для досягнення мети міста – стати незалежними від водопостачання від КП «Вода Донбасу» – необхідно використовувати воду з р. Кальміус, розраховуючи, що застосування відповідних мембранних технологій дозволить видаляти усі небезпечні речовини з річкової води. Такий метод не має стати фактором значного підвищення тарифів на водопостачання для населення. Також існує проблема з розподільчою мережею міста, насосними станціями, які належать КП «Вода Донбасу». Процес вирішення цих і багатьох інших проблем триває, але ризики щодо сталого водопостачання

міста все одно залишаться, серед них головними є: військовий конфлікт на сході, де безпосередньо розташований басейн р. Кальміус, і поступове зменшення поверхневого річкового стоку.

Головні висновки. Сьогодні галузь водних ресурсів України знаходиться у сфері відповідальності багатьох державних міністерств і відомств. Сучасне управління щодо довкілля, системи водопостачання та водовідведення потребує негайного реформування, а підприємства, що реалізують ці функції – невідкладної модернізації. Найкращі міжнародні підходи до управління водними ресурсами, технології очищення води дозволяють зберегти цей ресурс і забезпечити наших громадян якісною водою. Стан джерел і систем водопостачання суттєво впливає на якість питної води та здоров'я нації, адже більшість населення України одержує її із природних джерел через мережі централізованого водопостачання. Як свідчать дані Держстату України, централізоване водопостачання залишається головним способом постачання питної води з-поміж усіх, якими користується сьогодні населення України.

Висвітлені у статті локальні підходи до вирішення питань гарантованого водопостачання населення свідчать, що приймати практичні рішення без урахування усіх чинників на територіях із проблемним водозабезпеченням вкрай складно і ризиковано. Генеральні схеми розвитку міст і населених пунктів мають базуватися на прорахованих планах безпечного водопостачання і санітарії, а загалом держава має розробити план розподілу води для чіткого розуміння, які її наявні обсяги є у країні та як ефективно їх використовувати.

Література

1. Water Resources Allocation. Policy highlights. Sharing risks and opportunities. OECD. Paris, 2015. 13 p.
2. Про затвердження Державних санітарних норм та правил «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» 01 липня 2010 р. / МОЗ. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text>.
3. Guidelines for drinking-water quality-4th edition. WHO. Geneva, 2011. 541 p.
4. Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:31998L0083>.
5. Цветкова А., Закорчевна Н. Протокол про воду і здоров'я як інструмент водної безпеки. *ECOBUSINESS. Екологія підприємства*. 2020. № 2. С. 14–18.
6. Єфімова Т., Закорчевна Н. На шляху реформування водної політики України. *Водопостачання та водовідведення*. 2019. № 6. С. 35–38.
7. Руководство по разработке и реализации плана обеспечения безопасности воды. Пошаговое управление рисками для поставщиков питьевой воды / Bartram J., Corrales L., Davison A. / Копенгаген. Европейское региональное бюро ВООЗ, 2011. 102 с.
8. Про ратифікацію Рамкового договору між Урядом України та Урядом Французької Республіки щодо офіційної підтримки проекту з постачання питної води у м. Маріуполі. Закон України № 2710-VIII від 25 квітня 2019 р. / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/250_001-19#Text (дата звернення 22 лютого 21).
9. Про Загальнодержавну програму «Питна вода України». Закон України № 2455-IV від 3 березня 2005 р. / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/250_001-19#Text (дата звернення 22 лютого 21).

ЯКІСТЬ ВОДИ ДЖЕРЕЛ НЕЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ НА ТЕРИТОРІЇ СІЛЬСЬКИХ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Герасимчук Л.О., Валерко Р.А.
Поліський національний університет
бульв. Старий, 7, 10008, м. Житомир
gerasim4uk@ukr.net, valerko_ruslana@ukr.net

За відсутності централізованого водопостачання мешканці сільських населених пунктів для забезпечення питних потреб користуються водою нецентралізованих джерел водопостачання, часто не замислюючись про її якість. Проведена оцінка якості води 72 джерел нецентралізованого водопостачання, що розташовані на території Житомирського району та використовуються мешканцями сільських територій як альтернатива централізованому водопостачанню для забезпечення власних питних потреб. Оцінку якості води здійснювали на підставі санітарно-хімічних показників, таких як: водневий показник, залізо загальне, жорсткість загальна, нітрити, нітрати, амоній. Встановлення фактів перевищення санітарних норм визначали шляхом порівняння отриманих значень вмісту окремих показників із рівнями, наведеними у ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною». Визначення класів якості питної води джерел нецентралізованого водопостачання здійснювали відповідно до ДСТУ 4808:2007 «Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання». Встановлено, що аналізовані фізико-хімічні показники якості води не відповідали нормам у 17,1% проб (за рівнем рН – у 19,4% проб, вмістом заліза загального – у 4,2%, рівнем загальної жорсткості – 27,8%), а серед токсикологічних показників найбільші відхилення від норми зафіксовані для нітратів – 63,9%. Визначено, що 2,8% обстежених джерел мали відмінну якість води (I клас), 72,2% – воду прийнятної якості (II клас) і 25% – воду задовільної якості. Найбільший вплив на формування якості води джерел нецентралізованого водопостачання мають нітрати, що спричиняють підвищений рівень неканцерогенного ризику для здоров'я людини. Незважаючи на те, що вода джерел нецентралізованого водопостачання має прийнятну якість, вона є непридатною для систематичного вживання через надмірний вміст нітратів. *Ключові слова:* колодязі, санітарно-хімічні показники якості, вміст нітратів, лімітуючий показник, санітарні норми, клас якості.

Water quality from the sources of non-centralized water supply on the territory of rural settlements of Zhytomyr region
Herasymchuk L., Valerko R.

In the absence of centralized water supply, rural residents use water from the sources of non-centralized water supply to meet their drinking needs, often without thinking about its quality. The water quality from 72 sources of non-centralized water supply, which are located in Zhytomyr rayon and used by rural residents for drinking purposes as an alternative to centralized water supply has been assessed. The assessment of water quality was carried on the basis of sanitary and chemical indicators, such as: hydrogen index, iron total, total water hardness, nitrites, nitrates, and ammonium. Establishment of the facts of exceeding sanitary norms was determined by comparing the obtained content values with the levels given in the DSaNPiN (State Sanitary Regulations and Standards) 2.2.4-171-10 "Hygienic Requirements for Drinking Water Intended for Human Consumption". Determination of drinking water quality classes from the sources of non-centralized water supply was carried out in accordance with DSTU (National Standards of Ukraine) 4808:2007 "Sources of Centralized Drinking Water Supply. Hygienic and Environmental Requirements for Water Quality and Withdrawal Rules". It has been found out that 17.1% of water samples did not conform to the standards (hydrogen index – 19.4%, iron total content – 4.2%, total water hardness level – 27.8%) and as for the toxicological indicators the greatest deviations from the norm were observed for nitrates – 63.9%. 2.8% of the examined sources had excellent water quality (class I), 72.2% – acceptable water quality water (class II) and 25% – satisfactory water quality has been determined. Nitrates contribute the most to the formation of water quality from the sources of non-centralized water supply; they create an increased level of non-carcinogenic risk to human health. Despite the fact that the water from the investigated sources of non-centralized water supply is of acceptable quality, it is impotable for systematic use due to the excessive nitrate content. *Key words:* wells, sanitary and chemical indicators of quality, nitrate content, limiting index, sanitary standards, degree of quality.

Постановка проблеми. Забезпечення населення якісною та безпечною для здоров'я людини питною водою регламентується законодавчими актами України, основними з яких є Закони України «Про питну воду та питне водопостачання» від 10 січня 2002 р. № 2918-III, «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення» від 24 лютого 1994 р. № 4004-XII та Загальнодержавна цільова програма «Питна вода України» на 2011–2020 рр. від 03 березня 2005 р. № 2455-IV.

Якісна питна вода має важливе значення для підтримки здорового населення. За даними ВООЗ, майже 1 млрд осіб позбавлені доступу до поліпшеного водопостачання. Відповідно до «водної» цілі сталого розвитку України (ЦСР 6) всеохоплюючий і рівний доступ до безпечної та економічно доступної питної води для всіх має бути досягнутий до 2030 р.

Актуальність дослідження. Значна диспропорція між міським і сільським населенням у забезпеченні централізованим водопостачанням і доступі

до якісної питної води зумовлюють актуальність досліджень саме на сільських селітебних територіях. За даними Державної служби статистики України, у 2019 р. обладнано водопроводом 78,2% площі житлових приміщень у містах і 38,3% у сільській місцевості (у 2018 р. ці показники становили 78,1 та 37,4% відповідно, у 2017 р. – 78 і 36,6% відповідно) [1]. Централізоване водопостачання у 2019 р. було відсутнє у 4 містах із 406, 60 смт із 683 та 19 059 сіл із 26 076. Що стосується Житомирської області, то централізоване водопостачання присутнє у всіх містах (забезпечено 64,5% населення), у 38 смт із 43 (забезпечено 42,3% населення) й у 125 селах із 1 613 (забезпечено 14,3% населення) [2]. За відсутності централізованого водопостачання мешканці сільських населених пунктів для забезпечення питних потреб користуються водою з нецентралізованих джерел водопостачання, часто не замислюючись про її якість. Така вода є забрудненою за низкою показників, особливо за вмістом нітратів [3–6]. Враховуючи викладене, дослідження стосовно оцінки якості води джерел нецентралізованого водопостачання, які розташовані у сільських населених пунктах, є актуальними та потребують розгляду.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Дослідження виконувалися в рамках науково-дослідної роботи «Еколого-соціальна оцінка стану сільських селітебних територій у контексті сталого розвитку» (державний реєстраційний № 0120U104233) та можуть бути використані представниками сільських, селищних рад та об'єднаних територіальних громад при затвердженні програм з охорони навколишнього природного середовища та заходів щодо покращення якості води та водопостачання в сільських населених пунктах, а також для інформування місцевих жителів про стан довкілля сільських територій Житомирської області.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Визначення якості води привертає увагу багатьох вітчизняних і зарубіжних вчених. Джерела нецентралізованого водопостачання мають важливе значення для забезпечення водою сільського населення [7]. Низька екологічна культура сільського населення, внаслідок якої має місце безконтрольне використання добрив, засобів захисту рослин, велика кількість стічних вод зумовлює мікробіологічне та хімічне забруднення джерел [3–6, 8–10]. Основними забруднювачами води джерел нецентралізованого водопостачання є мікроорганізми, органічні речовини та важкі метали [11; 12]. Особливе занепокоєння викликає забруднення води нітратами [3–6]. Характеризуючись збагаченістю токсичними елементами, вода має незадовільну якість, стає непридатною для пиття, а потенційні загрози здоров'ю людей від її споживання стають значною екологічною проблемою.

Відповідальність за управління водними ресурсами джерел нецентралізованого водопостачання покладається на їхніх власників [7], у яких часто виникають ілюзії щодо їх контролю та якості води та які недооцінюють ризики забруднення [13]. Сприйняття якості води у джерелах нецентралізованого водопостачання є важливим для впливу на прийняття рішень і заходів щодо її покращення та запобігання забрудненню [7; 10], проте такі рішення та заходи повинні впроваджуватися не лише на індивідуальному рівні, а й на рівні сільських, селищних рад та об'єднаних територіальних громад [14].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття, та новизна досліджень. Відсутність комплексних досліджень якості води джерел нецентралізованого водопостачання на території сільських населених пунктів аграрних регіонів і неприділення достатньої уваги дослідників питанням її якості зумовлюють необхідність проведення досліджень у цьому напрямі.

Методологічне значення. Дослідження проводилися на території Житомирського району. Всього було обстежено 72 джерела нецентралізованого водопостачання, що розташовані в центральній частині та на околицях сіл Вертокиївка, Головенка, Кодня, Зарічани, Миролюбівка, Озерянка, Пряжів, Рудня-Городище, Сінгури, Троянів, Ліщин, Лука, Піски, Станишівка, Туровець, Березина, Гадзинка, Глибочиця, Левків, Вереси, Кам'янка, Олівка, Глибочок, Дениші, Висока Піч, Заможне, Покостівка, Тетерівка, Барашівка, Березівка, Василівка, Іванівка, Садки, Черемошне, а також селищ міського типу Новогуївинське й Озерне Житомирського району. Ці джерела користуються особливою популярністю у місцевого населення і використовуються як альтернатива централізованому водопостачанню.

Аналітичні дослідження якості води проводили на базі атестованої вимірювальної лабораторії навчально-наукового центру екології й охорони навколишнього середовища Поліського національного університету за загальноприйнятими методиками: рН водне – потенціометрично; твердість загальна – згідно з ГОСТ 4151-72, загальне залізо – за КНД-211.1.4.040-95, вміст нітрат-іонів – згідно з ГОСТом 18826-73, нітрити – згідно з ДСТУ ISO 6777-2003, аміак – згідно з ДСТУ ISO 6778-2003.

Отримані значення показників якості питної води джерел нецентралізованого водопостачання порівнювали з нормативами, зазначеними у ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» [15]. Якість води джерел нецентралізованого водопостачання визначали відповідно до ДСТУ 4808:2007 «Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання»: 1 клас – відмінна,

бажана якість води; 2 клас – добра, прийнятна якість води; 3 клас – задовільна, прийнятна якість води; 4 клас – посередня, обмежено придатна, небажана якість води [16].

Виклад основного матеріалу. Здійснюючи відбір проб води, оглядаючи території, де знаходяться криниці, та спілкуючись із місцевими жителями обстежуваних сільських населених пунктів, ми виявили незадовільну якість води джерел нецентралізованого водопостачання, що пов'язано зі специфічними джерелами забруднення та низьким рівнем екологічної культури місцевих жителів. Хаотична забудова присадибних ділянок, облаштування без урахування вимог санітарного законодавства на незначній відстані від джерел децентралізованого водопостачання вигрібних ям, гноєсховищ, компостних ям, надвірних вбиралень, приміщень для утримання худоби та птахів, внесення у ґрунт азотних мінеральних добрив у надмірних кількостях із порушенням регламентів їх застосування у комплексі з неналежним санітарним і технічним доглядом – причини сучасної деградації якості води джерел нецентралізованого водопостачання (табл. 1).

Досліджувані фізико-хімічні показники якості води нецентралізованих джерел водопостачання не відповідали нормі у 17,1% проб.

Досліджені нами проби води джерел нецентралізованого водопостачання на території сільських населених пунктів характеризувалися значенням рН в межах 5,42–8,35 одиниць. 19,4% відібраних проб води мали відхилення у межах 0,04–1,1 одиниці рН від нижньої межі водневого показника (села Пряжів, Глибочиця, Левків, Кам'янка, Дениші, Висока Піч, Заможне, Покостівка, Барашівка, Березівка, Садки).

Залізо загальне у воді джерел нецентралізованого водопостачання варіювало у межах від 0,02 до 3,2 мг/дм³. Перевищення встановлених нормативів у 1,03–3,2 рази фіксувалося у 4,2% проб води (зокрема

у с. Тетерівка перевищення становило 1,03 рази, с. Рудня-Городище – 1,3 рази, с. Березівка – 3,2 рази).

За рівнем загальної твердості відхилення від встановлених ДСанПіП норм виявлено у 27,8% проб води. Рівень загальної жорсткості води коливався в межах 0,7–18,2 ммоль/дм³.

Серед санітарно-токсикологічних показників нами досліджувався вміст азотної групи (азоту амонійного, нітратів і нітритів). Кількості нітритів і аміаку у воді не перевищували встановлені норми та становили 0,002–1,2 та 0,17–2,4 мг/дм³ відповідно.

Одним із лімітуючих показників, які зумовлюють якість води джерел нецентралізованого водопостачання і спричиняють підвищений рівень неканцерогенного ризику для здоров'я, є вміст нітратів. За норми 50 мг/дм³ згідно з ДСанПіП 2.2.4-171-10 вміст нітратів у воді джерел нецентралізованого водопостачання на території сільських населених пунктів Житомирського району коливався в досить широкому діапазоні – від 4,0 до 410,0 мг/дм³, а 63,9% проб не відповідали нормі і перевищували її до 8,2 разів (максимальні перевищення мали місце у населених пунктах Березина – у 3,2–8,2 рази, Барашівка – у 6,4 рази і Кодня – у 2,3–5,0 разів).

Наступним етапом наших досліджень стало оцінювання якості води у джерелах нецентралізованого питного водопостачання відповідно до ДСТУ 4808:2007, результати якого представлено на рис. 1–3. За показником рН до першого (відмінна, бажана якість води) та другого класу якості вод («добра», чиста вода прийнятної якості) належать 33,3 і 52,8% обстежених джерел нецентралізованого водопостачання. 13,9% джерел мали воду третього класу якості – «задовільна», слабко забруднена вода прийнятної якості. За вмістом заліза загального перший клас якості води притаманний 69,4% обстеженим джерелам, другий клас – 27,8%, третій клас – 2,8%. За рівнем загальної твердості першим і третім

Таблиця 1

Санітарно-хімічні показники якості та безпечності води джерел нецентралізованого водопостачання сільських територій, 2019–2020 рр.

| Показник | Інтервал вмісту фізико-хімічних показників якості води % зразків із відповідним значенням | | | | | | % зразків з перевищенням норм |
|--|--|-------------|-------------|------------|------------|------------|-------------------------------|
| | 5,4–5,99 | 6,0–6,49 | 6,5–6,99 | 7,0–7,49 | 7,5–7,99 | 8,0–8,5 | |
| Рівень рН, од. | 4,2 | 15,3 | 36,1 | 38,9 | 4,2 | 1,3 | 19,4 |
| | 0,02–0,10 | 0,101–0,40 | 0,401–0,70 | 0,701–0,1 | 1,01–1,30 | 1,301–3,20 | |
| Залізо загальне, мг/дм ³ | 13,9 | 66,7 | 11,1 | 4,2 | 1,3 | 2,8 | 27,8 |
| | 0,70–3,9 | 4,0–6,9 | 7,0–9,9 | 10,0–12,9 | 13,0–15,9 | 16,0–19,0 | |
| Жорсткість загальна, ммоль/дм ³ | 22,2 | 29,2 | 20,8 | 15,3 | 9,7 | 2,8 | – |
| | 1,0–25 | 25,01–50 | 50,01–100 | 100,01–150 | 150,01–200 | 200,01–410 | |
| Нітрати, мг/дм ³ | 0,002–0,01 | 0,0101–0,02 | 0,0201–0,05 | 0,0501–0,1 | 0,101–0,5 | 0,501–1,2 | – |
| | 30,6 | 5,6 | 22,2 | 22,2 | 13,8 | 5,6 | |
| Аміак, мг/дм ³ | 0,1–0,4 | 0,41–0,8 | 0,81–1,2 | 1,21–1,6 | 1,61–2,0 | 2,01–2,4 | – |
| | 30,6 | 45,8 | 6,9 | 9,7 | 4,2 | 2,8 | |

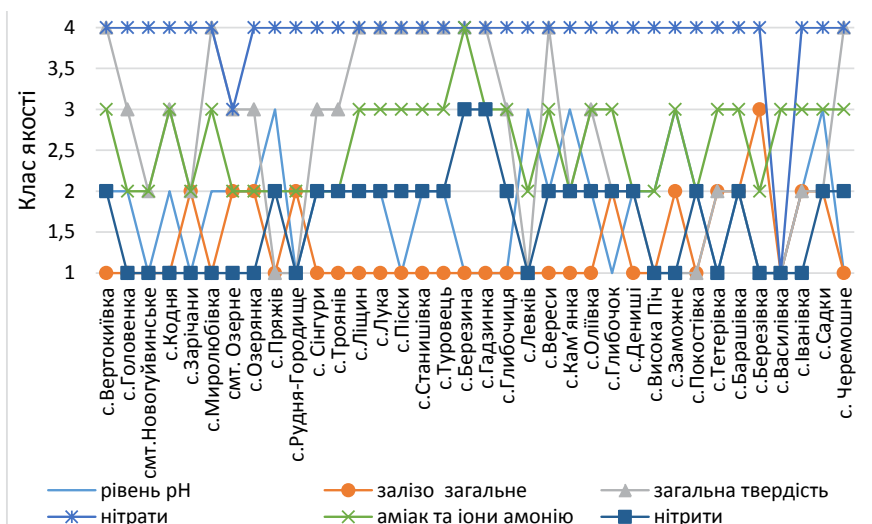


Рис. 1. Розподіл класів якості води джерел нецентралізованого водопостачання за окремими показниками

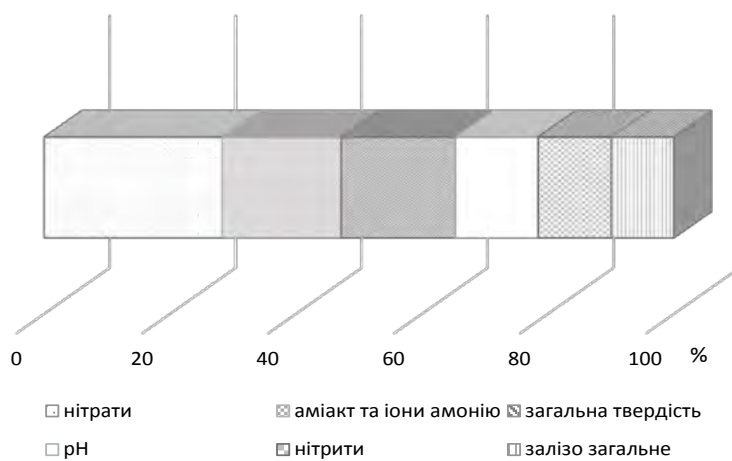


Рис. 2. Внесок досліджуваних показників у формування якості води джерел нецентралізованого водопостачання

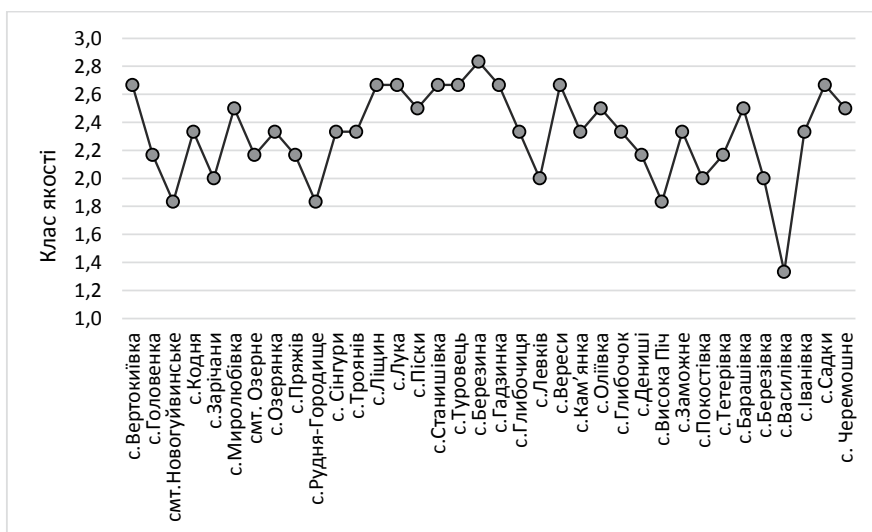


Рис. 3. Класи якості води джерел нецентралізованого водопостачання в розрізі окремих сільських населених пунктів

класом якості води володіли 22,2% обстежених джерел, другим – 25%, четвертим (посередня, обмежено придатна, небажана якість води) – 30,6%. За вмістом нітратів 94,4% джерел нецентралізованого водопостачання характеризувалися 4 класом якості води; за вмістом нітритів вода бажаної якості (перший клас) була у 41,7% обстежених джерел, прийнятної якості (другий клас) – у 52,8%, задовільної якості (третій клас) – 56%; за вмістом аміаку якість води у обстежених джерелах водопостачання відносилася до другого класу у 41,7%, третього – у 55,6%, четвертого – 2,8% (рис. 1).

За внеском у формування якості води джерел нецентралізованого водопостачання досліджувані показники розміщуються у такий рангований ряд: нітрати (28,2%) > аміак та іони амонію (18,9%) > загальна твердість (18,2%) > водневий показник (13,1%) > нітрити (11,6%) > залізо загальне (9,9%) (рис. 2).

Враховуючи, що саме вміст нітратів головним чином зумовлює якість води джерел нецентралізованого водопостачання, саме на джерела його надходження необхідно звернути увагу та постійно контролювати їх вміст, адже підвищені кількості нітратів у питній воді, що споживається населенням, негативно впливають на стан здоров'я, особливо немовлят і дітей.

Загалом лише в одному населеному пункті (с. Василівка) якість води у джерелах нецентралізованого водопостачання відповідала першому класу якості (середнє значення блокового індексу – 1,33 («відмінна», дуже чиста вода з ухилом до класу «доброї», чистої води бажаної якості)). Водою прийнятної якості (другий клас) характеризувалися джерела нецентралізованого водопостачання 26 сільських населених пунктів: 8,3% із середнім значенням блокових індексів в межах 1,76–1,99 («добра», чиста вода з ухилом до класу «відмінної», дуже чистої: смт. Новогуйвинське, села Рудня-Городище та Висока Піч), 25% – в межах 2,0–2,25 («добра», чиста вода прийнятної якості: села Головенка, Зарічани, Пряжів, Левків, Дениші, Покостівка, Тетерівка, Березівка та смт. Озерне,) та 38,9% – у межах 2,26–2,5 («добра», чиста вода з ухилом до класу «задовільної», слабо забрудненої прийнятної якості: села Кодня, Мироліубівка, Озерянка, Сінгури, Троянів, Піски, Глибочиця, Кам'янка, Оліївка, Глибочок, Заможне, Барашівка, Іванівка, Черемошне) (рис. 3).

Третій клас якості води (задовільна, прийнятна якість) відзначений у джерелах нецентралізованого водопостачання 9 сільських населених пунк-

тів: 22,2% із середнім значенням блокових індексів у межах 2,51–2,75 (вода, перехідна за якістю від «доброї», чистої до «задовільної», слабо забрудненої: с. Вертокиївка, Ліщин, Лука, Станишівка, Туровець, Гадзинка, Вереси та Садки); «задовільна», слабо забруднена вода з ухилом до класу доброї, чистої характерна для джерел нецентралізованого водопостачання с. Березина (середнє значення блокових індексів – 2,83) (рис. 3).

Незважаючи на те, що вода досліджуваних джерел нецентралізованого водопостачання має прийнятну якість, така вода є непридатною для пиття через надмірні кількості нітратів.

Отримані результати досліджень свідчать про необхідність проведення моніторингових спостережень за якістю води джерел нецентралізованого питного водопостачання, особливо сільських населених пунктів, які не забезпечені (або забезпечені лише частково) централізованим водопостачанням, адже населення, котре споживає питну воду з колодязів, піддається більшим канцерогенним і неканцерогенним ризикам впливу забруднюючих речовин на їхнє здоров'я порівняно з тим, яке використовує централізоване водопостачання.

Головні висновки. Якість води джерел нецентралізованого водопостачання залежить від місця його розташування, стану прилеглої території, наявності поряд джерел забруднення, санітарно-технічного стану джерела та здійснення заходів щодо належного його утримання. У пробах води із 72 джерел нецентралізованого водопостачання встановлено невідповідність нормам за рівнем рН у 19,4% випадків, за вмістом заліза загального – у 4,2%, рівнем загальної жорсткості – 27,8%, вмістом нітратів – у 64%. Відзначена незадовільна якість води джерел нецентралізованого водопостачання, що пов'язано зі специфічними джерелами забруднення та низьким рівнем екологічної культури місцевих жителів. Серед обстежених джерел нецентралізованого водопостачання найкраща якість води виявлена в с. Василівка, найгірша – в с. Березина. Незважаючи на те, що обстежені джерела не мали води незадовільної якості, вони є непридатними для забезпечення питних потреб через підвищений вміст нітратів, що є лімітуючим показником їхньої якості.

Подальші дослідження будуть спрямовані на проведення більш масштабного дослідження якості води джерел нецентралізованого водопостачання й оцінку ризиків для здоров'я населення, котре споживає воду з таких джерел.

Література

1. Статистичний щорічник України 2019 / за ред. І.Є. Вернера. Київ, 2020. 465 с. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 13.02.2021).
2. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2019 році. Київ: Міністерство розвитку громад та територій України, 2020. 353 с. URL: <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2020/12/nacjonalna-dopovid-za-2019-rik.pdf> (дата звернення: 13.02.2021).

3. Герасимчук Л.О. Роль нітратного забруднення овочевої продукції та питної води у формуванні неканцерогенного ризику для населення с. Лука Житомирського району. *Вісник ЖНАЕУ*. 2015. № 2 (50), т. 1. С. 55–63.
4. Valerko R.A., Herasymchuk L.O. Assessment of ecological integral index of rural settlements development in the radioactively contaminated territory based on drinking water quality indicators. *Actual problems of natural sciences: modern scientific discussions* : collective monograph. Riga : Baltija Publishing, 2020. P. 80–97. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-588-45-7.5>.
5. Valerko R.A., Herasymchuk L.O., Martenyuk G.M., Kravchuk M.M. Ecological assessment of vegetable products grown in the city of Zhytomyr and its residential suburb. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018. Vol. 8, № 1. P. 927–938. DOI: 10.15421/2018_295.
6. Валерко Р.А., Герасимчук Л.О. Органічне сільське господарство як фактор впливу на вміст нітратів у питній воді джерел нецентралізованого водопостачання сільських населених пунктів. *Екологічні науки*. 2020. Вип. 30, № 3. С. 124–128. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.3-30.21>.
7. Perceptions of drinking water quality from private wells in Alberta: A qualitative study / Munene A., Lockyer J., Checkley S., Hall D.C. *Canadian Water Resources Journal / Revue canadienne des ressources hydrique*. 2019. Vol. 44, № 3. P. 291–306. DOI: 10.1080/07011784.2019.1601599.
8. Mena-Rivera L., Quiros-Vega J. Assessment of drinking water suitability in low income rural areas: a case study in Sixaola, Costa Rica. *Journal Water Health*. 2018. Vol. 16, № 3. P. 403–413. DOI: <https://doi.org/10.2166/wh.2018.203>.
9. Lee D., Murphy H. M. Private Wells and Rural Health: Groundwater Contaminants of Emerging Concern. *Current environmental health reports*. 2020. Vol. 7, № 2. P. 129–139. DOI: 10.1007/s40572-020-00267-4. PMID: 31994010.
10. Hejaz B., Al-Khatib I.A., Mahmoud N. Domestic groundwater quality in the Northern Governorates of the West Bank, Palestine. *Journal of environmental and public health*. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1155/2020/6894805>.
11. Nnorom I.C., Ewuzie U., Eze S.O. Multivariate statistical approach and water quality assessment of natural springs and other drinking water sources in Southeastern Nigeria. *Heliyon*. 2019. Vol. 5, № 1. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01123>.
12. Environmental justice and drinking water quality: Are there socioeconomic disparities in nitrate levels in U.S. drinking water? / Schaidler L., Swetschinski L., Campbell C., Rudel R. *Environmental Health*. 2019. Vol. 18, № 3. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12940-018-0442-6>.
13. Hooks T., Schuitema G., McDermott F. Risk perceptions toward drinking water quality among private well owners in Ireland: the illusion of control. *Risk Analysis*. 2019. Vol. 39, № 8. P. 1741–1754. DOI: <https://doi.org/10.1111/risa.13283>.
14. VanDerGeest K., Ko L.K., Karr C. Private well stewardship within a rural, agricultural Latino community: a qualitative study. *BMC Public Health*. 2020. Vol. 863, № 20. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12889-020-08963-4>.
15. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171-10) / МОЗ України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10> (дата звернення: 13.02.2021).
16. ДСТУ 4808:2007. Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання. Чинний від 2012-01-01. Київ, 2007. 40 с.

МОНІТОРИНГ ЯКОСТІ КРИНИЧНИХ ВОД СТАРОСАМБІРСЬКОГО РАЙОНУ ЛЬВІВЩИНИ

Гойванович Н.К., Бриндзя І.В., Івасівка А.С., Климшшин О.С.
Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка
вул. Шевченка, 23, 82100, м. Дрогобич, Львівська обл.
natahoivan@gmail.com, ira_3107@ukr.net, angelikka17@ukr.net

Забезпечення населення України якісною питною водою тісно пов'язані з економічними й екологічними проблемами. Індивідуальні криниці є основним джерелом питної води для населення Старосамбірського району, тому моніторинг якості криничних вод складався з біотестування (фітотоксичності), фізико-хімічних (вміст сполук нітритів, нітратів, іонів амонію, фосфатів, мінералізації) та санітарно-бактеріологічних (загальне мікробне число, коли-індекс) показників. Схема моніторингу охоплювала деякі населені пункти Старосамбірського району: м. Старий Самбір, с. Верхній Лужок, с. Потік, с. Велика Лінина, с. Тур'є, с. Великосілля, с. Товарна, с. Міженець, у кожному аналізувалася якість вод із п'яти криниць.

Встановлено, що середньорічні показники загального мікробного числа перевищують показник норми у м. Старий Самбір, с. Верхній Лужок, с. Великосілля, с. Товарна, с. Міженець. Середньорічний показник коли-індексу перевищує норму для криничних вод у м. Старий Самбір, с. Верхній Лужок, с. Велика Лінина, с. Великосілля. Встановлено, що вміст нітритів і фосфатів не перевищували ГДК у всіх досліджуваних криницях, а нітратів і аміаку – перевищував ГДК у м. Старий Самбір, с. Тур'є та с. Міженець. Результати біотестування досліджуваних вод Старосамбірського району свідчать, що у населених пунктах Потік, Велика Лінина, Тур'є, Великосілля, Старий Самбір, Товарна середньорічний рівень фітотоксичності криничних вод є середнім, у с. Міженець і с. Верхній Лужок токсичність – вище середнього.

Моніторинг стану криничних вод деяких населених пунктів Старосамбірського району показав, що основними причинами зниження якості вод є підвищений вміст сполук нітрогену, збільшення сапрофітної мікрофлори.

Дослідження проводилися в рамках проведення комплексного моніторингу якості вод Львівщини. *Ключові слова:* якість вод, Старосамбірський район, криниці, фізико-хімічні показники, санітарно-бактеріологічні показники, біотестування.

Monitoring of well water quality in Staryi Sambir district of Lviv region. Hoivanovych N., Bryndzia I., Ivasivka A., Klymyshyn O.S.

Problems of drinking water supply in Ukraine are closely related to economic, water and environmental problems. One of the main factors directly affecting the health of the population is the quality of the consumed drinking water. Wells are the main source of drinking water on the territory of the Staryi Sambir district. Therefore, the monitoring of the spring waters quality consist of water biotesting (phytotoxicity), physico-chemical (nitrites, nitrites, ammonium, phosphates, pH and total salt content) and sanitary-bacteriological (total microbial count, coli index) indicators. The monitoring scheme covered certain settlements of Staryi Sambir district: Staryi Sambir, village Verkhniy Luzhok, village Potik, village Velyka Linyna, village Tur'ye, village Velykosillya, village Tovarna, village Mizhenets; the water quality from five wells was analyzed in each of them.

It was established that the average annual indicators for the total microbial count exceed the norm in Staryi Sambir, village Verkhniy Luzhok, village Velykosillya, village Tovarna, and village Mizhenets. The average annual coli-index exceeds the norm for well waters in Staryi Sambir, village Verkhniy Luzhok, village Velyka Linyna, and in the village Velykosillya. It was found that the nitrites and phosphates content did not exceed the MPC in all studied wells, and nitrites and ammonia content exceeded the MPC in Staryi Sambir, village Tur'ye and village Mizhenets. The results of biotesting for the studied waters in the Staryi Sambir district show that the average annual level of phytotoxicity for well waters is at the mean level in the settlements Potik, Velyka Linyna, Tur'ye, Velykosillya, Staryi Sambir, Tovarna, and the toxicity is above average in the villages Mizhenets and Verkhniy Luzhok.

Monitoring of the state of well waters in particular settlements of Staryi Sambir district showed that the main reasons for the decrease in water quality are the increased content of nitrogen compounds, and the increase of saprophytic microflora.

The research was conducted within the framework of complex monitoring for the water quality in Lviv region. *Key words:* water quality, Staryi Sambir district, wells, physical and chemical indices, sanitary-bacteriological, biotesting.

Постановка проблеми. Здоров'я населення є одним із основних пріоритетів держави. Погіршення якості питних вод зумовлює підвищення рівня захворюваності населення [1; 2]. Сільське населення Львівщини переважно користується децентралізованими джерелами водопостачання – індивідуальними криницями та свердловинами, проте контроль за якістю вод є спорадичний, відсутній державний моніторинг.

Актуальність дослідження. Негативний вплив антропогенного навантаження на водні екосистеми призводить до їхньої деградації. Старосамбірський

район розташований у південно-західній частині Львівської області у межах двох фізико-географічних зон – Передкарпаття й Українських Карпат, тут часто трапляються весняні повені, що впливають на якість вод. До негативних факторів, які знижують якість вод, належать неправильне розташування криниць (поверхневого стоку, близькість до автомагістральних доріг), недотримання норм санітарно-технічного стану, недостатня глибина криниць [3].

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Впродовж 2017–2020 рр. виконується комплексний моніторинг

стану природних вод Львівщини. Аналіз результатів зі Стрийського, Мостиського і Самбірського районів свідчить про значне підвищення санітарно-бактеріологічних показників і сполук нітрогену у криничних водах Львівщини [4–7]. Моніторинг якості криничних вод Старосамбірського району дозволить скласти комплексну картину стану криничних вод регіону та можливість їх прогнозування [8].

Метою дослідження є комплексний моніторинг якості криничних вод деяких населених пунктів Старосамбірського району Львівської області за санітарно-бактеріологічними та фізико-хімічними показниками, біотестуванням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Згідно з екологічними паспортами Львівської області та регіональними доповідями про стан довкілля впродовж 2017–2019 рр. близько 20% досліджених водних ресурсів не відповідали вимогам за фізико-хімічними показниками [9; 10].

Новизна. Моніторинг санітарно-бактеріологічних і фізико-хімічних показників, фітотоксичності дозволить підтримувати якість питних вод, а на території Старосамбірського району він спорадичний. Рівень поінформованості населення про необхідність регулярної очистки криниць також недостатній.

Об'єктом моніторингу була якість криничних вод деяких населених пунктів Старосамбірського району Львівської області: с. Верхній Лужок, с. Потік, с. Велика Лінина, с. Тур'є, с. Великосілля, с. Товарна, с. Міженець і м. Старий Самбір. Посезонно відбиралися проби із п'яти криниць досліджуваних населених пунктів. Усі досліджувані криниці мають глибину в межах від 6 до 12 м. Моніторинг якості вод проводився впродовж 2019–2020 рр.

За стандартом ДСанПіН 2.2.4-171-10 якість питних вод за гігієнічними показниками оцінюють за загальним мікробним числом (ЗМЧ) і колі-індексом. Дослідження проводилися згідно із загально-

прийнятими бактеріологічними методиками (вимог ДСП, ГОСТ) [11]. Для визначення вмісту нітратів, нітритів, амонію та фосфатів було взято проби води із криниць на глибині 1–2 м. Уміст нітратів визначали колориметрично з фенолдисульфокислотою до утворення нітровмісного фенолу жовтого кольору [12]. Уміст нітритів визначали на основі здатності нітритів діазотувати сульфатну кислоту (реактив Грісса) з 1-нафтиламином червоно-фіолетового кольору [12]. Уміст амонію визначали фотометричним методом за якісною реакцією з реактивом Неслера [12]. Кількісне визначення фосфатів полягає у взаємодії фосфат іонів із молібденово-кислим амонієм у присутності двох хлористого олова з утворенням забарвлених розчинів [12]. Мінералізацію і рН визначали за допомогою кондуктометра лабораторного МР-513 Уlab.

Біотестування проводили за методикою А. Горової [13]. Як тест-культури використовували корінці цибулі звичайної (*Allium cepa*). Цей тест оцінює лише водорозчинні компоненти досліджуваного зразку води. Для порівняння токсичності за ростовим тестом фітоіндикатора використовували шкалу рівнів фітотоксичності: 0–20 – відсутність або слабкий рівень токсичності, 20,1–40 – середній рівень, 40,1–60 – вище середнього рівня, 60,1–80 – високий рівень, 80,1–100 – максимальний рівень. Результати досліджень опрацьовували статистично.

Виклад основного матеріалу. Санітарно-бактеріологічні показники якості криничних вод Старосамбірського району. Першим етапом наших досліджень була оцінка криничних вод за санітарно-бактеріологічними показниками, що регулюють якість питної води: загальне мікробне число і колі-індекс [11]. Чисельність мікроорганізмів у воді залежить від багатьох абіогенних і біогенних факторів: вмісту органічних речовин, швидкості течії води, температури навколишнього середовища, пори року, розташування і забрудненості водойми [14].

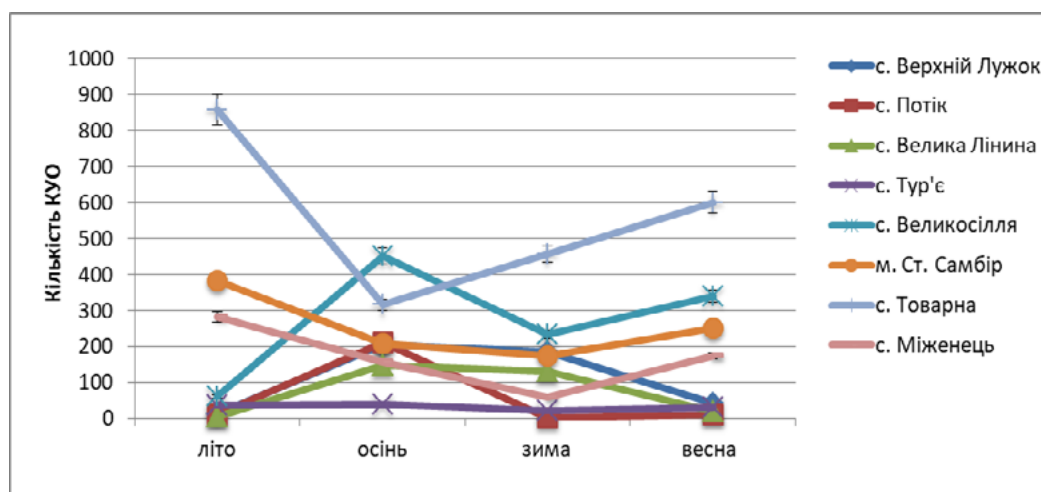


Рис. 1. Середньорічна динаміка загального мікробного числа у криничних водах

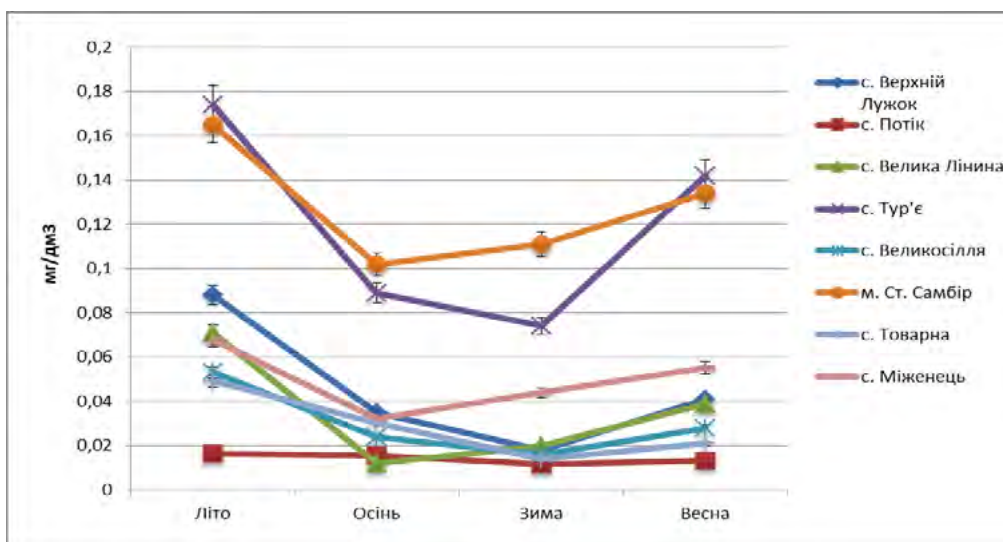


Рис. 2. Вміст нітритів у криничних водах

Встановлено, що середньорічна чисельність мікроорганізмів у криничних водах Старосамбірського району перевищує показник норми (не більше 100 КУО) у м. Старий Самбір, с. Верхній Лужок, с. Великосілля, с. Товарна, с. Міженець і коливається в межах 132–859 КУО ($p < 0,05-0,01$). Відповідають нормі показники ЗМЧ тільки у зразках криничних вод сіл Потік і Тур'є. Аналізуючи сезонну динаміку зміни ЗМЧ у криничній воді, слід зауважити, що цей показник різко зменшується зі зниженням температури повітря, а в літньо-осінній період значення ЗМЧ у 2,1–8,6 разів ($p < 0,01$) перевищує допустиму норму. Необхідно регулярно чистити криниці, а також ставити бактеріологічні фільтри на воду.

Аналіз результатів показав, що середньорічний показник коли-індексу перевищує норму (не більше 10 КУО для криничних вод) у зразках криничних вод м. Старий Самбір, с. Верхній Лужок, с. Велика Лінина, с. Великосілля у 2,4–3,6 КУО ($p < 0,05$).

В інших населених пунктах динаміка коли-індексу коливається в межах 3–7 КУО ($p < 0,05-0,001$) і не перевищує норму.

Загалом річний моніторинг показує, що якість криничних вод за обома санітарно-бактеріологічними показниками відповідає вимогам тільки у селах Потік і Тур'є.

Фізико-хімічні показники якості криничних вод Старосамбірського району. Вміст і динаміка окремих сполук азоту є важливими показниками хімічного складу води, які застосовуються при екологічній оцінці та нормуванні якості природних вод [15]. Наявність тих чи інших форм сполук нітрогену в природних водах може залежати від чинників біотичного й абіотичного генезису: швидкості надходження органічної речовини, активності та чисельності різних форм мікроорганізмів, які регулюють стадії трансформації, температури, присутності антибіотиків і розчиненого кисню тощо [4; 14].

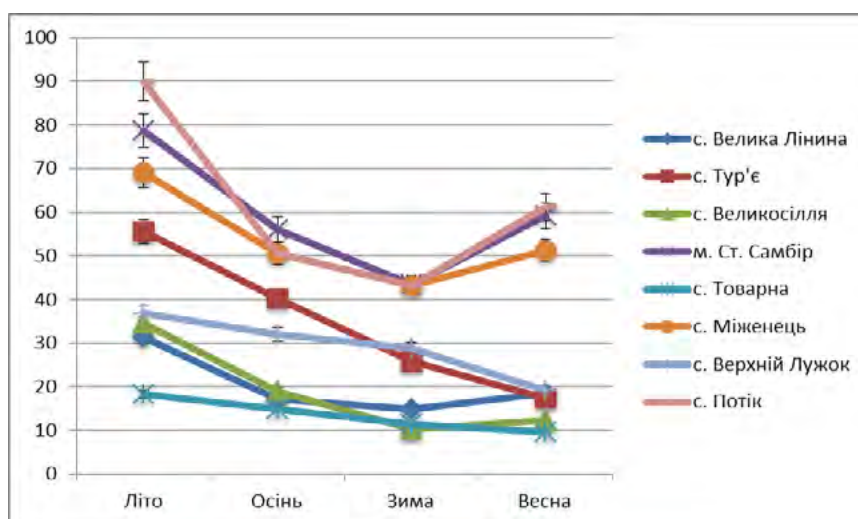


Рис. 3. Вміст нітратів у криничних водах

Уміст іонів NO_2^- у питній воді досліджуваної території коливався в межах 0,017–0,176 мг/дм^3 ($p < 0,05-0,01$) й середньорічні показники не перевищували ГДК (3,3 мг/дм^3), що свідчить про відсутність фекального забруднення вод. У збалансованих водних екосистемах нітриту є нестабільними сполуками та не накопичуються у великих кількостях.

Вміст іонів NO_3^- у криничних водах Старосамбірського району коливався в межах 10,7–89,9 мг/дм^3 ($p < 0,05-0,01$). Необхідно відзначити, що, попри сезонні перевищення вмісту нітратів у деяких населених пунктах, середньорічні показники не перевищували ГДК (45 мг/дм^3). Найвиразніше простежується зростання вмісту нітратів у криничних водах у літній період у м. Старий Самбір (78,7 мг/дм^3), с. Тур'є (55,5 мг/дм^3), с. Потік (89,9 мг/дм^3) та с. Міженець (69,1 мг/дм^3), що може бути зумовлено неправильним розміщенням криниць і поверхневих стоків, тобто забрудненням поверхневих вод.

На інтенсивність кругообігу сполук нітрогену у природних екосистемах впливають антропогенні джерела його надходження. Зокрема, нітрогеновмісні добрива, недоочищені стічні води, неправильне зберігання органічних залишків (вигрібні ями, перегній тощо). Підвищений вміст у природних водах іонів амонію – наслідок порушення процесу розкладання органічних речовин і ймовірної появи планктонних амоніфікаторів [4; 14; 15].

Аналіз результатів моніторингу свідчить, що концентрація іонів амонію у криничних водах Старосамбірського району коливалася в межах 1,4–5,6 мг/л ($p < 0,01$), середньорічні значення перевищували ГДК (2,6 мг/л) у криницях м. Старий Самбір, с. Тур'є та с. Міженець (рис. 4). Як вказують результати попередніх досліджень вод Львівщини, на рівень іонів амонію у водах впливають зовнішні фактори: розташування криниць, велика кількість присадибних ділянок, вигрібних ям, утриманням худоби та накопичення гною і побутових органічних відходів [3; 6; 7].

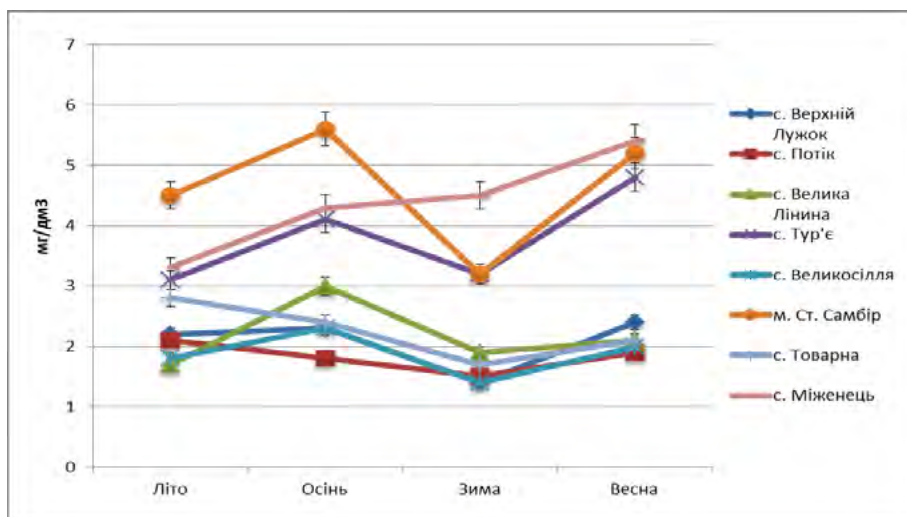


Рис. 4. Вміст іонів амонію у криничних водах

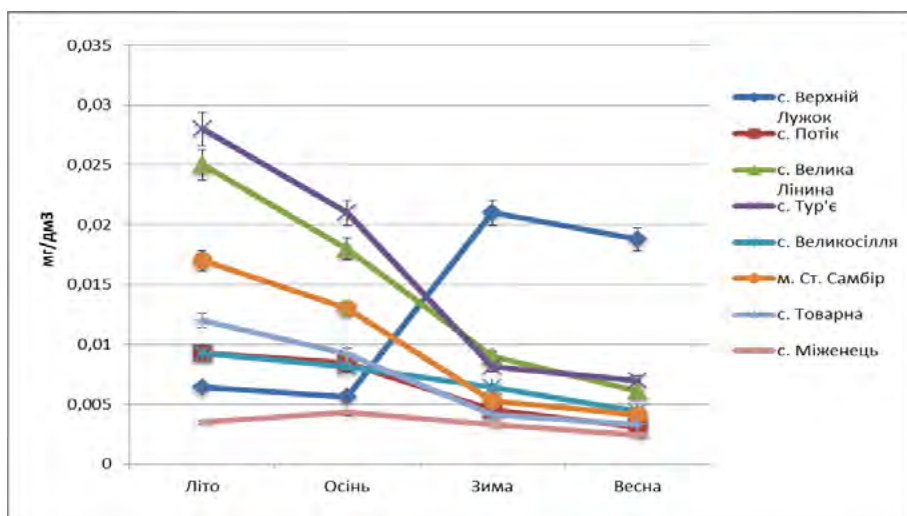


Рис. 5. Вміст фосфатів у криничних водах

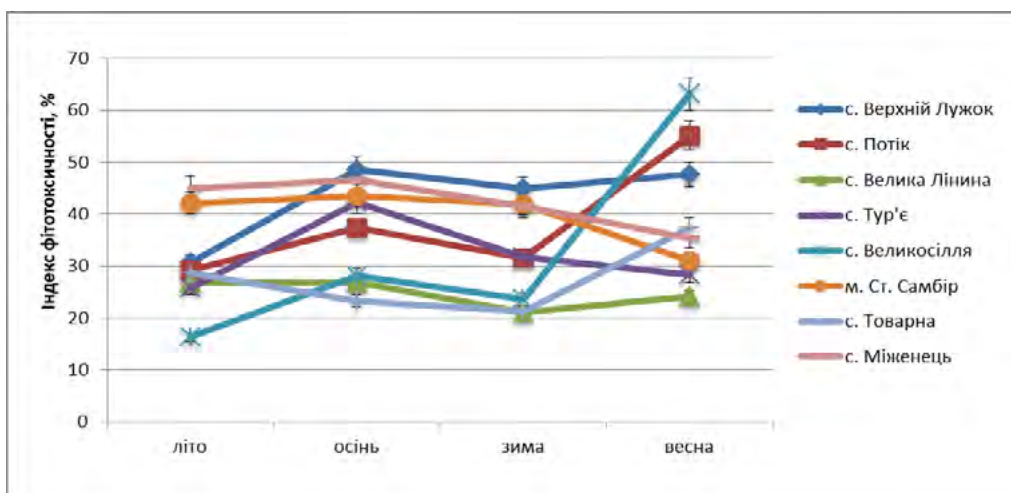


Рис. 6. Сезонні індекси фітотоксичності криничних вод

Уміст фосфатів у криничних водах Старосамбірського району коливався в межах 0,0033–0,028 мг/л ($p < 0,05–0,01$) і не перевищує ГДК (2,5 мг/л). У всіх досліджуваних селах і місті Старий Самбір спостерігалось незначне підвищення концентрації фосфатів у літній період і поступове зниження у зимово-весняний (рис. 5). Мінералізація усіх досліджуваних вод не перевищувала границі, допустимі для питних столових вод (1000 мг/л).

Біотестування криничних вод. Результати досліджень вказують на незначне погіршення стану водних об'єктів. Підвищення санітарно-бактеріологічних і фізико-хімічних показників якості криничних вод Старосамбірського району може вплинути на рівень їх токсичності. Одним із популярних і доступних біологічних методів оцінки стану вод є біоіндикація, зокрема проведення *Allium*-тесту. Наступним етапом роботи була оцінка ростових показників *Allium cepa L.*, встановлення сезонного і річного рівень фітотоксичності криничних вод деяких населених пунктів Старосамбірського району. Як контроль використовували дистильовану воду.

Результати вимірювання ростових показників корінців *Allium cepa L.* на тлі різних криничних вод свідчать про їхню різну фітотоксичність, виражений вплив сезонних факторів (рис. 6).

Необхідно відзначити, що середньорічні показники фіто токсичності не перевищують допустимого для питних вод значення – 50% у жодному населеному пункті Старосамбірського району. Загалом фітотоксичність коливається в межах 16,3–63,1% ($p < 0,05–0,01$), найвищі значення зафіксовано у весняний період 2020 р. у с. Верхній Лужок і с. Потік. Ймовірно, підвищення токсичності пов'язано з рекомендованим очищенням криничних вод (хлоруванням) у зв'язку з перевищенням санітарно-бактеріологічних показників. Для 75,4% аналізованих криничних вод характерний середній рівень фітотоксичності.

Внаслідок проведеного дослідження було визначено, що показники токсичності є найнижчими в осінньо-зимовий період, тоді як у весняно-літній – найвищі. Очевидно, це зумовлено великою кількістю опадів, а разом із дощами в поверхневій воді потрапляли всі змиви із ґрунту, доріг, тощо. Ймовірно, сезонне підвищення у криничних водах нітрогеновмісних сполук не призводить до стрімкого зростання їх фітотоксичності.

Головні висновки. Впродовж 2019–2020 рр. проведений комплексний моніторинг якості криничних вод деяких населених пунктів Старосамбірського району Львівщини. Оцінка якості вод проводилася біологічними та хімічними методами, що дозволили побачити проблему системно. Результати моніторингу засвідчили, що найпроблемнішими населеними пунктами за якістю криничних вод є районний центр – місто Старий Самбір і село Міженець. Ймовірно, це пов'язано з антропогенним тиском на місто і неправильним утриманням санітарно-технічного стану криниць. Досліджуючи фактори, які спричинили токсичність, визначили фізико-хімічні та бактеріологічні показники. Аналіз результатів показав, що у цих населених пунктах Старосамбірського району перевищені гранично допустимі концентрації нітратів й іонів амонію, а це може спричинити фітотоксичний ефект. Моніторинг якості криничної води деяких населених пунктів Старосамбірського району свідчить про те, що необхідний постійний контроль за якістю питних вод. В Україні необхідно розробити комплексну систему моніторингу якості вод з індивідуальних криниць, яка зможе контролювати їхню якість і забезпечить здоров'я населення.

Перспективи використання результатів досліджень. Дані моніторингу якості криничних вод Старосамбірського району будуть використовуватися для просвітницької роботи з населенням регіону та розробки системи контролю за якістю.

Література

1. Бережнов С.П. Питна вода як фактор національної безпеки. *СЕС профілактична медицина*. 2006. № 4. С. 8–13.
2. Копілевич В.А., Копілевич Д.В. Нормування якості води як фактор впливу на здоров'я людей та тварин. *Біоресурси і природокористування*. 2011. Т. 3. С. 20–22.
3. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води. Київ, 2005. 671 с.
4. Гойванович Н.К., Антоняк Г.Л., Коссак Г.М. Моніторинг показників якості криничних вод Стрийського району. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2018. № 5 (75). URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/issue/view/450> (дата звернення 15.12.2020)
5. Hoivanovych N., Antonyak H., Pavlyshak Y., Bontey N. Quality analysis of water supply sources by hygienic indices using an example of the specialized regions in the Lviv region. *Acta Carpathica*. 2017. № 28. P. 55–61
6. Hoivanovych N., Voloshanska S., Monastyrka S., Kovalchuk H., Lesyk Ya., Ivasivka A. Integrated Monitoring of the Spring Water Quality in the Mostyska District of Lviv Region. *Advances in Economics, Business and Management Research. III International Scientific Congress Society of Ambient Intelligence 2020 (ISC-SAI 2020)*. 2020. Vol. 129. P. 264–271.
7. Hoivanovych N., Antonyak H., Kossak H. Monitoring quality of well waters in Sambir region by physical and chemical indicators. Chapter 8. *State of environment and human health*. Czestochowa : Publishing House of Polonia University “Educator”, 2019. P. 91–100.
8. Сніжко С.І. Оцінка та прогнозування якості природних вод : підручник. Київ, 2001. 264 с.
9. Екологічний паспорт Львівської області. 2017–19 pp. URL: <https://menr.gov.ua/content/ekologichni-pasporti-regioniv.html> (дата звернення 17.12.2020).
10. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища Львівської області за 2017 р. 297 с. URL: <https://menr.gov.ua/news/31778.html> (дата звернення 17.12.2020).
11. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» : ДСанПіН 2.2.4-400-10. Київ, 2010. 104 с.
12. Бриндзя І.В., Цайтлер М.Й., Досвядчинська М.Р. Моніторинг довкілля : Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт. Дрогобич, 2014. 48 с.
13. Кучеренко Т.В., Головатюк Є.О. Використання біотесту Allium сера L. (цибуля звичайна) для оцінювання антропогенного забруднення навколишнього середовища. *Агроекологічний журнал*. 2008. № 4. С. 79–83.
14. Бриндзя І.В. Оцінка якості поверхневих вод Прикарпаття за її фізико-хімічними показниками. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету. Сер. Біологія*. 2011. № 2 (47). С. 7–11.
15. Дудник С.В., Глебова Ю.А. Моніторинг екологічної ситуації на водних об'єктах. *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету*. 2011. № 2. С. 141–144.

АНАЛІЗ ТА ОЦІНКА ПОВЕРХНЕВИХ ВОД ВОДНОЇ МЕРЕЖІ КРЕМЕНЕЦЬКОГО РАЙОНУ

Кратко О.В., Головатюк Л.М.

Кременецька обласна гуманітарно-педагогічна академія імені Тараса Шевченка
пров. Ліцейний, 1, 47003, м. Кременець, Тернопільська область
kratkoolya@gmail.com

У статті здійснено аналіз та оцінку основних забруднювачів поверхневих вод Кременецького району за гідрохімічними показниками, такими як розчинений кисень, рН, біохімічне споживання кисню та хімічне споживання кисню. З'ясовано причини загострення наявних проблем щодо якості питної води та її вплив на стан здоров'я людини й водну екосистему, адже протягом останніх десятиліть людство все більш гостріше усвідомлює необхідність у наявності чистих водних об'єктів – рік, озер і підземних вод. Виходячи із цього, потрібно вживати заходи щодо протидії забрудненню водних об'єктів забруднювачами, які призводять до деградації водного середовища. У публікації розглядаються найбільш потужні джерела забруднення природних вод Кременеччини та з'ясовано, що основною проблемою цього є недостатньо очищені стічні води як комунальних, так і промислових підприємств, які потрапляють у водойми й забруднюють їх. Установлено, що стічні води утворюються на підприємствах різних галузей, а тому мають різний хімічний склад. Під час аналізу сучасної екологічної ситуації необхідно усвідомити, що людина сьогодні не може й не повинна радикально втручатися в природу, не враховуючи можливих негативних наслідків своєї господарської діяльності.

Розкрито причини зменшення резервів поверхневих вод Кременецького району та погіршення їх якості. Природні води Кременецького району використовуються в багатьох господарських сферах, необхідно вести постійний контроль за резервами природних вод.

Здійснено аналіз, прогнозування та пошук шляхів поліпшення стану природних вод Кременецького району. Аналіз водних ресурсів Кременецького району показав значне антропогенне забруднення, що має глобальний характер. Тому стан водних ресурсів потребує контролю за допомогою державної системи моніторингу, що дає змогу отримати інформацію про стан водних ресурсів і пошуку шляхів поліпшення цього стану. Результати дослідницького моніторингу можуть бути інструментом для розробки програми заходів для досягнення вказаних цілей. Варто замислитися над тим, що нашим обов'язком є збереження водних масивів, їх охорона. Якщо кожна людина буде визнавати забруднення водоймищ як одну з основних проблем, то ми зможемо покращити стан наших річок, морів, океанів. *Ключові слова:* водні об'єкти, Кременеччини, гідрохімічні показники, якість води, розчинений кисень, рН, біохімічне споживання кисню, хімічне споживання кисню.

Analysis and assessment of surface waters of the water network of Kremenets district. Kratko O., Holovatiuk L.

The article analyzes and evaluates the main pollutants of surface and groundwater of Kremenets district by hydrochemical parameters such as: dissolved oxygen, pH, biochemical oxygen consumption and chemical oxygen consumption. The reasons for the exacerbation of existing problems with drinking water quality and its impact on human health and the aquatic ecosystem have been identified. After all, in recent decades, humanity has become increasingly aware of the need for clean water bodies – rivers, lakes and groundwater. Based on this, it is necessary to take measures to counteract the pollution of water bodies with pollutants that lead to the degradation of the aquatic environment. The publication examines the most powerful sources of pollution of natural waters of Kremenets region and finds that the main problem is insufficiently treated wastewater from both municipal and industrial enterprises that fall into the reservoirs and pollute them. It is established that wastewater is generated at enterprises of different industries, and therefore have different chemical composition. When analyzing the current environmental situation, it is necessary to realize that man today can not and should not radically interfere in nature, without taking into account the possible negative consequences of their economic activities.

The reasons for the reduction of surface water reserves of Kremenets district and the deterioration of their quality are revealed. Natural waters of Kremenets district are used in many economic spheres, it is necessary to conduct constant control over natural water reserves.

The analysis, forecasting and search of ways of improvement of a condition of natural waters of the Kremenets area is carried out. The analysis of water resources of Kremenets district was carried out, which showed significant anthropogenic pollution of global character. Therefore, the state of water resources needs to be monitored through a state monitoring system, which allows to obtain information about the state of water resources and find ways to improve this state. The results of research monitoring can be a tool for developing a program of measures to achieve these goals. We should think about the fact that our duty is to preserve water bodies, to protect them. If everyone puts the pollution of water bodies as one of the main problems, then we will be able to improve the condition of our rivers, seas and oceans. *Key words:* water bodies, Kremenets regions, hydrochemical indicators, water quality, dissolved oxygen, pH, biochemical oxygen consumption, chemical oxygen consumption.

Постановка проблеми. У районі спостерігається загострення наявних проблем щодо якості питної води та її вплив на стан здоров'я людини. Тому виникає необхідність у своєрідному заклиці, констатації дій щодо вдумливого, ошадливого користування

природними ресурсами, без нанесення їм серйозних забруднень і деградації.

Актуальність дослідження. Зростання масштабів антропогенного та техногенного впливу на природні та штучні водойми призводить до різкого

зменшення резервів поверхневих вод Кременеччини та погіршення їх якості. У зв'язку із цим виникає необхідність покращення та стабілізації гідроекологічної ситуації на території Кременецького району. Для вирішення сучасних проблем необхідно здійснювати систематичний моніторинг навколишнього середовища з метою покращення стану гідромережі та її раціонального використання. Для здійснення дослідження проблеми, моніторингу використовувалися дослідження санепідемстанції району, власні спостереження й аналіз доступної новітньої спеціальної літератури. Вивчення гідроекологічного режиму водної мережі відображено в наукових працях учених: О.В. Кратко, В.І. Мацидіна, В.Д. Грушкової, Й.В. Гриба, О.А. Ліха, Л.С. Берга, І.І. Залеського, В.І. Пелешенка, В.М. Савицького, І.О. Шевчука, Ю.Г. Майстренка, В.М. Семерики й інших.

Тому, **зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями** є очевидним, оскільки оцінка екологічного стану водної мережі – актуальне завдання, детальна реалізація якого вимагає низки досліджень, статей, праць науковців і природодослідників.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, присвячених дослідженню водної мережі Тернопільської області й міста Кременеця, висвітлені в наукових публікаціях Л.П. Царика та О.В. Сінгалевича, які демонструють загальну характеристику природних рекреаційних ресурсів, методи оцінювання й аналізу гідроекологічної ситуації [1–4; 5–6]. Продовженням згаданих досліджень є наукові публікації А.А. Чорного [7], В.С. Карпюк [8; 9], О.В. Кратко, які досліджували зміни якості поверхневих вод р. Іква та р. Горинь у межах Кременецького району й визначали основні джерела забруднення вод на Кременеччині, розкривали динаміку вмісту азот нітритів і нітратів у питній воді міста Кременеця.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Науковцями не розкрито аналіз та оцінку основних забруднювачів поверхневих вод Кременецького району за гідрохімічними показниками та не з'ясовані причини загострення наявних проблем щодо якості питної води та її вплив на стан здоров'я людини й водну екосистему.

Новизна. Здійснено комплексну оцінку основних забруднювачів поверхневих вод Кременецького району за гідрохімічними показниками: розчинений кисень, рН, БСК (біохімічне споживання кисню), ХСК (хімічне споживання кисню).

Методологічне або загальнонаукове значення полягає в комплексній оцінці основних забруднювачів поверхневих вод Кременецького району за гідрохімічними показниками.

Виклад основного матеріалу. На основі аналізу літератури встановлено, що більше як 400 видів речовин можуть викликати забруднення водних об'єктів. У разі перевищення допустимої норми

хоч би по одному з трьох показників шкідливості: загальному санітарному, санітарно-токсикологічному або органолептичному – вода вважається забрудненою [2; 5].

До основних джерел забруднення водних об'єктів Кременецького району зараховують:

- міські стічні води;
- промислові стічні води;
- сільськогосподарські стічні води.

Комунальні стоки в складі містять мікробіологічні й хімічні забруднення. З комунальними стоками у воду потрапляють шкідливі домішки неорганічного складу. Синтетичні мийні засоби є надзвичайно стійкими і зберігаються у воді роками.

Відомо, що шкідлива дія токсичних речовин, які потрапляють у водні об'єкти, посилюється за рахунок так званого кумулятивного ефекту. Тому у фітопланктоні концентрація шкідливої сполуки, як правило, виявляється в декілька разів вищою, ніж у воді, у зоопланктоні – у десятки разів вищою, ніж у фітопланктоні, а в рибі, яка харчується зоопланктоном, – ще в десятки разів вищою. В організмі хижих риб концентрація отрути збільшується ще в десять разів і, отже, буде в десять тисяч разів вищою, ніж у воді [3; 7].

Оскільки верхній шар ґрунтових вод розташований на глибині від 3 до 20 м (глибина звичайних колодязів), спостерігається накопичення «продуктів» людської діяльності в значно більших концентраціях, ніж у поверхневих водах: детергенти з пральних машин і ванн, кухонні відходи (залишки їжі), фекалії людей і тварин. Звичайно ж, усі перераховані компоненти профільтровані крізь верхній шар ґрунту, але деякі з них (віруси, водорозчинні та плаваючі субстанції) здатні проникати в ґрунтові води практично без утрат. Ґрунтові води, які знаходяться під певним кутом, можуть переміщатися в горизонтальній площині на декілька кілометрів, тому віддаленість вигрібних ям і місцевої каналізації від колодязів у цьому випадку не забезпечує захисного ефекту [4; 5].

Установлено, що в досліджуваному районі найбільш значущу частку забруднення водоймищ становлять промислові стічні води, половина обсягу яких скидається у водоймища без очищення, а велика частина другої половини – у недостатньо очищеному вигляді. Аналізуючи результати досліджень санепідемстанції району, можна сказати, що промислові відходи в ґрунтових водах присутні в менших кількостях, ніж у поверхневих водах. Частина відходів направляється прямо в ріки. Крім того, промислові пил і гази осідають безпосередньо або в поєднанні з атмосферними опадами накопичуються на поверхні ґрунту, розчиняються й проникають у саму товщу ґрунтів. До промислових забруднень ґрунту належать також органічні сполуки, що утворюються в процесі переробки овочів, фруктів, м'яса та молока [11; 10].

Важливо підкреслити, що забруднення підземних вод не обмежуються площею промислових підприємств, сховищ відходів, а розповсюджуються вниз за течією потоку на відстані до 20–30 км від джерела забруднення. Це створює реальну загрозу для водопостачання [9; 10].

На території Кременецького району знаходяться промислові підприємства, які викидають промислові стічні води. Перелік підприємств і кількість речовин, які викидаються, подано в таблиці 1.

Отже, до найбільших підприємств, які викидають стічні води, належить комунальне підприємство «Міськводгосп», викиди якого становлять 0,315 млн м³ на рік, і ТОВ «Кременецьке молоко» – 0,120 млн м³.

Сільське господарство теж є значимим водокористувачем. У деяких регіонах воно визначає перспективи використання водних ресурсів і спрямованість водогосподарських заходів. За об'ємом необоротного водокористування сільське господарство перевершує всіх водокористувачів.

Вода в галузі сільського господарства використовується на потреби зрошення та сільськогосподарського водопостачання. Сільське господарство як водокористувач впливає не стільки на формування стічних вод, скільки на водні ресурси району, адже під час зрошення сільськогосподарських земель відбувається змив органічних і мінеральних добрив, препаратів хімічної природи, які застосовуються

в боротьбі зі шкідниками сільськогосподарських культур. Ці речовини, потрапляючи до підземних вод, спричиняють збільшення кількості в них калію, натрію, фосфору й інших хімічних речовин, надлишок яких призводить до негативних наслідків [10; 11]. Елементи й речовини, які найчастіше потрапляють у гідрологічну мережу Тернопільської області, подано в таблиці 2.

Аналізуючи, бачимо, що найбільшу кількість становлять такі речовини, як сульфати, хлориди й сухий залишок, нітрати, нітроти, азот амонійний [10; 11].

На території регіону також спостерігається фізичний тип забруднення води внаслідок накопичення в ній піску, глини, мулу в результаті змивання дощовими водами з розораних ділянок (полів); потрапляння пилу, що переноситься вітром у суху погоду, тощо. Тверді частинки, які шляхом фізичного забруднення потрапляють у водні об'єкти, знижують прозорість води, погіршують смакові якості води, пригнічують розвиток водних рослин, забивають зябра риб та інших водяних тварин.

Для визначення антропогенного впливу на річки Ікву та Горинь у Кременецькому районі проаналізовано дані департаменту та природних ресурсів Тернопільської облдержадміністрації, екологічного паспорту області за 2017–2020 рр., паспортів річок Іква та Горинь. Проведено моніторинг якості поверхневих вод за гідрохімічними показниками за період з 2017–2020 рр. на території Кременецького району.

Таблиця 1

Промислові підприємства Кременецького району

| № | Назва підприємства | Кількість скидів забруднених зворотних вод, млн м ³ |
|---|--|--|
| 1 | ТОВ «Кременецьке молоко» | 0,120 |
| 2 | Комунальне підприємство «Міськводгосп» | 0,315 |
| 3 | Приватне підприємство «Кременецький м'ясокомбінат» | 0,500 |
| 4 | Приватне підприємство «Бекерай» | 0,095 |

Таблиця 2

Забруднюючі речовини на території Тернопільської області за період 2017–2020 рр.

| № | Перелік забруднюючих речовин | Обсяг забруднюючих речовин |
|----|------------------------------|----------------------------|
| 1 | Азот амонійний (тис. тонн) | 0,098 |
| 2 | БСК5 (тис. тонн) | 0,476 |
| 3 | Завислі речовини (тис. тонн) | 0,432 |
| 4 | Нітрати (тис. тонн) | 0,703 |
| 5 | Нітроти (тис. тонн) | 0,007 |
| 6 | Сульфати (тис. тонн) | 1,257 |
| 7 | Сухий залишок (тис. тонн) | 18,31 |
| 8 | Хлориди (тис. тонн) | 1,892 |
| 9 | ХСК (тис. тонн) | 1,899 |
| 10 | Жири, масла (тонн) | 1,682 |
| 11 | Залізо (тонн) | 3,439 |
| 12 | Нафтопродукти (тонн) | 1,825 |
| 13 | СПАР (тонн) | 2,282 |
| 14 | Фосфати (тонн) | 104,6 |

До хімічних параметрів якості води належать показники: розчинений кисень, рН, БСК, ХСК [10; 11].

Ситуація з рівнем БСК із 2017 по 2018 рр. покращувалася з 2,78 мг/л та 2,76 мг/л; у 2019 БСК знизилася до 2,6 мг/л та 2,46 мг/л у р. Горинь та р. Іква відповідно [9; 10]. Однак, за даними 2020 р., показники стали гіршими в р. Горинь 2,8 мг/л за попередні статистичні роки, а в р. Іква позитивна динаміка збереглася – 2,4 мг/л. Отже, на основі лабораторного визначення якості поверхневих вод за гідрохімічними показниками, зокрема показником БСК, можна зробити висновок, що сьогодні порівняно з 2017р. якість поверхневих вод у р. Горинь погіршилася та в р. Іква покращилася, що відображається на рис. 1.

Загалом середні показники БСК для р. Горинь становлять 2,72 мг/л, для р. Ікви – 2,55 мг/л при гранично допустимій величині 0,5–2 мг/л. [10; 11].

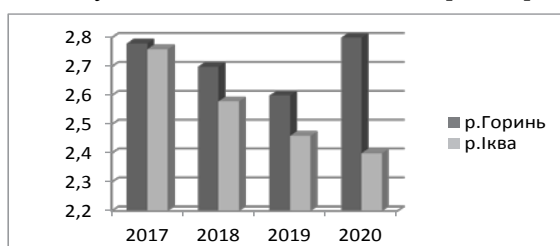


Рис. 1. Динаміка показників БСК за 2017–2020 рр.

Розчинений кисень і рН води – одні з найважливіших показників якості поверхневих вод, які значно впливають на хімічні та біологічні процеси, що відбуваються в природних водах.

За результатами лабораторних досліджень санепідемстанції району, середня динаміка концентрації розчиненого кисню в поверхневих водах річки Іква в період 2017–2020 рр. становить 10,57 мг/л, показник рН – 7 мг/л. Загалом рівень рН коливається від найменшого у 2019 р. (6,8 мг/л) до найбільшого (7,3 мг/л). Результати подано на рис. 2.

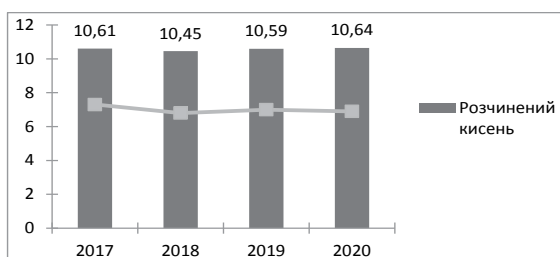


Рис. 2. Динаміка показників розчиненого кисню й рН за 2019–2020 рр. у річці Іква

За останні статистичні роки показники розчиненого кисню збільшуються, але є гранично допустимими. У період 2017–2020 рр. динаміка зміни показника рН має коливальний характер, у 2020 р. становив 7,3 мг/л.

Ситуація з показниками розчиненого кисню в річці Горинь з 2017 по 2020 рр. погіршується з 11,1 мг/л до 11,28 мг/л. Середній показник розчиненого кисню становить 11,18 мг/л. Показники рН за

період 2017–2020 рр. є майже незмінними і становлять 6,4 при гранично допустимій нормі 6,5–8,5 мг/л, що відображається на рис. 3.

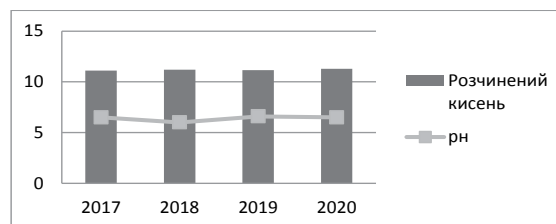


Рис. 3. Динаміка показників розчиненого кисню й рН за 2017–2020 рр. у річці Горинь

Також нами проведено моніторинг показників ХСК за період з 2017 по 2020 рр. включно. Динаміка показників р. Іква має тенденцію до зростання з 25,6 мг/дм³ у 2017 р. до 27,3 мг/дм³ у 2020 р. Динаміка показників р. Горинь має хвилеподібну амплітуду. Загалом для обох річок характерний підвищений уміст органічних речовин. Результати подані на рис. 4.

За отриманими даними, середні показники ХСК р. Іква становлять 26,8 мг/дм³ і р. Горинь – 22,45 мг/дм³ при гранично допустимій величині 15,0 мг/дм³ [8; 10].

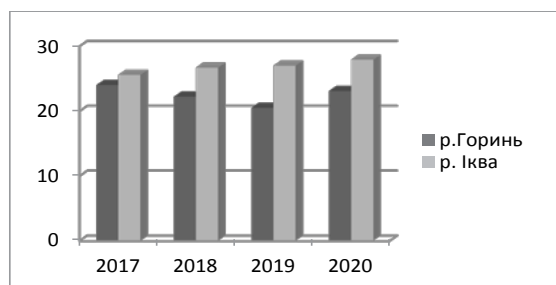


Рис. 4. Показники ХСК за 2017–2020 рр.

Головні висновки. Якісний склад поверхневих вод Кременецького району формується в результаті сукупної дії природних та антропогенних чинників. На території Кременецького району найважливішими джерелами забруднення водних об'єктів є міські стічні води, промислові стічні води, сільськогосподарські стічні води. Найбільшу кількість у стічних водах становлять такі речовини, як сульфати, хлориди й сухий залишок, нітрати, нітроти, азот амонійний.

Оцінка якості води за гідрохімічними показниками за період з 2017 по 2020 рр. показала, що в усіх пунктах спостереження концентрації забруднюючих речовин, які визначилися, порівняно з попередніми роками практично не змінювалися та не перевищують ГДК. Протягом періоду досліджень перевищення ГДК зафіксовано для таких речовин ХСК у річках Іква і Горинь протягом 2017–2020 рр., що перевищує норми на 9,55 мг/дм³.

Перспективи використання результатів дослідження. Проведене дослідження не вичерпує всієї проблеми. Матеріали моніторингу можуть бути використані в подальшому дослідженні гідрологічної мережі Кременецького району.

Література

1. Сінгалевич О.В. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Тернопільській області у 2017 році. Тернопіль, 2018. 254 с.
2. Сінгалевич О.В. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Тернопільській області у 2018 році. Тернопіль, 2019. 223 с.
3. Сінгалевич О.В. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Тернопільській області у 2019 році. Тернопіль, 2020. 230 с.
4. Сінгалевич О.В. Характеристика стану навколишнього природного середовища у Тернопільській області. *Екологічний спалах*. 2018. № 3.
5. Царик Л.П. Гідроекологічна ситуація. Еколого-географічний аналіз і оцінювання території: теорія та практика (на матеріалах Тернопільської області). Тернопіль : Навчальна книга ; Богдан, 2018. С. 78–85.
6. Царик Л.П. Природні рекреаційні ресурси: методи оцінки й аналізу (на прикладі Тернопільської області). Тернопіль : Підручники і посібники, 2019. 188 с.
7. Чорний А.А. Статистичний щорічник Тернопільської області за 2016 рік. Тернопіль : Тернопільське ГУС, 2017. 423 с.
8. Карпюк В.С. Дослідження зміни якості поверхневих вод р. Іква та р. Горинь в межах Кременецького району. *Актуальні наукові дослідження в сучасному світі*. 2018. Вып. 3 (35). С. 17–21.
9. Карпюк В.С. Основні джерела забруднення води на Кременеччині. *Альманах науки*. 2018. № 4 (13). С. 4–6.
10. Кратко О.В. Динаміка вмісту азоту нітритів та нітратів у питній воді міста Кременця. *Науковий вісник СХУ імені Лесі Українки. Серія «Біологічні науки»*. 2017. № 12 (337). С. 101–104.
11. Кратко О.В., Мацидін В.І. Аналіз і оцінка водної мережі Кременецького району. NGO “Science and Education without Boundaries” 1st International Conference ISBN 978. February 10–12, 2021. EMERGING TRENDS IN ACADEMIC RESEARCH. Dublin, Ireland, 2021. С. 170–175.

ІНТЕГРАЛЬНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ РІЧКИ ПІВДЕННИЙ БУГ В УМОВАХ ЗМІНЕННЯ КЛІМАТУ

Шахман І.О., Бистрянцева А.М.
Херсонський державний університет
вул. Університетська, 27, 73000, м. Херсон
shakhman.i.a@gmail.com, anbys@ukr.net

Змінення клімату призводить до суттєвого впливу на водні ресурси. Річковий стік, який є продуктом клімату і ландшафту, формується під впливом глобальних і регіональних кліматичних змін [1].

Режим опадів на території басейну річки Південний Буг безпосередньо впливає на режим стоку річки, на накопичення води у водосховищах, кількість яких у басейні вражає: 169 водосховищ, 10,29 тисяч ставків. Коли кількість опадів у басейні річки стає нижче певного порогу, визначений раніше режим стоку вже не може бути прийнятним, особливо в умовах низької якості поверхневих вод. Тому в таких виняткових випадках, коли водні ресурси повинні розподілятися відповідно до пріоритетів використання [2], визначення якості води поверхневих вод басейну річки Південний Буг для різних водокористувачів є особливо актуальним.

У статті продемонстровано практичну реалізацію методики інтегральної оцінки якості води, яка враховує ефект сумачі забруднювальних речовин, на прикладі річки Південний Буг. Виконана інтегральна оцінка якості води р. Південний Буг за 2019 рік у просторі (за довжиною річки) відповідно до нормативів якості поверхневих вод, призначених для різних водокористувачів. Акцентовано увагу на порівняльному аналізі ступеня забруднення поверхневих вод у часі (2003, 2019 рр.) відповідно до рибогосподарських нормативів.

Сучасне антропогенне навантаження на поверхневі води басейну р. Південний Буг в умовах змінення клімату зумовлюють катастрофічний ступінь забруднення річки. Результати дослідження дозволяють з певною ймовірністю стверджувати, що використання поверхневих вод басейну річки Південний Буг для рибного господарства, питного, культурно-побутового і рекреаційного призначення пов'язане з певними екологічними ризиками. Рекомендується розробити і вжити природоохоронних заходів, направлених на корегування пріоритетів господарської діяльності, зменшення скидання стічних вод та збільшення водності річки за рахунок регулювання роботи енергетичних комплексів. План управління поверхневими водами басейну р. Південний Буг повинен урахувувати прогностичні показники змінення клімату. *Ключові слова:* якість води, інтегральна оцінка, змінення клімату, ступінь забруднення.

The water quality integrated assessment of the Southern Bug River in the context of climate change. Shakhman I., Bystriantseva A.

The climate change has a significant impact on water resources. River runoff, which is a product of climate and landscape, is formed under the influence of global and regional climatic changes [1].

The precipitation regime in the basin of the Southern Bug River directly affects the flow regime of the river, the accumulation of water in reservoirs, the number of which in the basin is impressive: 169 reservoirs, 10290 ponds. When the amount of precipitation in the river basin falls below a certain threshold, the previously determined flow regime can no longer be acceptable, especially in conditions of poor surface water quality. Therefore, in such exceptional cases, when water resources must be distributed according to the priorities of use [2], determining the water quality of surface waters of the Southern Bug River basin is particularly relevant for different water users.

The article demonstrates the practical implementation of the methodology for the integrated assessment of water quality, which takes into account the effect of the summation of pollutants on the example of the Southern Bug River. The water quality integrated assessment of the Southern Bug River for 2019 in space (along the length of the river) was carried out in accordance with the quality standards for surface waters intended for various water users. Attention is focused on the comparative analysis of the degree of surface water pollution over time (2003, 2019) in accordance with the fishery standards.

The current anthropogenic load on the surface waters of the Southern Bug River basin under climate change conditions leads to a catastrophic degree of river pollution. The results of the study make it possible, with a certain degree of probability, to assert that the use of the surface waters of the Southern Bug River basin for fishery, drinking, cultural, domestic and recreational purposes is associated with certain environmental risks. It is recommended to develop and implement environmental protection measures aimed at adjusting the priorities of economic activities, reducing wastewater discharge and increasing the water content of the river by regulating the operation of energy complexes. The surface water management plan for the Southern Bug River basin should take into account the forecast indicators of climate change. *Key words:* water quality, integrated assessment, climate change, pollution degree.

Постановка проблеми. Змінення клімату призводить до значного впливу на господарську діяльність, пов'язану з використанням водних ресурсів. Усі країни Європейської економічної комісії Організації Об'єднаних Націй (далі – СЕК ООН) відчувають негативний вплив від збільшення час-

тоти та інтенсивності повеней і посух, посилення дефіциту прісних водних ресурсів, активізації ерозійних процесів і засолення, скорочення площі заледінення і снігового покриву, підвищення рівня моря тощо. Ці процеси призводять до погіршення якості води та нанесення шкоди гідроекосистемам, що,

безумовно, впливає на здоров'я людей та будь-яку галузь економіки, яка безпосередньо або опосередковано залежить від якості водних ресурсів [2].

Актуальність дослідження. Поверхневі води є особливим природним ресурсом стратегічного значення будь-якої держави. Вони визначають тенденції розвитку всіх галузей економіки. Найбільшу значущість для господарської діяльності країни становлять поверхневі джерела прісних вод [3]. Науково необґрунтоване антропогенне навантаження, підсилене зміненнями клімату, призвело до кількісної та якісної деградації багатьох річок. Проблема якості води розглядається як найголовніша соціальна і науково-технічна проблема сучасності, вирішення якої багато в чому залежить від правильного управління водогосподарськими системами [4; 5]. Тому особливо актуальним є дослідження якості поверхневих прісних вод із метою прогнозування змінення стану гідроекосистем та зниження ризиків нераціонального використання водних ресурсів різними водокористувачами [3; 6–9].

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Для басейну річки Південний Буг характерний хронічний дефіцит водних ресурсів, оскільки водозабезпеченість на одного мешканця протягом останніх років становить усього 880 м³/рік. Сумарні ресурси поверхневого стоку у 2019 році склали 1,44 км³. Державне агентство водних ресурсів України на основі статті 45 Водного кодексу України офіційно заявило про те, що внаслідок аномальних осені та зими 2019–2020 років уперше за 120 років можуть бути обмежені або змінені права й умови водокористування, зокрема й скиди води через греблі гідроелектростанцій. Указано, що у разі впровадження таких заходів пріоритетним буде забезпечення питних і побутових потреб населення [10]. Позиція водного агентства обґрунтовується інформацією Українського гідрометеорологічного центру про низьку водність більшості річок України. Весняної повені у 2020 році на українських річках не спостерігалось, а мала водність могла призвести до пересихання малих водотоків [11].

За визначенням Міжнародного співтовариства, національний поріг мінімального водозабезпечення, необхідний для задоволення потреб сільського господарства, промисловості, енергетики та збереження навколишнього середовища, в перерахунку на душу населення становить 1 700 м³/рік. Зниження цього показника до 1 000 м³/рік указує на дефіцит водних ресурсів, а якщо показник не перевищує 500 м³ – на абсолютний дефіцит. Україна належить до регіону планети, де змінення середньої за рік температури повітря протягом останніх 30 років відбувалося найшвидшими темпами. Середньорічна температура повітря у 2019 році була на 2,7°C вищою за норму (1961–1990 рр.). Кількість опадів у 2019 році в середньому в країні склали 490 мм (84% норми), в лісосте-

пових областях – також 84% від річної норми [12]. Аналіз водності р. Південний Буг за останні 12 років свідчить про значне зниження природного стоку річки. Зарегульованість басейну на тлі глобальних кліматичних змін призводить до незворотних втрат поверхневих вод на випаровування, до змінення гідрохімічного режиму річки та якості води [3; 13; 14].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Детальні дослідження природно-екологічного потенціалу водних ресурсів басейну річки Південний Буг були виконані спеціалістами Інституту гідробіології НАН України в 2010–2011 роках [15]. Учені дослідили гідрохімічний режим руслової частини річки, виконали оцінку її екологічного стану, встановили фонові показники загального азоту і фосфору для верхньої, середньої та нижньої течій річки. Характеристику антропогенного навантаження на водні ресурси басейну р. Південний Буг в межах Миколаївської області виконали українські вчені у 2013 році [16]. Фахівці Інституту колоїдної хімії та хімії води імені В. Думанського НАН України у 2015 році виконали оцінку якості води в районі питних водозаборів Вінницької області [17]. Опубліковані результати попередніх досліджень якості поверхневих вод басейну річки Південний Буг належать до періоду 2010–2015 рр., тому для забезпечення раціонального використання водних ресурсів нами була виконана оцінка якості води за індексами забруднення [14] та інтегральна оцінка якості води річки Південний Буг у просторі (за довжиною річки) [3].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Виконана інтегральна оцінка якості води в часі (2003, 2019 рр.) за нормативами якості поверхневих вод, призначених для рибного господарства, як найбільш чутливих до змін екологічного стану водного об'єкта.

Новизна. Продемонстровано практичну реалізацію інтегральної оцінки якості води р. Південний Буг у часі (2003, 2019 рр.).

Методологічне або загальнонаукове значення. Акцентовано увагу науковців гідроекологічної спрямованості на потреби в оцінці якості води поверхневих прісних водних ресурсів за методиками, які враховують ефект сумачії забруднювальних речовин, особливо в умовах змінення клімату.

Виклад основного матеріалу. Сучасна водогосподарська ситуація в басейні річки Південний Буг демонструє зменшення більше ніж у 4 рази об'ємів водозбору. У 1995 році він становив 1,185 млрд. м³, в 2019 р. – 279,2 млн. м³. Загальний забір води з поверхневих і підземних джерел басейну р. Південний Буг на території Вінницької області у 2019 році склав 94,5 млн. м³, Миколаївської – 103,8 млн. м³ [18; 19]. Водокористування за рахунок поверхневих прісних джерел забезпечується в Миколаївській області на 93%, у Вінницькій – 89%. Найпотужнішими водокористувачами та джерелами забруднення

поверхневих вод у басейні р. Південний Буг залишаються ПП «Южно-Українська АЕС», водозабір якої складає 23% усього водозабору в басейні (у 2019 р. – 63,1 млн. м³); КП «Вінницяоблводоканал»,

яке забирає 12% від водозабору у басейні (у 2019 р. – 33,5 млн. м³); ВП «Ладжинська ТЕС» (5% – 13,6 млн. м³), ТОВ «Вінницька птахофабрика» (2% – 5,5 млн. м³) [18].

Таблиця 1

Інтегральна оцінка якості води р. Південний Буг – м. Вінниця за нормативами питних потреб за 2019 р.

| Показник | $C_i / ГДК_i$ | З пріоритетами | | | Без пріоритетів | | |
|---|---------------|----------------|-----------------|--|-----------------|-----------------|--------------------------|
| | | ранг | $\varphi(i)$ | $\varphi(i) C_i / ГДК_i$ | ранг | $\varphi(i)$ | $\varphi(i) C_i / ГДК_i$ |
| БСК ₅ | 1,28 | 1 | 1,000000 | 1,28000 | 5 | 0,312500 | 0,40000 |
| Розчинений кисень | 0,51 | 4 | 0,500000 | 0,25500 | 6 | 0,187500 | 0,09563 |
| Завислі речовини | 0,40 | 8 | 0,062500 | 0,02500 | 7 | 0,109375 | 0,04375 |
| Іон амонію | 2,24 | 2 | 1,000000 | 2,24000 | 4 | 0,500000 | 1,12000 |
| Нітрит-іон | 7,44 | 6 | 0,187500 | 1,39500 | 2 | 1,000000 | 7,44000 |
| Нітрат-іон | 0,05 | 12 | 0,005859 | 0,00029 | 11 | 0,010742 | 0,00054 |
| Хлориди | 0,13 | 10 | 0,019531 | 0,00253 | 9 | 0,035156 | 0,00457 |
| Сульфати | 0,12 | 11 | 0,010742 | 0,00129 | 10 | 0,019531 | 0,00234 |
| СПАР | 8,78 | 5 | 0,312500 | 2,74375 | 1 | 1,000000 | 8,78000 |
| ХСК | 2,27 | 7 | 0,109375 | 0,24828 | 3 | 0,750000 | 1,70250 |
| Фосфати | 0,40 | 9 | 0,035156 | 0,01406 | 8 | 0,062500 | 0,02500 |
| НП | 0,00 | 3 | 0,750000 | 0,00000 | 12 | 0,005859 | 0,00000 |
| Σ | | | 3,993163 | 8,20520 | | 3,993163 | 19,614327 |
| $\chi = 8,2052/3,993163 = 2,05$ (припустима) | | | | $\chi = 19,614327/3,993163 = 4,91$ (інтенсивна) | | | |

Таблиця 2

Зведені результати інтегральної оцінки якості води р. Південний Буг за 2019 рік

| Пост | Оцінка ступеня забруднення | | | |
|--|----------------------------|--------------------|-----------------|---------------|
| | з пріоритетами | | без пріоритетів | |
| <i>рибогосподарські нормативи</i> | | | | |
| р. Південний Буг – м. Хмільник | 6,90 | катастрофічна | 24,2 | катастрофічна |
| р. Південний Буг – м. Вінниця | 6,85 | катастрофічна | 23,4 | катастрофічна |
| р. Південний Буг – м. Вознесенськ | 3,72 | істотна | 11,5 | катастрофічна |
| <i>нормативи питних потреб</i> | | | | |
| р. Південний Буг – м. Хмільник | 1,96 | мала | 5,02 | катастрофічна |
| р. Південний Буг – м. Вінниця | 2,05 | припустима | 4,91 | інтенсивна |
| р. Південний Буг – м. Вознесенськ | 1,22 | мала | 2,55 | припустима |
| <i>нормативи культурно-побутового та рекреаційного призначення</i> | | | | |
| р. Південний Буг – м. Хмільник | 1,50 | мала | 3,18 | істотна |
| р. Південний Буг – м. Вінниця | 1,81 | мала | 4,14 | інтенсивна |
| р. Південний Буг – м. Вознесенськ | 0,93 | нешкідлива (чиста) | 1,55 | мала |

Таблиця 3

Зведені результати інтегральної оцінки якості води р. Південний Буг за 2003, 2019 рр. за рибогосподарськими нормативами

| Пост | Оцінка ступеня забруднення | | | | | | | |
|-----------------------------------|----------------------------|---------------|------|---------------|-----------------|---------------|------|---------------|
| | з пріоритетами | | | | без пріоритетів | | | |
| | 2003 | | 2019 | | 2003 | | 2019 | |
| р. Південний Буг – м. Хмільник | 6,41 | катастрофічна | 6,90 | катастрофічна | 20,3 | катастрофічна | 24,2 | катастрофічна |
| р. Південний Буг – м. Вінниця | 4,24 | інтенсивна | 6,85 | катастрофічна | 13,4 | катастрофічна | 23,4 | катастрофічна |
| р. Південний Буг – м. Вознесенськ | 6,71 | катастрофічна | 3,72 | істотна | 20,5 | катастрофічна | 11,5 | катастрофічна |

Об'єм водовідведення в поверхневій водні об'єкти басейну р. Південний Буг у 2019 році становив 166,3 млн. м³. У загальному обсязі водовідведення 2019 року найбільшою часткою були нормативно чисті без очищення води (56%). У поверхневій водні об'єкти забруднених стічних вод було скинуто 2%, нормативно очищених на очисних спорудах – 37%, без визначення категорії якості – 5% [18; 19]. Суттєве зменшення забору поверхневих вод призвело до відповідного зменшення скидів стічних вод різних категорій і незворотних втрат, але не покращило гідро екологічну ситуацію в річковому басейні [20].

Виконано оцінку якості води р. Південний Буг за методом інтегральної оцінки якості води, який ґрунтується на розрахунку комплексного показника [21].

Комплексний показник – коефіцієнт забруднення χ , що визначається за формулою:

$$\chi = \sum [(N_i / C_{i,d}) \varphi(i)] / \sum \varphi(i), \quad (1)$$

де N_i – значення показника забруднення; i – номер показника забруднення в ранговій послідовності з m показників; $C_{i,d}$ – норматив (ГДК) показника; $\varphi(i) = i / 2^{i-1}$ – вагова функція; $\sum \varphi(i)$ – приведена кількість показників.

За основні беруться такі показники забруднення з відповідною ранговою послідовністю (i): біологічне споживання кисню (BCK_5) ($i = 1$); іон амонію (NH_4^+) ($i = 2$); нафтопродукти ($НП$) ($i = 3$); розчинений кисень (O_2) ($i = 4$). Ранги іншим показникам установлюють експертно або за співвідношенням $N_i / C_{i,d}$. Залежно від значення коефіцієнта χ складено атестаційну шкалу оцінки ступеня забруднення водного середовища [21].

Виконано інтегральну оцінку якості води р. Південний Буг у просторі (за довжиною річки: м. Хмільник – м. Вінниця – м. Вознесенськ) за 2019 рік для різних водокористувачів (питних потреб, рибогосподарського призначення, культурно-побутового та рекреаційного призначення) [3]. Приклад розрахунку для створу р. Південний Буг – м. Вінниця наведено в таблиці 1 (відповідно до питних нормативів).

Зведені результати інтегральної оцінки якості води річки Південний Буг за 2019 рік відповідно до нормативів якості поверхневих вод, призначених для різних водокористувачів (рибного господарства,

питних потреб, культурно-побутового і рекреаційного призначення) [3], представлені в таблиці 2.

Далі для порівняльного аналізу в часі була виконана інтегральна оцінка якості води р. Південний Буг за 2003 р. за рибогосподарськими нормативами якості поверхневих вод (таблиця 3).

Якість води в р. Південний Буг за результатами інтегральної оцінки в просторі (за довжиною річки) у 2019 році [3] та в часі (2003, 2019 рр.) відповідно до рибогосподарських нормативів оцінюється як катастрофічна. Коливання показників якості води може бути зумовлене акумуляцією забруднювальних речовин у багатьох водосховищах, розташованих уздовж усієї ділянки дослідження, та значною звивистістю русла вище за течією від м. Вознесенськ. Збільшення ж турбулентного водообміну та зменшення концентрації забруднювальних речовин за рахунок збільшення водності також можливе, але регулюється виключно режимом роботи водогосподарських комплексів, розташованих вище за течією річки.

Головні висновки. Результати дослідження дозволяють рекомендувати метод інтегральної оцінки для оцінки якості води р. Південний Буг у процесі розроблення довгострокових заходів та прийняття стратегічних рішень з оздоровлення водного об'єкта. Аналіз кількісних показників демонструє незадовільний екологічний стан річки Південний Буг і визначає потребу в проведенні природоохоронних заходів у гідроекосистемі, направлених на відновлення здатності водного об'єкта до саморегуляції та самоочищення.

Перспективи використання результатів дослідження. Глобальні кліматичні змінення доволі складні. Існує достатньо велика кількість сценаріїв розвитку ситуації, за яких (унаслідок глобального потепління) клімат Півдня України стане більш сухим і теплим. Тому наразі необхідним є створення водогосподарських комплексів, які забезпечать раціональне використання, збереження і відновлення водних ресурсів.

Отримані результати досліджень можуть бути підґрунтям під час визначення тенденцій просторово-часових змінень стану поверхневих прісних вод під впливом природних і антропогенних факторів, під час обґрунтування довгострокових заходів, спрямованих на раціональне використання водного об'єкта, особливо в умовах змінення клімату.

Література

1. Шахман І.О., Лобода Н.С. Обґрунтування стратегії водогосподарських заходів на території Нижнього Подніпров'я в умовах глобального потепління. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2010. № 6. С. 210–216.
2. Gudans on Water and Climate Adaption. UNECE: Sustainable development goals URL: <https://www.unece.org/index.php?id=11658> (дата звернення: 24.09.2020).
3. Iryna Shakhman, Anastasiia Bystriantseva Water Quality Assessment of the Surface Water of the Southern Bug River Basin by Complex Indices. *Journal of Ecological Engineering*. Volume 22, Issue 1, P. 195–205.
4. Лобода Н.С., Шахман І.О. Функції відклику водогосподарських систем Нижнього Подніпров'я на зрошення сільськогосподарських масивів водами Дніпра. *Вісник Одеського державного екологічного університету*. 2006. Вип. 3. С. 175–181.
5. Шахман І.О., Лобода Н.С. Обґрунтування стратегії водогосподарських заходів на території Нижнього Подніпров'я в умовах глобального потепління. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2010. № 6. С. 210–216.

6. Шахман І.О., Лобода Н.С. Оцінка якості води у створі р. Інгулець – м. Снігурівка за гідрохімічними показниками. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2016. № 17. С. 123–136.
7. Iryna Shakhman, Anastasiia Bystriantseva Environmental approach to assessment of the response of hydroecosystems to anthropogenic load. New stages of development of modern science in Ukraine and EU countries: monograph / edited by authors. 7th ed. Riga, Latvia: “Baltija Publishing”. 2019. P. 281–301.
8. Shakhman, I.A., Bystriantseva, A.N. Assessment of ecological state and ecological reliability of the Lower section of the Dnieper River 18th International Multidisciplinary scientific Geoconference SGEM (2–8.07. 2018, Albena). Albena, 2018. Vol. 18, pp. 113–119.
9. Шахман І.О. Оцінка екологічного стану та екологічної надійності пониззя річки Дніпро. *Екологічні науки*. 2019. № 1(24). Т. 1. С. 117–120.
10. Водогосподарська обстановка. Державне агентство водних ресурсів України. URL: <https://www.davr.gov.ua/vodogospodarska-obstanovka/page-10> (дата звернення: 21.04.2020).
11. Український гідрометеорологічний центр. URL: https://meteo.gov.ua/ua/33345/hydrology/hydr_vodopillya/ (дата звернення: 25.05.2020).
12. Стан підземних вод України: щорічник. Київ: Державна служба геології та надр України, Державне науково-виробниче підприємство «Державний інформаційний геологічний фонд України», 2020. 34 іл. 127 с.
13. Резолюція семінару «Урядова Програма розвитку гідроенергетики на період до 2026 року: регіональний рівень (басейн Південного Бугу) – точка зору експертів та громад». Миколаїв, 15.09.2017 р. 6 с.
14. Шахман І.О. Екологічна оцінка якості води середньої течії річки Південний Буг за гідрохімічними показниками. *Тарійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. Херсон : Видавничий дім «Гельветика», 2020. Вип. 113. С. 260–266.
15. Афанасьєв 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 : ТОВ «НВП Інтерсервіс», 2012. 29 с.
16. Магась Н.І., Трохименко А.Г. Оцінка сучасного антропогенного навантаження на басейн річки Південний Буг. *Екологічна безпека*. 2013. № 2 (16). С. 48–52.
17. Єзловецька І.С., Шунков В.С., Буланюк С.М. Оцінка якості води Південного Бугу в місцях потужних питних водозаборів Вінницької області. *Вода і водоочисні технології. Науково-технічні вісті*. 2015. № 2 (17). С. 22–39.
18. Басейнове управління водних ресурсів річки Південний Буг. URL: <https://buvrpb.davr.gov.ua/vodni-resursy/analiz-zabezpechennia-vodnuyu-resursamy-naselennia-i-haluzei-ekonomiky> (дата звернення: 07.02.2021).
19. Регіональний офіс водних ресурсів в Миколаївській області. URL: https://mk-vodres.davr.gov.ua/water_resources (дата звернення: 07.02.2021).
20. Южно-Українська АЕС // Офіційний сайт Южно-Українського енергокомплексу. URL: <https://www.sunpp.mk.ua> (дата звернення: 08.04.2020).
21. Гігієна та екологія / За ред. Бардова В.Г. Вінниця: Нова Книга, 2006. 720 с.

ЕКОЛОГІЯ ТА ЕКОНОМІКА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ

УДК 633.1.631.81

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.7-34.28>

НАДХОДЖЕННЯ ОКРЕМИХ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ У ЗЕРНО ТА СОЛОМУ ЯРОЇ ПШЕНИЦІ СОРТУ СТРУНА МИРОНІВСЬКА ПРИ ПОЗАКОРЕНЕВОМУ ЇЇ ПІДЖИВЛЕННІ ЗА УМОВ РАДІОАКТИВНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ЗЕМЕЛЬ¹

Вінічук М.М., Мандро Ю.Н.

Державний університет «Житомирська політехніка»

вул. Чуднівська, 103, 10005, м. Житомир

kgt_vmm@ztu.edu.ua, yurii.mandro@ukr.net

Приведено результати трирічного дослідження позакореневого підживлення посівів пшениці ярої сорту Струна миронівська водними розчинами цинку, марганцю та їхніми хелатованими аналогами у складі ЕДТА у різні фази росту та розвитку рослин на накопичення цих і ряду інших елементів у зерні та соломі. Встановлено, що внаслідок позакореневого підживлення посівів, зокрема у ранні фази росту та розвитку рослин (обприскування у фазі кушіння), спостерігається підвищення концентрації обох досліджуваних елементів (цинку та марганцю) на час збирання урожаю як у зерні, так і в соломі, але здебільшого таке зростання не підвищує урожайності ані зерна, ані соломи. При позакореновому підживленні посівів пшениці, особливо розчином цинку, накопичення рослинами іонів заліза, калію, марганцю, міді, цинку й особливо бору із ґрунту зростає у 1,5–2 рази як у зерні, так і в соломі порівняно з рослинами контрольного варіанту. При підживленні розчином марганцю та хелатованими аналогами у складі ЕДТА (обприскування у фазі кушіння та вихід у трубку) аналогічне зростання коефіцієнтів накопичення у зерні та соломі спостерігалось для іонів заліза, цинку, марганцю та бору. Позакоренево підживлення посівів пшениці розчинами цинку, марганцю та їхніми хелатованими формами зменшує перехід ¹³⁷Cs з ґрунту у зерні на 30–35%. Найвищий ефект зниження рівнів забруднення зерна пшениці радіоцезієм спостерігається при підживленні рослин розчинами цинку у першій половині вегетації – у фазу кушіння та фазу виходу у трубку. Результати дослідження показують, що зниження переходу радіонукліду із ґрунту у рослини викликано не стільки дією самих мікроелементів, як збільшенням фітомаси та відповідного зниження величини її питомої активності.

Позакоренево підживлення посівів пшениці ярої розчинами цинку, марганцю та хелатованими формами цих мікроелементів (ЕДТА) призводить до підвищення концентрації цих та інших мікроелементів у зерні та соломі, у т. чю за рахунок більш інтенсивного поглинання їх із ґрунту. Урожайність зерна та соломи зростає не суттєво, але істотно знижується перехід радіоцезію (¹³⁷Cs) із ґрунту у рослини. *Ключові слова:* ґрунт, залізо, калій, марганець, мідь, пшениця, радіоцезій, цинк.

Translocation of some of the microelements within grain and straw of spring wheat of the Struna Mironovs'ka variety after foliar fertilization on soils contaminated by radionuclides. Vinichuk M., Mandro Y.

The aim of our study was to investigate the effect of aqueous solutions of zinc and manganese salts and their chelated forms as foliar fertilization of spring wheat on the uptake and distribution of some trace elements in grain and straw. The effect of foliar fertilization on grain and straw yield as well as radiocaesium uptake from soil to plant was investigated.

It is found that foliar fertilization of wheat in the early stages of growth and development of plants (spraying of micronutrients in the tillering phase) causes an increase in the concentration of both studied elements determined at harvest time in both grain and straw. However, for the most part, such increase in microelements concentration in grain and straw does not affect the yield, neither grain nor straw. It is shown that during foliar fertilization of wheat with zinc solution, the uptake of such ions as iron, potassium, manganese, copper, zinc and especially boron by grain and straw from the soil increases by factor 1.5-2 compared to control (unfertilized) plants. When wheat plants were fertilized with manganese solution, as well as chelated analogues in the form of EDTA (spraying in the tillering and stem extension), a similar increase in uptake of iron, zinc, manganese and boron ions was observed. Foliar fertilization of wheat plants with solutions of zinc, manganese and their chelated forms reduces the uptake of ¹³⁷Cs from soil to grain by 30–35%. The highest effect of wheat grain contamination is achieved when plants were fertilized plants with an aqueous solution of zinc in the first half of the growing season – the tillering and stem extension stage. It is suggested that the decrease in the uptake of the radionuclide from the soil to the plants is caused not by the fertilization with microelements themselves, but by an increase in plant's phytomass and a corresponding decrease its specific activity.

The impact of foliar fertilization with zinc (ZnSO₄), manganese (MnSO₄) as well as their chelated analogues in the form of EDTA on uptake of selected elements as well as ¹³⁷Cs uptake by grain and straw of spring wheat was evaluated. Application of Zn and Mn reduced ¹³⁷Cs uptake by wheat grain and straw, when fertilized at earlier stages of growth and development. The foliar fertilization with micronutrients may be applied as one of agricultural countermeasure with the aim of reducing ¹³⁷Cs uptake by plants growing on soils contaminated by radionuclides. *Key words:* soil, iron, potassium, manganese, copper, wheat, radiocaesium, zinc.

¹ Автори вдячні А.Л. Вигівському за сприяння та допомогу у проведенні польових досліджень. Цей проект було профінансовано Шведським управлінням із радіаційної безпеки № 0113U004157.

Постановка проблеми. Ефективність позакореневого підживлення посівів пшениці залежить від низки чинників, а саме ґрунтово-кліматичних умов, рівня родючості ґрунту та забезпечення його доступними формами мікроелементів, погодних умов конкретного року та ін. Ґрунти Полісся характеризуються невисоким вміст мікроелементів, тому позакореневе підживлення рослин за цих умов може бути ефективним прийомом, хоча результати подібних досліджень у літературі майже відсутні.

Актуальність дослідження. Значна частина території Українського Полісся все ще перебуває в зоні радіоактивного забруднення внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС [4]. Найбільші площі угідь, забруднених радіоцезієм, поширені саме в Житомирській області, переважно Народицький, Овруцький, частково Лугинський, Коростенський та Олевський райони – близько половини від загальної території та половини орних земель. Вплив позакореневого підживлення мікроелементами посівів сільськогосподарських культур на цих землях практично не досліджувався.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Оскільки, як свідчить аналіз літературних джерел, думки авторів щодо термінів проведення позакореневого підживлення посівів суттєво відрізняються, обприскування проводили у різні фази росту та розвитку пшениці. Наша робоча гіпотеза полягала у тому, що позакореневе підживлення рослин у складі ЕДТА у ранні фази росту та розвитку є більш ефективним (I), підживлення досліджуваними розчинами призведе до прояву синергічних або антогоністичних взаємодій з іншими елементами (II). Вибір культури дослідження зумовлений важливістю пшениці як продовольчої культури, а також тим, що цей сорт рекомендується для вирощування у зонах Полісся та Лісостепу України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Наявність чи відсутність мікроелементів, зокрема есенціальних, таких як, наприклад, цинк (Zn), марганець (Mn), залізо (Fe) або мідь (Cu), суттєво впливають на ростові процеси у рослин, їхній розвиток, а також можуть викликати різні біогеохімічні ендемічні захворювання. Позакореневе підживлення посівів пшениці розчином цинку призводить до істотного підвищення концентрації цього елемента у зерні, особливо при обприскуванні посівів під час більш пізніх стадій росту та розвитку рослин [1], сприяє зростанню числа продуктивних стебел і врожайності. Цинкові добрива позитивно впливають на продуктивну кущистість, озерненість колоса і масу 1 000 зерен [7], а при нормі внесення цинку 10 кг/га – на такі показники, як площа листової поверхні пшениці та швидкість росту рослин [17]. Цинк і марганець окремо, а також у поєднанні з міддю збільшують урожайність рису понад рівень NPK на 15, 11 і 10% відповідно [10]. Позакореневе підживлення

посівів пшениці на піщаних ґрунтах розчинами заліза, марганцю та цинку значно збільшує урожай зерна, урожай соломи, масу 1 000 зерен, кількість зерен у колосі, а також вміст білка в зерні.

Хоча рухливість цинку у тканинах рослин не є високою, при позакореневому його застосуванні він порівняно легко поглинається епідермісом листка і транспортується по флоємі до зерна, що формується [2], тому позакореневе підживлення пшениці розчином цинку з метою підвищення рівня урожайності та якості зерна є більш ефективним порівняно з внесенням мікродобрива у ґрунт, а внесення мікроелементів у хелатній формі у складі комплексних мікродобрив є ще більш доцільним [11], зокрема на карбонатному ґрунті [14]. Використання Zn за посушливих умов півдня України також сприяє розвитку стійкості рослин пшениці озимої до температурного стресу [12].

Крім підвищення рівня урожайності сільськогосподарських культур і поліпшення якості продукції, мікроелементи при використанні їх на забруднених радіонуклідами землях також можуть набувати інших властивостей, а саме впливати на перехід радіонуклідів із ґрунту у рослини. Для регіонів Полісся це особливо актуально, оскільки ґрунти у цій зоні переважно бідні за вмістом як основних макроелементів, так і мікроелементів, серед яких як цинк, так і марганець.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Використання солей цинку і марганцю, як у вигляді комплексонатів, так і у водних розчинах на землях Полісся знижує перехід радіонуклідів у вегетативній масі люпину на 37%, а ріпаку – на 58% [9]. Мета нашої роботи – дослідити дію водних розчинів солей цинку і марганцю та їх хелатованих форм як позакореневого підживлення посівів ярої пшениці на надходження і розподіл цих мікроелементів у зерні та солоні, а також величину урожаю та перехід радіоцезію з ґрунту у рослину.

Методологічне або загальнонаукове значення. Результати нашої наукової роботи мають на меті пошук шляхів зменшення переходу радіоцезію з ґрунту у рослини пшениці ярої при вирощуванні їх на землях, забруднених радіонуклідами.

Виклад основного матеріалу. Дослідження виконувалися протягом трьох років (2014–2016 рр.) на землях, забруднених радіонуклідами, на території селища Базар Житомирської області (51°03'19"N; 29°17'54"E). Площа дослідної ділянки ≈ 400 м². Тип ґрунту – дерново-підзолистий, сильно-глейовий, супіщаний на водно-льодовикових відкладеннях, із низьким вмістом найбільш біологічно важливих мікроелементів.

Для позакореневого підживлення використовували як водні розчини цинку та марганцю, так і їхні хелатовані аналоги – етилендіамінтетраоцтову (ЕДТА) кислоту із вмістом 25 та 20% цинку

та марганцю відповідно. Сірчаноокислий цинк ($ZnSO_4$) та сульфат марганцю ($MnSO_4$) розчиняли у воді з розрахунку 200 г Zn на 80 л води та 300 г Mn на 80 л води на 1 га відповідно. Концентрація обох розчинів становила 0,05% [6]. ЕДТА (хелат) використовували за рекомендацією виробника: кількість внесених добрив відповідала 0,5–1,0 л розчину, розчиненого у 80 л води на 1 га. Рослини обприскували чотири рази протягом вегетаційного періоду: кущіння (1), вихід у трубку (2), колосіння (3), утворення зерен (4).

Варіанти досліду: 1 – контроль; 2 – розчин сульфату цинку ($ZnSO_4$); 3 – розчин сульфату марганцю ($MnSO_4$); 4 – ЕДТА (хелат). Культура – пшениця яра (*Triticum aestivum* L.) сорт Струна миронівська, селекції Миронівського Інституту НААН України. Повторність досліду – чотирикратна.

На рис. 1 приведені рівні врожайності зерна пшениці та вміст досліджуваних мікроелементів у ньому після збирання урожаю залежно від фаз росту та розвитку рослин, під час яких проводилося позакореневе підживлення рослин за даними 2014 р. Так, у зерні пшениці при підживленні рослин розчином цинку вміст останнього порівняно із вмістом цинку у зерні рослин контрольного варіанту зріс на 7,4; 7,6; 7,1 та 5,2 мг kg^{-1} або на 28,8; 29,3; 27,5 та 20,2% відповідно у фази кущіння, вихід у трубку, колосіння й утворення зерен. Між тим, як видно з рисунку, таке помітне підвищення вмісту цинку у зерні не призвело до підвищення урожайності зерна. Відомо, що підживлення рослин розчином цинку не завжди призводить до підвищення рівня їхньої продуктивності. Так, у дослідях із кукурудзою [13] позакореневе підживлення посівів розчином цинку не призводило до збільшення урожаю, навіть при значному підвищенні концентрації Zn у зерні.

При позакореновому підживленні посівів пшениці марганцем концентрація цинку у зерні досліджуваних варіантів також зростала на 12,9 та 4,4 мг kg^{-1} або 49,8 та 17,2% при обприскуванні рослин у фазі кущіння та вихід у трубку відповідно. При обприскуванні рослин розчином марганцю у більш пізні фази – колосіння й утворення зерен – концентрація цинку у зерні на час збирання урожаю навпаки, виявилася на 19,3 та 5,5% нижчою, ніж у зерні рослин контрольного варіанту. Як видно з рис. 1, будь-який зв'язок між показниками урожайності зерна пшениці та вмістом у ньому цинку на час збирання урожаю відсутній.

Така ж закономірність спостерігалася і при обприскуванні посівів пшениці розчинами цинку та марганцю у складі ЕДТА (25 та 20% відповідно). Як видно з рис. 1, вміст у зерні обох мікроелементів на час збирання урожаю ніяк не впливає величню урожаю зерна. Так, у зерні пшениці на час збирання урожаю вміст як цинку, так і марганцю на 5,9 та 17,9 мг kg^{-1} перевищував контрольні значення у варіанті з позакореновим підживленням рослин у фазу кущіння, тоді як рівень урожайності варіанті виявився нижчим контролю (рис. 1).

Концентрації цинку у соломі на час збирання урожаю перевищували контрольні значення на 4,1; 4,4; 1,8 та 5,7 мг kg^{-1} (59,7; 62,9; 26,6 та 81,9%) при обприскуванні посівів пшениці розчином цинку у фазу кущіння. Підживлення посівів марганцем збільшує вміст цинку у соломі на 9,8 та 6,9 мг kg^{-1} тільки у разі обприскування рослин у фазу кущіння та виходу у трубку.

Використання хелатованих форм досліджуваних мікроелементів збільшують вміст як цинку, так і марганцю (на 5,8 та 38,6 мг kg^{-1}) лише при обприскуванні посівів у фазу кущіння. Здебільшого величина урожайності соломі не залежить від концентрації у ній обох елементів на час збирання урожаю.

Вміст калію у зерні пшениці дослідних варіантів на час збирання урожаю у середньому на 10% вищий за контрольний при підживленні рослин розчином цинку у фазу кущіння, вихід у трубку та колосіння. Підживлення посівів розчином цинку, марганцю та комплексним добривом у фазі утворення зерен не впливає на концентрацію калію у зерні.

Аналогічні закономірності також спостерігалися у соломі. Так, при обприскуванні посівів розчином цинку концентрація калію зростає на 27,6 та 18,3% (підживлення у фазу вихід у трубку й утворення зерен), при обприскуванні розчином марганцю на 33,8 та 56,1% (підживлення у фазу колосіння й утворення зерен), при обприскуванні ЕДТА на 42,2, 22,9 та 30,5% (підживлення у фазу вихід у трубку, колосіння й утворення зерен).

Концентрація заліза у зерні пшениці на час збирання урожаю зростає на 9,6 мг kg^{-1} (59,2%); 7,4 мг kg^{-1} (45,4%); 2,8 мг kg^{-1} (16,9%) та 2,3 мг kg^{-1} (14,1%) при підживленні рослин розчином цинку відповідно у фази кущіння, вихід у трубку, колосіння й утворення зерен.

Підживлення розчином марганцю викликає статистично значиме підвищення концентрації заліза у зерні (4,0 мг kg^{-1} або 24,5%) лише при обприскуванні у фазу вихід у трубку. Обприскування розчином марганцю в інші фази не впливає на надходження цього елемента у зерно пшениці.

При позакореновому підживленні комплексним добривом (ЕДТА) концентрація заліза у зерні також зростає лише при обприскуванні посівів у фазу кущіння на 4,5 мг kg^{-1} (27,5%).

Концентрація міді у зерні пшениці зростає на 0,8–0,9 мг kg^{-1} (17,0–20,7%) при удобренні посівів розчином цинку у всі фази росту та розвитку. При позакореновому підживленні посівів розчином марганцю (фаза кущіння та вихід у трубку) вміст цинку у зерні збільшується на 0,7–1,3 мг kg^{-1} (16,0–30,0%). Обприскування у фазу колосіння й утворення зерен не впливає на вміст міді у зерні пшениці. При обприскуванні хелатними формами цинку та марганцю (ЕДТА) статистично значиме зростання концентрації міді у зерні (1,5 мг kg^{-1} або 33,6%) спостерігається лише у разі підживлення посівів у фазу кущіння.

Концентрація міді у соломі пшениці суттєво зростає (0,1–1,1 мг кг⁻¹ або 7,4–70,5%) при обприскуванні посівів розчином цинку у всі досліджувані фази росту та розвитку рослин. Підживлення розчином марганцю підвищує вміст міді у соломі (0,2–0,6 мг кг⁻¹ або 14,6–38,3%) у разі обприскування у фазу кушіння, вихід у трубку та колосіння. При використанні комплексного мікродобрива статистично значиме зростання концентрації міді у соломі пшениці (1,5 мг кг⁻¹ або 55,4%) спостерігається лише при підживленні рослин у фазу кушіння.

При підживленні посівів пшениці розчином цинку концентрація бору у зерні зростає на порядок і більше (0,12 мг кг⁻¹ на контролі та 0,40–2,77 мг кг⁻¹ у дослідних варіантах). Найвища концентрація бору у зерні спостерігалася при обприскуванні посівів розчином цинку у фазу кушіння й утворення зерен.

При обприскуванні розчином марганцю концентрація бору у зерні пшениці дослідних варіантів також суттєво зростає – від 0,12 мг кг⁻¹ на контролі до 0,45–1,82 мг кг⁻¹ у дослідних варіантах. Найбільше зростання вмісту бору у зерні спостерігалася при підживленні посівів у фазу кушіння, вихід у трубку та колосіння.

Хелатні форми досліджуваних мікроелементів також забезпечували істотне зростання концентрації бору у зерні (0,12 мг кг⁻¹ на контролі та 0,97

і 2,64 мг кг⁻¹) при обприскуванні посівів у фазу виходу у трубку та колосіння відповідно.

У соломі концентрація бору зростала 3,59 мг кг⁻¹ на контролі до 24,5 мг кг⁻¹ при обприскуванні розчином цинку у фазу виходу у трубку та до 10,4 мг кг⁻¹ при підживленні хелатними формами у фазу кушіння. Позакореневе підживлення розчином марганцю не підвищувало вміст бору у соломі.

При позакореновому підживленні посівів пшениці розчином цинку та марганцю коефіцієнти накопичення заліза, калію, марганцю, міді, цинку та бору для зерна зазвичай зростають. Позакореневе удобрення мікроелементами особливо сприяє накопиченню бору у зерні пшениці. Так, при підживленні рослин пшениці розчинами цинку та марганцю спостерігається десятикратне збільшення вмісту бору у зерні порівняно з контрольним варіантом.

При обприскуванні рослин пшениці розчином цинку у фазі кушіння та колосіння КН заліза, калію, марганцю, міді та цинку для зерна підвищуються у 1,5–2 рази, а при обприскуванні розчином марганцю у фазі кушіння, вихід у трубку та колосіння – у 1,5 рази. При підживленні цинком і марганцем у складі ЕДТА коефіцієнти накопичення марганцю для зерна зростали у 1,5–2,5 рази, якщо рослини обприскувалися у фазі кушіння та колосіння.

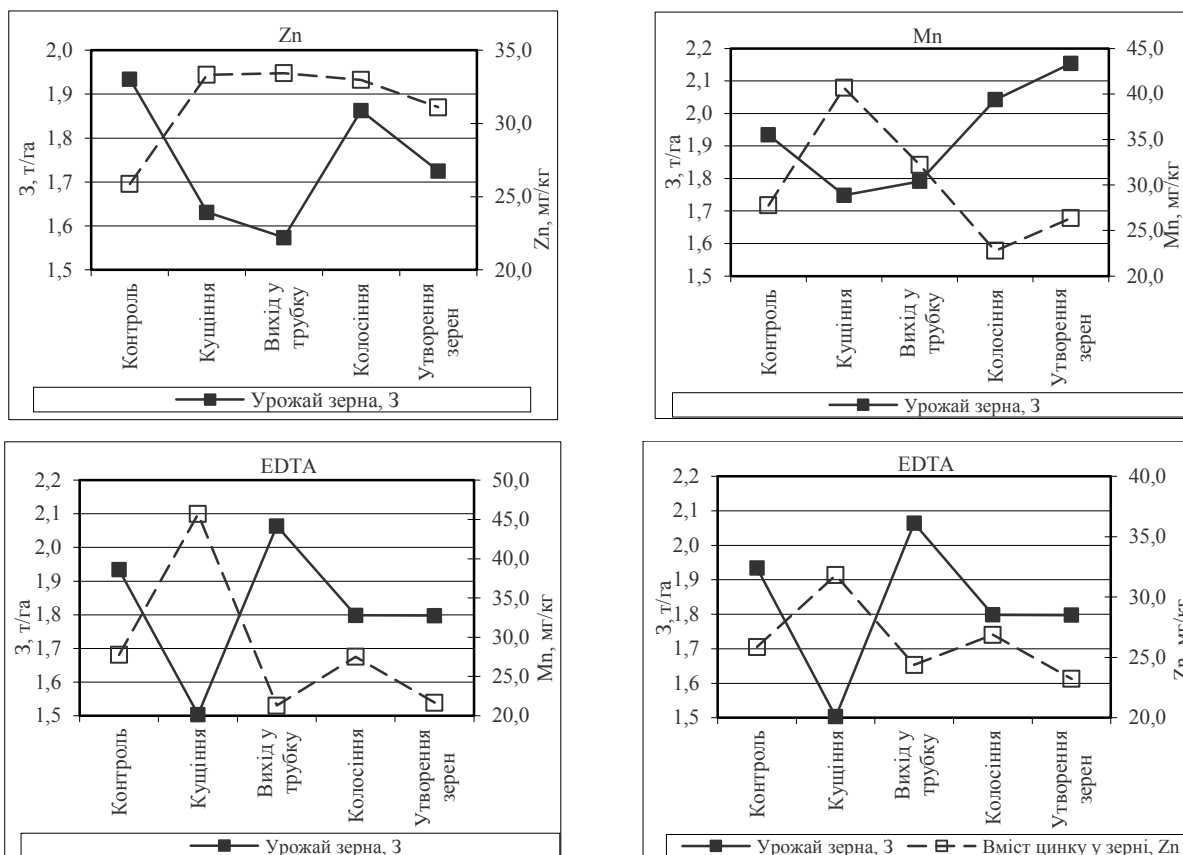


Рис. 1. Урожайність зерна та вміст у ньому мікроелементів при обприскуванні посівів у різні фази росту та розвитку, 2014 р.

Коефіцієнти накопичення заліза, калію, марганцю, міді, цинку та бору для соломи зазвичай також зростають. Так, при обприскуванні розчином цинку у фазі кушіння накопичення всіх перерахованих елементів у соломі пшениці зростало у 1,5–2 рази порівняно з контрольним варіантом. Аналогічне зростання коефіцієнтів накопичення всіх елементів (крім калію) соломою спостерігалось при обприскуванні цинком у фазу утворення зерна. При підживленні цинком у фазу виходу у трубку та колосіння помітно зростало надходження з ґрунту у солому лише іонів цинку та марганцю.

Позакореневе удобрення посівів розчином марганцю сприяє накопиченню у соломі заліза, марганцю та цинку: зростання у 2–4 рази при обприскуванні у фазі кушіння та виходу у трубку. При підживленні рослин пшениці розчинами марганцю у фазу утворення зерна у 1,5 рази інтенсивніше накопичувалися у соломі залізо, калій і мідь. Двократне зростання коефіцієнтів накопичення заліза та цинку у соломі пшениці спостерігалось при підживленні цинком і марганцем у складі ЕДТА у фазі кушіння. КН для марганцю при використанні ЕДТА у цій фазі перевищували контрольні значення у приблизно

6 разів. Підвищені КН бору у соломі пшениці спостерігалися при підживленні цинком (\approx у 7 разів при обприскуванні у фазу виходу у трубку й у 1,5 рази у фазі утворення зерна), та цинком і марганцем у складі ЕДТА (у 1,5 рази при обприскуванні у фазу кушіння та виходу у трубку).

Усереднені дані трьох років досліджень показують, що позакореневе підживлення посівів пшениці розчинами цинку, марганцю та їхніх хелатованих форм у фазу кушіння збільшує урожайність зерна на \approx 14% порівняно з контролем, хоча така відмінність не є статистично значущою. При позакореновому підживленні розчином марганцю урожайність зерна також дещо зростає при обприскуванні у фазу виходу у трубку та колосіння, хоча не статистично достовірно. За умов 2014 р. незначне зростання урожайності зерна пшениці спостерігалось при позакореновому підживленні комплексним добривом (ЕДТА) у фазі виходу у трубку та підживленні розчином марганцю у фазі утворення зерен. Порівняно невисокий урожай 2015 р., ймовірно, спричинений засушливими умовами під час вегетації. Так, на фоні високих середньодобових температур протягом місяця (друга та третя декади травня та перша декада

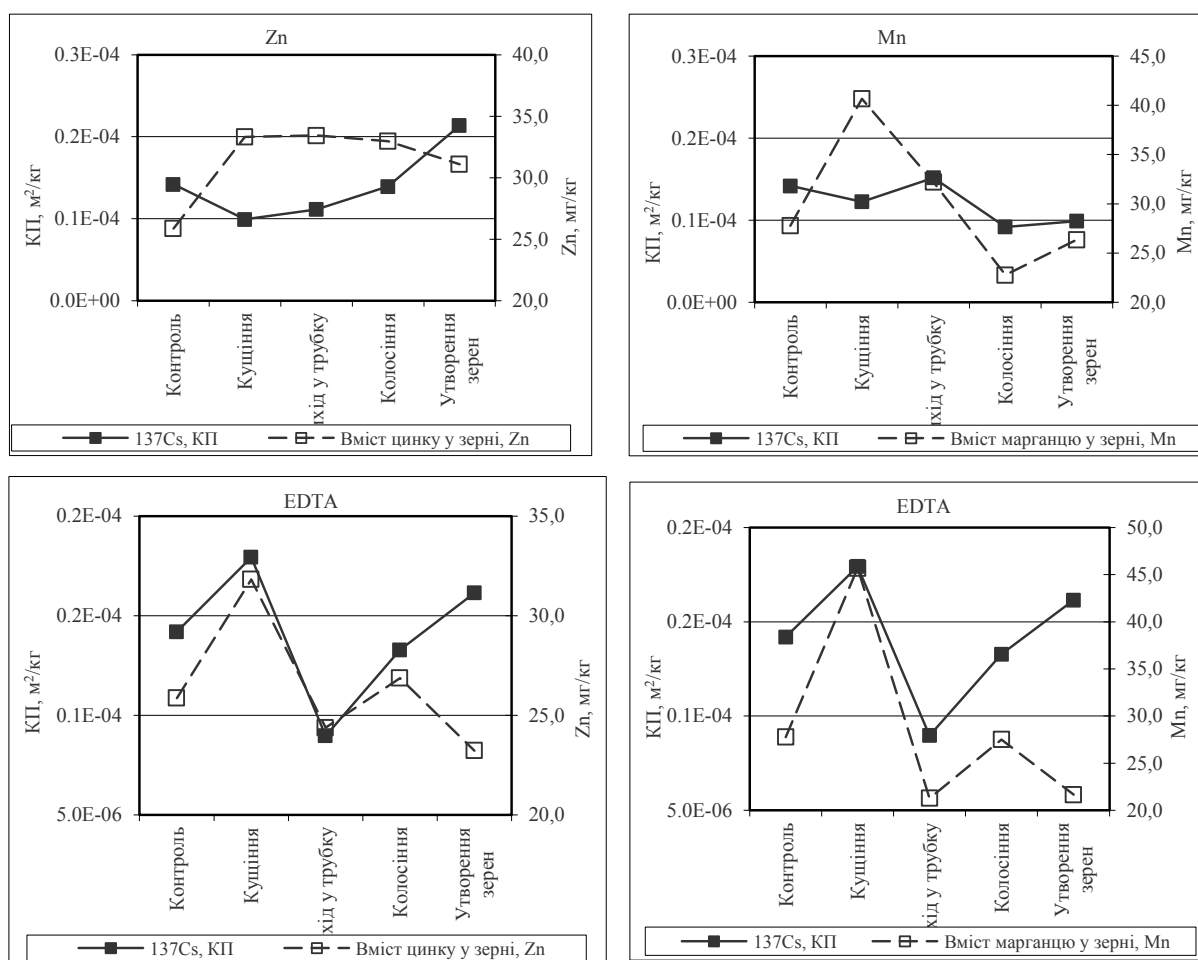


Рис. 2. Коефіцієнти переходу (КП) ^{137}Cs з ґрунту у зерно та вміст у ньому мікроелементів при обприскуванні посівів у різні фази росту та розвитку, 2014 р.

червня) випало всього 12 мм опадів, а протягом другої та третьої декади червня – лише 19 мм за багаторічної середньомісячної норми 53 та 81 мм відповідно у травні та червні. За умов засушливого 2015 р. показники урожайності як зерна, так і соломи, рослин підживлюваних розчинами цинку та марганцю у всі досліджувані фази росту і розвитку були в середньому на 20–25% вищими порівняно з контрольним варіантом. У разі використання комплексного добрива позитивний ефект удобрення спостерігався лише при позакореновому підживленні у фазу кушіння та виходу у трубку, тоді як підживлення у більш пізні фази росту та розвитку рослин виявилось не ефективним. Таким чином, підживлення посівів пшениці за засушливих умов 2015 р. у ранніх фазах – кушіння та виходу у трубку – ефективніше, ніж підживлення у більш пізні фази колосіння й утворення зерен. У 2016 р. жодний із досліджуваних варіантів із погляду приросту урожаю як зерна, так і соломи пшениці виявився неефективним. Більше того, у більшості випадків, особливо при обприскуванні рослин розчином цинку та марганцю, рослини пшениці контрольного варіанту, навпаки, виявилися більш урожайними, ніж ті, що підживлювалися.

На рис. 2 показано величини коефіцієнтів переходу ^{137}Cs з ґрунту у зерно рослин пшениці, а також вміст у них мікроелементів при обприскуванні посівів у різні фази росту та розвитку за 2014 р. Як видно з рисунків, між величинами коефіцієнтів переходу радіонуклідів з ґрунту у зерно та солому і концентрацією у них цинку та марганцю залежності немає. Так, у окремих випадках, наприклад, при обприскуванні рослин розчином цинку концентрація цього елемента у зерні (рис. 2) зростає, а коефіцієнти переходу радіонуклідів для зерна та соломи знижуються. При обприскуванні посівів пшениці розчином цинку у складі ЕДТА така закономірність відсутня. Те саме спостерігається і при обприскуванні посівів пшениці як водним розчином марганцю, так і марганцем у складі ЕДТА (рис. 2).

Водночас підживлення посівів пшениці у різні фази її росту та розвитку знижує перехід радіоцезію із ґрунту у рослини (табл. 1). Причина зниження,

очевидно, є комплексною. З одного боку, як зазначалося вище, позакоренове підживлення сприяє накопиченню як у зерні, так і в соломі інших мікроелементів. Як наслідок, зростає фітомаса рослин, а отже, знижується питома активність радіонуклідів з розрахунку на одиницю маси зерна чи соломи.

Так, у середньому за 2014–2016 рр. досліджень величини коефіцієнтів переходу радіонуклідів у зерно пшениці дослідних варіантів виявилися нижчими за величини коефіцієнтів переходу радіоцезію у зерно контрольного варіанту на 37,3% у варіанті з цинком, на 32,4% у варіанті з марганцем і на 38,9% у варіанті з хелатованими мікроелементами (табл. 1). Найвищий ефект зниження рівнів забруднення зерна пшениці радіоцезієм спостерігається при підживленні рослин розчинами цинку у першій половині вегетації – фазі кушіння та фазі виходу у трубку.

При обприскуванні посівів розчином марганцю кращі результати спостерігались у разі позакоренового підживлення рослин у фазі кушіння й утворення зерен. У варіанті з хелатованими мікроелементами однаково добрі результати зниження величин коефіцієнтів переходу радіонуклідів для зерна спостерігалися при підживленні у фазі кушіння, виходу у трубку, а також колосіння. Позакоренове підживлення ярої пшениці досліджуваними мікроелементами призводило і до певного зниження вмісту радіонуклідів в соломі, хоча ефективність цього прийому стосовно соломи виявилася дещо нижчою. Так, варіанті з цинком питома активність соломи виявилася навіть вищою контролю (6,8%), у варіанті з марганцем – нижчою контролю на 9,5%, а у варіанті з ЕДТА – нижчою контролю на 35,3%. Кращі результати отримані при підживленні ярої пшениці марганцем у фазі кушіння, а при підживленні хелатованими мікроелементами – у фазі кушіння, виходу у трубку а також колосіння.

Результати дослідів показують, що при позакореновому підживленні рослин пшениці розчинами цинку та марганцю статистично достовірно зростає концентрація у зерні цинку, марганцю, заліза, міді й особливо бору. Особливо помітне зростання вмісту цих елементів, від 20 до 60%, спостерігалось при обприскуванні посівів у ранні фази росту та роз-

Таблиця 1

Коефіцієнти переходу ^{137}Cs (КП) для зерна та соломи, $M \pm SD$, $\times 10^{-4} \text{ м}^2/\text{кг с.в.}$ (2014–2016)

| Варіант | Фази росту та розвитку на час обприскування * | | | |
|----------|---|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| | кушіння | вихід у трубку | колосіння | утворення зерен |
| Контроль | $1,30 \pm 0,46$ $4,03 \pm 2,67$ | $1,30 \pm 0,46$ $4,03 \pm 2,67$ | $1,30 \pm 0,46$ $4,03 \pm 2,67$ | $1,30 \pm 0,46$ $4,03 \pm 2,67$ |
| Zn | $0,73 \pm 0,50$ $3,21 \pm 2,06$ | $0,90 \pm 0,60$ $3,87 \pm 1,96$ | $1,07 \pm 0,65$ $2,60 \pm 1,56$ | $1,22 \pm 0,86$ $3,56 \pm 2,85$ |
| Mn | $0,90 \pm 0,62$ $2,93 \pm 1,51$ | $1,16 \pm 0,77$ $3,57 \pm 2,17$ | $1,09 \pm 0,60$ $3,41 \pm 2,29$ | $0,76 \pm 0,50$ $3,04 \pm 1,67$ |
| ЕДТА | $0,95 \pm 0,96$ $2,61 \pm 1,88$ | $0,80 \pm 0,43$ $1,48 \pm 1,12$ | $0,88 \pm 0,60$ $2,34 \pm 1,45$ | $1,20 \pm 0,77$ $2,55 \pm 1,59$ |

* У чисельнику – зерно, у знаменнику – солома.

витку, а саме кушіння та виходу у трубку. При обприскуванні у більш пізні фази – колосіння й утворення зерен – вміст згаданих елементів у зерні, крім бору, зазвичай не перевищує їх концентрації у зерні рослин контрольного варіанту або таке зростання є не статистично значимим. Близькі результати були отримані у подібних дослідях з озимою пшеницею [18].

Підживлення рослин пшениці розчинами цинку та марганцю також сприяє статистично достовірному збільшенню концентрації, особливо марганцю, калію, міді та заліза у соломі. Концентрація, наприклад, калію внаслідок позакореневого удобрення зростає у варіантах із обприскуванням посівів у більш пізні фази росту та розвитку – кушіння та виходу у трубку.

Отримані результати також дозволяють стверджувати, що позитивний ефект позакореневого підживлення рослин, насамперед розчином цинку, ймовірно, спричинений стресовими умовами, викликаними майже повною відсутністю атмосферних опадів на фоні високих середньодобових температур. Такі висновки підтверджуються результатами інших авторів. Прояв захисної ролі хелату цинку у рослин пшениці за дії стресових чинників середовища, зокрема до високих температур, спостерігали у ряді робіт [11; 12]. Вважається, що роль Zn у зменшенні стресового навантаження у рослин пшениці, викликаного високою температурою, полягає насамперед у покращенні фотосинтетичної активності рослин [8].

Наші дані також показують, що підвищення концентрації як цинку, так і марганцю, а також інших мікро- та макроелементів на час збирання урожаю як у зерні, так і в соломі у більшості випадків не підвищує урожайності ані зерна, ані соломи. Водночас статистично значимий вплив позакореневого підживлення посівів пшениці розчинами цинку та марганцю на величину урожайності зерна та соломи спостерігався лише за умов посушливого 2015 р., коли урожайність удобрюваних рослин пшениці виявилася в середньому на 20–25% вищою, ніж урожайність рослин на контролі без удобрення.

Такі висновки також добре узгоджуються з даними літературних джерел. Як показано у роботі Ma D et al. [15], приріст урожаю зерна пшениці та концентрація Zn у зерні внаслідок внесення цинку у ґрунт

у формі розчину $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ зростає у міру підсилення посухи. Ймовірно, це стосується і марганцю (а також заліза), прискорену транслокацію яких до пагонів спостерігали у пшениці для подолання негативного впливу температурного стресу [3].

Оскільки як марганець, так і цинк повільно рухаються у тканинах рослин [16], позакореневе підживлення посівів у першій половині вегетації може бути більш ефективним, ніж у другій, що також підтверджується нашими даними, адже при позакореневому внесенні добрив у формі водних розчинів, перш ніж елементи живлення зможуть бути засвоєні та використані у процесі метаболізму, речовина повинна спочатку проникнути через восковий шар (кутикулу), яка товстіша на верхній стороні листа, та через стінку клітини.

Відомо, що поглинання бору рослинами залежить від наявності інших елементів живлення у ґрунті, зокрема кальцію [5]. Такий ефект викликається насамперед співвідношенням кальцію до бору у тканинах рослин. Між тим, дані, що підтверджують вплив позакореневого підживлення посівів пшениці розчином цинку та марганцю на величину надходження бору із ґрунту у рослини, відсутні.

Головні висновки. Результати досліджень підтвердили нашу гіпотезу про те, що позакореневе підживлення посівів пшениці ярої на дерново-середньопідзолистих глеуватих супіщаних ґрунтах Полісся розчинами цинку, марганцю та хелатованими формами цих мікроелементів (ЕДТА) призводить до підвищення концентрації цих та інших мікроелементів у зерні та соломі, у т. ч. за рахунок більш інтенсивного поглинання їх із ґрунту, особливо це стосується бору. Урожайність зерна та соломи зростає не суттєво, але істотно знижується перехід радіоцезію (^{137}Cs) із ґрунту у рослини.

Перспективи використання результатів дослідження. Подальших досліджень потребують питання ролі мікроелементів у процесах переходу радіонуклідів із ґрунту у рослини при вирощуванні їх на землях, які зазнали радіоактивного забруднення. Також заслуговує на увагу подальше з'ясування ролі мікроелементів, зокрема цинку, у формуванні урожаю за засушливих умов, що є актуальним з огляду на зміни клімату та дедалі частіші прояви посилення посушливості.

Література

1. Cakmak I., Kalayci M., Kaya Y. Biofortification and localization of zinc in wheat grain. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 2010. Vol. 58. P. 9092–9102.
2. Curie C., Cassin G., Couch D. Metal movement within the plant: Contribution of nicotianamine and yellow stripe 1-like transporters. *Annals of Botany*. 2009. Vol. 103. P. 1–11.
3. Dias A. S., Lidon F.C., Ramalho J. Heat stress in *Triticum*: kinetics of Fe and Mn accumulation. *Brazilian Journal of Plant Physiology*. 2009. Vol. 21 (2). P. 153–164.
4. Добряк Д.С., Кузін Н.В. Наукові основи використання земель в умовах радіаційного забруднення. *Збалансоване природокористування*. 2018. № 2. С. 6–12.
5. Eck P., Campbell, F.J. Effect of high calcium application on boron tolerance of carnation, *Dianthus caryophyllus*. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, 1962. Vol. 81. P. 510–517.
6. Ekelöf J., Råberg T. Vegetable industry's influence on the yield and quality of potatoes. *Area Agriculture – Farming Systems, Technology and Product Quality*, SLU, Alnarp. 2001. 99 p.

7. Гоман Н.В., Попова В.И., Бобренко И.А. Влияние микроудобрений на структуру урожая озимой пшеницы. Вестник КрасГАУ. 2016. № 1. С. 114–117.
8. Graham R.D., Rengel Z. Genotypic variation in Zn uptake and utilization by plants. In: Robson, A.D. (Ed.), *Zinc in Soils and Plants*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands. 1993. P. 107–114.
9. Gudkov I, Lazarev N, Grusha V et al. The role of trace elements in radiation protection of plants and animals on radionuclide contaminated territories of Poles'e. *Radiats Biol Radioecol*, 2011. № 51 (1). P. 33–40.
10. Gurmani A.H., Shahani B.H., Khan D.I. Effect of micronutrients (Zn, Cu, Fe, Mu) on the rice yield and soil/plant concentration. *Sarhad Journal of Agriculture*. 1988. Vol. 4 (4). P. 515–520.
11. Кривенко А.І., Бурикiна С. І. Пигментна система фотосинтетичного апарату пшениці озимі за дії мікроелементу цинк. *Таврійський науковий вісник*. 2015. 102. С. 58–67.
12. Кривенко А.І., Бурикiна С.І. Ефективність форм і строків внесення цинку на посівах пшениці озимі. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 2 (791). С. 23–30.
13. Lamb, A., Nelson, N.O. Corn Response to Foliar-Applied Zinc Fertilizers. Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports. 2015. Vol. 1 (3).
14. Логiнова І.В., Білера Н.М. Ефективність різних форм і способів внесення мікроелементів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія : Агронiмiя*. 2014. Вип. 195 (1). С. 71–78. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_agr_2014_195%281%29__13.
15. Ma D., Sun D., Wang Ch. Physiological responses and yield of wheat plants in Zinc-mediated alleviation of drought stress. *Front Plant Science*. 2017. Vol. 8. P. 1–12.
16. Mahler R.L. General Overview of Nutrition for Field and Container Crops. *SDA Forest Service Proceedings RMRS-P-33*. 2004. P. 26–29.
17. Nadim M.A., Awan I.U., Baloch M.S. Response of wheat (*Triticum aestivum* L.) to different micronutrients and their application methods. *The Journal of Animal & Plant Sciences*. 2012. Vol. 22 (1). P. 113–119.
18. Stepien A, Wojtkowiak K. Effect of foliar application of Cu, Zn, and Mn on yield and quality indicators of winter wheat grain. *Chilean Journal of Agricultural Research*. 2015 № 76 (2). P. 221–227.

ЗБЕРЕЖЕННЯ БІОРІЗНОМАНІТТЯ

УДК 594.38

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.7-34.29>

ОСОБЛИВОСТІ РОЗПОДІЛУ НАЗЕМНИХ МОЛЮСКІВ У ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОМУ ПРИАЗОВ'І

Генцицький М.В.

Мелітопольський державний педагогічний університет
імені Богдана Хмельницького
вул. Гетьманська, 20, 72300, м. Мелітополь, Запорізька обл.
maksym_hensytskiy@mdpu.org.ua

Попередній список наземних моллюсків північно-західного Приазов'я складався з 21 виду. Сьогодні він включає 27 видів. Порівняно із сусідніми регіонами, відмічено збіднення видового складу. У 2017–2020 рр. знайдено 20 видів наземних моллюсків, що належать до 12 родин. Загалом список моллюсків північно-західного Приазов'я поповнився на 6 видів: *Cochlicopa lubrica* (O.F. Müller, 1774), *Pupilla muscorum* (Linnaeus, 1758), *Truncatellina cylindrica* (Férussac, 1807), *Phenacolimax annularis* (Studer, 1820), *Euconulus fulvus* (O.F. Müller, 1774), *Monacha cartusiana* (O.F. Müller, 1774). У 2017–2020 рр. не виявлені *Aegopinella minor* (Stabile, 1864), *Fruticola fruticum* (O.F. Müller, 1774), *Eobania vermiculata* (O.F. Müller, 1774), *Helicopsis striata* (O.F. Müller, 1774), *Xeropicta krynicki* (Krynicky, 1833), *Deroceas subagreste* (Simroth, 1892), *Limacus maculatus* (Kaleniczenko, 1851). На кожній точці збору знайдено представників від 1 до 10 видів наземних моллюсків. Найрозповсюдженіші види за частотою зустрічальності були *Chondrula tridens* (O.F. Müller, 1774), *Vallonia pulchella* (O.F. Müller, 1774), *Vallonia costata* (O.F. Müller, 1774), *Monacha fruticola* (Krynicky, 1833), *Xeropicta derbentina* (Krynicky, 1836), *Vitrina pellucida* (O.F. Müller, 1774). Не виявлено прямої залежності видового різноманіття моллюсків від географічного положення точок збору, воно залежить від різноманіття біотопів і ступеня зволоження в кожному районі. За відношенням до річної кількості опадів наземні моллюски розподіляються на три групи. Найменше видове різноманіття малакофауни наводиться для районів і точок збору на таких ґрунтах, як чорноземи південні залишково-солонцюваті, лучно-каштанові солонцюваті на лесових породах, солонці. Наземні моллюски північно-західного Приазов'я належать до 9 зоогеографічних груп за походженням. Домінують голарктичні та суб'європейські степові види. Доля представників інших зоогеографічних груп значно менша. Видове різноманіття найбільше в азональних ландшафтах (заплавні малих рік, урболандшафт), найменше – в агроценозах (1–3 види). Крім екстремальних природних умов регіону, установлена загибель наземних моллюсків від різноманітних антропогенних факторів. Це антропогенна трансформація біотопів, пожежі в лісосмугах, штучних лісах і степових ділянках, вирубка лісонасаджень, забруднення ґрунтів і водойм, загибель на автошляхах тощо. Ефективним шляхом охорони наземних моллюсків є створення об'єктів природно заповідного фонду. *Ключові слова*: наземні моллюски, фауністичний склад, північно-західне Приазов'я, біорізноманіття, охорона.

Distribution characteristics of terrestrial molluscs in the northwestern Azov. Gensytskiy M.

The preliminary list of terrestrial mollusks of the northwestern Azov region consisted of 21 species. It includes 27 species for today. The depletion of the species composition is noted in comparison with the neighboring regions. In 2017–2020 20 species of terrestrial molluscs belonging to 12 families were found. The list of molluscs of the north-western Azov Sea region has been expanded by 6 species: *Cochlicopa lubrica* (O.F. Müller, 1774), *Pupilla muscorum* (Linnaeus, 1758), *Truncatellina cylindrica* (Férussac, 1807), *Phenacolimax annularis* (Studer, 1820), *Euconulus fulvus* (O.F. Müller, 1774), *Monacha cartusiana* (O.F. Müller, 1774). Were not detected *Aegopinella minor* (Stabile, 1864), *Fruticola fruticum* (O.F. Müller, 1774), *Eobania vermiculata* (O.F. Müller, 1774), *Helicopsis striata* (O.F. Müller, 1774), *Xeropicta krynicki* (Krynicky, 1833), *Deroceas subagreste* (Simroth, 1892), *Limacus maculatus* (Kaleniczenko, 1851) in these years. Between 1 and 10 species of terrestrial molluscs were found at each collection point. The most common frequency species are *Chondrula tridens* (O.F. Müller, 1774), *Vallonia pulchella* (O.F. Müller, 1774), *Vallonia costata* (O.F. Müller, 1774), *Monacha fruticola* (Krynicky, 1833), *Xeropicta derbentina* (Krynicky, 1836), *Vitrina pellucida* (O.F. Müller, 1774). There is no direct correlation between species diversity and the geographical location of collection points. It depends on the variety of biotopes and the degree of hydration in each area. Terrestrial molluscs were divided into three groups in relation to the annual rainfall. Less species diversity of malacofauna is typical for areas and collection points on such soils as southern residual solonchic black earths, solonchic meadow chestnut soils on loess rocks, solonchic soils. The terrestrial molluscs of the Northwest Azov Sea region are divided into 9 zoogeographic groups according to their origin. Holarctic and sub-European steppe species dominate. The proportion of representatives of other zoogeographical groups is much lower. Species diversity is highest in azonal landscapes (floodplains of small rivers, urban landscapes, least of all in agroecosystems (1–3 species). Terrestrial molluscs are killed by a variety of anthropogenic factors other than the extreme environmental conditions of the region. These are anthropogenic transformation of biotopes by fires in forest belts, man-made forests and steppe areas, logging, soil and water pollution, death of terrestrial molluscs on roads, etc. The creation of objects of the nature reserve fund is an effective way of protecting terrestrial molluscs. *Key words*: terrestrial molluscs, faunistic composition, northwestern Azov, biodiversity, conservation.

Постановка проблеми. Видовий склад наземних моллюсків України вивчено досить повно тільки для окремих регіонів. Малакофауна гірської частини Кримського півострова включає 99 видів [9], багата на ендемічні види й роди, причому в степового Криму вона значно бідніша [16; 18; 21]. Для окремих лівобережних регіонів степової зони складені фауністичні списки наземних моллюсків [7; 20], у тому числі для Запорізької області лише в останній час з'явилися публікації [10–14; 19].

Актуальність дослідження. Наземні моллюски відіграють важливу роль у природних та антропогенно трансформованих ландшафтах та екосистемах як види фітофаги, проміжні ланки й переносники збудників захворювань. У тепличних господарствах на обмежених територіях окремі види моллюсків можуть завдавати істотної шкоди культурним рослинам. Тому необхідна розробка заходів з регуляції їх чисельності. Перспективними видами для промислового розведення як продукту харчування є великі види моллюсків (представники роду *Helix*) як джерело білкового корму й кальцію для свійських тварин – масові степові види. В останні десятиліття повсюдно відмічається активне розповсюдження антропохорних видів моллюсків [14], але їх вплив на аборигенні види майже не вивчений [8–9].

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Дослідження виконувалося в рамках держбюджетної теми «Дослідження впливу твердих побутових відходів на навколишнє середовище м. Мелітополя, розробка системи їх роздільного збору та утилі-

зації (2018–2020 рр.)». Також дослідження пов'язані з необхідністю моніторингу наземних моллюсків і розробки методів регулювання їх чисельності в агропромислових підприємствах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Попередній список моллюсків Запорізької області включав 16 видів [19]. У подальшому цей список був розширений до 23 видів [9], а потім до 39 видів [14], коли було досліджено 45 точок; причому на території північно-західного Приазов'я відмічено лише 21 вид без детального їх аналізу й біотопічної приуроченості. В останні роки вивчалася загибель наземних моллюсків від антропогенних факторів [11; 13], а також в антропогенно трансформованих ландшафтах [12].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Метою роботи було вивчення закономірностей біотопічного розподілу наземних моллюсків і вплив природних та антропогенних факторів.

Новизна. Уперше наводиться таксономічний і зоогеографічний аналіз фауни наземних моллюсків північно-західного Приазов'я. Виявлені закономірності розподілу залежно від типу ґрунтів і ступеня зволоженості.

Методологічне або загальнонаукове значення. Пропонуються підходи для виявлення й уточнення видового складу наземної малакофауни шляхом розподілу точок збору матеріалу залежно від типу й особливостей ландшафту. Відмічається необхідність в організації та проведенні моніторингу стану наземних моллюсків на землях природно заповідного фонду й антропогенно трансформованих.

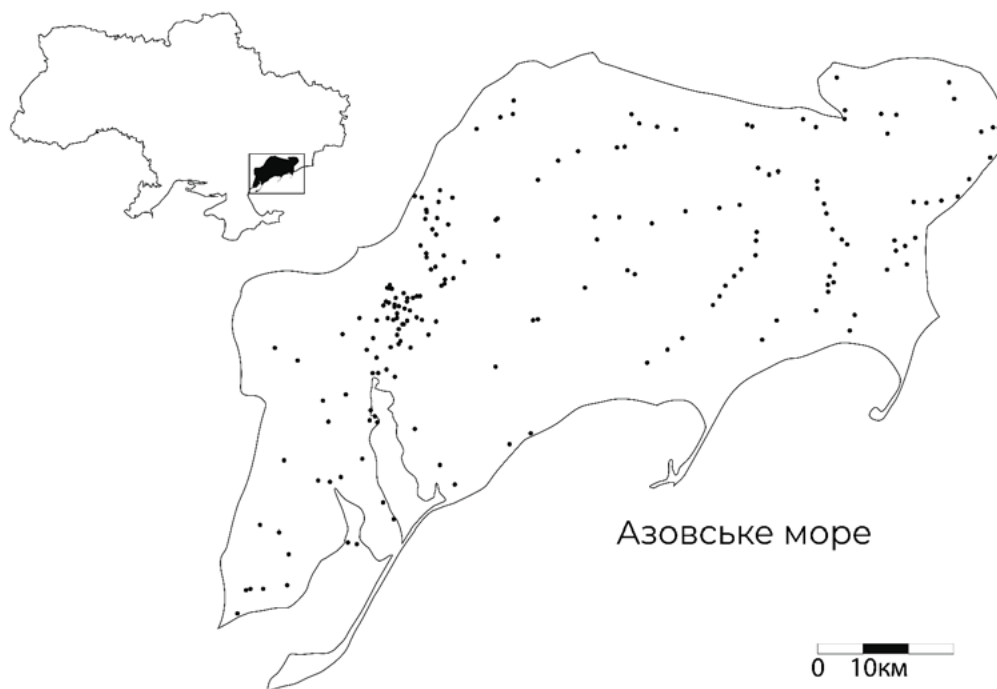


Рис. 1. Точки збору наземних моллюсків у північно-західному Приазов'ї в 2017–2020 рр.

Виклад основного матеріалу. Збір матеріалу здійснювався нами у 2017–2020 рр. в північно-західному Приазов'ї. Регіон географічно обмежується: зі сходу – лінією вододілу р. Берда; із заходу й північного заходу – лінією вододілу рр. Дніпро та Молочна; на півночі – лінією вододілу Приазовської височини між р. Берда та системою їх приток, із півдня береговою лінією Азовського моря [17]. Адміністративна територія включає Мелітопольський, Якимівський, Приазовський, Приморський, Бердянський, Токмацький, Чернігівський, Більмацький райони Запорізької області, Мангуський, Нікольський райони Донецької та Генічеський район Херсонської області. Загалом зібрано близько 7,6 тис. особин, 20 видів наземних молюсків з 176 точок (рис. 1). Збір і визначення видової належності молюсків проводили за загальноприйнятою методикою [15]. Зібрана еталонно довідкова колекція раковин наземних молюсків завдяки допомозі спеціалістів Державного природознавчого музею НАН України у м. Львів.

Територія північно-західного Приазов'я становить 11173 км², із яких більше ніж 80% займають агроландшафти [17]. Водойми разом із прибережною частиною акваторії Азовського моря, солоними та прісними озерами й лиманами морського узбережжя, ріками і ставками становлять близько 0,8%, населені пункти – 7% території регіону. Доля лісонасаджень і солончаків незначна, 0,6% і 1,3% відповідно (рис. 2).

На території регіону переважають такі типи ґрунтів: чорноземи звичайні малогумусні на лесових породах, чорноземи південні на лесових породах, чорноземи, переважно щепенуваті на елювії щільних некарбонатних порід, чорноземи та дернові глинисто-піщані й супіщані ґрунти на піщаному алювії, чорноземи південні залишково-солонцюваті на лесових породах, лучно-чорноземні солонцюваті на делювіальних та алювіальних

відкладах, темнокаштанові залишково-солонцюваті на лесових породах; рідше зустрічаються лучно-каштанові солонцюваті на лесових породах, лучні та чорноземно-лучні солонцюваті на лесових породах і сучасному алювії, солонці [17].

Число опадів у північно-західному Приазов'ї становить 300–500 мм на рік [6]. Усю територію регіону за цією ознакою можна умовно розділити на 3 зони за ступенем зволоження: А – 350–400 мм/рік; В – 400–450 мм/рік; С – 450–500 мм/рік (рис. 3).

На обстеженій території у 2017–2020 рр. нами знайдено 20 видів наземних молюсків, що належать до 12 родин. З урахуванням літературних даних загальний список наземної малакофауни становить 27 видів [8–9; 14]. На кожній точці збору знайдено особини від 1 до 10 видів наземних молюсків, представлені як пустими раковинами різного ступеня збереження, так і живими особинами. Найбільше видове різноманіття зафіксоване в заплаві р. Молочної поблизу Мелітопольського міського лісопарку (10 видів), в с. Троїцьке (Бердянський р-н), у занедбаній частині села, в чагарниках на березі струмка (9 видів). Це можна пов'язати зі сприятливими мікрокліматичними умовами (вологість, тип ґрунту, рослинності). На ст. Єлизаветівка (Приморський р-н) виявлено 9 видів, біля Троїцького кар'єру (Мелітопольський р-н) – 8 видів, це видове багатство можна пов'язано з появою антропохорних видів, що привнесені людиною через авто- й залізничні шляхи разом із транспортом, тощо. Найбідніший видовий склад молюсків був на пустирях, поблизу діючих і покинутих кар'єрів і на приморських солончаках (1–5 видів).

Біотопічна приуроченість видів молюсків на території регіону наводиться нижче.

Succinella oblonga (Draparnaud, 1801), родина Succineidae. Населяє підстилку різноманітних фітоценозів, часто на березі водойм або неподалік від останніх.

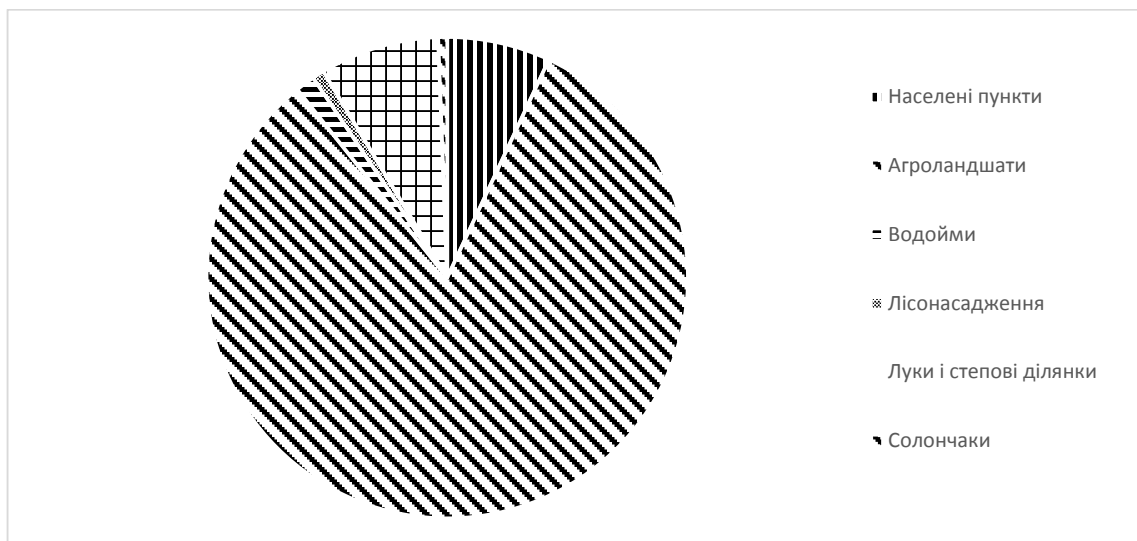


Рис. 2. Співвідношення площ біотопів у північно-західному Приазов'ї

Cochlicopa lubrica (Müller, 1774), родина Cochlicopidae. Зареєстрований у підстилці листяних і хвойних лісонасаджень.

Cochlicopa lubricella (Poggio, 1838), родина Cochlicopidae. Зареєстрований у підстилці листяних і хвойних лісонасаджень

Vallonia costata (Müller, 1774), *Vallonia pulchella* (Müller, 1774), родина Valloniidae. Розповсюджений підстилковий вид. Частіше трапляється в лісонасадженнях і лісосмугах, майже скрізь де є дернова підстилка.

Pupilla muscorum (Linnaeus, 1758), родина Pupillidae. Населяє штучні лісонасадження на території населених пунктів і лісосмуги.

Truncatellina cylindrica (Férussac, 1807), родина Vertiginidae. Зустрічається в лісосмугах і лісонасадженнях зазвичай поодинокими особинами, але здатна утворювати колонії (так, у лісі за с. Радивонівка, Бердянський р-н. щільність більше ніж 100 екз/м²).

Brephulopsis cylindrica (Menke, 1828), родина Buliminidae. Степовий вид, що зустрічається вздовж шосейних доріг і залізничних колій. Часто утворює грона на трав'янистих рослинах.

Chondrula tridens (Müller, 1774), родина Enidae. Широко розповсюджений вид, зустрічається майже повсюдно. Мешкає на сухих луках, степових ділянках, у лісонасадженнях.

Vitrina pellucida (Müller, 1774), родина Vitrinidae. Трапляється переважно в підстилці в лісосмугах і лісонасадженнях із різним ступенем зволоження.

Phenacolimax annularis (Studer, 1820), родина Vitrinidae. Знайдений тільки в одній точці в м. Мелітополі серед залізничних колій.

Oxychilus translucidus (Mortillet, 1854), родина Zonitidae. Відмічений у 4-х точках. В с. Богатир Якимівського району – 2 точки, на території м. Мелітополя – 2 точки (берег с. Кізірського й у дворі з багатоповерховою забудовою).

Euconulus fulvus (Müller, 1774), родина Euconulidae. Відмічений лише в одній точці в с. Богатир Якимівського р-ну.

Helicopsis retowskii (Clessin, 1883), родина Hygromiidae. Степовий вид. У суху погоду може ховатися під камінням або утворювати грона на трав'янистих рослинах.

Xeropicta derbentina (Krynicky, 1836), родина Hygromiidae. Типовий степовий вид. Населяє відкриті сухі біотопи. Може утворювати великі колонії й великі скупчення на трав'янистих рослинах.

Monacha fruticola (Krynicky, 1833), родина Hygromiidae. Типовий степовий вид, який може мешкати як у відкритих біотопах, так і на узліссях, де може утворювати великі колонії.

Monacha cartusiana (Müller, 1774), родина Hygromiidae. Подібний до попереднього, але більш рідкісний вид. Зафіксований усього на 5 точках.

Cepaea vindobonensis (Férussac, 1821), родина Helicidae. Зафіксована лише в 3х точках. (У Бердянському р-ні, Херсонській і Донецькій областях).

Helix albescens (Rossmassler, 1839), родина Helicidae. Розповсюджений вид, зустрічається в міських парках і скверах, штучних лісонасадженнях, неподалік берегів водойм, рідше на кам'янистому субстраті, майже повністю позбавленому рослинності (знахідка в с. Атманай, Якимівський р-н).

Helix lucorum (Linnaeus, 1758), родина Helicidae. Зафіксований у 2-х точках у північній частині м. Мелітополя в приватному секторі та на майданчику між 5-поверхівок в авіамістечку.

Серед найрозповсюдженіших видів за частотою зустрічальності є *Chondrula tridens* (виявлена на 139 точках), *Vallonia pulchella* (виявлена на 107 точках), *Vallonia costata* (виявлена на 82 точках), *Monacha fruticola* (виявлена на 61 точці), *Xeropicta derbentina* (виявлена на 53 точках), *Vitrina pellucida* (виявлена 51 точці).

Не виявлено прямої залежності видового різноманіття від географічного положення районів збору (рис. 3). Воно залежить від різноманіття біотопів і ступеня зволоження в кожному районі (таблиця 1).

Найбільше видове різноманіття зафіксоване в Мелітопольському, Якимівському та Бердянському районах. Переважно це пов'язано з наявністю лісонасаджень та азональних (заплави річок), урбанізованих і селітебних ландшафтів. У Мелітопольському районі це міський лісопарк, Старобердянське лісництво та лісові насадження біля Троїцької балки, у Якимівському районі – Богатирське та Радивонівське лісництво, у Бердянському районі – заплава р. Берда. Такі види, як *Phenacolimax annularis*, *Oxychilus translucidus*, *Monacha cartusiana*, відмічені тільки в Мелітопольському та Якимівському районах (таблиця 1).

Найменше видове різноманіття малакофауни мають точки збору з таких ґрунтів, як чорноземи південні залишково-солонцюваті, лучно-каштанові солонцюваті на лесових породах, солонці. На них відсутні представники *Sucinella oblonga*, *Cochlicopa lubrica*, *Pupilla muscorum*. Але до уваги не беремо такі відносно рідкі види, як *Phenacolimax annularis*, *Oxychilus translucidus*, *Euconulus fulvus*, *Monacha carthusiana*, *Helix lucorum*, котрі зазначені лише на 1–2 типах ґрунту, їх зустрічальність не має впливу на загальну картину (таблиця 2).

Річна кількість опадів суттєво не впливає на зустрічальність окремих видів наземних молюсків (рис. 3) у різних частинах регіону (таблиця 3). Наземні молюски умовно розподілені за відношенням до цього фактора на 3 групи. У першій групі види зустрічаються тільки в першій зоні (*Phenacolimax annularis*, *Oxychilus translucidus*, *Euconulus fulvus*, *Helix lucorum*) або ж у першій групі їх найбільша

Умовні позначення

М- Мелітопольський р-н,
 Я- Якимівський р-н,
 П- Приазовський р-н,
 Пм- Приморський р-н,
 Б- Бердянський р-н,
 Т- Токмацький р-н,
 Ч- Чернігівський р-н,
 Бі- Більмацький р-н,
 Д- Донецька обл.,
 Х- Херсонська обл.

Кількість опадів, мм

350-400мм
 400-450мм
 450-500мм



Рис. 3. Видове різноманіття наземних молюсків у різних районах на фоні розподілу опадів у північно-західному Приазов'ї

Пояснення: Буквами вказані райони, цифрами – кількість видів.

концентрація (*Cochlicopa lubricella*, *Brephulopsis cylindrica*, *Helicopsis retowskii*, *Xeropicta derbentina*, *Monacha fruticola*, *M. Cartusiana*, *Helix albescens*), друга група включає види, концентрація яких суттєво не відрізняється між зонами (*Cochlicopa*

lubrica, *Vallonia costata*, *Vallonia pulchella*, *Chondrula tridens*), а до третьої групи входять види, зустрічальність яких найбільша в третій зоні (*Succinella oblonga*, *Pupilla muscorum*, *Truncatellina cylindrica*, *Vitrina pellucida*) (таблиця 3).

Таблиця 1

Розподіл видів наземних молюсків у північно-західному Приазов'ї по адміністративних районах

| Вид | Адміністративні райони взяття проб | | | | | | | | | |
|--|------------------------------------|----|----|----|----|---|---|---|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| <i>Succinella oblonga</i> (Draparnaud, 1801) | + | - | + | + | + | + | + | + | + | - |
| <i>Cochlicopa lubrica</i> (O.F. Müller, 1774) | + | + | - | - | + | - | - | + | + | - |
| <i>C. lubricella</i> (Porro, 1838) | + | + | - | - | + | - | - | - | + | - |
| <i>Vallonia costata</i> (O.F. Müller, 1774) | + | - | + | + | + | + | + | + | + | + |
| <i>V. pulchella</i> (O.F. Müller, 1774) | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| <i>Pupilla muscorum</i> (Linnaeus, 1758) | + | - | + | - | + | + | - | - | - | - |
| <i>Truncatellina cylindrica</i> (Férussac, 1807) | + | + | + | + | + | - | - | + | - | - |
| <i>Brephulopsis cylindrica</i> (Menke, 1828) | + | + | - | - | - | + | - | - | - | + |
| <i>Chondrula tridens tridens</i> (O.F. Müller, 1774) | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| <i>Vitrina pellucida</i> (O.F. Müller, 1774) | + | + | + | + | + | - | + | + | + | + |
| <i>Phenacolimax annularis</i> (Studer, 1820) | + | + | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Oxychilus translucidus</i> (Mortillet, 1854) | + | + | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Euconulus fulvus</i> (O.F. Müller, 1774) | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Helicopsis retowskii</i> (Clessin, 1883) | + | + | + | + | + | - | + | + | - | - |
| <i>Xeropicta derbentina</i> (Krynicky, 1836) | + | + | + | + | + | - | + | - | - | + |
| <i>Monacha fruticola</i> (Krynicky, 1833) | + | + | + | + | + | + | - | + | + | + |
| <i>Monacha carthusiana</i> (O.F. Müller, 1774) | + | + | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Cerpea vindobonensis</i> (Férussac, 1821) | - | - | - | - | - | - | - | - | + | + |
| <i>Helix albescens</i> Rossmässler, 1839 | + | + | + | + | + | - | + | - | + | - |
| <i>Helix lucorum</i> Linnaeus, 1758 | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Усього | 18 | 15 | 11 | 10 | 13 | 7 | 8 | 9 | 10 | 8 |

Пояснення: 1 – Мелітопольський р-н, 2 – Якимівський р-н, 3 – Приазовський р-н, 4 – Приморський р-н, 5 – Бердянський р-н, 6 – Токмацький р-н, 7 – Чернігівський р-н, 8 – Більмацький р-н, 9 – Донецька обл., 10 – Херсонська обл. Тут і далі в списки не включені 2 види безраковинних молюсків, відмічені тільки в місті й селах.

Таблиця 2

Розміщення наземних молюсків у північно-західному Приазов'ї залежно від типу ґрунту

| | Тип ґрунту | | | | | | | | | |
|--|------------|----|----|----|---|----|----|---|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| <i>Succinella oblonga</i> (Draparnaud, 1801) | + | + | + | + | - | + | - | - | + | - |
| <i>Cochlicopa lubrica</i> (O.F. Müller, 1774) | + | - | + | + | - | + | - | - | - | - |
| <i>C. lubricella</i> (Porro, 1838) | + | - | + | + | - | + | - | - | + | - |
| <i>Vallonia costata</i> (O.F. Müller, 1774) | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| <i>V. pulchella</i> (O.F. Müller, 1774) | + | + | + | + | + | + | + | - | + | + |
| <i>Pupilla muscorum</i> (Linnaeus, 1758) | + | + | + | - | - | + | - | - | + | - |
| <i>Truncatellina cylindrica</i> (Férussac, 1807) | + | + | + | + | - | + | - | - | + | + |
| <i>Brephulopsis cylindrica</i> (Menke, 1828) | + | - | + | - | | + | + | + | - | - |
| <i>Chondrula tridens tridens</i> (O.F. Müller, 1774) | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| <i>Vitrina pellucida</i> (O.F. Müller, 1774) | + | + | + | + | - | + | + | + | + | + |
| <i>Phenacolimax annularis</i> (Studer, 1820) | + | - | - | - | - | + | - | - | - | - |
| <i>Oxychilus translucidus</i> (Mortillet, 1854) | - | - | - | + | - | + | - | - | - | - |
| <i>Euconulus fulvus</i> (O.F. Müller, 1774) | - | - | - | + | - | - | - | - | - | - |
| <i>Helicopsis retowskii</i> (Clessin, 1883) | + | + | + | + | - | + | + | - | + | + |
| <i>Xeropicta derbentina</i> (Krynicky, 1836) | - | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| <i>Monacha fruticola</i> (Krynicky, 1833) | + | + | + | + | + | + | + | - | + | + |
| <i>Monacha carthusiana</i> (O.F. Müller, 1774) | - | + | - | - | - | + | - | - | - | - |
| <i>Cepaea vindobonensis</i> (Férussac, 1821) | + | - | - | - | - | - | + | - | + | - |
| <i>Helix albescens</i> (Rossmässler, 1839) | + | + | + | + | + | + | + | - | + | - |
| <i>Helix lucorum</i> (Linnaeus, 1758) | - | - | - | - | - | + | - | - | - | - |
| Усього | 15 | 12 | 14 | 14 | 6 | 18 | 10 | 5 | 13 | 8 |

Пояснення: 1 – чорноземи звичайні малогумусні на лесових породах, 2 – чорноземи південні на лесових породах, 3 – чорноземи, переважно щепенуваті на елювії щільних некарбонатних порід, 4 – чорноземи та дернові глинисто-піщані й супіщані ґрунти на піщаному алювії, 5 – чорноземи південні залишково-солонцюваті на лесових породах, 6 – лучно-чорноземні солонцюваті на делювіальних та алювіальних відкладах, 7 – темнокаштанові залишково-солонцюваті на лесових породах, 8 – лучно-каштанові солонцюваті на лесових породах, 9 – лучні та чорноземно-лучні солонцюваті на лесових породах і сучасному алювії, 10 – солонці.

Таблиця 3

Розміщення наземних молюсків у північно-західному Приазов'ї залежно від річної кількості опадів

| Вид | Кількість точок із різним ступенем зволоженості ґрунтів у зонах, де зустрічаються окремі види молюсків | | |
|--|--|----|----|
| | A | B | C |
| <i>Succinella oblonga</i> (Draparnaud, 1801) | 4 | 12 | 16 |
| <i>Cochlicopa lubrica</i> (O.F. Müller, 1774) | 2 | 1 | 3 |
| <i>C. lubricella</i> (Porro, 1838) | 11 | 5 | 3 |
| <i>Vallonia costata</i> (O.F. Müller, 1774) | 16 | 36 | 30 |
| <i>V. pulchella</i> (O.F. Müller, 1774) | 32 | 40 | 35 |
| <i>Pupilla muscorum</i> (Linnaeus, 1758) | 1 | 1 | 3 |
| <i>Truncatellina cylindrica</i> (Férussac, 1807) | 5 | 6 | 9 |
| <i>Brephulopsis cylindrica</i> (Menke, 1828) | 11 | 1 | 0 |
| <i>Chondrula tridens tridens</i> (O.F. Müller, 1774) | 41 | 54 | 44 |
| <i>Vitrina pellucida</i> (O.F. Müller, 1774) | 12 | 17 | 22 |
| <i>Phenacolimax annularis</i> (Studer, 1820) | 1 | 0 | 0 |
| <i>Oxychilus translucidus</i> (Mortillet, 1854) | 4 | 0 | 0 |
| <i>Euconulus fulvus</i> (O.F. Müller, 1774) | 1 | 0 | 0 |
| <i>Helicopsis retowskii</i> (Clessin, 1883) | 16 | 10 | 0 |

Продовження таблиці 3

| | | | |
|--|----|----|---|
| <i>Xeropicta derbentina</i> (Krynicky, 1836) | 36 | 11 | 6 |
| <i>Monacha fruticola</i> (Krynicky, 1833) | 34 | 20 | 7 |
| <i>Monacha carthusiana</i> (O.F. Müller, 1774) | 4 | 1 | 0 |
| <i>Cepaea vindobonensis</i> (Férussac, 1821) | 1 | 1 | 1 |
| <i>Helix albescens</i> (Rossmässler, 1839) | 22 | 9 | 5 |
| <i>Helix lucorum</i> (Linnaeus, 1758) | 2 | 0 | 0 |

Такі види, як *Succinella oblonga*, *Cochlicopa lubricella*, *Vallonia pulchella*, *Vallonia costata*, *Pupilla muscorum*, *Truncatellina cylindrica*, зустрічаються в межах ареалу зазвичай на сухих відкритих біотопах [15]. Але в умовах північно-західного Приазов'я більшість знахідок цих видів приурочена до лісосмуг, штучних лісонасаджень, заплавл малих рік, а на відкритих ділянках ці види майже відсутні. Це вказує на екстремальні умови в регіоні дослідження у відкритих степових і солончакових біотопах (максимальні температури, добовий перепад температур, дефіцит вологи, тощо), що робить їх малопридатними для проживання цих видів. В агроценозах видове різноманіття молюсків є також досить бідним (1–3 види) унаслідок інтенсивної обробки земель, тому розповсюдження більшості видів молюсків пов'язане із заплавами малих рік. Серед дрібних ґрунтових молюсків, що мешкають в регіоні, порівняно із західними областями України досить рідко зустрічається *Pupilla muscorum* [7].

Із 27 видів молюсків, що наведені для північно-західного Приазов'я, нами не знайдені *Aegopinella minor*, *Fruticola fruticum*, *Eobania vermiculata*,

Helicopsis striata, *Xeropicta krynickii*, *Decoreas subagreste*, *Limacus maculatus* як дуже спеціалізовані до рідких типів ґрунтів і нечисленні. За походженням наземних молюсків ми зарахували їх до 9 зоогеографічних груп (рис. 4) [7; 9]. Серед них домінують голарктичні види – *Cochlicopa lubrica*, *Cochlicopa lubricella*, *Vallonia costata*, *Vallonia pulchella*, *Pupilla muscorum*, *Euconulus fulvus*, *Vitrina pellucida*, та суб'європейські степові види – *Truncatellina cylindrica*, *Chondrula tridens*, *Phenacolimax annularis*, *Cepaea vindobonensis*, *Helicopsis retowskii*, *Helicopsis striata*, які добре адаптовані до екстремальних умов регіону. Частка представників інших зоогеографічних груп значно менша: з палеарктичних – один вид (*Succinella oblonga*); із суб'європейських лісових – два види (*Aegopinella minor*, *Fruticola fruticum*); із субсередземноморських – три види (*Helix lucorum*, *Monacha cartusiana*, *Eobania vermiculata*); з понтійських – три види (*Helix albescens*, *Xeropicta derbentina*, *Xeropicta krynickii*); зі східнопонтійських – два види (*Limacus maculatus*, *Deroceras subagreste*); із ендеміків і субендеміків Криму – два види (*Brephulopsis cylindrica*,

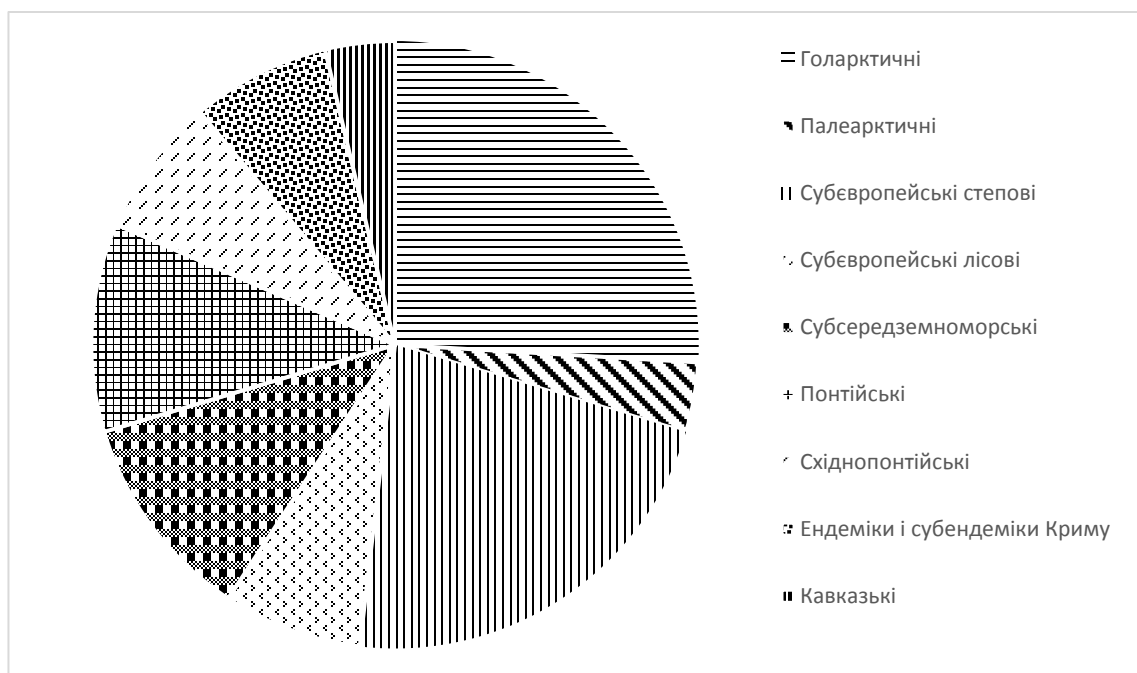


Рис. 4. Розподіл наземних молюсків північно-західного Приазов'я за зоогеографічними групами

Monacha fruticola); з кавказьких видів – один вид (*Oxychilus translucidus*) (рис. 4). Зустрічальність цих південних видів опосередковано свідчить про зміни клімату й антропогенну трансформацію природних ландшафтів останніх десятиліть.

Видове різноманіття наземних молюсків північно-західного Приазов'я порівняно із суміжними територіями виглядає значно бідніше, так, у Запорізькій області загалом знайдено 39 видів, у сусідніх областях, таких як Донецька – 46 видів, Крим – 98 видів, Дніпропетровська – 28 видів, Миколаївська – 41 вид, Херсонська – 30 видів [8; 9; 14]. Видовий склад малакофауни дослідженого регіону загалом подібний із сусідніми регіонами, проте відмічено відсутність деяких видів, які трапляються тільки в Криму, північно-західному Причорномор'ї та на Донецькій височині [1]. Менше видове різноманіття молюсків у регіоні варто пов'язати передусім із більш суворою умовами мешкання в сухо-степовій зоні. У Криму завдяки наявності Кримських гір велика кількість ендемічних видів, тоді як в екстремальних умовах степового Криму кількість видів значно нижча. У Запорізькій області окремі види зустрічаються лише в північній частині на Приазовській височині, де більший рівень зволоження, складний рельєф, більший ступінь заліснення, менш екстремальні температурні умови в літній період.

Наземні молюски відіграють важливу роль у природних та антропогенно трансформованих екосистемах. Серед них зустрічаються види, що завдають шкоду культурним рослинам, які є проміжними хазяями гельмінтів, які вживаються в їжу людиною [2–5]. Боротьба з ними ведеться в тепличних господарствах і на приватних городах і садах. Вразливість наземних молюсків від екстремальних природних умов широко відома [8]. У північно-західному Приазов'ї до цього додається низка антропогенних факторів, які несуть загрозу і є також важливими причинами загибелі молюсків. Нами відмічені численні факти загибелі молюсків на автомобільних шляхах, у місті

й селах на пішохідних доріжках від витоупування, випадки масової загибелі наземних молюсків від стихійних пожеж у лісосмугах, на схилах берегів лиманів і рік [10–13]. Фауністичний список молюсків регіону в майбутньому буде доповнений видами інтродуцентами й подальшим збором безраковинних видів, тому необхідні організація та проведення моніторингу малакофауни Приазов'я, у т. ч. на території природно-заповідних об'єктів.

Автор висловлює подяку с.н.с. Державного природознавчого музею НАН України к.б.н. Н.В. Гураль-Сверлової за допомогу при визначенні видової належності молюсків і надання цінних порад при обробці матеріалу.

Головні висновки. Малакофауна північно-західного Приазов'я сьогодні включає 27 видів наземних молюсків, із яких 6 видів додаються вперше. Склад наземних малакоценозів має бідне видове різноманіття, що пов'язано з екстремальними природними умовами. За відношенням до річної кількості опадів виділено 3 групи наземних молюсків. Окремі види тісно пов'язані з характерними типами ґрунтів. Максимальне число видів характерне для лучно-чорноземних ґрунтів, мінімальна – для південних чорноземів солонцюватих і засолених лучно-каштанових ґрунтів.

Найбільше видове різноманіття наземних молюсків зосереджене в азональних ландшафтах заплав малих рік і міст. В агроландшафтах, які займають більше ніж 80% території регіону, їх різноманіття значно збіднене.

Перспективи використання результатів дослідження. Крім екстремальних природних умов життя, загибель наземних молюсків викликає низка антропогенних факторів, таких як степові пожежі, загибель на автошляхах, вирубка лісонасаджень, трансформація природних біотопів. Ефективним способом охорони наземних молюсків є охорона їх місць проживання шляхом створення об'єктів природно-заповідного фонду.

Література

- Balashov I.A., Kramarenko S.S., Zhukov A.V. Contribution to the knowledge of terrestrial molluscs in southeastern Ukraine. *Malacologica Bohemoslovaca*. 2013. С. 62–69.
- Barker G.M. The biology of terrestrial mollusks. New York, 2001. 558 с.
- Llazaridou-Dimitriadou M., Karakousisi Y., Staikou A. Geographical variation in shell morphology and isoenzymes of *Helix aspersa* Muller, 1774 (Gastropoda, Pulmonata), the edible landsnail, from Greece and Cyprus. *The Genetical Society of Great Britain*. 1994. № 72. P. 23–35.
- Morley N.J., Lewis J.W. The influence of climatic conditions on long-term changes in the helminth fauna of terrestrial molluscs and the implications for parasite transmission in southern England. *Journal of Helminthology*. 2008. № 82. P. 325–335.
- Sashi Sri Kantha. Carotenoids of edible molluscs; a review. *Journal of Food Biochemistry*. 1989. № 13. P. 429–442.
- Атлас Запорізької області / гол. ред. Ф.В. Зузук. Київ : Укргеодезкартографія, 1997. 48 с.
- Байдашников А.А. Наземная малакофауна Украинского Полесья. Сообщение 1. Видовой состав и связь моллюсков с растительным покровом. *Вестник зоол.* 1992. № 4. С. 13–19.
- Балашов И. Охрана наземных моллюсков Украины. Киев, 2016. 272 с.
- Балашов И.А. Фауна Украины. Моллюски. Вып. 5. Стебельчатоглазые (Stylommatophora). Киев : Наукова думка, 2016. Т. 29. 592 с.
- Генсичкий М.В. Вплив автотранспорту та обслуговування доріг на видовий склад і чисельність наземних молюсків. *Екологія – філософія існування людства*. Мелітополь : ТОВ «Колор Принт», 2019. С. 15–18.

11. Генцицький М.В., Кошелев А.И., Кошелев В.А. Массовая гибель наземных моллюсков от пирогенного фактора (юг Запорожской области). *Сучасний світ як результат антропогенної діяльності* : матеріали II Всеукраїнської наукової інтернет-конференції з міжнародною участю. Мелітополь, 2018. С. 37–37.
12. Генцицький М.В., Кошелев А.И., Кошелев В.А. Распределение наземных моллюсков на дамбах Утлюкского лимана. *Соціальні та екологічні технології: актуальні проблеми теорії і практики* : матеріали XI Міжнародної інтернет-конференції, 22–24 січня. Мелітополь, 2019. С. 75–77.
13. Генцицький М.В. Причины гибели наземных моллюсков на землях пзф и общего пользования (северо-западное Приазовье). *Вісті Біосферного заповідника «Асканія-Нова»*. 2019. С. 444–445.
14. Гураль-Сверлова Н.В., Бусел В.А., Гураль Р.И. Видовой состав наземных моллюсков Запорожской области и влияние на него антропохории. *Ruthenica, Russian Malacological Journal*. 2018. № 3. С. 101–112.
15. Гураль-Сверлова Н.В., Гураль Р.И. Визначник наземних молюсків України. Львів, 2012. 216 с.
16. Лихарев И.М., Раммельмейер Е.С. Наземные моллюски фауны СССР. Москва – Ленинград : Изд-во АН СССР, 1952. 512 с.
17. Північно-Західне Приазов'я: геологія, геоморфологія, геолого-геоморфологічні процеси, геоecологічний стан : монографія / Л.М. Даценко, В.В та ін. Мелітополь : Видавництво МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2014. 308 с.
18. Пузанов И.И. Материалы к познанию наземных моллюсков Крыма. Ч. 3. Состав, распределение и генезис Крымской малакофауны. *Бюлл. МОИП. Отд. биол.* 1927. Т. 36. С. 221–282.
19. Сверлова Н.В. Анализ видового різноманіття наземних моллюсків в степній зоні України (без Крима). *Еколого-функціональні та фауністичні аспекти дослідження молюсків, їх роль у біоіндикації стану навколишнього середовища*. 2006. Вип. 2. С. 252–256.
20. Сверлова Н.В., Мартинов В.В., Мартинов А.В. До вивчення наземної малакофауни (Gastropoda, Pulmonata) південно-східної частини України. *Наук. зап. Держ. природозн. музею*. 2006. Вип. 22. С. 35–46.
21. Шилейко А.А. Наземные моллюски надсемейства Helicoidea. Ленинград : Наука, 1978. 384 с.

ЗБЕРЕЖЕННЯ БІОЛОГІЧНОГО ТА ЛАНДШАФТНОГО РІЗНОМАНІТТЯ

УДК 577.151.6:582.573.16

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.7-34.30>

ЗМІНА ПРООКСИДАНТНОГО ПОТЕНЦІАЛУ У ТКАНИНАХ *HELIANTHUS ANNUUS L.* ПРИ ІНІЦІАЦІЇ ПРОРОСТАННЯ НАСІННЯ

Боброва М.С.¹, Голодаєва О.А.², Ворона С.О.³

¹Центральноукраїнський державний педагогічний університет
імені Володимира Винниченка
вул. Шевченка, 1, 25006, м. Кропивницький

²Донецький національний медичний університет
вул. Велика Перспективна, 1, 25000, м. Кропивницький

³Кіровоградський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр
Міністерства внутрішніх справ України
вул. Вокзальна, 58, 25006, м. Кропивницький

kazna4eeva@gmail.com, elena.gologaeva@gmail.com, biolog-1@ukr.net

У статті досліджено біохімічні зміни у тканинах насіння *Helianthus annuus L.* Розкрито роль прооксидантів та антиоксидантів у підтримці гомеостазу тканин насіння у стані спокою та при ініціації процесів проростання. Наголошено на значенні прооксидантно-антиоксидантної системи у забезпеченні стійкості рослинного організму до впливу екологічних факторів середовища та імуностійкості. Експериментальним шляхом досліджено рівень і джерела генерації супероксиданіонрадикалу як основного прооксиданту у тканинах насіння *Helianthus annuus L.* у стані спокою та при ініціації процесів проростання. Виявлено роль супероксиданіонрадикалу й окремих клітинних структур, що його генерують у біохімічних змінах, які супроводжують процеси проростання насіння. Встановлено, що ініціація процесу проростання насіння супроводжується посиленою генерацією $\bullet\text{O}_2^-$ у тканинах *Helianthus annuus L.* як при стимуляції за допомогою НАД·Н, так і при дії НАДФ·Н, NaF і дріжджів. Доведено, що найбільший внесок у збільшення концентрації $\bullet\text{O}_2^-$ при запуску процесів проростання насіння здійснюють мітохондрії та мікросоми, оскільки найбільший приріст $\bullet\text{O}_2^-$ експериментально спостерігався за стимуляції тканин розчином НАД·Н та НАДФ·Н. Обґрунтовано месенджерну роль $\bullet\text{O}_2^-$ і H_2O_2 у супероксидсинтазній сигнальній системі та значення в активації факторів регуляції транскрипції та експресії захисних генів. Досліджено, що Ca^{2+} -месенджерна система й окисний вибух відіграють практично рівноцінну роль у проростанні насіння *Helianthus annuus L.* Експериментально підтверджено значення окисного вибуху в імунозахисті активованого до проростання насіння при контакті його тканин із мікрофлорою ґрунту. У статті наголошено на тому, що вивчення зміни стану компонентів прооксидантно-антиоксидантної системи, які ініціюють процес проростання насіння, відкриває перспективу можливості регулювання та корекції цього етапу рослинного онтогенезу, підвищення схожості та дружності посівів, що має позитивні економічні наслідки для сільського господарства й агрономії.
Ключові слова: прооксиданти, антиоксиданти, активні форми Оксигену, супероксиданіонрадикал, *Helianthus annuus L.*

Change of prooxidant potential in tissues of *Helianthus annuus L.* at initiation of seed germination. Bobrova M., Holodaieva O., Vorona S.

The article examines the biochemical changes in the tissues of seeds of *Helianthus annuus L.* The role of prooxidants and antioxidants in maintaining the homeostasis of seed tissues at rest, and in the initiation of germination processes. Emphasis is placed on the importance of the prooxidant-antioxidant system in ensuring the resistance of the plant organism to the influence of environmental factors and immunity. The level and sources of superoxid ion radical generation as the main prooxidant in the tissues of *Helianthus annuus L.* seeds at rest and at the initiation of germination processes were experimentally investigated. The role of superoxid ion radical and individual cellular structures that generate it in the biochemical changes that accompany seed germination processes has been revealed. It was found that the initiation of the seed germination process is accompanied by enhanced generation of $\bullet\text{O}_2^-$ in the tissues of *Helianthus annuus L.* both when stimulated with NAD·H and under the action of NADP·H, NaF and yeast. It is proved that mitochondria and microsomes make the greatest contribution to the increase of $\bullet\text{O}_2^-$ concentration at the start of seed germination processes, as the largest increase in $\bullet\text{O}_2^-$ was experimentally observed during tissue stimulation with NAD·H and NADP·H solution. The messenger role of $\bullet\text{O}_2^-$ and H_2O_2 in the superoxide synthase signaling system and the importance in the activation of factors regulating the transcription and expression of protective genes are substantiated. It was studied that the Ca^{2+} messenger system and the oxidative explosion play an almost equivalent role in the germination of seeds of *Helianthus annuus L.* The value of oxidative explosion in immunoprotection of seeds activated before germination at contact of its tissues with soil microflora is experimentally confirmed. The article emphasizes that the study of changes in the components of the prooxidant-antioxidant system that initiate the process of seed germination opens the possibility of regulating and correcting this stage of plant ontogenesis, increasing crop germination, which in turn has positive economic consequences for agriculture and agronomy. **Key words:** prooxidants, antioxidants, reactive oxygen species, superoxid ion radical, *Helianthus annuus L.*

Постановка проблеми. Індукцію, підтримання й вихід насіння зі стану спокою контролюють складні фізіолого-біохімічні механізми, на які впливає широкий спектр ендогенних та екзогенних чинників. Вивчення зміни стану компонентів прооксидантно-антиоксидантної системи (ПАС), що ініціюють процес проростання насіння, відкриває перспективу можливості регулювання та корекції цього етапу рослинного онтогенезу, підвищення схожості та дружності посівів, є особливо актуальним та економічно виправданим за умов інтенсифікації рослинництва.

Мета дослідження – дослідити зміну рівня та джерел генерації супероксиданіонрадикалу у тканинах насіння *Helianthus annuus L.* у стані спокою та при ініціації процесів його проростання.

Актуальність дослідження. Ініціація процесу проростання насіння зумовлює зміну всіх біохімічних показників клітини. Дослідження механізмів і шляхів цих змін дає змогу контролювати та регулювати процеси проростання, використовувати їх у бажаному напрямку та свідчить про необхідність чіткого розмежування сухої гомогенізації та попереднього замочування насіння під час проведення біохімічного аналізу його компонентів.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Для досягнення поставленої мети було визначено такі завдання:

Дослідити рівень і джерела генерації супероксиданіонрадикалу у тканинах насіння *Helianthus annuus L.* у стані спокою.

Дослідити рівень і джерела генерації супероксиданіонрадикалу у тканинах насіння *Helianthus annuus L.* при ініціації процесів проростання.

Виявити роль супероксиданіонрадикалу й окремих клітинних структур, що його генерують у біохімічних змінах, які супроводжують процеси проростання насіння *Helianthus annuus L.*

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Згідно з роботами К. Арел та Н. Нірт супероксиданіонрадикал, або супероксид ($\bullet\text{O}_2^-$, $\bullet\text{O}:\text{O}^-$), утворюється внаслідок приєднання електрону до молекулярного кисню у триплетному стані [1]. На думку М.Д. Brand, С. Affourtit та Т.С. Esteves неферментативне утворення в рослинній клітині пов'язане з редокс-реакціями фенолів, хінонів, флавінів, автоокисненням гем- і SH-вмісних сполук, функціонування ЕТЛ мембранних структур рослинної клітини [2]. Відповідно до праць С.Н. Foyer і G. Noctor у мітохондріях супероксид генерується при редокс-перетворенні убіхінону та при ціанідрезистентному диханні. У хлоропластах утворюється за участю ферредоксину у фотосистемі I, при фотолізі води у фотосистемі II та рибулозо-1,5-діфосфаткарбоксилазою/оксигеназою в циклі фіксації Карбону [3]. Згідно з роботами О.Г. Полескої в ендоплазматичному ретикулумі генерація супероксиду пов'язана з метаболізмом ксенобіотиків і зумовлена цитохромом P-450, а також

НАДФН за участю цитохром c редуктази. У плазматичних мембранах утворюється внаслідок окиснення відновлених піридиннуклеотидів (НАДН), у пероксисомах – завдяки діяльності ксантиноксидази, в цитозолі й апопласті – за участі пероксидаз і наявності кофакторів процесу – саліцилової кислоти, моноамінів і хітоолігосахаридів [4]. На думку деяких учених, супероксид ініціює та продовжує ланцюг ВРПО біополімерів, пошкоджує білки, що містять Fe-S-кластери (аконітазу, НАДФ \bullet H $^+$, сукцинатдегідрогеназу), окислює хінони та комплекси Fe $^{3+}$ та Cu $^{2+}$, інактивуючи металовмісні ферменти, модифікує в'язкість мембран, здійснює одноланцюгові розриви ДНК, індукує апоптоз, є основним джерелом інших активних форм Оксигену (АФО) [5–8]. Знешкоджують супероксиданіонрадикал ($\bullet\text{O}_2^-$) супероксиддисмутази (СОД), аскорбінової кислоти (АК), відновлений глутатіон, біофлавоноїди та токоферол [7–9]. На сучасному етапі розробкою проблеми АФО рослинних організмів займається британська школа біохімії, яку очолює Dr Nicholas Smirnoff [9].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Недослідженою є роль $\bullet\text{O}_2^-$ у забезпеченні процесів проростання насіння та захисту меристеми від руйнівної дії АФО.

Новизна. У роботі вперше здійснено аналіз рівня та джерел генерації $\bullet\text{O}_2^-$ тканин насіння *Helianthus annuus L.* у стані спокою та при ініціації процесів проростання. Обґрунтовано необхідність розмежувати суху гомогенізацію та попереднє добове замочування насіння у разі використання різних методик його біохімічного аналізу.

Методологічне або загальнонаукове значення. На основі проведених досліджень експериментально виявлено зміни біохімічного складу насіння, які слід враховувати у роботі з методиками аналізу насіння, що вимагають попереднього його замочування під час проведення пробопідготовки.

Результати, отримані при виконанні роботи, використовуються в наукових дослідженнях кафедри біології та методики її викладання й у навчальному процесі природничо-географічного факультету Центральноукраїнського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка під час викладання курсів «Фізіологія рослин», «Біохімія», «Екологія».

Виклад основного матеріалу. Кількісне визначення вмісту $\bullet\text{O}_2^-$ здійснювалося у тканинах насіння *Helianthus annuus L.* Аналіз насіння відбувався на об'єктах, які перебували у стані спокою. Паралельно досліджували насіння при ініціації проростання, що здійснювалося попереднім 12-годинним його замочуванням у чистій відстояній воді. Кожна дослідна група включала 10 проб.

Методи дослідження. Визначення біохімічних показників здійснювали згідно із загальноприйнятими методиками: концентрацію $\bullet\text{O}_2^-$ (нмоль $\bullet\text{O}_2^-$ /г \cdot с)

досліджували спектрофотометричним НСТ-тестом. В основі методу лежать розробки О.І. Цебржинського [10]. За методом жовтий дигідрохлорид нітросинього тетразолію (НСТ) перетворюється на синій диформазан. $\bullet\text{O}_2^-$ може відновлюватися (приєднуючи електрон) до гідроген пероксиду й окиснюватися (віддаючи електрон) до молекулярного кисню. При редокспотенціалі $-0,1$ у НСТ є окисником, який відновлюється до диформазану: $\text{НСТ} + 2\bullet\text{O}_2^- + 4\text{H}^+ = \text{Диформазан} + 2\text{НСІ} + 2\text{O}_2$. Максимум поглинання диформазану у хлороформі знаходиться при $\lambda = 540$ нм. Специфічність реакції пов'язана з успішною конкуренцією за атоми Гідрогену з боку цитохромоксидази та цитохрому Р-450 і NO-синтази за відсутності субстратів дегідрогеназ і за доступу кисню.

Для проведення аналізу 0,1 г тканини гомогенізували зі скляним піском у 0,9 см³ фосфатного буфера (рН=7,4, склад на 1 дм³ розчину – 5,37 г $\text{KH}_2\text{PO}_4 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$, 8,5 г NaCl , 1,5 г NaOH). Відбирали по 0,05 см³ гомогенату в 3 пробірки: в I додавали 0,05 см³ буферного розчину (для визначення загальної фонові нестимульованої активності); у II додавали 0,05 см³ розчину NaF ($w = 0,01\%$, стимуляція Ca^{2+} -месенджерної системи); у III – 0,05 см³ розчину дріжджів ($w = 1\%$, стимуляція окисного вибуху), у IV – 0,05 см³ розчину НАДН ($w = 3\%$, стимуляція мітохондріальної генерації), у V – 0,05 см³ розчину НАДФН ($w = 3\%$, стимуляція мікросомальної генерації). Проби струшували протягом 2 хв, додавали до кожної по 0,05 см³ 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 см³ розчинника (диметилсульфоксид-хлороформ в об'ємному співвідношенні 2:1) струшували 1 хв та центрифугували 5 хв при 1500 об/хв. З одержаного центрифугату відбирали забарвлений надосадочний розчин, який фотометрували проти відповідного контролю при 540 нм на мікрофотоелектроколориметрі в кюветі на 1 см³, товщиною 0,5 см.

Для приготування контролю на реактиви у трьох пробірках зливали такі розчини: 0,05 см³ буфера, 0,05 см³ води та 0,05 см³ НСТ. Додають: у I – 0,05 см³ води; у II – 0,05 см³ розчину NaF ($w = 0,01\%$);

у III – 0,05 см³ розчину дріжджів ($w = 1\%$), у IV – 0,05 см³ розчину НАДН ($w = 3\%$), у V – 0,05 см³ розчину НАДФН ($w = 3\%$) інкубували (30 хв – для пробірок I–III, 10 хв – для пробірок IV–V) у термостаті при 24°C та елюювали забарвлення.

Для побудови стандартного калібрувального графіка у пробірки набирали 0,01, 0,02, 0,05, 0,07, 0,1, 0,2 см³ НСТ ($w = 0,2\%$), 0,1 см³ KOH ($\text{C}(\text{KOH}) = 1$ моль/дм³) та 0,1 см³ розчину АК (18 мг/10 см³), перемішували та інкубували 10 хв при 24°C. Елюювали забарвлення 2 см³ розчинника, визначали екстинцію (E) кожної проби та будували калібрувальний графік. За графіком знаходили продукцію супероксиду в нмоль на пробу (n нмоль $\bullet\text{O}_2^-$), та переводили в нмоль на г тканини за секунду інкубації.

Результати визначення прооксидантної активності насіння *Helianthus annuus L.* у стані спокою та при активації проростання наведені в табл. 1.

Аналіз одержаних результатів виявив посилену генерацію супероксиду у тканинах *Helianthus annuus L.* у всіх варіаціях експериментів із дослідною групою ініціаційованого до проростання насіння, що підтверджує участь АФО у запуску процесів проростання. Так, наприклад, значення показника фонові рівня $\bullet\text{O}_2^-$ зросло у 2,16 рази. Виявлене зростання рівня $\bullet\text{O}_2^-$ спостерігається як при стимуляції за допомогою НАД·Н, так і при дії НАДФ·Н, NaF та дріжджів. Результати аналізу свідчать, що найбільший приріст $\bullet\text{O}_2^-$ в межах однієї дослідної групи (у 6,54 та 7,73 рази для насіння у стані спокою та в 3,25 та 4,03 рази для активованого проростання насіння) спостерігається при стимуляції розчином НАД·Н та НАДФ·Н відповідно, а це означає, що найбільший внесок у збільшення концентрації $\bullet\text{O}_2^-$ при запуску процесів проростання насіння здійснюють мітохондрії та мікросоми. Привертає увагу той факт, що різниця між дослідними групами незначна. Передбачається, що $\bullet\text{O}_2^-$ і H_2O_2 є вторинними месенджерами у супероксидсинтазній сигнальній системі. У супероксидсинтазній сигнальній системі при окисленні молекулярним киснем НАДФН, який локалізований у цитоплазматичній мембрані, утворюється $\bullet\text{O}_2^-$, який внаслідок

Таблиця 1

Порівняння показників стану компонентів ПАС тканин насіння *Helianthus annuus L.*

| № | Показники прооксидантної активності | Насіння у стані спокою | Насіння при ініціації проростання | p |
|----|---|------------------------|-----------------------------------|--------|
| 1. | НСТ тест (фоновий рівень), нмоль $\bullet\text{O}_2^-$ /г·с | 11,34 ± 0,42 | 24,44 ± 0,30 | < 0,05 |
| 2. | НСТ тест (стимуляція НАД·Н), нмоль $\bullet\text{O}_2^-$ /г·с | 74,23 ± 0,95 | 79,35 ± 1,03 | < 0,05 |
| 3. | НСТ тест (стимуляція НАДФ·Н), нмоль $\bullet\text{O}_2^-$ /г·с | 87,62 ± 0,46 | 98,59 ± 1,12 | < 0,05 |
| 4. | НСТ тест (стимуляція дріжджами), нмоль $\bullet\text{O}_2^-$ /г·с | 49,92 ± 1,49 | 70,29 ± 1,95 | < 0,05 |
| 5. | НСТ тест (стимуляція NaF), нмоль $\bullet\text{O}_2^-$ /г·с | 52,23 ± 2,58 | 61,17 ± 1,09 | < 0,05 |

реакції, що каталізується СОД, перетворюється на H_2O_2 . H_2O_2 викликає активацію факторів регуляції транскрипції й експресію захисних генів.

Порівнюючи зростання рівня $\bullet O_2^-$ під дією NaF і дріжджів, ми виявили, що стимуляція дріжджами посилює генерацію $\bullet O_2^-$ у 4,40 разів, NaF – у 4,61 для насіння, яке перебуває у стані спокою, й у 2,88 і 2,50 рази для насіння, активоване до проростання. Оскільки різниця між значеннями показників цих двох стимуляторів у межах кожної дослідної групи є незначною, можна припустити, що Ca^{2+} -месенджерна система й окисний вибух відіграють практично рівноцінну роль у проростанні насіння. Так, наприклад, зміна концентрації внутрішньоклітинного вільного Ca^{2+} є сигналом для активації ферментів, синтезу фітогормонів, які регулюють метаболізм, адгезію і клітинний ріст. Окиснювальний вибух, викликаний дією чужорідних частинок ґрунту та води, викликає окиснення ліпідів, продукти якого також здатні виступати в ролі вторинних месенджерів – індукторів експресії генів PR-білків. АФО, що виникають у ході окиснювального вибуху, є не тільки безпосередньою причиною реакції надчутливості, але й індуктором генів, що включають наступні захисні реакції у клітинах рослин, наприклад, стан SAR. Є припущення, що зміни балансу ПАС впливають на імуностійкість рослин, і це підтверджується результатами експерименту у вигляді незначного переважання зростання рівня супероксиду при стимуляції дріжджами, порівняно з NaF, у дослідній групі з активованим насінням, оскільки активація насіння супроводжується порушенням цілісності насінневих оболонок і контактом тканин із мікрофлорою ґрунту. Слід також додати, що найперші стадії реакції надчутливо-

сті активуються фосфоліпазою С, яка входить до складу Ca^{2+} -сигнальної системи. Так, при контакті із чужорідними для рослинної клітини частинками концентрація Ca^{2+} у цитоплазмі зростає, що активує розчинні та мембранозв'язані Ca^{2+} -залежні протеїнкінази, які беруть участь у фосфорилуванні білкових факторів регуляції експресії захисних генів.

Отже, індукцію, підтримання та вихід насіння зі стану спокою контролюють складні фізіолого-біохімічні механізми, на які впливає широкий спектр ендогенних та екзогенних чинників. Роль АФО у рецепторній і захисній функціях мембран новоутворених клітин є одним із ключових екзогенних факторів, тоді як участь у месенджерних системах, біохімічних циклах регуляції ростових процесів є реалізацією ендогенних чинників.

Головні висновки: 1) Ініціація процесу проростання насіння супроводжується посиленою генерацією $\bullet O_2^-$ у тканинах *Helianthus annuus L.* як при стимуляції за допомогою НАД·Н, так і при дії НАДФ·Н, NaF та дріжджів. 2) Найбільший внесок у збільшення концентрації $\bullet O_2^-$ при запуску процесів проростання насіння здійснюють мітохондрії та мікросоми, оскільки найбільший приріст $\bullet O_2^-$ спостерігається при стимуляції тканин розчином НАД·Н та НАДФ·Н. 3) Ca^{2+} -месенджерна система й окисний вибух відіграють практично рівноцінну роль у проростанні насіння.

Перспективи використання результатів дослідження. Вивчення зміни стану компонентів ПАС, які ініціюють процес проростання насіння, відкриває перспективу можливості регулювання та корекції цього етапу рослинного онтогенезу, підвищення схожості та дружності посівів, що має позитивні економічні наслідки для сільського господарства й агрономії.

Література

1. Apel K. Hirt H. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. *Plant Biol.* 2004. Vol. 55. P. 373–399.
2. Brand M.D., Affourtit C., Esteves T.C. Mitochondrial superoxide production, biological effects, and activation of uncoupling proteins. *Free Radical Biology & Medicine.* 2004. Vol. 37, № 6. P. 755–767.
3. Foyer C.H. Noctor G. Oxidant and antioxidant signaling in plants: are evaluation of the concept of oxidative stress in a physiological context. *Plant, Cell and Environment.* 2005. Vol. 28. P. 1056–1071.
4. Полесская О.Г. Растительная клетка и активные формы кислорода. Москва : КДУ, 2007. 140 с.
5. Колупаев Ю.Е. Активные формы кислорода в растениях при действии стрессоров: образование и возможные функции. *Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія біологія.* 2007. Вип. 3 (12). С. 6–26.
6. Костюк В.А., Потапович А.И. Биорадикалы и биоантиоксиданты. Минск : БГУ, 2004. 179 с.
7. Kawano T. Roles of the reactive oxygen species generating peroxides reaction in plant defense and growth induction. *Plant Cell Repts.* 2003. Vol. 21, № 9. P. 829–837.
8. Heiser I. Elstner E. Biochemical mechanisms of plant defense a central role for reactive oxygen species. *Plant Prot. Sci.* 2002. Vol. 38, Spec Issue 1. P. 76–86.
9. Smirnoff N. Antioxidants and reactive oxygen species in plants. NY: Blackwell Publishing, 2005. 302 p.
10. Цебржинский О.И. Дифференцированное спектрофотометрическое определение продукции супероксида в тканях НСТ-тестом. *Актуальні проблеми сучасної медицини.* Вип.1. 2002. Т. 2. С. 96–97.

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ПОСУХОСТІЙКОСТІ ЛІЩИНИ ДЕРЕВОВИДНОЇ (*CORYLUS COLURNA* L.) ЗА УМОВ УРБОЕКОСИСТЕМИ МІСТА УМАНЬ

Василенко О.В.¹, Балабак А.В.¹, Балабак О.А.²

¹Уманський національний університет садівництва
вул. Інститутська, 1, 20300, м. Умань, Черкаська обл.

²Національний дендрологічний парк «Софіївка»
Національної академії наук України
вул. Київська, 12А, 20300, м. Умань, Черкаська обл.
vsolga05@gmail.com, A.V.Balabak@ukr.net, o.a.balabak@ukr.net

Метод використання зеленої інфраструктури міста для цілей адаптації та регулювання пом'якшення впливу на клімат включає вжиття традиційних заходів із метою забезпечення стійкості урбоєкосистем, зокрема створення і захисту взаємозалежної мережі великих зелених зон у місті та подальшого максимально можливого озеленення міського ландшафту. Тому в контексті останніх тенденцій зміни клімату розглянуто питання оцінки посухостійкості ліщини деревовидної (*Corylus colurna* L.) за умов урбоєкосистем як однієї з найпопулярніших деревних культур, які використовуються для міського озеленення. За результатами проведених досліджень зроблено висновок, що за умов збільшення за останні роки середньорічної температури повітря в межах м. Умань на 1,8–3,3°C порівняно із середньобогаторічними показниками, а також забруднення атмосферного повітря від автотранспорту комплексна оцінка водного балансу рослин ліщини деревовидної (однієї з найпоширеніших культур для озеленення міста) показала, що рослини четвертого еколого-фітоценотичного поясу відзначаються підвищеною обводненістю (загальним вмістом води в листках) порівняно з рослинами другого поясу – різниця становить 6,8% у середньому за вегетаційний період. Крім того, досліджуючи динаміку показника водного дефіциту в літній період росту і розвитку дерев ліщини деревовидної, ми довели, що рослини четвертого еколого-фітоценотичного поясу відчувають значно більший водний дефіцит (різниця з показником контрольного варіанту становить у середньому 2,81%). Таким чином, збільшення водного дефіциту в рослинах цього поясу зумовлене не лише посушливими кліматичними умовами, але і більш високим накопиченням у листках основних складників поллютантів, що надійшли від автотранспорту, – важких металів, які порушують життєдіяльність рослин, зокрема процеси адаптації. *Ключові слова:* ліщина деревовидна, посухостійкість, обводненість, водний дефіцит.

Ecological assessment of drought tolerance of Turkish Hazel (*Corylus Colurna* L.) under the conditions of the urban ecosystem of the city of Uman. Vasylenko O., Balabak A., Balabak O.

A method of using a green city infrastructure for adaptation and regulation of climate impact mitigation involves taking traditional measures to ensure the sustainability of urban ecosystems, in particular the creation and protection of interconnected networks of large green areas in the city and further the maximum possible planting of greenery in the urban landscape. Therefore, in the context of recent trends in climate change, the issues of assessing the drought tolerance of Turkish hazel (*Corylus colurna* L.) in urban ecosystems are considered, since it is one of the most popular tree crops used for urban landscaping. Based on the results of the studies, it was concluded that in the context of an increase in the average annual air temperature within the city of Uman by 1.8–3.3°C in recent years compared to the average long-term indicators, as well as air pollution by automobile transport, a comprehensive assessment of the water balance of Turkish hazel plants (one of the most common crops for landscaping this city) showed that the plants of the fourth ecological-phytocenotic belt are characterized by increased water content (total water content in the leaves) compared to plants of the second belt – the difference is 6.8% on average over the growing season. In addition, studies of the dynamics of the water deficit indicator in the summer period of growth and development of Turkish hazel trees showed that the plants of the fourth ecological-phytocenotic belt undergo a significantly greater water deficit (the difference with the indicator of the control variant is on average 2.81%). Thus, an increase in the water deficit in the plants of this belt is due not only to arid climatic conditions, but also to a higher accumulation in the leaves of the main components of pollutants received from automobile transport – heavy metals, which in turn disrupt the vital functions of plants, in particular, adaptation processes. *Key words:* Turkish hazel, drought tolerance, water content, water deficit.

Постановка проблеми. Одна з найважливіших екологічних проблем нашого століття полягає у вчасному реагуванні на виклики, пов'язані зі зміною клімату, без шкоди для принципів сталого розвитку. Виснаження природних ресурсів і вплив кліматичних змін особливо гостро відчувається населенням великих міст [1].

Система міських зелених зон виконує функцію основи для забезпечення екологічної й економічної стійкості та соціального благополуччя міста. Вона

є найважливішою складовою частиною місцевих стратегій реагування на зміну клімату, оскільки створення міських парків і відновлення середовища проживання значиться в числі простих і дешевих засобів, що забезпечують зв'язування вуглецю й управління якістю повітря в містах [2; 3].

Актуальність дослідження. Метод використання зеленої інфраструктури для цілей адаптації та регулювання пом'якшення впливу на клімат включає вжиття традиційних заходів із метою забез-

печення стійкості урбоєкосистем, зокрема створення і захисту взаємозалежної мережі великих зелених зон у місті та подальшого максимально можливого озеленення міського ландшафту.

Покращуючи наявний спектр деревних порід, придатних для міського озеленення, у Центральній Європі нині вводять культури, походження репродуктивного матеріалу яких відіграє ключову роль у адаптації до зміни клімату. Однією з таких культур можна вважати ліщину деревовидну (*Corylus colurna* L.) [4]. Саме тому вивчення адаптаційних можливостей, зокрема посухостійкості, дерев цього виду за умов урботехносередовища є актуальним завданням.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Представлені матеріали є частиною наукової роботи, здійсненої в межах комплексних досліджень, що виконуються на кафедрі екології та безпеки життєдіяльності Уманського національного університету садівництва за темою: «Розробка методологічних підходів і практичного механізму екологічно-збалансованого природокористування», державний реєстраційний номер – 0108U009772.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Згідно з результатами дослідження [5; 6] ліщина деревовидна вважається толерантним видом до кліматичних змін, сухих і теплих умов у Центральній Європі. Крім того, це напівтїньовитривала деревна порода, яка може створювати змішані деревостани з іншими видами та має низький потенціал вторгнення.

За свідченням дослідників, ліщина деревовидна має багато характеристик, котрі свідчать про її потенційний успіх у міському озелененні, таких як висока стійкість до абіотичних і біотичних пошкоджень, невибагливість до родючості ґрунту, посухостійкість і морозостійкість [7; 8].

А.І. Пархоменко [9] ліщину деревовидну відносить до групи газостійких рослин, через що цей вид рекомендують до використання в озелененні автомагістралей міст і територій міських підприємств та установ.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. У цій статті оцінено потенціал використання ліщини деревовидної у контексті розвитку озелених територій міст (особливо міських комунікаційно-стрічкових ландшафтів) на засадах аналізу проблем із забрудненням урбоєкосистеми на фоні глобальної зміни клімату. Для цього вперше вивчено динаміку посухостійкості рослин ліщини деревовидної в різних еколого-фітоценотичних поясах, виділених у м. Умань Черкаської області.

Методологічне або загальнонаукове значення. Для досягнення поставленої мети авторами досліджено екологічні осо-

бливості рослин ліщини деревовидної, оцінено їхню посухостійкість залежно від забруднення урбоєкосистем м. Умань. Представлені дослідження спрямовані на розв'язання проблеми адаптації та стійкості міських зелених насаджень до підвищених та екстремальних температур, а також впливу забруднення атмосферного повітря від автотранспорту на цю стійкість.

Виклад основного матеріалу. Дослідження проводилися протягом 2018–2020 рр. у м. Умань Черкаської області. Ґрунтово-кліматичні умови та гідротермічний режим м. Умань є типовими для південної частини Черкаської області, характеризуються помірно-континентальним кліматом із нестійким зволоженням, середньорічною температурою повітря $+7,1...+8,6^{\circ}\text{C}$, з абсолютним мінімумом у січні-лютому близько -36°C і липнево-серпневим максимумом до $+36...+39^{\circ}\text{C}$.

Характеризуючи дані метеорологічних спостережень (отримані від метеорологічної станції «Умань») за роки проведення досліджень, можна зробити висновок, що середньорічна температура повітря перевищувала середні багаторічні показники на $1,8-3,3^{\circ}\text{C}$. Протягом вегетаційного періоду ліщини деревовидної середньомісячні температури із червня по жовтень включно також перевищували показники багаторічних спостережень у середньому на $3,7^{\circ}\text{C}$ (рис. 1).

Однак не лише зміна кліматичних умов може впливати на формування фітоценотичного покриву міста. Він постійно взаємодіє із поллютантно-забруднюючим фактором. Якщо простежити його дію від приміської зони до центру міста з типовою радіальною системою розвитку, то можна зробити висновок, що поряд із ксерофілізацією атмосферного повітря зростає також і антропогенне навантаження на об'єкти міського озеленення. Зокрема, вирішальним фактором є забруднення атмосферного повітря від автотранспорту.

Тому ми дослідили проблему впливу забруднення атмосферного повітря на посухостійкість ліщини

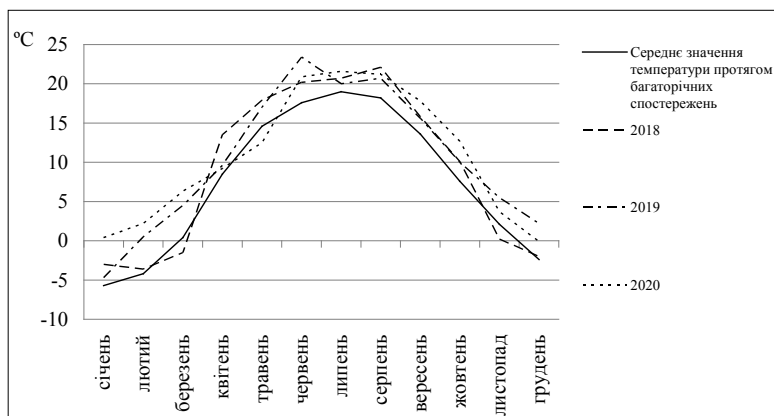


Рис. 1. Відхилення показників температури повітря у роки досліджень від середніх багаторічних, °C



Рис. 2. Насадження ліщини деревовидної на вул. Київська (з лівої сторони) та на вул. С. Бандери (із правої сторони)

деревовидної. Дослідження проводили впродовж вегетаційного періоду цієї культури в різних еколого-фітоценотичних поясах м. Умань (ЕФП) [10]: парках (II ЕФП), скверах або двориках (III ЕФП) та вуличних насадженнях (IV ЕФП) (табл. 1). Контролем були насадження другого ЕФП.

Слід зазначити, що вулиця Київська – одна із центральних у місті. Рух автотранспорту через велику кількість автомобілів у цьому районі сповільнений, а це спричиняє значні викиди в атмосферу шкідливих речовин. Вул. С. Бандери – це територія автомагістралі Київ – Одеса (Е-95) (рис. 2)

Таблиця 1

Місцезнаходження об'єктів дослідження

| Еколого-фітоценотичний пояс (ЕФП) | | |
|--------------------------------------|--|-----------------|
| II | III | IV |
| парк ім. Черняхівського, вул. Садова | сквер Центральний, вул. Європейська | вул. Київська |
| парк ім. Шевченка, вул. Незалежності | сквер храму Всіх Святих, вул. Теплична | вул. С. Бандери |

Здійснювати комплексну оцінку водного балансу деревних культур можна за допомогою визначення динаміки нагромадження води в асиміляційних органах рослини, яка, у свою чергу, залежатиме і від екологічних умов зростання. Тому стан дерев за конкретних екологічних і ґрунтово-кліматичних умов характеризується сезонними та денними коливаннями вмісту води у тканинах [11].

Якщо проаналізувати рослини четвертого еколого-фітоценотичного поясу, то можна зробити висновок, що вони відзначаються підвищеною обводненістю (загальним вмістом води в листках) порівняно із рослинами другого поясу – різниця становить 6,8% у середньому за вегетаційний період. Достовірної різниці цього показника в листках ліщини деревовидної, яка росте в II та III поясах дослідження, не виявлено (рис. 3).

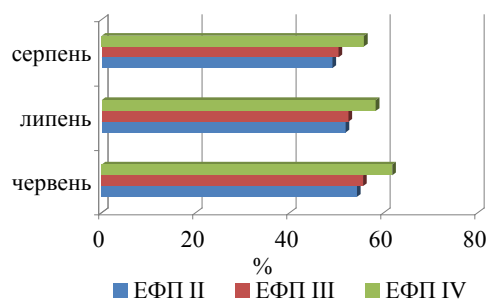


Рис. 3. Загальний вміст води в листках рослин ліщини деревовидної, що ростуть у різних еколого-фітоценотичних поясах (середнє 2018–2020 рр.), %

У рослинних тканинах є осмотичноактивні речовини, дія котрих спрямована на утримання вологи і, відповідно, на формування адаптаційного механізму до стресів. Таким чином, збільшується загальна обводненість тканин. Внаслідок цих процесів відбувається збільшення інтенсивності транспірації з метою запобігання перегріву організму. Така фізіологічна реакція спричиняється не лише гідротермічним стресом, а і впливом неякісного середовища існування.

Сезонні коливання загального вмісту води в листках ліщини деревовидної у різних еколого-фітоценотичних поясах зумовлені поступовим зниженням забезпеченості дерев вологою та погодними умовами сезону, а також акумуляцією тепла з відповідним зниженням вологоємності ґрунту комунікаційно-стрічкових ландшафтів приміських екосистем.

Одним із показників фізіологічного стану дерев, що активізує інтенсивність транспірації, фотосинтезу, обмінних процесів організму, є водний дефіцит. Водний дефіцит у межах 40–50% може призвести не лише до зниження продуктивності, а й до загибелі рослин. У більшості досліджених випадків значення водного дефіциту міських дерев коливаються на рівні 10–20%.

Досліджуючи динаміку показника водного дефіциту в літній період росту і розвитку дерев ліщини деревовидної (рис. 4), ми дійшли висновку, що рослини четвертого еколого-фітоценотичного поясу відчувають значно більший водний дефіцит, ніж рослини другого поясу. Збільшення водного дефіциту в рослинах цього поясу може бути зумовлене більш високим накопиченням у листках основних складників поліютантів, що надійшли від автотранспорту, – важких металів, які, у свою чергу, порушують адекватну життєдіяльність рослин, зокрема процеси адаптації.

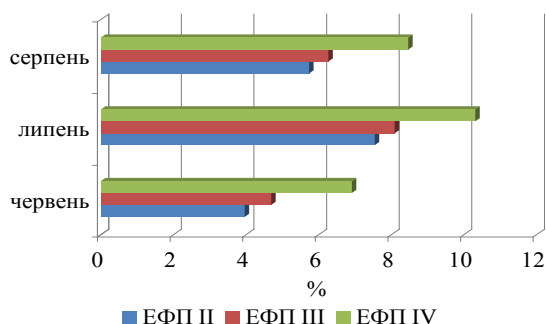


Рис. 4. Динаміка водного дефіциту рослин ліщини деревовидної у різних еколого-фітоценотичних поясах (середнє 2018–2020 рр.), %

Таким чином, протягом вегетаційного періоду дерев ліщини деревовидної спостерігається низький рівень оводненості рослин, особливо у тих, які зазнають впливу викидів автомобільного транспорту у четвертому еколого-фітоценотичному поясі. Виходячи зі встановлених особливостей реакції рослин ліщини деревовидної на сумісну дію посухи та техногенного забруднення урбоєкосистеми, можна прогнозувати різке скорочення вегетаційного періоду таких вуличних насаджень і передчасне опадання листя.

Оскільки дерева міських насаджень у межах урбоєкосистем створюють специфічний фітотімат

і є важливим фактором покращення екологічних умов навколишнього середовища, проблема утримання зелених насаджень є однією з основних для муніципальних зелених господарств.

Головні висновки. Отже, за результатами проведених досліджень можна зробити висновок, що за умов збільшення за останні роки середньорічної температури повітря в межах м. Умань на 1,8–3,3°C порівняно із середньобагаторічними показниками, а також забруднення атмосферного повітря від автотранспорту комплексна оцінка водного балансу рослин ліщини деревовидної (однієї з найпоширеніших культур для озеленення міста) показала, що рослини четвертого еколого-фітоценотичного поясу відзначаються підвищеною обводненістю (загальним вмістом води в листках) порівняно із рослинами другого поясу – різниця становить 6,8% у середньому за вегетаційний період. Крім того, досліджуючи динаміку показника водного дефіциту в літній період росту і розвитку дерев ліщини деревовидної, ми дійшли висновку, що рослини четвертого еколого-фітоценотичного поясу відчувають значно більший водний дефіцит (різниця з показником контрольного варіанту становить у середньому 2,81%). Таким чином, збільшення водного дефіциту в рослинах цього поясу зумовлене не лише посушливими кліматичними умовами, але і більш високим накопиченням у листках основних складників поліютантів, що надійшли від автотранспорту, – важких металів, які, у свою чергу, порушують життєдіяльність рослин, зокрема процеси адаптації.

Перспективи використання результатів дослідження. Ми рекомендуємо використовувати наше дослідження для розробки системи озеленення міст із метою підвищення екологічності умов життя міського населення у контексті зростаючого транспортного навантаження на урбоєкосистеми, а також у формуванні пріоритетів розвитку транспортної інфраструктури в містобудуванні та як інформаційний матеріал.

Література

- Satterthwaite D. How urban societies can adapt to resource shortage and climate change. *Philosophical Transactions of the Royal Society*. 2011. № 369. P. 1762–1783.
- Joss S. Eco-cities – a global survey 2009. *WIT Transactions on Ecology and The Environment*. 2010. № 129. P. 239–250.
- Nelson D.R., Adger W.N., Brown K. Adaptation to environmental change: contributions of a resilience framework. *Annual Review of Environment and Resources*. 2007. № 32. P. 395–419.
- Šeho M., Huber G. Baumhasel – Bewertung möglicher Saatguterntebestände. *AFZ-DerWald*. 2018. № 4. P. 31–35.
- Šeho M., Ayan S., Huber G., Kahveci G. A Review on Turkish Hazel (*Corylus colurna* L.): A Promising Tree Species for Future Assisted Migration Attempts. *South-east Eur*. 2019. № 1. P. 53–63. DOI: <https://doi.org/10.15177/see-for.19-04>
- Palashev I., Nikolov V. The distribution, ecology and biological features of *Corylus colurna* in Bulgaria. *Forest Research Institute (BAS). Gorskostopanska-Nauka (Forest Science)*. 1979. № 16 (5). P. 26–42.
- Ministerium ländlicher raum (MLR). Versuchsanbauten mit nicht heimischen Baumarten. Historische Entwicklung in Baden-Württemberg. Schriftenreihe der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg. Bd. Germany, 1997. 79 p.
- Alteheld R. Die Turkish hazel: Monographie einer Baumart. In: *Baumkunde*. Band 1. Eching: IHW-Verlag, Germany, 1996. P. 39–75.
- Дендрофлора України. Дикорослі й культивовані дерева і кущі / за ред. М. А. Кохна. Київ : Фітосоціоцентр, 2002. 447 с.
- Ерохина В.И., Жеребцова Г.П., Вольгуб Т.И. Озеленение населенных мест : справочник. Москва : КАППА, 2007. 480 с.
- Григорюк И.А., Ткачев В.И. Современные методы исследования и оценки засухо- и жароустойчивости растений. Київ : Наук. світ, 2003. 139 с.

ВИДОВИЙ СКЛАД ВОДОПЛАВНИХ І НАВКОЛОВИХ ПТАХІВ ОКРЕМИХ ОЗЕР КИЄВА ЯК ІНДИКАТОРИ ЗАГАЛЬНОГО СТАНУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Коваленко Ю.О., Причеп М.В.

Інститут гідробіології Національної академії наук України
пр. Героїв Сталінграда, 12, 02000, м. Київ
kovalenkoyuliia888@gmail.com, prichepa1987@ukr.net

У представленій статті наведені результати досліджень видового складу водно-болотних птахів окремих озер і ставків у межах м. Києва. Дослідні водойми відрізняються між собою за різним ступенем антропогенного навантаження: мінімальним, помірним і значним. Цей поділ зумовлений інтенсивністю рекреаційного навантаження, трансформованістю ландшафту біля водойм, щільністю забудови прилеглих територій, наявністю автошляхів і промислових підприємств із яких, імовірно, надходять токсичні речовини до водойми. Установлено, що досліджувані водойми м. Києва є осередком існування для 77 видів водоплавних і коловодних птахів, які мають різний природоохоронний статус. Серед зареєстрованих видів 11 занесені до Червоної книги України, 64 – до Бернської конвенції, 55 – до Бонської конвенції, 2 види – включені до МСОП. Найбільше видове різноманіття встановлено в оз. Тягле, у якому налічується 64 види водно-болотних птахів, тоді як в оз. Лугове, що зазнає найбільшого антропогенного навантаження, кількість видів зменшується до 7. Крім того, проаналізовано чисельність гніздових пар лиски в досліджуваних водоймах. Результати досліджень засвідчили, що висока чисельність цього виду не завжди пов'язана з площами водойми, її чисельність визначає наявність біотопів. Також проаналізовано кількість гніздових пар пірникози великої. Найвища кількість пар цього виду виявлена в оз. Лісове, Алмазне й Тягле, у яких нараховувалося, відповідно, 25, 22 і 20 пар. Зазначений вид виступав як індикатор стану озерно-ставкових екосистем. Отримані результати видового складу птахів показують вплив трансформації середовища на екологічні умови існування видів. Тому наявність видів і їх чисельність можуть указувати на загальний екологічний стан території. Через це необхідно приділяти увагу водоймам із низьким біорізноманіттям для пошуку причин екологічного неблагополуччя та шляхів його вирішення. Території, що приурочені до водойм з високим видовим різноманіттям і чисельністю птахів, мають бути захищені від нерационального природокористування, забудови, трансформації чи надходження токсичних речовин. *Ключові слова:* озера в межах Києва, водоплавні птахи, видове різноманіття птахів, гніздові пари птахів, чисельність птахів, трансформація середовища.

Species composition of waterfowl and semi-aquatic birds of individual lakes in Kiev as an indicator of the general state of the environment. Kovalenko Yu., Prychepa M.

The presented article presents the results of studies of the species composition of waterbirds in individual lakes and ponds within the city of Kyiv. Experimental reservoirs differ among themselves by varying degrees of anthropogenic load: minimal, moderate, and significant. This section was due to: the intensity of the recreational load, the transformation of the landscape near water bodies, the density of the adjacent territories, the presence of roads and industrial enterprises from which toxic substances are likely to enter the water bodies. It was found that the investigated reservoirs of the city of Kyiv are the center of existence for 77 species of waterfowl and near-water birds with different conservation status. Among the registered species, 11 are listed in the Red Book of Ukraine, 64 to the Berne Convention, 55 to the Bonn Convention, 2 species are included in the IUCN. The greatest species diversity was found in the lake Tyagle, in which there are 64 species of waterbirds, while in the lake Lugove, experiencing the largest anthropogenic load the number of species decreases to 7. In addition, the number of breeding pairs of coots in the studied water bodies was analyzed. The research results showed that the high abundance of this species is not always associated with the area of the reservoir, its abundance is determined by the presence of biotopes. The number of breeding pairs of Greater Crested Grebe was also analyzed. The highest number of pairs of this species was found in lakes Lisove, Almazne and Tyagle, in which there were 25, 22 and 20 pairs, respectively. This species served as an indicator of the state of lake-pond ecosystems. The obtained results of the species composition of birds show the influence of environmental transformation on the ecological conditions of species habitation. Therefore, the presence of species and their abundance may indicate the general ecological state of the territory. Therefore, it is necessary to pay attention to reservoirs with low biodiversity in order to find the causes of ecological problems and ways to solve it. The territories confined to water bodies with high species diversity and abundance of birds must be protected from irrational use of natural resources, development, transformation, or from the ingress of toxic substances. *Key words:* lakes within Kyiv, waterfowl of bird, species diversity of birds, nesting pairs of birds, number of birds, transformation of environment.

Постановка проблеми. Однією з проблем великих міст є орієнтація на економічний розвиток без приділення належної уваги питанням збереження довкілля чи мінімізації негативного впливу на нього [1]. Унаслідок цього страждає біологічне різноманіття міста та якість життя, фізичне й психологічне здоров'я його мешканців. Іншою не менш значною проблемою є осучаснення міст шляхом

створення нових чи модернізації вже наявних паркових ділянок. Часто при зведенні нових чи модернізації старих рекреаційних зон архітектори керуються власними естетичними почуттями, натомість зазначена діяльність часто відбувається без урахування впливу на навколишнє середовище. Ця проблема відображається в ландшафтному перетворенні ділянок, вирубці місцевих дерев і кущів із насадженням

декоративних рослин, які можуть бути непритаманні для існування чи відтворення окремих видів тварин. Береги окремих водойм одамбовують і створюють нові набережні. Такі зміни позначаються на гідрологічному стані озер, якість води у яких може суттєво погіршитися через зникнення фільтраторів води, зокрема очерету й рогози. Риби та земноводні втрачають придатні ділянки для розмноження, птахи місця для гніздування, а загальний санітарний стан водойми також може стати негативним і для людини. З огляду на це, прагнення людини втрутитися в «дикі» зони міста (які часто є прилеглими до водойм) з метою «поліпшення» рекреаційних зон нерідко призводить до зниження якості прісноводної води, біотопічного та біологічного різноманіття, що також прямо чи опосередковано може негативно позначитися на мешканцях міст.

Поряд із цим серед містян існує поширена теза, що «місто для людей», тому створення комфортних і сучасних умов не може становити значної загрози для диких тварин. Однак, за нашими дослідженнями, у м. Києві (озерні екосистеми) нараховано більше ніж 70 видів птахів, які приурочені до водно-болотних біотопів, більшість із них – мігруючі види, які перебувають під захистом міжнародних конвенцій, які свого часу ратифіковані Україною.

Актуальність дослідження. Сьогодні значна кількість водойм Києва перебуває в незадовільному стані. Глобальну загрозу природним екосистемам Києва становлять забруднення побутово-стічними водами. Посилена рекреаційна активність на Дніпрі сприяє притоку органіки. Евтрофікація зумовлює масовий розвиток синьо-зелених водоростей, які викликають цвітіння води, дефіцит кисню та замори риби [2]. Перераховані чинники становлять особливу небезпеку для біорізноманіття водоплавних і довколаводних тварин.

Разом із цим водойми Києва, зокрема досліджувані озера, є екологічними коридорами, якими окремі види можуть здійснювати переміщення в межах міста й передмість. Крім того, вони можуть відігравати роль осередків біологічного різноманіття за умови посилення процесів урбанізації.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Публікація відповідає цілям, викладеним у Законі України «Про Основні засади (стратегію) екологічної політики України на період до 2030 року» від 28 лютого 2019 року. Цей Закон висвітлює низку проблем і завдань, серед яких – забезпечити сталий розвиток природно-ресурсного потенціалу України. Робота висвітлює екологічний стан різних водойм міста та є продовженням низки наукових публікацій, присвячених дослідженню біорізноманіття міста Києва.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Київ має унікальне розташування не просто на великій річці, а в місці злиття великих і малих річок, заток, незліченних озер і ще більшої кількості заплав. Але

вже минулого століття цю перевагу місто почало втрачати, а темпи знищення водойм та особливо заплав досягло вражаючих масштабів. Із найбільш прикрих утрат варто відзначити гідронамив і забудову Позняків, де до цього була розгалужена система унікальних заплавних озер, каналів і луків із болотами [3]. Проте в Києві ще залишилися заплавні луки на Троєщині та Осокорках, але забудовники мають на них свої плани. Через це окремими громадянами ініційовано створення екопарку «Осокорки» з метою збереження унікальних екосистем. Разом із тим забудовники оскаржують це рішення в судах, тому частка залишку реліктових територій залишається під загрозою знищення.

Саме через такі тенденції виникає необхідність захисту місцезнаходження фауни поза межами наявних заповідних об'єктів або на тих їх ділянках, де дозволені певні типи господарської діяльності. У боротьбі зі знищенням таких місцезнаходжень найефективніше використання червонокнижного статусу [4], оскільки водно-болотні середовища є надзвичайно цінними в збереженні притаманного їм біорізноманіття. Наприклад, у Голосіївському парку існує ціла низка видів, які охороняються в м. Києві. Ці комплекси є притулком тваринного світу [5]. Видовий склад, населення хижих і гідрофільних птахів і аналіз проблем щодо видового багатства окремих дослідних водойм частково описаний у публікаціях [6; 7; 8].

Оскільки у вітчизняній орнітофауні лише 13 видів птахів не зараховано до жодної з природоохоронних категорій, то всі інші види птахів підлягають охороні за тим чи іншим критерієм. Тому, згідно зі статтею 11 Закону України «Про Червону книгу України», «... перебування (зростання) на певній території рідкісних та таких, що знаходяться під загрозою зникнення видів тваринного та рослинного світу, занесених до Червоної книги України, є підставою для оголошення її об'єктом природно-заповідного фонду України загальнодержавного значення». Отже, має значення сама наявність котрогось із червонокнижних видів: кількість видів, «необхідну» для заповідання, не зазначено. Відповідно, якщо на якійсь території є хоча б один червонокнижний вид, цього вже достатньо для обґрунтування створення об'єкту ПЗФ [4].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, яким присвячується означена стаття. Відомо, що основна кількість досліджень водно-болотних птахів присвячена їх зимівлі та міграціям, зокрема, на Дніпрі (Київське та Канівське водосховище) [9; 10; 11; 12; 13]. Разом із тим інформація стосовно гніздування й розповсюдження водоплавних птахів у ставкових та озерних екосистемах практично відсутня. Наявні лише фрагментарні дані видового різноманіття на рибогосподарських ставках і деяких водоймах Києва [14; 15], але озера як осередки відтворення, мігра-

цій і зимівлі водоплавних птахів здебільшого знаходяться поза увагою. Тому проведення обліків і вивчення птахів дають прогнозувати екологічний стан екосистем міста й оцінювати загальний стан окремих водойм, що важливо для раціонального природокористування.

Новизна. Уперше здійснена спроба оцінити стабільність озерних екосистем у межах міста за наявністю й чисельністю видового багатства й різноманіття водоплавних птахів. Крім того, висвітлено вплив антропогенних чинників на птахів, що мають різний природоохоронний статус, зокрема занесені до Червоної книги України.

Методологічне або загальнонаукове значення. У публікації наведені узагальнені дані, які отримані протягом 2016–2020 років. Районами дослідження були водойми в різних частинах Києва. Досліджувані водойми відрізнялися різним ступенем антропогенного навантаження:

Мінімальним – паркові ділянки з рекреаційним навантаженням і наявними природними біотопами в межах міста, такі водойми переважно зустрічаються в лісовій місцевості (оз. Алмазне, Голосіївські ставки, Совські ставки, Парк «Партизанської слави»);

Помірним – водойма розташована поблизу житлових будинків чи автострад, зазнає рекреаційного навантаження, вода може бути забрудненою біогенними сполуками, токсичними речовинами в незначних концентраціях. Ділянка біля водойми залишається малотрансформованою (оз. Вирлиця, Вербне Тельбін, Тягле, Кирилівське, Йорданське, Лебедине, Лісове);

Значним – водойма розташована у високоурбанізованій ділянці міста, оточена промисловими підприємствами та використовується як технічний

резервуар. Через це у воді таких озер можуть міститися значні концентрації токсичних речовин, а їх береги частково забетонуваними (оз. Лугове).

Обліки проводили в ранкові години в період найбільшої активності птахів. При цьому використовували маршрутний метод обліку (великі за площею озера) [16], комбінуючи його з обліком з однієї точки (незамерзаючі ділянки озер і на водоймах невеликої площі). На зазначених пробних ділянках зазначали про наявність усіх водоплавних і коловодних видів [17]. За можливості оцінювали наявність гнізд, зокрема за співом самців, шлюбними іграми, будівництвом гніздових ділянок та активною охороною гнізда батьками [18; 19; 20; 21]. Достовірність гніздування визначалася відповідно до критеріїв, рекомендованих Комітетом Європейського орнітологічного атласу – ЕОАС [22]. Спостереження здійснювали за допомогою біноклів 12x5 і 10x5 і зорової труби 20x і фотоапаратів із 12x та 15x.

Під час дослідження проводили якісний (видове багатство) та частково кількісний (чисельність окремих видів) обліки. Для ідентифікації видів використовували визначник [23]. Також у роботі наведені українські назви птахів і систематичне положення видів у таблиці згідно з Анованим списком українських наукових назв птахів фауни України (з характеристикою їх статусу) [24].

Виклад основного матеріалу. За час досліджень всього відмічено 77 видів птахів із 10 рядів, зокрема Gaviformes, Podicipediformes, Coraciformes, Charadriiformes, Gruiformes, Falconiformes, Anseriformes, Ciconiformes, Pelecaniformes, Passeriformes (таблиця 1). Установлено, що на окремих водоймах унаслідок антропогенного навантаження, зокрема шляхом окультурення їх прибережної смуги, проведення одамбовувальних робіт істотно змінено первісний ландшафт. Унаслідок цього найбільшою мірою постраждала фауна болотних птахів, яка приурочена до чагарників, які знищують задля створення пляжів і баз відпочинку.

Під час проведення спостережень відбулося паркобудування на озерах Кирилівське та Йорданське, що дало змогу порівняти чисельність і різноманіття птахів на зазначених територіях до початку проведення робіт і після них. Закономірно, що чисельність водно-болотних птахів унаслідок таких перетворень істотно скоротилася, навіть таких, які відносно стійкі до господарської діяльності людини та її присутності (крижень, лиска, очеретянка sp.). У 2015–2018 рр. на водоймі нараховувалося 12–16 гніздових пар лисок і 10–15 – очеретянок sp., проте після трансформації середовища

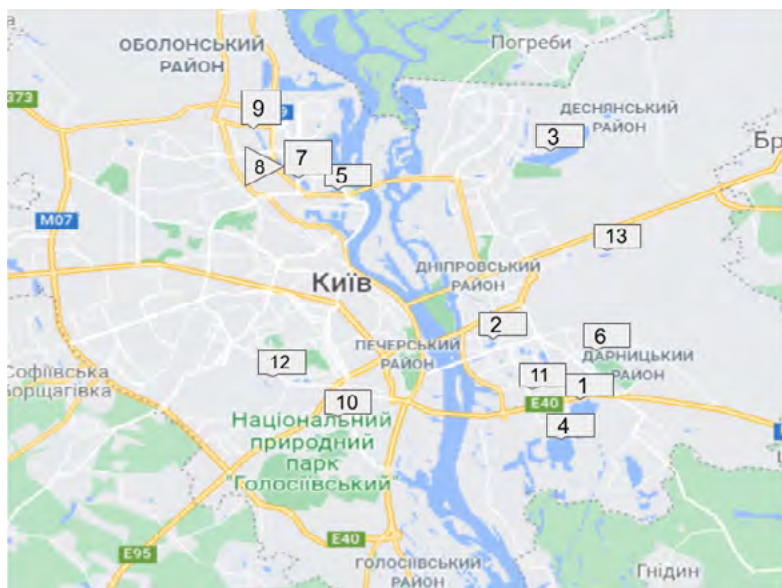


Рис. 1. Розташування дослідних озер у м. Києві: 1 – оз. Вирлиця; 2 – оз. Тельбін; 3 – оз. Алмазне; 4 – оз. Тягле; 5 – оз. Вербне; 6 – Парк Партизанської слави; 7 – оз. Йорданське; 8 – оз. Кирилівське; 9 – оз. Лугове; 10 – Голосіївські ставки; 11 – оз. Лебедине; 12 – Совські ставки; 13 – оз. Лісове

з облаштуванням рекреаційної зони у 2019 році нараховувалось 3 та 2 пари, відповідно (рис. 2).

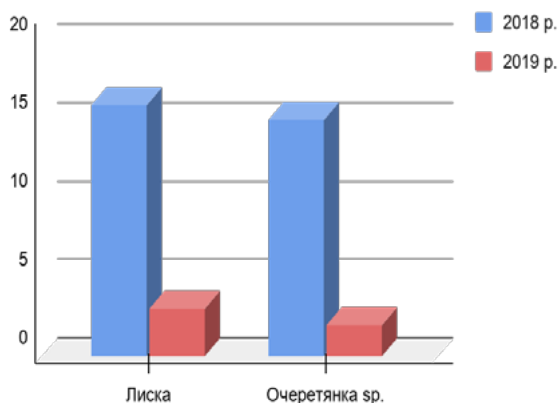


Рис. 2. Кількість гніздових пар лиски й очеретянки до та після трансформації середовища

На оз. Тягле завдяки географічному розташуванню та сприятливим в екологічному плані біотопам (довкола озера, зокрема південній його частині, розташовані заплавні луки та заболочені низини) створюються сприятливі умови для існування й міграції типових представників середньої

течі Дніпра, а наявність рідкісних і вразливих видів надає передумови для включення цих територій до Смарагдової мережі й розширення екомережі на території Києва. Також високим видовим багатством птахів відзначено оз. Вирлиця, де нами зареєстровано 54 види птахів. Підтвердження сприятливих екологічних умов – це загальна кількість представників сивкоподібних, зокрема куликів, які вимогливі до екологічних умов, зокрема наявності заболочених ділянок, великих площ літоральної берегової лінії вкритої галькою чи піском (див. таблицю 1).

Серед досліджуваних водойм нами зареєстровано 11 видів, що включені до Червоної книги України [25], а саме: лелека чорний (*Ciconia nigra*), крех середній (*Mergus serrator*), гоголь (*Bucephala clangula*), кулик-сорока (*Haematopus ostralegus*), мартин малий (*Larus minutus*), крячок малий (*Sterna albifrons*), орлан-білохвіст (*Haliaeetus albicilla*), скопа (*Pandion haliaetus*), шуліка чорний (*Milvus migrans*), нерозень (*Anas strepera*), журавель сірий (*Grus grus*). Крім того, варто зазначити про значну кількість видів, що включені до міжнародних конвенцій. Так, нами виявлено 62 види, що охороняються Додатками Бернської конвенції, 32 види входять до додатків Боннської конвенції. Два види включено до МСОП, зокрема грицик великий (*Limosa limosa*) та деркач (*Crex crex*).

Таблиця 1

Видовий склад птахів і статус видів у райони досліджень:

1 – оз. Вирлиця; 2 – оз. Тельбін; 3 – оз. Алмазне; 4 – оз. Тягле; 5 – оз. Вербне;
6 – Парк партизанської слави; 7 – оз. Йорданське; 8 – оз. Кирилівське; 9 – оз. Лугове;
10 – Голосіївські ставки; 11 – оз. Лебедине; 12 – Совські ставки; 13 – оз. Лісове

| № | Назва виду (українська) | Назва виду (латинська) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
|----|-------------------------|------------------------------|---|---|---|----|---|---|---|----|----|----|----|----|----|
| 1 | Гагара чорношия | <i>Gavia arctica</i> | М | | М | М | | | | | | | | | М |
| 2 | Пірнікоза велика | <i>Podiceps cristatus</i> | Г | | Г | Г | М | | М | Г? | | | | | Г |
| 3 | Пірнікоза сірощока | <i>Podiceps sgriseogena</i> | М | | М | М | | | | | | | | | |
| 4 | Пірнікоза чорношия | <i>Podiceps nigricollis</i> | Л | | Л | Л | | | | | | | | | Г |
| 5 | Пірнікоза червоношия | <i>Podiceps auritus</i> | | | | М | | | | | | | | | |
| 6 | Пірнікоза мала | <i>Podiceps ruficollis</i> | Г | З | М | Л | | Л | | | | М | | М | М |
| 7 | Баклан великий | <i>Phalacrocorax carbo</i> | Л | Л | Л | Л | Л | Л | Л | Л | | | | | Л |
| 8 | Чепура велика | <i>Ardea alba</i> | Л | Л | Л | Л | | Л | | | | | Л | Л | Л |
| 9 | Чапля сіра | <i>Ardea cinerea</i> | Л | Л | Л | Л | Л | | | | Л | | | Г | Л |
| 10 | Бугайчик | <i>Ixobrychys minutus</i> | Г | Л | Г | Г | Г | Г | Л | Г | Г? | | | Г | Г |
| 11 | Квак | <i>Nycticorax nycticorax</i> | | | | Л | | | | | | | | Л | Л |
| 12 | Лелека білий | <i>Ciconia ciconia</i> | Л | | Л | Л | | | | | | | | | |
| 13 | Лелека чорний* | <i>Ciconia nigra</i> | | | | М | | | | | | | | | |
| 14 | Гуска білолоба | <i>Anser albifrons</i> | | | М | М | | | | | | | | | |
| 15 | Лебідь-шипун | <i>Cygnus olor</i> | М | М | М | М | М | | | | | М | | | М |
| 16 | Чирянка мала | <i>Anas crecca</i> | | М | | М | | | | | | 3 | | М | М |
| 17 | Чирянка велика | <i>Anas querquedula</i> | Л | | Л | Г? | | | М | | | | | | Л |
| 18 | Свищ | <i>Anas penelope</i> | М | | М | М | | М | | | | 3 | | | М |
| 19 | Широконоска | <i>Anas clypeata</i> | М | | | М | | | М | | | | | | |
| 20 | Крижень | <i>Anas platyrhynchos</i> | Г | Г | Г | Г | Г | Г | Г | Г | Г | Г | Г | Г | Г |
| 21 | Шилохвіст | <i>Anas acuta</i> | М | | | М | | | | | | | | | |

Продовження таблиці 1

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|-------------------------|--------------------------------|----|---|----|----|---|---|---|---|----|---|---|---|---|---|----|---|
| 22 | Нерозень* | <i>Anser strepera</i> | | | | Л | | | | | | | | | | | | |
| 23 | Чернь чубата | <i>Aythya fuligula</i> | Л | М | | Л | М | М | | | | | | | | | Г | |
| 24 | Чернь морська | <i>Aythya marila</i> | | | М | М | | | | | | | | | | | | |
| 25 | Попелюх | <i>Aythya ferina</i> | Г | | Г? | Л | | | М | | | | З | | | Г | М | |
| 26 | Гоголь* | <i>Bucephala clangula</i> | М | З | М | М | М | | | | | | | | | | | |
| 27 | Турпан | <i>Melanitta fusca</i> | | | М | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | Морянка | <i>Clangula hyemalis</i> | | | | | | | М | | | | | | | | | |
| 29 | Скопа* | <i>Pandion haliaetus</i> | | М | М | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | Шуліка чорний* | <i>Milvus migrans</i> | Л | | | Л | | | | | | | | | | | | |
| 31 | Лунь очеретяний | <i>Circusae ruginosus</i> | Л | | Л | | | Л | | | | | М | | | | | М |
| 32 | Орлан-білохвіст* | <i>Haliaeetus albicilla</i> | | М | | М | | | | | | | | | | | | |
| 33 | Журавель сирій* | <i>Grus grus</i> | М | | | | | | | | | | | | | | | |
| 33 | Крех великий | <i>Mergusmer ganser</i> | М | З | М | | | | | | | | | | | | | |
| 34 | Крех середній* | <i>Mergus serrator</i> | | | М | М | | | | | | | | | | | | |
| 35 | Крех малий | <i>Mergellus albellus</i> | | | | М | | | | | | | | | | | | |
| 36 | Пастушок | <i>Rallus aquaticus</i> | Г? | | | Г | | | | | | | | | | Г | Г? | |
| 37 | Деркач | <i>Crex crex</i> | | | | Г | | | | | | | | | | | | М |
| 38 | Погонич звичайний | <i>Porzana porzana</i> | | | | г? | | | | | | | | | | | Г? | |
| 39 | Лиска | <i>Fulica atra</i> | Г | Г | Г | Г | Г | Г | Г | Г | Г | Г | Г | Г | Г | Г | Г | Г |
| 40 | Курочка водяна | <i>Gallinula chloropus</i> | Г | Г | Г | Г | Г | Г | Г | Г | Г | Г | Г | Г | Г | Г | Г | Г |
| 41 | Кулик-сорока* | <i>Haematopus ostralegus</i> | | | | Л | | | | | | | | | | | | |
| 42 | Чайка | <i>Vanellus vanellus</i> | | | | Л | | | | | | | | | | | | |
| 43 | Коловодник лісовий | <i>Tringa ochropus</i> | | М | | Л | | | М | | | | | | | | М | М |
| 44 | Коловодник болотяний | <i>Tringa glareola</i> | | | | М | | | | | | | | | | | | |
| 45 | Коловодник звичайний | <i>Tringa totanus</i> | М | | | Л | | | | | | | | | | | | |
| 46 | Коловодник великий | <i>Tringa nebularia</i> | | | | М | | | М | | | | | | | | | |
| 47 | Пісочник малий | <i>Charadrius dubius</i> | М | | | Л | | | | | | | | | | | | М |
| 48 | Набережник | <i>Actitis hypoleucos</i> | Л | | | Л | | | М | | | | | | | | | |
| 49 | Плавунець плоскодзьобий | <i>Phalaropus fulicarius</i> | | М | | | | | | | | | | | | | | |
| 50 | Побережник чорногрудий | <i>Calidris alpina</i> | М | | | | | | | | | | | | | | | |
| 51 | Баранець звичайний | <i>Gallinago gallinago</i> | М | | М | М | | | | | | | | | | | М | |
| 52 | Грицик великий | <i>Limosa limosa</i> | | | | Л | | | | | | | | | | | | |
| 53 | Мородунка | <i>Xenus cinereus</i> | | | | | | | М | | | | | | | | | |
| 54 | Мартин звичайний | <i>Larus ridibundus</i> | Г | Л | Г | Г? | Л | Л | Л | Л | Л | Л | Л | Л | Л | Л | Г | Г |
| 55 | Мартин сріблястий | <i>Larus argentatus</i> | М | З | | М | М | | | | | | | | | | | |
| 56 | Мартин жовтоногий | <i>Larus cachinnans</i> | Л | Л | Л | Л | Л | Л | Л | | Л | | Л | | Л | | Л | |
| 57 | Мартин чорнокрилий | <i>Larus fuscus</i> | М | | | М | | | | | | | | | | | | |
| 58 | Мартин сивий | <i>Larus canus</i> | М | М | М | М | М | | М | М | М | | М | | М | | М | |
| 59 | Мартин малий* | <i>Hydrocoloeus minutus</i> | М | М | | | | | | | | | | | | | | |
| 60 | Крячок білощокий | <i>Chlidonias hybrida</i> | М | | | Л | | | | | | | | | | | | |
| 61 | Крячок білокрилий | <i>Chlidonias leucopterus</i> | М | | | М | | | | | | | | | | | | |
| 62 | Крячок чорний | <i>Chlidonias niger</i> | Л | Л | Л | Л | | | | | | | | | | | Г | М |
| 63 | Крячок річковий | <i>Sterna hirundo</i> | Г? | Л | Л | Л | Л | Л | Л | Л | Л | Л | | | | Л | Л | Л |
| 64 | Крячок малий * | <i>Sterna albifrons</i> | М | | М | Л | | | | | | | | | | | | |
| 65 | Рибалочка | <i>Alcedo atthis</i> | Г | Л | Г | Г | Г | | Г | Г | Г? | | | | Л | Г | Г | |
| 66 | Ластівка берегова | <i>Riparia riparia</i> | Л | М | Л | Л | М | | М | М | | | | | | | | |
| 68 | Кобилочка солов'їна | <i>Locustella luscinioides</i> | Г | | Г | Г | | | | | | | | | | | | |

Продовження таблиці 1

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|------------------------|-----------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|----|----|----|---|----|--|
| 69 | Кобилочка-цвіркун | <i>Locustella naevia</i> | Г? | | | | | | | | | | | | | | | |
| 70 | Очеретянка лучна | <i>Acrocephalus schoenobaenus</i> | Г | | Г | Г | | | | | | | | | | | | |
| 71 | Очеретянка ставкова | <i>Acrocephalus scirpaceus</i> | Г | Г | | | Г | | Г | Г | | | | Г | Г | Г | | |
| 72 | Очеретянка чагарникова | <i>Acrocephalus palustris</i> | Г? | | | Г? | | | | | | | | | | | | |
| 73 | Очеретянка велика | <i>Acrocephalus arundinaceus</i> | Г | Г | Г | Г | Г | Г | Г | Г | Г | | | Г | Г | Г | | |
| 74 | Синьошийка | <i>Luscinia svecica</i> | Г | | Г | Г | | | | | | | | | | Г | Г | |
| 75 | Вусата синиця | <i>Panurus biarmicus</i> | Г | | | Г | | | | М | | | | | | Г | М | |
| 76 | Ремез | <i>Remiz pendulinus</i> | Г | | Г | Г | | Г | | Г | | | | | | Г | Г | |
| 77 | Вівсянка очеретяна | <i>Emberiza schoeniclus</i> | Г | | Г? | Г | М | | М | М | | | | | | Г | Г? | |
| Усього: | | | 55 | 28 | 39 | 64 | 20 | 16 | 21 | 17 | 12 | 7 | 12 | 23 | 36 | | | |

Примітка: г – гніздовий; г ? – імовірно гніздовий; л – літучий; м – мігруючий; з – зимуючий. * – вид, що занесений до Червоної книги України

Чимало водойм також відзначалися відносно високим видовим багатством, зокрема оз. Лісове (36 видів) та оз. Алмазне (39 видів), це великі за площею водойми, що розташовані уздовж лісових територій. Завдяки такому розташуванню водойми зберегли відносно не порушені ландшафти. Цьому сприяє географічне розташування, яке збігається зі шляхами міграцій водоплавних птахів.

Серед досліджуваних водойм варто зазначити й каскади озер паркового типу, зокрема Горіхуватські та Совські ставки. Це водойми, що підлягають рекреаційному впливу й антропогенному забрудненню комунально-побутовими стоками із міської каналізації, які надходять до ставків з річки Совка [26]. Разом із тим розташування ставків у межах заболоченого лісу створює особливі екологічні умови, які дають змогу гніздитися нетиповим видам на цій території. Совські ставки – чи не єдине місце в межах Києва, де чорнь чубата (*Aythya fuligula*) – гніздовий вид [2] (рис. 3).



Рис. 3. Чорнь чубата на Совських ставках

Варто зазначити й про найбільш пристосовані види, які наявні в усіх досліджуваних водоймах – крижень (*Anas platyrhynchos*), лиска (*Fulica atra*), курочка водяна (*Gallinula chloropus*), мартин звичайний (*Larus ridibundus*). Перші три види – гніздові. 1

Також нижче наведені результати чисельності окремих гніздових пар представників орнітофауни досліджуваних озер, зокрема лиски та пірникози великої (*Podiceps cristatus*) (таблиця 2).

Таблиця 2

Чисельність гніздових пар лиски та пірникози великої на дослідних озерах

| Досліджувані озера | Лиска | Пірникоза велика |
|--------------------------|-------|------------------|
| Вирлиця | 60 | 12 |
| Тельбін | 15 | - |
| Алмазне | 22 | 22 |
| Тягле | 20 | 20 |
| Вербне | 6 | - |
| Парк партизанської слави | 15 | - |
| Йорданське | 4 | - |
| Кирилівське | 10 | 1 |
| Лугове | 2 | - |
| Голосіївські ставки | 1 | - |
| Лебедине | 8 | - |
| Совські ставки | 20 | - |
| Лісове | 40 | 25 |

Чималу роль для зимівлі птахів відіграють ставки Голосіївського парку (5–7 видів), озера Кирилівське та Йорданське, які входять до системи «Опечень» (5–6 видів птахів), оз. Тельбін (8–11 видів), Совські ставки (3–5 видів).

Цікавим є той факт, що створення аераторних установок на оз. Тельбін створило сприятливі умови для зимівлі водоплавних видів, зокрема в період низьких температур і сильних морозів, коли значна кількість водойм вкривається кригою. Через це серед інших дослідних озер, саме на оз. Тельбін, зимує майже 40% видів птахів (рис. 4).

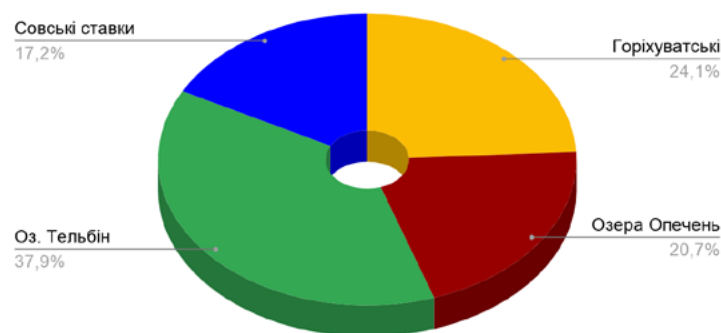


Рис. 4. Видова чисельність птахів на окремих озерах м. Київ: жовтий – озера Голосіївського парку; червоний – озера системи «Опечень» (Кирилівське та Йорданське); зелений – оз. Тельбін; синій – Совські ставки

Головні висновки. Водойми м. Києва є осередком існування для 77 видів водоплавних і коловодних птахів, які мають різний природоохоронний статус: 11 видів, що занесені до Червоної книги України, 64 – до Бернської конвенції, 55 – до Боннської конвенції, 2 види включені до МСОП. При цьому в оз. Тягле налічується 64 види водно-болотних птахів, а на оз. Лугове, яке зазнає найбільшого антропогенного навантаження серед інших досліджуваних озер, кількість видів зменшується до 7.

Різні види птахів, зокрема й ті, які перебувають під охороною міжнародних конвенцій, використовують озера не лише в міграційній період, а й для відгодівлі та/або відтворення й, зокрема, зимівлі. З огляду на це, проектування інфраструктури та рекреаційних зон міста має відбуватися не лише з погляду антропоцентризму, а й із належним дотриманням Закону України «Про оцінку впливу на довкілля». Нехтування цим призводить до загального погіршення стану навколишнього середовища та значного скорочення чисельності гніздових пар. Прикладом цього стали гніздові пари лиски й очеретянки ср., адже після трансформації середовища з облаштуванням рекреаційної зони кількість їх пар зменшилася в 5,7 і 7,5 разів, ніж до перетворення середовища. Разом із тим нині найвища кількість гніздових пар пірникози великої спостерігається в оз. Лісове, Алмазне й Тягле, у яких нараховувалося 25, 22 та 20 пар, відповідно.

Наявність і чисельність птахів на окремих ділянках робить їх чудовим маркером для оцінювання загального стану навколишнього середовища.

Прикладом вдалого поєднання природи й розвинутою інфраструктурою міста є невеликі за площею Совські озера, які розташовані майже в центрі столиці в оточенні багатоповерхівок та автомагістралі, – єдині озера, на яких упродовж багатьох років тримається гніздове угруповання черні чубатої. Це

стало можливим через наявність значної кількості заболочених територій, оточених невеликим лісом, які є своєрідним коридором між озерами та містом. Саме такий підхід є прикладом сталого розвитку, якого необхідно дотримуватися при проектуванні нових рекреаційних зон.

Перспективи використання отриманих результатів. Наявність певних видів водно-болотної фауни можна розглядати як маркери стану умов навколишнього середовища, а наявність рідкісних видів особливо у значній чисельності – як стабільне функціонування екосистеми. Раптове зникнення чи зменшення чисельності типових для місцевості видів варто вважати негативними змінами в природному середовищі. Тому наявність видів і їх чисельність може вказувати на загальний екологічний стан території. Через це необхідно приділяти увагу водоймам з низьким біорізноманіттям для пошуку причин екологічного неблагополуччя та шляхів його вирішення. Території, що приурочені до водойм з високим видовим різноманіттям і чисельністю птахів, мають бути захищені від нераціонального природокористування, забудови, трансформації чи від надходження токсичних речовин. Також збереження дикої природи в межах столиці має репутаційне значення для України як Європейської країни, яка виконує взяті на себе міжнародні зобов'язання з охорони мігруючих видів тварин, охорону флори та фауни й природних середовищ існування тощо.

Скупчення птахів у зимовий чи міграційні періоди можуть приваблювати натуралістів, художників, екотуристів і стати пізнавальним майданчиком для виховання дітей. Поміж іншого нерухомість біля парків і водойм зі значних видовим багатством завжди вище цінується. Підприємці на прилеглих до природних територій часто розгортають ресторанну та/або готельну справу, тому збереження природних майданчиків серед міста сприяє економічному розвитку.

Література

1. Бондар О.М. Екологічний абсентеїзм у сучасному промисловому місті: зміст, причини та прояви. *Грані*. 2012. № 1 (81). С. 98–101.
2. Парнікоза І.Ю. Київські острови та прибережні урочища на Дніпрі – погляд крізь віки : монографія. Київ : Дніпро, 2012. 412 с.
3. Петеліцький М.В. Київ-місто втрачених можливостей? *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*. 2016. № 46. С. 382–386.
4. Фауна України: охоронні категорії : довідник / О. Годлевська, І. Парнікоза, В. Різун, Г. Фесенко, Ю. Куцоконь, І. Загороднюк, М. Шевченко, Д. Іноземцева ; за ред. О. Годлевська, Г. Фесенко. 2-е видання, перероблене та доповнене. Київ, 2010. 80 с.
5. Водно-болотні комплекси НПП «Голосіївський» – середовища існування цінного біорізноманіття (м. Київ) / О.І. Прядко, Р.Я. Арап, О.Л. Андрієвська, О.В. Волохова, О.Т. Крижановська. *Заповідна справа в Україні*. 2013. № 19. 89–93.
6. Причепа М.В. Видовий склад і населення хижих та гідрофільних птахів лук і водно-болотних угідь окремих частин Києва та його околиць. *Беркут (Фауна і населення)*. 2019. Т. 28 (1–2). С. 6–14.
7. Причепа М.В. Особливості видового складу водно-болотних птахів урбанізованих територій на прикладі озер Києва. *Біологічні дослідження-2018 : збірник наукових праць*. Житомир, 2018. С. 145–147.
8. Основні принципи управління міськими водоймами для збереження та підвищення біорізноманіття / М.В. Причепа, О.О. Гупало, І.І. Абрамюк, К. Кофонов. *Моніторинг та охорона біорізноманіття в Україні. Серія «Conservation Biology in Ukraine»*. Вип. 16. Т. 3. С. 275–278.
9. Костюшин В.А., Полуда А.М. Учет водно-болотных птиц в окрестностях Киева зимой 2000/2001 гг. *II Вестник зоологии. Журнал Института зоологии им. И.И. Шмальгаузена*. 2005. Т. 39. Вып. 2. С. 85–87.
10. Костюшин В.А. Зимовка водоплавающих птиц на Киевском и Канеском водохранилищах в 2011–2012 гг. *Авіфуна України*. 2014. Вип. 5. С. 31–35.
11. Пшеничний С.В., Турчик А.В., Мартюшева О.О. Зимові обліки птахів водно-болотного комплексу в Києві та околицях у 2008–2009 рр. *Фальцфейнівські читання : Природничий альманах : збірник наукових праць VI Міжнар. наук. конф. (Інститут природознавства Херсонського держ. ун-ту, 21–23 травня 2009 р.)*. Херсон, 2009. С. 308–313.
12. Атамась Н.С., Кукшин О.О. Колоніальні коловодні птахи заказника «Ольгин остров» та його околиць (м. Київ). *Запов. справа в Україні*. 2010. № 16 (1). С. 52–55.
13. Костюшин В.А., Полуда А.М. Учеты водно-болотных птиц на Днепре в районе Киева зимой 2005/2006 гг. *Беркут. Український орнітологічний журнал*. 2007. Т. 16. Вип. 2. С. 275–276.
14. Нові дані по рідкісних та маловивчених видах птахів Київської області / В.О. Мороз, В.В. Казанник, С.В. Домашевський, Р. Vijlmakers, А.О. Симон. *Беркут. Український орнітологічний журнал*. 2015. № 24 (2). С. 87–92.
15. Казанник В.В., Турчик А.В., Яненко В.О. Водно-болотна орнітофауна Святошинських ставків м. Київ та її сезонні зміни. *Вісник Дніпропетровськ. держ. аграрно-економічного університету*. 2014. № 33 (1). С. 170–173.
16. Равкин Е.С., Челинцев Н.Г. Методические рекомендации по комплексному маршрутному учету птиц. Москва, 1990. С. 1–33.
17. Равкин Ю.С., Ливанов С.Г. Основные методы и подходы к изучению пространственно-типологической неоднородности населения птиц в среднем и мелком масштабе. *II Орнитогеография Палеарктики: современные проблемы и перспективы* / под ред. Ю.С. Равкина, Г.С. Джамирзоева и С.А. Букреева. Махачкала, 2009. С. 5–12.
18. Гудина А.Н. Методы учета гнездящихся птиц. *Картирование территорий*. Запорожье : Дикое Поле, 1999. 241 с.
19. Vochenski Z. The effect of fishponds on the regional bird fauna. *Acta Hydrobiol.* 1995. Vol. 37 (11). P. 75–82.
20. Borowiec M., Stawarczyk T., Witkowski J. Próba uściślenia metod oceny liczebności ptaków wodnych. *Not. Orn.* 1981. Vol. 22 (1–2). P. 47–61.
21. Dombrowski A. Badania awifauny lęgowej stawów rybnych (instrukcja). *Fauna niziny Mazowieckiej. Wyższa szkoła Rolniczo-Pedagogiczna im. G. Dymitrowa w Siedlicach*. 1987. 24 p.
22. Breeding Bird Atlas of Europe: Working Report 1: Non-passeriformes. The Netherlands, 1992. 257 p.
23. Фесенко Г.В., Бокотей А.А. Птахи фауни України : польовий визначник. Київ : Укр. товариство охорони птахів, 2002. 416 с.
24. Фесенко Г.В., Бокотей А.А. Анотований список українських наукових назв птахів фауни України. Київ-Львів, 2007. 111 с.
25. Червона книга України. Тваринний світ. Київ : Глобал консалтинг, 2009. 624 с.
26. Екологічні проблеми Київських водойм і прилеглих територій / О.В. Романенко, О.М. Арсан, Л.С. Кіпніс, Ю.М. Ситник. Київ : Наукова думка, 2015. 189 с.
27. Сімон А.О., Костюшин В.А. Гніздування чубатої черні (*Aythya fuligula*) в Києві. *Беркут. Український орнітологічний журнал*. 2016. № 25 (1). С. 44.

ІНТРОДУКЦІЙНЕ ВИПРОБУВАННЯ СОРТІВ *JUNIPERUS SABINA* L. ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ У ДЕНДРОКОМПОЗИЦІЯХ ПРОМИСЛОВИХ МІСТ ПІВНІЧНОСТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ

Суслова О.П.

Криворізький ботанічний сад Національної академії наук України
вул. Маршака 50, 50089, м. Кривий Ріг, Дніпропетровська обл.
elenasuslova2901@gmail.com

Визначено перспективи культивування сортів *Juniperus sabina* L. ('Arcadia', 'Blue Danube', 'Glauca', 'Mas', 'Tam No Blight', 'Rockery Gem' та 'Variegata'), інтродукованих в Північностепову зону України. Проведено комплексне інтродукційне дослідження семи сортів виду в м. Покровську, посадковий матеріал яких отримано з розсадника Drewek (Польща). Визначено їх зимостійкість за 7-бальною шкалою, рекомендованою Радою ботанічних садів, посухостійкість – за 7-бальною шкалою І.Ф. Гриценко, декоративність – за 4-бальною шкалою Н.В. Котелової та Н.С. Гречко, річний приріст пагонів – за методикою В.В. Смірнова. Результати фенологічних спостережень показали, що всі досліджувані рослини мають два періоди активного росту пагонів, які відрізняються інтенсивністю ростових процесів залежно від сорту. Встановлено залежність активності росту пагонів від температури повітря та вологості ґрунту. Найбільш сприятлива температура для росту та розвитку пагонів сортів *J. sabina* в Північностеповій зоні України становить 15–20°C. Доведено, що всі сорти *J. sabina* зимостійкі, зимують без пошкоджень і оцінені найвищим балом (І). За посухостійкістю п'ять сортів характеризуються найвищим балом (І), у двох сортів у період посухи в'яне хвоя (ІІ бали): *J. sabina* 'Tam No Blight' та *J. sabina* 'Rockery Gem'. За декоративністю п'ять сортів оцінено найвищим балом D_4 , вони привабливі протягом усього року; для двох сортів характерна зміна забарвлення хвої в посушливий літній період, тому їх оцінено балом D_3 . Зроблено висновок щодо перспективності культивування сортів *J. sabina* в умовах Північностепової зони України та надано рекомендації з їх використання у різних ландшафтних композиціях міських насаджень (групи, солітери, рядові посадки, живоплоти, рокарії, міксбордери). До таких сортів віднесено *J. sabina* 'Arcadia', *J. sabina* 'Blue Danube', *J. sabina* 'Glauca', *J. sabina* 'Mas' та *J. sabina* 'Variegata'. **Ключові слова:** Північностепова зона України, інтродукційне випробування, сорти *Juniperus sabina*, зимостійкість, посухостійкість, декоративність, ріст пагонів, ландшафтні композиції.

Introduction trials of the cultivars of *Juniperus sabina* L. and prospects of their use in dendrological compositions in industrial cities of the northern steppe zone of Ukraine. Suslova O.

The study has focused on the prospects for growing of cultivars of *Juniperus sabina* L., namely 'Arcadia', 'Blue Danube', 'Glauca', 'Mas', 'Tam No Blight', 'Rockery Gem' and 'Variegata', introduced in the northern steppe zone of Ukraine. A comprehensive introduction research of seven cultivars of juniper was carried out in Pokrovsk, planting material originating from the Drewek nursery (Poland). Their winter hardiness was determined according to the 7-point scale recommended by the Council of Botanical Gardens, drought resistance was tested against 7-point scale by I.F. Gritsenko, decorative traits based on 4-point scale by N.V. Kotelova and N.S. Grechko, annual shoot growth was assessed according to the method of V.V. Smirnov. According to the results of phenological observations, all of the studied plants have two periods of active shoot growth, which differ in the intensity of growth processes depending on the cultivar. The dependences of shoot growth activity on air temperature and soil moisture were detected. The most favorable temperature for the growth and development of shoots in cultivars of *J. sabina* in the northern steppe zone of Ukraine is 15–20 °C. The study has shown that all cultivars of *J. sabina* are winter-hardy, overwintering without damage and therefore are rated with the highest score (I). In terms of drought resistance, five cultivars are characterized by the highest score (I), in two cultivars the needles withered during drought (II points), namely *J. sabina* 'Tam No Blight' and *J. sabina* 'Rockery Gem'. In terms of ornamental characteristics, five cultivars are rated with the highest score D_4 , they are attractive all the year round; two cultivars are characterized by a change in needle color in a dry summer, so they are rated with a score of D_3 . The conclusion on the prospects of cultivation of *J. sabina* cultivars in the northern steppe zone of Ukraine is made and recommendations for their use in various landscape compositions of urban plantations (groups, solitary and ordinary plantings, hedges, rockeries, mixborders) are given. Such varieties include *J. sabina* 'Arcadia', *J. sabina* 'Blue Danube', *J. sabina* 'Glauca', *J. sabina* 'Mas' and *J. sabina* 'Variegata'. **Key words:** northern steppe zone of Ukraine, introduction trial, cultivars of *Juniperus sabina*, winter hardiness, drought resistance, decorativeness, shoot growth, landscape compositions.

Постановка проблеми та актуальність досліджень. Інтенсивна урбанізація та концентрація в населених пунктах промислового виробництва й автотранспорту призводять до погіршення екологічної ситуації, тому найважливішим завданням сьогодення є оптимізація довкілля в індустріально розвинених регіонах. Провідної ролі у поліпшенні навколишнього середовища набувають деревні

насаджень, які здатні нівелювати несприятливі для людини фактори природного й техногенного походження та які виконують різноманітні функції: санітарно-гігієнічні, структурно-планувальні, естетичні, рекреаційні [2; 4; 7; 8]. Водночас умови міського середовища викликають у рослинах порушення фізіологічних процесів і анатомічних структур і, як наслідок, погіршення їх життєвого стану та декора-

тивності, зокрема й зміну форми крони, забарвлення листків та хвої, зменшення тривалості життя, ураження шкідниками та хворобами [11]. З огляду на це, урбанодендрофлору доцільно формувати за використання видів та культиварів, стійких до природно-кліматичних умов зростання та антропогенного навантаження. Це можна здійснити шляхом залучення до культивування видів, які пройшли інтродукційне випробування та за низкою показників є перспективними для використання їх у зеленому будівництві промислових міст.

Питання добору асортименту видів для озеленення населених пунктів промислових міст Північностепової зони України наразі надзвичайно актуальне, оскільки раціональне використання адаптованих та декоративних видів і культиварів сприятиме успішному формуванню міського ландшафту і поліпшенню його еколого-естетичної цінності [10]. У міських умовах доцільно використовувати рослини, що вирізняються високою декоративністю, стійкістю до природно-кліматичних умов та здатні зростати в умовах сучасного міста. Цим вимогам відповідають садові форми, серед яких особливо цінуються культивари хвойних порід [1]. Особливою популярності набувають культивари видів роду *Juniperus* L. Завдяки високій художній виразності протягом усього року, зимо- та посухостійкості, здатності зростати в техногенних умовах їх використовують під час формування насаджень загального та обмеженого користування: в паркових зонах та скверах, вуличних насадженнях, у приватному секторі на присадибних ділянках у вигляді моновидових насаджень, змішаних дендрокомпозицій за участі хвойних на листяних деревних порід, складних міксбордерах, для виділення домінанти тощо [6]. За своїми показниками вони є незамінними рослинами під час задерніння крутих схилів, для озеленення територій із бідними за родючістю ґрунтами. Незважаючи на їх цінність, сорти ялівців ще не набули широкого використання в зеленому будівництві. Часто під час озеленення міських територій використовують неадаптовані культивари, які привезені з розсадників Європи та які втрачають свою декоративність унаслідок невідповідності умов вирощування їх природним способом, в умовах інтродукції вони не досить зимо-, посухо-, газо- і димостійкі. Тому актуальним залишається питання розширення асортименту перспективних стійких культиварів видів роду *Juniperus* для використання їх у зеленому будівництві промислових міст зони Степу України.

У природно-кліматичних умовах Північностепової зони України фахівці дослідили таксономічний склад та життєвий стан видів та сортів роду *Juniperus* [6, с. 14–18]. Проте їх комплексне інтродукційне дослідження в зазначеному регіоні не проводилося. Тому метою наших досліджень був пошук перспективних сортів ялівців (*Juniperus sabina* L.) для використання їх в озелененні промислових міст

Північностепової зони України на основі визначення їх зимо-, посухостійкості, декоративності та особливостей росту і розвитку.

Матеріали та методи досліджень. Об'єктами досліджень були сім сортів *Juniperus sabina* ('Arcadia', 'Blue Donau', 'Glauca', 'Mas', 'Tam No Blight', 'Variegata', 'Rockery Gem'), які проходять інтродукційне випробування у приватному розсаднику м. Покровська з 2016 року. Посадковий матеріал було отримано з розсадника Drewek (Польща). Річний приріст пагонів вимірювали за методикою В.В. Смірнова [13]. Зимостійкість визначали за 7-бальною шкалою, рекомендованою Радою ботаничних садів СРСР [12], посухостійкість – за 7-бальною шкалою І.Ф. Гриценко [3], декоративність – за 4-бальною шкалою Н.В. Котелової та Н.С. Гречко [9].

Сорти *Juniperus sabina*, відібрані нами для досліджень, вирізняються яскравим забарвленням хвої та декоративною формою крони.

J. sabina 'Arcadia' – кущ із розлогими горизонтальними пагонами заввишки до 0,5 м та 4 м у діаметрі. Хвоя світло-зелена.

J. sabina 'Blue Danube' – розлогий кущ висотою до 1 м, в діаметрі до 5 метрів. Хвоя сизо-блакитна.

J. sabina 'Glauca' – кущ заввишки 1 м, у діаметрі сягає 5 м. Хвоя сіро-блакитна.

J. sabina 'Mas' – кущ висотою до 1 м та діаметром 4 м. Хвоя зелено-блакитного забарвлення, взимку набуває коричневого відтінку.

J. sabina 'Tam No Blight' – густий кущ із гілками, розташованими у декілька шарів, які з віком надають рослині куполоподібної форми. Висота 0,4–0,6 м, діаметр куща – до 2 метрів. Хвоя темно-зелена або блакитно-зелена.

J. sabina 'Variegata' – щільний кущ до 0,5 м заввишки та діаметром до 1,5 м. Пагони строкаті, вкриті нерегулярно розташованими жовтуватобілими цяточками.

J. sabina 'Rockery Gem' – низький кущ із густою рівномірно розпростертою кроною висотою 0,4–0,5 м і діаметром до 2–3 м. Хвоя блакитно-зелена.

Виклад основного матеріалу. За результатами проведених фенологічних спостережень установлено, що в умовах інтродукції ріст вегетативних пагонів у досліджуваних сортах починається в першій декаді квітня. При цьому інтенсивність їх росту невелика і приріст пагонів різних сортів від початку вегетації до першого травня коливається від 1,5 см у *J. sabina 'Variegata'* до 4 см у *J. sabina 'Glauca'* (табл. 1). Найінтенсивніший ріст пагонів спостерігається в травні та становить від 2,2 см у *J. sabina 'Variegata'* до 12,1 см у *J. sabina 'Glauca'*. На початку червня приріст уповільнюється. У червні-липні довжина пагонів збільшується дуже повільно: у червні коливається від 2,0 см *J. sabina 'Variegata'* до 5,8 см у *J. sabina 'Tam No Blight'*; у липні – від 0,7 см у *J. sabina 'Variegata'* до 4,2 см у *J. sabina 'Mas'*. Тривалість періоду повільного росту пагонів стано-

Таблиця 1

Приріст однорічних пагонів сортів *Juniperus sabina* L. в умовах Північностепової зони України

| Сорт | Приріст однорічних пагонів, см M ± m* | | | | | | |
|-----------------|--|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | квітень | травень | червень | липень | серпень | вересень | жовтень |
| 'Arcadia' | 2,3±0,08 | 7,3±1,02 | 4,5±0,33 | 2,8±0,10 | 4,8±0,21 | 1,8±0,08 | 0,9±0,02 |
| 'Blue Danube' | 1,9±0,04 | 7,2±1,15 | 3,7±0,91 | 2,3±0,09 | 4,8±0,87 | 1,6±0,10 | 1,5±0,04 |
| 'Glauca' | 4,0±0,17 | 12,1±2,04 | 5,7±1,02 | 2,1±0,07 | 7,3±1,18 | 2,0±0,58 | 1,3±0,08 |
| 'Mas' | 2,4±0,10 | 10,9±1,55 | 5,1±1,27 | 4,2±0,12 | 6,4±1,05 | 2,8±0,49 | 1,5±0,08 |
| 'Tam No Blight' | 2,5±0,16 | 11,9±1,92 | 5,8±0,96 | 3,7±0,44 | 5,0±0,96 | 2,0±0,17 | 1,5±0,09 |
| 'Variegata' | 1,5±0,11 | 2,2±1,03 | 2,0±0,21 | 0,7±0,06 | 1,6±1,04 | 0,9±0,09 | 0,8±0,01 |
| 'Rockery Gem' | 3,2±0,19 | 7,5±0,74 | 3,5±0,18 | 2,4±0,10 | 4,5±0,72 | 3,0±0,61 | 2,0±0,14 |

Примітка: M ± m – середнє значення ± похибка.

вить майже 60 днів. Із другої декади серпня починається друга «хвиля» активного росту пагонів сортів *J. sabina*. Приріст їх у цей період значно менший (порівняно з весняним) і становить у середньому 1,6–7,3 см залежно від сорту. У вересні довжина однорічних пагонів збільшується ще повільніше (0,9–3,0 см), у жовтні – 0,8–2,0 см.

Отже, в усіх досліджених сортах *J. sabina* ріст пагонів складається з двох періодів, які відрізняються інтенсивністю ростових процесів залежно від сорту (рис. 1). Подібні дані отримано нами під час дослідження сортів *J. horizontalis* Moench на Південному Сході України у 2012 році [14]. Двовершинність кривої, що характеризує приріст однорічних пагонів сортів в умовах інтродукції в Північностеповій зоні України, пов'язана з реакцією рослин на посушливий період та найвищі температури повітря [5]. Так, перший період активного росту пагонів відбувається за умов досягнення середньодобової температури 15°C і продовжується до 22°C. Під час підвищення середньої температури до 25°C ростові процеси повільнюються, а під час зниження до 20 °C – відновлюються. Отже, найбільш сприятлива температура для росту та розвитку пагонів сортів *J. sabina* становить 15–20°C (рис. 2).

Приріст пагонів також залежить від кількості опадів (рис. 3). Між цими показниками встановлена безпосередня залежність, кореляція коливається від 0,31 у *J. sabina* 'Tam No Blight' до 0,54 у *J. sabina* 'Arcadia'.

Для зони Степу України характерні різкі перепади температури повітря у літній період та взимку, тому зимо- та посухостійкість рослин важливі з практичної точки зору, оскільки вони впливають на життєвий стан та їх декоративність. За нашими спостереженнями, всі сорти *Juniperus sabina*, інтродуковані в Північностепову зону України, зимостійкі, вони зимують без пошкоджень і оцінені найвищим балом.

За посухостійкістю п'ять сортів (70%) характеризуються найвищим балом (1 бал) та в посушливий період не пошкоджуються. До таких сортів віднесено *J. sabina* 'Arcadia', *J. sabina* 'Blue Danube', *J. sabina* 'Glauca', *J. sabina* 'Mas', *J. sabina* 'Variegata'.

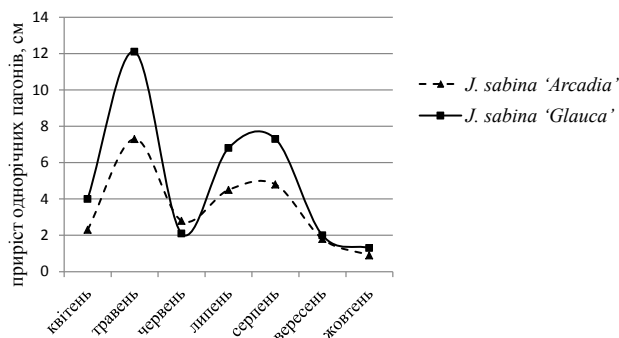


Рис. 1. Періоди активного росту однорічних пагонів деяких сортів *Juniperus sabina* L. упродовж вегетаційного періоду 2020 року

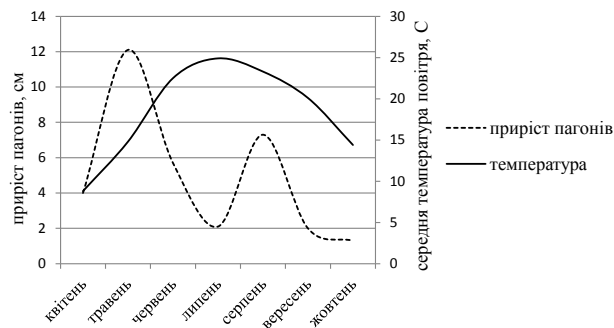


Рис. 2. Залежність росту пагонів *Juniperus sabina* 'Glauca' від температури повітря (2020 рік)

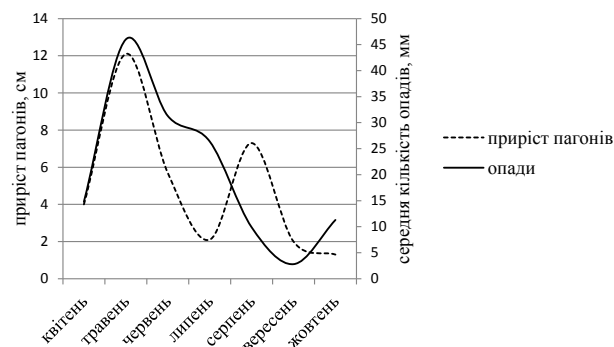


Рис. 3. Залежність росту пагонів *Juniperus sabina* 'Glauca' від кількості опадів (2020 рік)

Таблиця 2

Рекомендації щодо використання сортів *Juniperus sabina* L. у ландшафтних композиціях міських насаджень Північностепової зони України

| Сорт | група | солітер | рядова посадка | грунтопокривні | рокарій, альпінарій | живоплоти | квіткові композиції |
|---------------|-------|---------|----------------|----------------|---------------------|-----------|---------------------|
| 'Arcadia' | +* | – | + | + | + | – | + |
| 'Blue Danube' | + | + | + | + | + | + | + |
| 'Glauca' | + | + | + | + | + | + | + |
| 'Mas' | + | + | + | + | + | + | + |
| 'Variegata' | + | – | + | + | + | – | + |

* Примітка: знаком «+» відмічено те, в яких типах насаджень рекомендовано використовувати сорт.

У двох сортів у період посухи в'яне хвоя (II бали) – *J. sabina* 'Tam No Blight' та *J. sabina* 'Rockery Gem'.

Декоративність ялівців, під час визначення якої звертали увагу на розміри і тип галузнення, форму і щільність крони, забарвлення хвої, пошкодження шкідниками і хворобами та загальний життєвий стан в умовах інтродукції, здебільшого оцінено найвищим балом D_4 , вони привабливі протягом усього року. Два сорти оцінено балом D_3 , оскільки вони втрачають свою декоративність унаслідок зміни забарвлення хвої в посушливий літній період.

Таким чином, серед семи досліджуваних сортів п'ять є перспективними для культивування в умовах Північностепової зони України та рекомендовані для використання в різних ландшафтних композиціях міських насаджень (табл. 2).

Перспективні сорти *Juniperus sabina* рекомендовані нами для широкого використання під час формування різних об'єктів ландшафтного дизайну. Висаджування їх у дендрогрупах за участі лише хвойних порід або у змішаних із листяними надасть привабливості композиціям завдяки яскравому забарвленню хвої сортів та оригінальному габітусу рослин. Як і солітери, сорти висотою понад 1,0 м на тлі газонів або мульчі (тріска, кора, галька, мушлі) виглядають максимально виразно. Рядові насадження, створені за участі сортів *J. sabina* і дерев із пірамідальною кроною, вирізняються яскравими кольорами та набувають естетичного

вигляду. Досліджувані нами сорти добре переносять стрижку, тому їх доцільно використовувати для створення чітких геометричних форм живоплотів. У сортів поверхнева коренева система, що є важливим показником для використання їх у задернінних схилів, утворенні декоративних покривів на підпирних стінках, скосах, як ґрунтопокривних рослин на невіддях. Під час створення рокаріїв та альпінаріїв рекомендовані сорти з повільним темпом росту, до яких зараховано *J. sabina* 'Arcadia' і 'Variegata'. Їх використання сприятиме довгостроковому декоративному ефекту насаджень і потребуватиме мінімального догляду за ростинами. Також виразно виглядають сорти *J. sabina* в поєднанні з квітково-декоративними культурами під час створення складних міксбордерів.

Головні висновки. Таким чином, у результаті інтродукційного дослідження сортів *Juniperus sabina* в умовах Північностепової зони України встановлено, що ріст їх однорічних пагонів складається з двох періодів, які відрізняються інтенсивністю ростових процесів, і залежить від кількості опадів та температури повітря. Майже 70% досліджуваних сортів є зимо- і посухостійкими та можуть бути рекомендовані для використання в озелененні населених пунктів Північностепової зони України. До таких сортів зараховано *J. sabina* 'Arcadia', *J. sabina* 'Blue Danube', *J. sabina* 'Glauca', *J. sabina* 'Mas' та *J. sabina* 'Variegata'.

Література

1. Александрова М.С. Хвойные растения в вашем саду : монография. Москва : ЗАО Фитон, 2000. 221 с.
2. Володарець С.О. Сануюча функція деревних рослин культурфітоценозів урбанізованого середовища : автореф. дис. ... канд. біол. наук : 03.00.16. Вінниця, 2016. 24 с.
3. Гриценко И.Ф. Морозоустойчивость, засухоустойчивость и сезонное развитие древесных и кустарниковых пород в Донбассе. *Лесное хозяйство*. 1953. № 8. С. 41–48.
4. Гродзинский Д.М. Адаптивная стратегия физиологических процессов растений : монография. Киев : Наукова думка, 2013. 251 с.
5. Зайцева І.О. Фізіолого-біохімічні основи інтродукції деревних рослин у степовому Придніпров'ї : монография. Дніпропетровськ, 2010. 388 с.
6. Інтродукційний потенціал хвойних в мікроландшафтних дендроконпозиціях Криворізького ботанічного саду НАН України / А.Ю. Мазур та ін. *Scientific Journal "Science Rise: Biological Science"*. 2018. Vol. 1, № 10. P. 20–25.
7. Коршиков И.И. Адаптация растений к условиям техногенно загрязненной среды : монография. Киев : Наукова думка, 1996. 238 с.
8. Коршиков І.І, Суслова О.П., Петрушкевич Ю. М. Деревні рослини в умовах промислових міст Степу. Одеса : Гельветика, 2020. 456 с.
9. Котелова Н.В., Гречко Н.С. Оценка декоративности. *Цветоводство*. 1969. № 10. С. 11–12.

10. Левон Ф.М., Кузнецов С.И. Интродукционная оптимизация городских зеленых насаждений в Украине: состояние, проблемы, перспективы. *Проблемы современной дендрологии: материалы междунар. науч. конф.*, 30 июня – 2 июля 2009 г. Москва, 2009. С. 472–474.
11. Майдебура И.С. Влияние загрязнения воздушного бассейна города Калининграда на анатомо-морфологические и биохимические показатели древесных растений : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.16. Калининград, 2006. 19 с.
12. Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР. Москва : Главный ботанический сад АН СССР, 1975. 27 с.
13. Смирнов В.В. Сезонный рост главных древесных пород : монография. Москва : Наука, 1964. 167 с.
14. Сулова Е.П. Сорты *Juniperus horizontalis* Moench и перспективы их использования на юго-востоке Украины. *Промышленная ботаника*. 2012. Вып. 12. С. 194–200.
15. Сулова О.П. Різноманіття та вікова структура деревних рослин у вуличних насадженнях міста Покровськ. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*. 2017. Вип. 27.4. С. 83–86.
16. Сулова О.П., Поляков О.К., Хархота Л.В. Стан деревних рослин у паркових насадженнях промислових міст південного сходу України. *Промышленная ботаника*. 2013. Вып. 13. С. 109–115.
17. Терлига Н.С. Сучасний стан хвойних в зелених насадженнях міста Кривий Ріг. *Агробіологія*. 2012. Вип. 8. С. 157–160.
18. Терлига Н.С., Данильчук Н.М., Юхименко Ю.С. Структура зелених насаджень парку ім. Богдана Хмельницького та перспективи їх розвитку (м. Кривий Ріг, Дніпропетровська обл.). *Вісник Одеського національного університету. Біологія*. 2018. Т. 23. Вип. 2. С. 38–53.

ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ

УДК 502:504.062.51

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.7-34.34>

МОНІТОРИНГОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ МІСТА ЛУЦЬК

Івашенко Т.Г., Денисенко І.Ю., Шусть В.І., Резніченко В.А., Паламарчук О.В.

Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, корп. 2, 03035, м. Київ
t1313@ukr.net, Denisenko15@ukr.net, emaa.dea@ukr.net, emaa.dea@ukr.net

Вивчено стан атмосферного повітря у місті Луцьк. Проаналізовані чинники та джерела впливу на нього, зокрема такі як викиди автотранспортом, промисловими підприємствами та іншими суб'єктами господарювання. Здійснено моніторингові дослідження з визначення рівня та концентрацій забруднюючих речовин у повітрі міста Луцьк і прилеглих до нього територій.

Сьогодні актуалізовані питання екологічної безпеки держави. Однією з основних засад внутрішньої та зовнішньої політики України є збереження навколишнього природного середовища та його складників, що є життєвоважливим чинником для існування нинішніх і майбутніх поколінь.

З огляду на підвищений рівень антропогенного навантаження заслуговує на увагу стан атмосферного повітря у будь-якому населеному пункті України. Так, об'єктом моніторингових досліджень стала якість атмосферного повітря у місті Луцьк, на території якого дозволами на викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами охоплено 300 суб'єктів господарювання. У Луцьку переважають підприємства переробної промисловості (цукровий завод, спиртовий завод, підприємство «БіоПек»), у викидах яких значна кількість неметанових органічних сполук, а також підприємства машинобудівної галузі та теплові котельні, у викидах яких багато оксиду вуглецю.

Спостереження за рівнем забруднення атмосферного повітря у цьому регіоні здійснює Головне управління Держпродспоживслужби у Волинській області на трьох стаціонарних постах, що розташовані на вулицях: Шопена, Рівненській і Конякіна. За даними досліджень у місті Луцьк визначені місця, де спостерігається рівень забруднення повітря, що значно перевищує допустимі нормативи.

Висвітлені рекомендації щодо розроблення програми сталого розвитку міста Луцьк та ужиття заходів із модернізації промислових підприємств із використанням сучасних інноваційних технологій. *Ключові слова:* екологічний моніторинг, атмосферне повітря, антропогенний вплив, екологічна безпека.

Monitoring studies of atmospheric air in the city of Lutsk. Ivashchenko T., Denysenko I., Shust V., Reznichenko V., Palamarchuk O.

The state of atmospheric air in the city of Lutsk is studied. Factors and sources of influence on it, in particular, such as emissions from vehicles, industrial enterprises and other economic entities are analyzed. Monitoring studies were carried out to determine the level and concentrations of pollutants in the air of the city of Lutsk and adjacent territories.

Today the issues of ecological security of the state are actualized. One of the main principles of Ukraine's domestic and foreign policy is the preservation of the natural environment and its components, which is vital for the existence of present and future generations.

Given the increased level of anthropogenic load, the state of atmospheric air in any settlement of Ukraine deserves attention. Thus, the object of monitoring research was the quality of atmospheric air in the city of Lutsk, on the territory of which permits for emissions of pollutants into the atmosphere by stationary sources covered 300 businesses. Lutsk is dominated by processing enterprises (sugar factory, distillery, BioPek), which emit a significant amount of non-methane organic compounds, as well as machine-building enterprises and thermal boilers, which emit a lot of carbon monoxide.

Monitoring of the level of air pollution in this region is carried out by the Main Department of the State Food and Consumer Service in Volyn region at three stationary posts located on the streets: Chopin, Rivne and Konyakin. According to research, in the city of Lutsk identified places where there is a level of air pollution that significantly exceeds acceptable standards.

Recommendations for the development of a program for sustainable development of the city of Lutsk and the implementation of measures to modernize industrial enterprises using modern innovative technologies are highlighted. *Key words:* ecological monitoring, atmospheric air, anthropogenic impact, ecological safety.

Постановка проблеми. Протягом 2019 р. викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел підприємств та організацій становили 5,301 тис. т. Порівняно з 2018 рю викиди забруднюючих речовин від стаціонарних джерел суб'єктів господарювання м. Луцьк незначно збільшилися, проте проблема забруднення атмосферного повітря сьогодні є актуальною. Дедалі частіше населення скаржиться на погіршення стану повітря, особливо у районах міста, прилеглих до підприємств.

Актуальність дослідження. Динаміка забруднення атмосферного повітря у місті Луцьк (згідно з порівняльним аналізом) постійно змінюється (табл. 1, рис. 1).

За підсумками 2020 р. у зв'язку із глобальною епідемією коронавірусу та зниження виробництва не тільки на великих промислових підприємствах, але й у малому і середньому бізнесі, можна очікувати зменшення викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря.

Виклад основного матеріалу. Загалом по області після зниження з 2010 р. з 8194,7 т до 4741,8 т у 2015 р. викиди практично стабілізувалися і знаходяться у межах 4741,8–5144,0 т.

Такий дисбаланс між обласними показниками та показниками міста Луцька можна частково пояснити тим, що економічний спад торкнувся переважно великих підприємств і менше – середніх і малих. Оскільки великі підприємства зосереджені в м. Луцьку, виник такий дисбаланс.

У табл. 2 наведена динаміка викидів основних забруднюючих речовин порівняно із загальнообласними.

Варто зазначити, що за структурою викидів спостерігається деяка різниця між загальнообласними викидами та викидами у місті Луцьку. Так, якщо у загальнообласних викидах переважають метан, оксид вуглецю та пил (суспендовані тверді частинки), то у викидах м. Луцька превалюють неметанові леткі органічні сполуки та також оксид вуглецю. Це пов'язане з різницею у структурі промислового комплексу. Викиди метану в області пов'язані з викидами великих комплексів із вирощування та перероблення птиці. Саме птахофабрики мають найбільші викиди метану. У Луцьку переважають підприємства переробної промисловості (цукровий завод, спиртовий завод, підприємство «БіоПек»), у викидах яких є багато неметанових органічних сполук, і підприємства машинобудівної галузі та теплові котельні, у викидах яких значна кількість оксиду вуглецю.

З екологічного погляду такі показники зниження загальних викидів у місті Луцьк і за окремими речо-

винами свідчать про поліпшення екологічної ситуації в місті, але, оскільки це пов'язане з скороченням виробництв, а не з підвищенням механізмів захисту навколишнього середовища на підприємствах за рахунок впровадження енерго- та ресурсозберігаючих технологій, за подальшого розвитку промислового виробництва слід очікувати значне зростання викидів забруднюючих речовин в атмосферу міста. Тому необхідно передбачити у Програмі сталого розвитку міста Луцька заходи з модернізації промислових підприємств із залученням сучасних інноваційних технологій.

Не менш значущими є показники викидів атмосферне повітря на одного мешканця міста порівняно із загальнообласними показниками, що представлені в табл. 3.

Як зазначено в таблиці, показник викидів на одного мешканця міста скоротився з 2010 до 2019 рр. в 1,96 рази, тоді як загалом по області він знизився тільки в 1,54 рази.

У табл. 4 наведені дані найбільших забруднювачів міста за останні 3 роки.

Як зазначено, основними підприємствами – забруднювачами у м. Луцьку є ПАТ «Гнідавський цукровий завод», ДКП «Луцьктепло» та ДП МОУ ЛРЗ «Мотор», на які припадає 51,0% викидів міста.

У табл. 5 наведені дані щодо індексу забруднення атмосфери (ІЗА) окремих речовин. Як бачимо з таблиці, найбільший внесок в ІЗА належить органічним речовинам – формальдегіду 4,43 і фенолу – 2,2, а також діоксину азоту – 2,37.

Згідно з даними Державної екологічної інспекції у Волинській області [2] протягом 2018 р. на

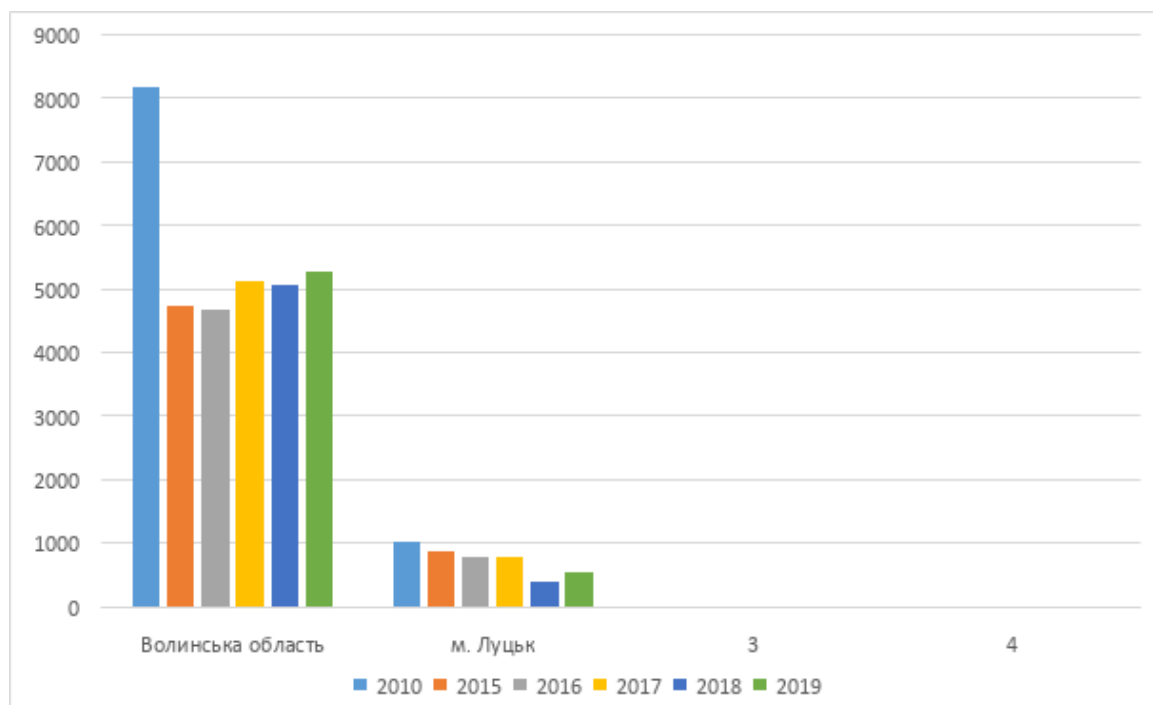


Рис. 1. Динаміка викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел викидів (тон) разом у Волинській області та місті Луцьку

Таблиця 1

Динаміка викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел викидів (тон) разом у Волинській області та місті Луцьку, (т) [1]

| | 2010 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Волинська область | 8194,7 | 4741,8 | 4679,4 | 5144,0 | 5089,4 | 5301,4 |
| м. Луцьк | 1028,4 | 893,5 | 803,1 | 792,4 | 401,2 | 544,7 |

Таблиця 2

Динаміка викидів основних забруднюючих речовин порівняно із загальнообласними

| № з/п | Речовина | 2010 | | 2015 | | 2016 | | 2017 | | 2018 | | 2019 | |
|-------|------------------------------------|----------------|----------|----------------|----------|----------------|----------|----------------|----------|----------------|----------|----------------|----------|
| | | Волинська обл. | м. Луцьк | Волинська обл. | м. Луцьк | Волинська обл. | м. Луцьк | Волинська обл. | м. Луцьк | Волинська обл. | м. Луцьк | Волинська обл. | м. Луцьк |
| 1 | Діоксид сірки, т | 538,3 | 17,4 | 360,8 | 21,6 | 356,2 | 6,1 | 370,7 | 17,3 | 318,4 | 2,0 | 309,5 | 11,6 |
| 2 | Діоксид азоту, т | 670,9 | 94,5 | 511,1 | 85,8 | 491,9 | 86,4 | 509,5 | 149,8 | 496,8 | 105,6 | 517,6 | 141,1 |
| 3 | Оксид азоту, т | 132,6 | 76,3 | 132,6 | 73,2 | 144,5 | 79,6 | 72,9 | 3,1 | 57,3 | 0,5 | 56,0 | |
| 4 | Аміак, т | 37,4 | 9,6 | 51,4 | 7,4 | 54,5 | 7,8 | 53,9 | 13,2 | 58,6 | 0,4 | 105,6 | |
| 5 | Оксид вуглецю, т | 1426,2 | 386,4 | 1186,0 | 399,5 | 1377,1 | 409,4 | 1720,5 | 418,3 | 1384,0 | 163,4 | 1416,6 | |
| 6 | Метан, т | 3826,0 | 4,7 | 931,2 | 7,0 | 701,2 | 6,7 | 674,1 | 6,6 | 954,6 | 5,4 | 1086,7 | |
| 7 | Неметанові леткі орган. Сполеку, т | 527,4 | 350,0 | 453,9 | 203,7 | 316,8 | 121,8 | 275,5 | 110,9 | 247,9 | 62,9 | 277,1 | |
| 8 | Суспендовані тверді частинки, т | 1000,7 | 81,9 | 1041,2 | 87,4 | 1112,9 | 57,3 | 1400,0 | 66,8 | 1514,8 | 52,0 | 1464,1 | |
| 9 | Сажа, т | 6,2 | 0,7 | 53,5 | 0,5 | 95,4 | 4,5 | 96,6 | 12,5 | 68,0 | 2,4 | | |
| 10 | Діоксид вуглецю, тис. т | 614,3 | 232,4 | 445,3 | 155,5 | 473,7 | 167,0 | 520,8 | 198,2 | 510,6 | 155,7 | | |

Таблиця 3

Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення у розрахунку на одного мешканця, (кг)

| | 2010 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|
| Волинська область | 7,9 | 4,5 | 4,5 | 4,9 | 4,9 | 5,1 |
| м. Луцьк | 4,9 | 4,1 | 3,7 | 3,7 | 1,9 | 2,5 |

Таблиця 4

Найбільші забруднювачі повітря м. Луцька від стаціонарних джерел (дані на 2017 р.)

| № з/п | Назва підприємства | Обсяг викидів, т | % від загальних стаціонарних викидів по місту |
|-------|----------------------------------|------------------|---|
| 1 | ПАТ «Гнідавський цукровий завод» | 286,9 | 36,2 |
| 2 | ДКП «Луцьктепло» | 117,4 | 14,8 |
| 3 | ДП МОУ ЛРЗ «Мотор» | 88,7 | 11,2 |
| 4 | ТзОВ «Тетрафан» | 41,2 | 5,2 |
| 5 | ПАТ «Теремно Хліб» | 36,1 | 4,6 |

Таблиця 5

Рівень забруднення атмосферного повітря за значенням ІЗА міста Луцька

| Значення ІЗА | Забруднюючі речовини, які визначають високий рівень забруднення атмосферного повітря |
|--------------|--|
| 4,43 | Формальдегід |
| 2,37 | Діоксид азоту |
| 2,2 | Фенол |
| 0,93 | Пил |
| 0,56 | Оксид азоту |

підприємствах, які забруднюють повітря міста Луцька, було проведено 3 інспекційні перевірки підприємств стосовно дотримання нормативів ГДВ і перевірені 8 джерел викидів. Відібрано 51 об'єднану пробу і проведено 231 визначення за чотирма показниками. Перевищень норм викидів виявлено на ТзОВ «Полімер» за трьома показниками: діоксиду азоту, оксиду вуглецю та твердих суспендованих речовинах.

Головне управління Держпродспоживслужби у Волинській області [3] здійснює спостереження за якістю атмосферного повітря у житловій і рекреаційній зонах, зокрема неподалік основних доріг, санітарно-захисних зон і в робочих зонах підприємств, у зонах житлових будинків, розташованих поблизу промислових об'єктів, на території шкіл, дошкільних установ і медичних закладів. Крім того, воно проводить аналіз якості повітря у житловій зоні за скаргами мешканців.

Відомо, що АЗС є джерелами викиду й токсичних речовин, зокрема бутану, метану, бензопірену, одоранту СПМ (суміш природних меркаптанів) бензину пропану тощо. Тому їх вплив треба враховувати при оцінці забруднення атмосферного повітря міста.

З метою отримання більш об'єктивної інформації було не лише використано офіційні статистичні дані, але й проведено моніторинг стану атмосферного повітря в місті за допомогою незалежних сертифікованих лабораторій.

Під час моніторингу забруднення атмосферного повітря на території м. Луцька з урахуванням наявної промислової бази визначені точки відбору проб по всій території міста. Особливу увагу приділено південній промисловій зоні міста.

Для оцінки забруднення атмосферного повітря використовувалися максимально разові показники ГДК таких основних забруднювачів речовин атмосферного повітря міста: СО (оксид вуглецю), SO₂ (діоксид сірки), NO₂ (діоксид азоту), NO (оксид азоту), озон (O₃), пил (фракції PM_{2.5}, PM₁₀, і ΣPM). Відбирання проб здійснювалося протягом світлого часу доби.

Виявлено незначне перевищення максимально разової концентрації діоксиду азоту (NO₂) в точках відбору проб на вул. Ковельська, 52 – 1,1 ГДК (0,220 мг/м³) та в с. Рованці на перетині вулиць Будівельна та Привітна – 1,18 ГДК (0,237 мг/м³) при ГДК 0,20 мг/м³. Ймовірним джерелом забруднення є автомобільний транспорт. Інші показання концентрацій забруднювачів у всіх точках відбору перевищення ГДК не виявлені.

Стислий аналіз даних за результатами досліджень приземного шару атмосферного повітря проведених пересувною спеціалізованою лабораторією та ТОВ «НВО «Екоальянс» виявлено перевищення ГДК на: вул. Ковельській, 52 – 1,1 ГДК діоксиду азоту, ймовірним джерелом впливу в точці відбору є автотранспорт; вул. Мамсурова – 1,1 ГДК аміаку,

місце зливу рідких побутових відходів у міську каналізацію, ймовірним джерелом впливу в точці відбору є місце зливу рідких побутових відходів; вул. Мамсурова – 1,6 ГДК сірководню, місце зливу рідких побутових відходів у міську каналізацію, ймовірним джерелом впливу в точці відбору є місце зливу рідких побутових відходів; в дачному масиві «Світанок» – 1,1 ГДК сірководню, 90 м від полів фільтрації, північний напрям, «Гнідавський цукровий завод», ймовірним джерелом впливу в точці відбору є поля фільтрації.

Зафіксовано незначне перевищення ГДК максимально разової концентрації (0,2 мг/м³) NO₂ (діоксид азоту) в точці 5, вулиця Ковельська, 52 – 0,22 мг/м³ (1,1 ГДК) і в точці 12, с. Рованці (перехрестя вул. Будівельна та Привітна) – 0,237 мг/м³ (1,18 ГДК).

Отже, можна зробити висновок, що за показниками СО (оксид вуглецю), SO₂ (діоксид сірки), NO (оксид азоту) забруднення атмосферного повітря в м. Луцьку не спостерігається.

Найбільші концентрації аміаку (близько ГДК або незначно перевищують) виявлені:

– у межах с. Гірка Полонка, неподалік ресторації «ZAGOROD» (380 м від полів фільтрації Цукрового заводу, південно-східний напрям) та у с. Городище, вул. Байвська, 2 (220 м від полів фільтрації Цукрового заводу, південний напрям), де ймовірним джерелом забруднення є поля фільтрації Цукрового заводу;

– біля Дачного масиву «Світанок» (90 м від полів фільтрації Цукрового заводу, північний напрям), де ймовірними джерелами забруднення є поля фільтрації та ТзОВ «Агідель» (інкубатор);

– за 100 м після ТзОВ «Агідель» (інкубатор) біля 8 лінії Дачного масиву «Світанок»), де ймовірним джерелом забруднення розташовані ТзОВ «Агідель» (інкубатор);

– в районі вул. Мамсурова, де ймовірним джерелом організоване місце зливу рідких побутових відходів у міську каналізацію.

Головні висновки. За даними досліджень забруднення атмосферного повітря у місті Луцьк визначені місця, де спостерігається забруднення повітря вище допустимих нормативів (ГДК): район Дачного масиву «Світанок», де основними джерелами забруднення є поля фільтрації Цукрового заводу, і ТзОВ «Агідель» (інкубатор); район вулиці Мамсурова, де основним джерелом є місце зливання рідких побутових відходів у міську каналізацію; селища Гірка та Городище, де основними джерелами забруднення є поля фільтрації цукрового заводу.

За результатами проведеного аналізу показників викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря можна зробити висновок, що головними причинами, які зумовлюють незадовільний стан атмосферного повітря в місті, є недотримання підприємствами технологічного режиму експлуатації пилогазоочисного устаткування; низькі темпи впровадження сучасних технологій очищення викидів, зростання

кількості автомобільного транспорту, не забезпеченого приладами для нейтралізації відпрацьованих газів. Як наслідок, збільшується кількість викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря.

Наявна кількість постів спостережень за атмосферним повітрям, що існує в м. Луцьку, недостатня. Їхня кількість, розташування та інструментарій не

дозволяють здійснювати оперативний і всебічний моніторинг стану атмосферного повітря, унеможливує ефективне вирішення екологічних задач щодо складання картографічних матеріалів із забруднення, обґрунтування та розробки природоохоронних заходів, спричиняє недоліки у системі інформування населення про реальний стан атмосферного повітря.

Література

1. Звіт про стратегічну екологічну оцінку. Детальний план території в межах вулиць Георгія Гонгадзе та Кліма Савура у місті Луцьк. URL: <https://www.lutskrada.gov.ua/static/content/files/z/sq/soilgxksqho4hlhmqzshltoipxjsqz.pdf> (дата звернення: 17.02.2021).
2. Державна екологічна інспекція у Волинській області. Графік перевірок. URL: <https://voln.dei.gov.ua/> (дата звернення: 17.02.2021).
3. Головне управління Держпродспоживслужби у Волинській області. Плани та звіти заходів державного контролю. URL: <http://voldpss.gov.ua/page/plany-zakhodiv-derzhavnoho-kontroliu/> (дата звернення: 17.02.2021).

ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ

УДК 631.879

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.7-34.35>

ПОПУЛЯРИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ КОМПОСТУВАННЯ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ У ПОБУТОВИХ УМОВАХ

Корбут М.Б., Давидова І.В.

Державний університет «Житомирська політехніка»
вул. Чуднівська, 103, 10005, м. Житомир
korbutmari81@gmail.com, davydvairina2@gmail.com

У роботі викладено результати досліджень щодо популяризації процесу компостування в побутових умовах серед населення за допомогою мікробіологічних добавок.

Метою дослідження була розробка практичної ефективної моделі поводження з біоорганічним складником твердих побутових відходів, при якій мінімізується вплив таких відходів на довкілля та максимально використовується ресурсний потенціал за рахунок організації процесу компостування органічних відходів у побутових умовах.

У процесі дослідження за допомогою соціального опитування визначено ставлення населення до роздільного збору відходів і проблемних моментів, які можуть перешкоджати його запровадженню. Виявлено, що більшість респондентів не знайома з можливостями щодо компостування відходів у побутових умовах, а мешканці багатоповерхівок узагалі вважають процес компостування вдома на кухні квартири недоцільним.

На основі даних дослідження розроблено рекомендації щодо компостування відходів у побутових умовах. У них докладно роз'яснено механізм компостування в побутових умовах і наведено переваги компостування. Більшість респондентів була вражена простотою та позитивними моментами компостування в умовах квартири. Про наміри щодо компостування в побутових умовах свідчать дані екзитполу: 92% опитуваних вирішили розпочати компостування за допомогою ЕМ-бокаші в домашніх умовах.

Одержані результати мають практичний характер, їх можна використовувати для роз'яснювальної роботи серед населення та розробки рекомендацій щодо роздільного збору відходів і компостування органічної частини твердих побутових відходів у побутових умовах.

Виявлено причини неосвіченості населення щодо компостування в побутових умовах. У ході дослідження розроблено алгоритм поводження з органічними відходами в побутових умовах (створений на основі опитування населення, щодо обізнаності на рахунок компостування й готовності використовувати його в своїх домівках) та обґрунтовано переваги використання ЕМ-бокаші при компостуванні органічної частини побутових відходів. Результати дослідження можна застосовувати при оптимізації системи поводження з біоорганічним складником твердих побутових відходів міста Житомир. *Ключові слова:* побутові відходи, компостування, ЕМ-бокаші, роздільний збір відходів.

Popularization of the process of organic waste composting in household conditions. Korbut M., Davydova I.

The paper presents the scientific results of the popularization of the composting process in the home with microbiological additives among the population.

The aim of the study was to develop a practical effective model for the management of the bioorganic component of solid waste, which minimizes the impact of waste on the environment and maximizes resource potential by organizing the process of composting organic waste in the home.

The study using survey found social attitudes towards separate collection and problematic issues that may hinder its implementation. It was found that the majority of respondents are not familiar with the possibilities of the waste composting in the home, and residents of high-rise buildings generally consider the process of composting at home in the kitchen of the apartment inexpedient.

Based on the research data, recommendations for the population of Zhytomyr on composting of household waste have been developed. They explain in detail the mechanism of composting in the home and outline the benefits of such composting. Most respondents were impressed by the simplicity and positive aspects of composting in an apartment. The data of exit polls on composting at home testify to the intentions – 92% of respondents decided to start composting with the help of EM-bokashi at home.

The obtained results are practical, they can be used for explanatory work among the population and development of recommendations on separate waste collection and composting of the organic part of solid household waste in domestic conditions.

The paper identified the causes of ignorance of the population on a household composting conditions. The study developed an algorithm for organic waste handling in the home (created on the basis of public opinion polls on awareness of composting and willingness to use it in their homes) and substantiated the benefits of using EM-bokashi in composting the organic part of household waste. The results of the study can be used in the optimization of the bioorganic component of solid waste in the city of Zhytomyr. *Key words:* household waste, composting, EM-bokashi, separate waste collection.

Постановка проблеми. Сьогодні існування людини стало екологічно небезпечним передусім через утворення та накопичення величезної кількості відходів виробництва і споживання. Особливе місце

в складі муніципальних відходів займають побутові відходи – відходи споживання, які відслужували свій термін у побуті, товари й вироби, а також непотрібні людині продукти або їх залишки [1]. Темпи утво-

рення та накопичення твердих побутових відходів у світі загалом та Україні зокрема створюють небезпеку для життя і здоров'я населення, що зумовлює необхідність регулювання цієї сфери.

Найбільш поширеною практикою поводження з твердими побутовими відходами в Україні є їх захоронення на полігонах і звалищах, якому піддаються близько 95% загального обсягу відходів, що утворюються. Кількість полігонів і звалищ щорічно збільшується на 3–6%. Небезпека твердих побутових відходів для навколишнього природного середовища та людини безпосередньо залежить від їх компонентного складу й умов розміщення. Щоденно один середньостатистичний українець виробляє приблизно 1–1,5 кг відходів, де близько 40–70% становлять харчові відходи або їх пакування [2,3].

Одним із простих і безпечних методів утилізації харчових відходів є їх компостування.

Актуальність дослідження. Сьогодні у світі набувають актуальності концепції запобігання утворенню, мінімізації утворення відходів, їх перероблення й компостування. Пропагуються такі моделі управління продуктами та процесами, які дають змогу зменшити обсяги, небезпеку відходів і матеріалів, зберегти та відновити ресурси, запобігти їх спалюванню чи захороненню. Питання зміни концептуальних підходів до поводження з відходами й перехід від захоронення відходів до запобігання утворенню, зменшення утворення відходів і запровадження сортування, переробки, використання відходів як матеріальних і енергетичних ресурсів є ключовими для досягнення позитивного результату з вирішення проблем з відходами в Україні. Після підписання у 2014 році Угоди про асоціацію з Європейським Союзом Україна зробила європейський вибір у сфері державної екологічної політики, у тому числі й у сфері управління відходами.

Актуальності набуває проблема, пов'язана з неефективним поводженням із твердими побутовими відходами та, зокрема, їх органічним складником. Одним із найефективніших способів вирішення цієї проблеми є компостування – метод виробництва добрив із різних органічних відходів, для отримання екологічно чистої продукції, покращення ґрунту та зменшення біоорганічної частки твердих побутових відходів. Важливим заходом щодо популяризації компостування в побутових умовах є організація системи роздільного збору відходів і проведення інформаційних кампаній серед населення [4; 5].

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Мета дослідження цілком відповідає національному завданню 12.4 «Зменшити обсяг утворення відходів і збільшити обсяг їх переробки та повторного використання на основі інноваційних технологій та виробництв» Цілі сталого розвитку 12: «Забезпечення переходу до раціональних моделей споживання і виробництва».

Також актуальність дослідження підкреслює нова редакція Закону України «Про житлово-комунальні послуги» [6], яка покладає додаткові зобов'язання не тільки на компанії, що надають послуги з вивезення сміття, а й на споживачів їх послуг. Якщо раніше законодавство розглядало роздільний збір відходів лише як одну з можливостей, то тепер у Законі України «Про відходи» чітко вказано, що власники або наймачі, користувачі, у тому числі орендарі, джерел утворення побутових відходів забезпечують роздільне збирання побутових відходів. Обсяг того сміття, яке мешканці будуть виносити в контейнери для роздільного збору відходів (окремо для скла, пластику, паперу тощо), не буде враховуватися при нарахуванні плати за обсяг сміття, що вивозиться.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Одним із простих і безпечних методів утилізації харчових відходів є компостування, яке в природних умовах досить довготривале. Актуальним є пошук нових способів прискорення процесу компостування та його поліпшення. Одним із таких методів є додавання мікробіологічних добавок. Компостування як спосіб поводження з органічним складником відходів є досить перспективним напрямом утилізації та поводження з відходами. Дослідженню протікання та прискорення процесу компостування приділено багато уваги вітчизняних науковців [7–11].

У дослідженнях компостування розглядається як природоохоронна технологія, у процесі якої відбувається деструкція відходів, а результатом є компост, який можна використовувати як добриво та за допомогою якого стимулювати відновлення ґрунтового шару. Компостування є природним і безпечним процесом для навколишнього середовища, але має низку недоліків, основними з яких є довготривалість процесу; складність дотримання постійних умов протягом протікання всього процесу; нестабільна якість вихідного продукту тощо [7–9].

Усі ці недоліки негативно впливають на популярність застосування цього методу на практиці та привертають увагу науковців, які, у свою чергу, досліджують способи прискорення процесу компостування [9].

Додаткове збагачення компостної суміші харчових відходів мікробіологічними добавками прискорює процес дозрівання й посилює ефективність готового компосту. Такий компост не містить патогенної мікрофлори та може використовуватися як добриво.

У ньому спостерігається достатній рівень індексу пророщування, вони не є фітотоксичними. Готовий компост може застосовуватися як добриво в сільському господарстві при вирощуванні агрокультур. Дослідження свідчать про те, що зі збільшенням тривалості зброджування компостованої суміші індекс пророщування насіння збільшується. Колонії мікроорганізмів, що містяться в ЕМ препаратах, прискорюють природний процес – компостування, беручи

активну участь у деструкції компонентів рослинної суміші. Значення рН середовища готового компосту наближені до нейтральних показників [10].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Незважаючи на значну кількість праць, у яких висвітлюються різні аспекти проблеми компостування побутових відходів, часто поза увагою науковців залишається питання використання мікробіологічних добавок для пришвидшення процесу компостування й покращення якості одержаного компосту в домашніх умовах і популяризація процесу компостування серед населення.

Новизна. Метою дослідження була розробка практичної ефективної моделі поводження з біоорганічним складником твердих побутових відходів, при якій мінімізується вплив таких відходів на довкілля та максимально використовується ресурсний потенціал за рахунок організації процесу компостування органічних відходів у побутових умовах. Одним із завдань дослідження для виконання поставленої мети було створення алгоритму поводження з органічними відходами в побутових умовах, який може бути використаний для роз'яснювальної роботи серед населення.

Виклад основного матеріалу. Як вихідні дані використані дані щодо морфологічного складу твердих побутових відходів окремих міст України, а також офіційна статистична й екологічна інформація, що стосується Житомирської області України.

У рамках участі в урбаністично-культурному заході «Майстерня міста Житомир, 2019» з 6 по 9 червня 2019 року автори статті, представники кафедри екології Державного університету «Житомирська політехніка», провели семінар-дискусію, під час якої розглянуто стан звалища побутових відходів м. Житомир і його негативний вплив на територію міста та наведено приклади «цивілізованого» поводження з відходами в європейських країнах. Учасники дискусії обговорили можливості щодо сортування відходів у домашніх умовах, проблеми, які виникають під час їх збору й утилізації, питання, які необхідно вирішити владі для масового запровадження роздільного збору відходів.

Для виявлення ставлення респондентів до роздільного збору відходів і проблемних моментів, які можуть перешкоджати його запровадженню, після закінчення заходу проведено соціологічне опитування «Сприйняття проблеми утилізації відходів мешканцями м. Житомир». Питання були присвячені роздільному збору відходів. Загалом опитування пройшло 98 осіб.

Згідно з опитуванням, більшість респондентів роздільно збирають сміття у своїх домогосподарствах – 64%. Однак респонденти уточнювали, що відсортовують лише деякі види відходів. Серед найбільш популярних для сортування відходів учасники опитування назвали скло й папір, оскільки їх досить

зручно збирати окремо та є достатньо пунктів прийому цього виду вторинної сировини. Крім того, більше ніж половина опитаних відокремлюють із загальної маси побутових відходів пластик (якщо на прибудинковій території є окремий контейнер для пластикових відходів, то жителі зазвичай відбирають і викидають туди пластикові пляшки). Метал сортує незначна кількість жителів м. Житомира у зв'язку з його невеликою кількістю (установлювати в домі окрему ємність для збору металу вони вважають недоцільним). Респонденти демонструють високу свідомість щодо окремого збору відпрацьованих батарей та акумуляторів, вони знають і розуміють, наскільки шкідливими є ці відходи, тож намагаються здавати їх у спеціально організовані точки прийому.

Найбільш активними в роздільному зборі відходів виявилися жителі приватного сектору, які мають більше вільного простору для встановлення ємностей під окремі види відходів і мають можливість для використання відходів органіки як добрива на присадибній ділянці (40% опитаних, які мешкають у приватних будинках, компостують органічні рештки). Однак більшість респондентів не знайома з можливостями щодо компостування відходів у побутових умовах, що прямо залежало від упорядкованості житлового фонду (74% респондентів є мешканцями квартир, а 26% – приватних будинків).

У ході опитування з'ясовано, що мешканці багатопверхівок недостатньо ознайомлені з методами компостування в побутових умовах і вважають процес компостування вдома на кухні квартири дещо «екстремальним». На питання «Ви компостуєте відходи?» відповідь 100% мешканців квартир була категоричною – «Ні».

Ситуація щодо знання методів компостування в побутових умовах також виявилася невітійною: лише 12% знайомі з терміном «вермікомпостування», але не змогли пояснити, що це таке; 5% «щось чули» про компостери з бокаші та 2 людини знали, що таке електричний компостер, завдяки пізнавальним відео із соціальних мереж.

Після короткої роз'яснювальної роботи найбільше респондентів зацікавило компостування за допомогою ЕМ-бокаші, оскільки такий вид компостування забезпечує максимальне виділення поживних речовин і пришвидшує компостування (рис. 1).

Ураховуючи вищесказане, на основі аналізу даних опитування й виявлення проблемних місць створено рекомендації для населення міста Житомира щодо компостування відходів у побутових відходах. У них докладно роз'яснено механізм компостування в побутових умовах і наведено переваги такого компостування. Рекомендації включили алгоритм поводження з органічними відходами в побутових умовах, загальну характеристику ЕМ-бокаші, приготування ЕМ – компосту з кухонних відходів, інгредієнти для створення компосту в побутових умовах (що можна та не можна використовувати),



Рис. 1. Семінар-дискусія щодо перспектив компостування (Майстерня міста Житомира)

Загальна характеристика ЕМ-бокаші

- ЕМ – Бокаші – це збалансоване співтовариство корисних мікроорганізмів різних фізіологічних груп, представлене молочнокислими, фотосинтезуючими, азотфіксуючими бактеріями, дріждзями, актиноміцетами та ін.
- ЕМ – Бокаші використовують для ферментації органічних відходів, приготування ЕМ-компосту та ЕМ-пастов.
- ЕМ Бокаші швидко прискорюють ферментацію та компостування будь-яких органічних решток – трав, бур'янів, листя, гірких харчових відходів, гною та фекалій, перетворюючи їх у корисне добриво для рослин (ЕМ-компост) за 2-3 місяці.
- Під час виготовлення ЕМ-компосту з харчових відходів на кожні кг внутрішні ЕМ-бокаші складають приблизно 5 склянок (250 г) на 20-ти літрове відро.

Інгредієнти для створення компосту в побутових умовах

ЩО МОЖНА ВИКОРИСТОВУВАТИ

- засохлий хліб,
- залишки овочів, фруктів,
- опале листя кімнатних рослин,
- яйця, разом з подрібненою шкаралупою,
- чорний хліб,
- використаний чай.

ЩО НЕ МОЖНА ВИКОРИСТОВУВАТИ:

- кістки і насіння,
- цитрусові,
- м'ясо і риба;
- листя рослин, якщо ті були звориними;
- оброблена деревина або її тирса;
- олійні виробки;
- продукти життєдіяльності домашніх вихованців.

Приклади тари для компостування



Результати використання «компостного чаю» ЕМ-бокаші в якості підживлення кімнатних рослин



1, 2 – 112 рослина без підживлення, 3, 4 – ті самі рослини з підживленням «компостним чаєм» ЕМ-бокаші

Алгоритм поводження з органічними відходами в побутових умовах: приготування ЕМ – компосту із кухонних відходів

- Крок 1. Приготуйте відрок для компостування, розмістіть на його дні якомога більшість ЕМ-бокаші.
- Крок 2. Подрібніть органічні відходи, такі як: лушпиння, шкаралупи чи інші нещадні до споживання овочі та фрукти (не залишайте! – кістка може заразити компост), і вкиньте до відрок.
- Крок 3. Складіть на дві відрок для компостування відходи порівню величезною кількістю ЕМ-бокаші. Притисніть відходи у відрок, так, щоб максимально усунути повітря з-поміж них. Захрийте щільно кришкою відрок, так, щоб уникнути доступу кисню всередину.
- Крок 4. Кожні 2-3 дні збирайте рештки, що відділюються з майбутнього компосту (відкручуючи крию біля дна відрок). Загосподуйте її, розбавивши водою у співвідношенні 1:1000, для удобрення рослин у саду чи кімнатних рослин у горщиках.
- Крок 5. Залиште відрок закритим щонайменше на 2 тижні у теплій місці, для інтенсифікації процесу компостування.



Рис. 2. Візуалізація рекомендацій щодо компостування в побутових умовах

прикладі тари для компостування, пояснення щодо використання «компостного чаю» ЕМ-бокаші як підживлення кімнатних рослин, рекомендації щодо внесення ЕМ-компосту (рис 2).

У рамках експерименту рекомендації презентовано серед гостей та учасників заходу «Червоне ЕкоФест», який відбувся 28 червня 2019 року в смт. Червоне Житомирського району [11]. Інформація знайшла відгук серед учасників фестивалю. Більшість респондентів (опитування пройшло 105 осіб) вражена простотою та позитивними моментами компостування в умовах квартири. Про наміри щодо компостування в побутових умовах свідчать дані екзот-полу: 92% вирішили розпочати компостування за допомогою ЕМ-бокаші вдома.

Як показали результати дослідження, причини неосвіченості населення щодо компостування в побутових умовах полягають не в недостатній екологічній свідомості, а криються, на думку авторів, набагато глибше. По-перше, це відсутність інформації щодо процесів, які відбуваються з відходами, коли вони потрапляють за межі квартири (як правило, пересічних громадян вражають і змушують замислитися дані щодо кількості відходів, які утворюються в їхньому побуті, і те, що в подальшому відбувається з відходами на звалищах). По-друге, людей лякає сам процес компостування відходів у побутових умовах через відсутність простого алгоритму та непопулярність процесу компостування серед населення. До сьогодні процес сприймається як дещо незвичайне й не потрібне. По-третє, відсутність стимулювання та злагодженого механізму дій на державному рівні [12].

Головні висновки. У ході дослідження розроблено алгоритм поводження з органічними відходами в побутових умовах (створений на основі опитування населення щодо обізнаності на рахунок компостування та готовності використовувати його у своїх домівках) та обґрунтовано переваги використання ЕМ-бокаші при компостуванні органічної частини відходів побутових відходів.

Компостування біоорганічної частини твердих побутових відходів може надати незаперечну екологічну, соціальну й економічну користь шляхом:

- зменшення біоорганічної частки твердих побутових відходів, які потрапляють на звалища (а це, у свою чергу, зменшить не лише площі звалищ, а й викиди звалищного біогазу, у склад якого входить 35–70% метану),

- отримання екологічно чистої продукції, покращення ґрунту шляхом унесення отриманого компосту,

- заощадження коштів (оскільки зміни в українському законодавстві передбачають фактично безкоштовне вивезення розсортованих відходів).

Перспективи використання результатів дослідження. Одержані результати мають практичний характер, їх можна використовувати для роз'яснювальної роботи серед населення та розробки рекомендацій щодо актуальності роздільного збору відходів і компостування органічної частини твердих побутових відходів у побутових умовах. Результати дослідження можна застосовувати при оптимізації системи поводження з біоорганічним складником твердих побутових відходів міста Житомира, яка має низку недоліків.

Література

1. Про відходи : Закон України від 05.03.1998 № 187/98-ВР (зі змінами від 13.04.2020) / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/187/98-%D0%B2%D1%80#Text>.
2. Мальований М.С., Мяновська М.Б., Бахарев В.С. Склад та потенційні запаси вторинної сировини в твердих побутових відходах міста Житомира. *Екологічна безпека*. 2013. № 1 (15). С. 83–88. URL: [http://www.kdu.edu.ua/ЕКВ_журнал/2013_1\(15\)/Pdf/83.pdf](http://www.kdu.edu.ua/ЕКВ_журнал/2013_1(15)/Pdf/83.pdf).
3. Приходько В.Ю., Гюльяхмедова К.Р. Характеристика біоорганічної складової твердих побутових відходів. *Вісник ХНУ*. 2018. Вип. 19. С. 82–90.
4. Крайні європейські практики управління відходами : посібник / А. Войціховська, О. Кравченко, О. Мельник-Забрамна, М. Панькевич ; за заг. ред. О. Кравченко. Львів : Компанія «Манускрипт», 2019. 64 с.
5. Організація ефективного поводження з відходами: як діяти органам місцевого самоврядування : посібник для органів місцевого самоврядування / А. Войціховська, Н. Куць, М. Панькевич, Л. Тимошук ; за заг. ред. О. Кравченко. Львів : Компанія «Манускрипт», 2018. 108 с.
6. Про житлово-комунальні послуги : Закон України від 09.11.2017 № 2189-VIII (зі змінами від 30.03.2020) / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2189-19#Text>.
7. Сагдєєва О.А., Крусір Г.В., Цикало А.Л. Дослідження процесів компостування харчової складової твердих побутових відходів. *Техногенно-екологічна безпека*. 2018. № 4(2). С. 13–23.
8. Розробка ключових елементів поводження з відходами: та енергоефективності / В. Соколова, Г. Крусір, Т. Шпирко, І. Кузнецова, І. Коваленко. *Scientific Works*. 2019. Том 83 № 1. С. 21–26.
9. Білецька Г.А., Матюшенко І.В. Компостування органічних відходів у побутових умовах. *Природничий альманах. Серія «Біологічні науки»*. 2019. Вип. 26. С. 16–23. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pasbn_2019_26_4.
10. Дослідження впливу мікробіологічної добавки «Байкал ЕМ» на процес компостування суміші харчових відходів / В.І. Соколова, Г.В. Крусір, О.А. Сагдєєва, І.В. Коваленко, І.О. Кузнецова. *Науково-технічний журнал «Техногенно-екологічна безпека»*. 2020. № 7 (1). С. 57–63.
11. Давидова І.В., Корбут М.Б., Бондарчук В.М. Оцінка дієвості засобів пропаганди екологічних знань. *Екологічні науки : науково-практичний журнал*. 2020. № 4 (31). С. 218–224.
12. Prykhodko V., Safranov T., Shanina T. Сучасний стан сфери управління та поводження з твердими побутовими відходами в Україні. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2019. № 32. С. 58–66.

АНАЛІЗ СТАНУ ІНТЕГРОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ БАГАТОТОННАЖНИХ ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ НА ВІННИЧЧИНІ

Петрук Р.В., Петрук В.Г., Кравець Н.М.

Інститут екологічної безпеки та моніторингу довкілля
Вінницького національного технічного університету
Хмельницьке шосе, 95, 21000, м. Вінниця
pgroma07@gmail.com, petrukvg@gmail.com, kravets19950401@gmail.com

Робота присвячена аналізу сучасного стану управління та поводження саме з промисловими відходами на Вінниччині. Вони поділяються на декілька основних видів, а саме: каолінового виробництва, підприємств каменеподрібнення та каменепилення (як гранітних, так і вапнякових), технологічного каменю для виробництва цукру, а потім і дефекату, відходів теплоенергетики та підприємств хімічної й харчової промисловостей. У результаті ретельного аналізу констатується, що у Вінницькій області комплексним методом та інтегрованому управлінню екологічною безпекою промислових відходів приділяється неналежна увага, хоч вони згубно впливають на довкілля і людину, а їх потрібно розглядати не як різні класи відходів, а виключно як невикористану сировину.

Первинний каолін являє собою глинисті утворення, основою яких є мінерал каолініт. Крім каолініту, до їх складу входять кварц, іноді мікроклін і гідрослюди. Родовища є на території України є у Вінницькій, Житомирській (Новоград-Волинський район, с. Немильня), Кіровоградській, Дніпропетровській, Запорізькій, Сумській (Полошки), Черкаській і Донецькій областях. Діапазон використання каолінів надзвичайно широкий: паперова продукція, керамічна (порцеляна, фаянс), електротехнічна (ізолятори), вогнетривка, алюмінієве виробництво, текстильна, кабельна, гумова, хімічна, миловарна, парфумерна продукція, виробництво олівців і мінеральних фарб, наповнювач у фармацевтиці.

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

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

Крім того, у Вінницькій області є інші багатотоннажні промислові відходи, зокрема хімічні, харчові тощо. *Ключові слова:* екологічна безпека, управління відходами, промислові відходи, технології захисту довкілля.

Analysis of the state of integrated environmental safety management of heavy industrial waste in Vinnytsia region. Petruk R., Petruk V., Kravets N.

The work is devoted to the analysis of the current state of management and treatment of industrial waste in Vinnytsia region. They are divided into several main types, namely: kaolin production, stone crushing and stone-forming enterprises (both granite and limestone), technological stone for sugar production, and then the defect, due to heat and chemical and food industries. As a result of careful analysis it is stated that in Vinnytsia region there is no independent attention to complex methods and integrated management of ecological safety of industrial waste, although they have a detrimental effect on the environment and man, and they should not be considered as different classes of waste, but only as unused raw materials.

Primary kaolin is a clay formation based on the mineral kaolinite. In addition to kaolinite, they include quartz, sometimes microcline and hydromica. There are deposits on the territory of Ukraine in Vinnytsia, Zhytomyr (Novohrad-Volynskyi district, Nemylnya village), Kirovohrad, Dnipropetrovsk, Zaporizhia, Sumy (Poloshky), Cherkasy and Donetsk regions. The range of use of kaolins is extremely wide: paper products, ceramic (porcelain, faience), electrical (insulators), refractory, aluminum production, textile, cable, rubber, chemical, soap, perfume products, production of pencils and mineral paints, filler in paints.

Vinnytsia region is one of the main producers of building stone in Ukraine. There are more than 60 quarries in it. They undergo various technological processes of stone crushing and stone sawing. As a result of extraction and sawing of this raw material, a significant amount of waste is generated in the form of limestone flour, which, like building block products, is widely used in wholesale and retail trade for various purposes. Widespread is limestone, which is a sedimentary y, consisting mainly of calcite with admixtures of clay material, silica, iron oxides and others.

Widespread use of limestone, which is a sedimentary rock consisting mainly of calcite with admixtures of clay, silica, iron oxides and others. The most common type of calcium carbonate. Deposits of moss and numulite sawdust limestones are being developed in the Black Sea region, in Vinnytsia, Khmelnytsky, Chernivtsi, Dnipropetrovsk and other regions. Limestone is widely used as a building material, fine-grained varieties are used to create sculptures. Calcining limestone gives quicklime – an important binder that is used extensively in construction. One of the main building materials derived from limestone is limestone rubble, which is widely used in road construction and concrete production. In addition, in Vinnytsia region there are other large-tonnage industrial wastes, in particular, chemical, food, etc. *Key words:* ecological safety, waste management, industrial waste, environmental protection technologies.

Постановка проблеми. Надра Вінниччини багаті корисними копалинами. Тут розвідані й добуваються залежі каоліну, вапняків, зокрема, для цукрової та будівельної галузей, кристалічних порід для виробництва буту і щебеню, декоративно-облицювальних гранітів, пильних вапняків, будівельних пісків, а також абразивних матеріалів – гранатів тощо. Окрім власних корисних копалин, в області перероблялися й використовуються сьогодні привізні мінеральні матеріали та речовини, зокрема донецьке вугілля, донедавна – кольські апатити й африканські фосфорити тощо. Отже, у результаті добування та переробки цих речовин і матеріалів в області утворилися і зростають значні об'єми гірничопромислових золошлакових і хімічних відходів, зберігання яких сприяє значному забрудненню довкілля, а також шкідливо впливає на здоров'я людей і стан тваринного та рослинного світу. При цьому якщо ТПВ й небезпечні відходи періодично досліджуються, то багатотоннажним промисловим відходам у Вінницькій області (рис. 1) приділяється значно менше уваги. Разом із тим, переробивши їх на корисні вторинні продукти, держава й область мали б значний екологічний, економічний і соціальний ефекти.

Виклад основного матеріалу. Отже, здійснимо аналіз і дамо вичерпну характеристику основних видів промислових відходів у Вінницькій області.

1. Відходи каолінового виробництва

Каолін (біла глина) добувається в північній частині території області, а саме в Козятинському та Липовецькому районах. При цьому первинні каоліни містять приблизно половину, власне, каоліну та інша частина – кварцовий пісок і до 1% – інших мінералів. Як відомо, ця мінеральна сировина утворилася в результаті глибоких хімічних і метеорологічних вивітрювань і вимивань кристалічних (гранітних) материнських порід протягом тривалого геологічного періоду (десятки мільйонів років). При цьому каолін знаходить своє застосування в багатьох галузях промисловості та людської діяльності, а саме: парфумерній, паперовій, гумотехнічній,

фарфоро-фаянсовій, харчовій тощо. Зрозуміло, що отримання чистого каоліну передбачає використання технології збагачення або розділення первинної сировини на каолін і пісок з використанням рідкого силікату натрію або каустичної соди в дезінтеграторних барабанах. При цьому каолін розмокає в реактивній воді з утворенням пульпи, після чого збагачена суспензія в шнекових ваннах розділяється: піщана фракція осаджується, утворюючи підрешітковий продукт (піщано-галечні відходи), а надрешітковий, власне, каолін – проходить ще декілька стадій очищення, промивки, сушки й отримання товарного продукту. У результаті утворюються значні об'єми піщано-галечних відходів, які транспортуються у відвали. Їх накопичено вже близько 10 млн. тонн. До речі, установлена їх підвищена радіоактивність унаслідок присутності торієвмісних мінералів (циркон, монацит, апатит, сфен тощо). Усе це згубно впливає на довкілля, а тому потребує додаткових досліджень з метою практичного застосування галечних і мілкозернистих піщаних відходів каолінового виробництва, зокрема, у дорожньо-будівельних роботах тощо [1].

2. Відходи каменеподрібнення та каменепилення

Вінницька область є однією з головних в Україні виробників будівельного каміння, зокрема щебеню. Кар'єрів у ній нараховується понад 60. У них відбуваються різноманітні технологічні процеси каменеподрібнення та каменепилення [2]. У результаті утворюється товарна продукція: фракціонований щебінь, бутовий камінь, гранітний відсів тощо, які повністю використовуються в будівельній та автодорожній галузях, в облаштуванні дамб і гребель тощо. При цьому щорічно утворюється близько 1 млн. м³ відсіву кристалічних порід. Породи Подільських гранітів характеризуються високою міцністю, зносо- та морозостійкістю зі щільністю (густиною) до 3 г/см³ і міцністю до 200 і більше МПа. Доречно зазначити, що в Іванівському кар'єрі добувають граніт, у якому міститься до 30% гранату, який є цінною сировиною

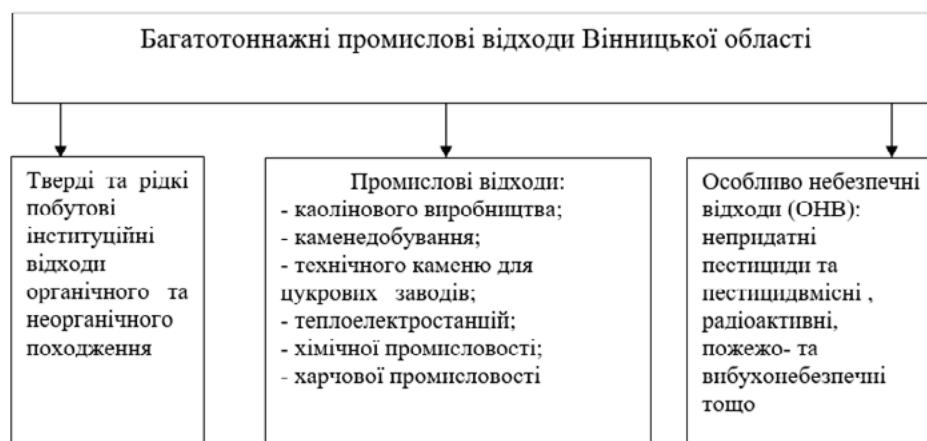
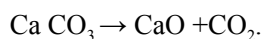


Рис. 1. Багатотоннажні промислові відходи Вінницької області

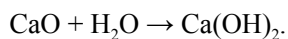
для виробництва абразивів, фрикційних матеріалів тертя й інших шліф-матеріалів. Крім того, в області здійснюється добування пильного каменю та блоків на понад 20 підприємствах (19 шахт і 2 кар'єри) з вапняків неогенового періоду. Більшість їх є високоякісні вапняки з умістом карбонатів кальцію та магнію понад 92%. Низькоякісні вапняки містять певну кількість оксидів кремнію, тобто фактично піску. Щільність їх до 2,8 г/см³, а міцність – до одиниць МПа. Пильний камінь-вапняк добувається як шахтним способом, так і надземним, але перший є мало-ефективним. У результаті добування та розпиловки цієї сировини утворюється значна кількість відходів у вигляді вапнякової муки, яка так само, як і будівельна блочна продукція, широко використовується в оптово-роздрібній торгівлі для різних цілей.

3. Відходи й добування технологічного каменю для виробництва цукру

Технологічний камінь-вапняк для цієї мети добувається на 3 місцевих родовищах, а споживачами є численні цукрові заводи Вінниччини (раніше – 40, а на теперішній час менше ніж 10 заводів) і сусідніх областей. Щоправда, для цукрових заводів північної частини Вінницької області завозиться камінь з Негінського кар'єру Хмельницької області. Такий камінь-вапняк використовується на цукрових заводах як фільтри, через які промивається забруднена землею бурякова маса. У результаті такої технології вапняк сорбує земельні домішки й утворюється своєрідна маса, яка називається дефека́т і має брудно-сірий колір. Він, як і вапнякова мука, є прекрасним меліорантом, що сприяє вапнуванню кислих ґрунтів і різкому підвищенню урожайності сільськогосподарських культур. Отже, така цінна сировина повністю використовується в сільськогосподарському виробництві. Крім того, вапнякові відходи можна використовувати для виробництва вапна за загальною схемою:



При цьому вапняк просто випалюється з отриманням CaO, тобто негашеного вапна, яке потім, після взаємодії з водою, може утворювати гашене вапно за спрощеною схемою:



Отже, без гашеного й негашеного вапна важко уявити сьогodнішню лакофарбну промисловість, будівельну галузь і безліч відповідних технологічних процесів.

4. Відходи теплоенергетики

При спалюванні привозного високозольного донецького (раніше – з Ясинуватої) вугілля, зокрема, на Ладизинській ТЕС утворюються значні об'єми золошлакових відходів у вигляді золи-виносу, золи-гідровидалення, золошлакової суміші, відвальної сажі, пилу, які містять скло, оксиди металів, зерна магнетиту, кварцу, муліту, карбонатних

матеріалів, випалену глину та безліч інших компонентів. Усе це, безперечно, «зобов'язане» особливостям хімічного складу низькоякісного донецького вугілля (не беручи до уваги антрацити). Отже, за хімічним складом золошлаки Ладизинської ТЕС належать до кислих низькокальцієвих матеріалів з високим умістом оксидів заліза та алюмінію, пірокарбону, оксидів кремнію тощо. Це означає, що такі золошлаки відповідають вимогам різних ГОСТів та ОСТів (наприклад: 25592-83, 25818-83 тощо) до виробництва бетонів, головне, у виготовленні стінових будівельних матеріалів (власне, шлакоблоки тощо). Разом із тим технологія спалювання й отримання тепла на Ладизинській ТЕС передбачає використання не тільки вугілля, а й природного газу, що автоматично зменшує золошлакові відходи. Однак золошлакові відходи не знаходять належного їх використання й вивозяться у відвали, площа яких сьогодні перевищує 200 га з декількома десятками млн. тонн золошлакової суміші, які згубно впливають на довкілля, на прилеглі до річки Південний Буг ландшафти, на підземні води тощо. Проте вони могли б з успіхом використовуватись на заводах залізобетонних виробів, на цементних заводах, на підприємствах стінових будівельних матеріалів із керамзитозолобетону, комірчатого газобетону, силікатної цегли та інших будівельних матеріалів.

5. Відходи хімічної промисловості

Мова тут передусім іде про колишній Вінницький хімічний завод з виробництва мінеральних добрив, зокрема фосфатних, на основі привозних збагачених апатитових руд Хібінського родовища, а також африканських фосфоритів. Сьогодні завод функціонує лишень у частині виробництва миючих засобів. Основне виробництво зупинилося ще декілька десятків років тому. Однак славнозвісний «Хімпром» залишив по собі страшний спадок у вигляді величезних відвалів фосфогіпсів, загальна тоннажність яких сягає понад 400 тис. тонн. До складу фосфогіпсу входять оксиди металів, передусім кальцію, залишків сульфатної кислоти, зовсім небагато (1–1,5%) P₂O₅ і стільки ж фтору тощо [1; 3].

Проте фосфогіпс мав би використовуватися в сільському господарстві, зокрема, південних областей України для гіпсування засоленних ґрунтів. Однак значна вартість їх перевезення стримує їх корисне застосування. Отже, фосфогіпсові відвали негативно впливають на довкілля, на урбосередовище м. Вінниці, проникають у підземні горизонти й наземні стоки річки Тяжилівка (притока Південного Бугу) тощо. Разом із тим їх можна використовувати при виробництві будівельних матеріалів, у цементній промисловості як мінералізуючу добавку та для інших корисних цілей.

Іншими хімічними відходами на Вінниччині є непридатні до використання пестицидні препарати й інші пестицидовмісні відходи (конструкції хіміскладів, використана з-під пестицидів і ХЗЗР тара тощо),

яких ще й досі нараховується близько 1000 тонн на складах і сховищах, окремо на Джуринському отрутомогильнику ще понад 2000 тонн. Вони належать до особливо небезпечних для довкілля й людини відходів 1 і 2 класів небезпеки, а тому потребують особливої уваги та негайного інженерно-технологічного вирішення цієї проблеми на державному рівні.

6. Відходи харчової галузі

На Вінниччині, як і по всій Україні, стрімко накопичуються харчові відходи. При цьому Вінницька область є одним із найпотужніших аграрно-промислових центрів держави. В області діє безліч підприємств харчової галузі. Це маслосирзаводи, цукрові, спиртові та горілчані, підприємства хлібобулочних, кондитерських та інших харчових продуктів. Тут успішно діють потужні концерни «Рошен», «Nemiroff», олієжиркомбінат тощо. При цьому в середньому один громадянин у рік викидає в смітник 250–300 кг побутових відходів, половина з яких є харчовими, а переробка й утилізація цієї цінної сировини в містах не налагоджена повною мірою (окрім сільської місцевості, у якій такого роду відходи використовуються повністю: частина їх іде на корм домашнім тваринам, а інша – у помийні чи компостні ями). При цьому відходи цих виробництв, як правило, потрапляють у водні об'єкти, звалища, полігони, призводячи до збільшення забруднення та санітарно-епідеміологічних проблем [3].

Разом із тим вони є й цінною сировиною, з якої можна отримати й органічні добрива, і біогаз тощо. Однак чіткої системи управління та поводження із цим видом органічних відходів в області не існує, так само як і належної системи моніторингу й контролю за їх використанням. Приклад розвинених країн Європи і світу свідчить про протилежне. Зокрема, на сміттєпереробних заводах є окремі ділянки, де ці відходи складаються в бурти або ями, додаються каталізатори або ензими для їх інтенсивної біоферментації й у результаті отримується цінна сировина: компост, органічні добрива, перегній, біогаз тощо,

які з успіхом використовуються, зокрема, у сільсько-господарському виробництві.

Головні висновки. Отже, на території Вінниччини разом із велетенськими обсягами твердих побутових відходів, які зберігаються значною мірою на несанкціонованих звалищах і полігонах, накопичено значні кількості й промислових відходів, що часто не знаходять практичного використання. Водночас вони згубно впливають на довкілля, на живі екосистеми. Але при розумному їх інтегрованому управлінні та поводженні з ними вони мали б бути зараховані не до відходів, а до тимчасово невикористаної сировини, яку необхідно переробити, запустити в рециклінг та з якої отримати корисну вторинну продукцію. При цьому вивільняються десятки тисяч гектарів територій, які можна буде теж використати або з рекреаційною метою, або для сільськогосподарського виробництва тощо. У результаті досягається значний екологічний, соціальний та економічний ефекти, оскільки при цьому здійснюється всебічна робота щодо збереження й відновлення природних ландшафтів, оздоровлення середовища проживання людини та інших живих систем. Крім того, це має бути й стимулом для всебічного впровадження маловідходних і замкнених технологій переробки відходів, запобігання їх новому утворенню в рамках удосконалення та реформування чинної системи управління й поводження з відходами. У результаті потрібно застосовувати оптимізовану систему інтегрованого управління екологічною безпекою всіх видів промислових і побутових відходів, яка на підсистемному рівні даватиме змогу застосовувати комплексні методи та здійснювати інтегровані управлінські дії до всіх компонентів вищезазначених промислових відходів. Це, безперечно, дасть можливість підвищити екологічну безпеку території Вінницької області й значною мірою зменшити рівень її забруднення на основі принципів відповідності засадам економіки замкненого циклу та концепції (стратегії) сталого (збалансованого) розвитку.

Література

1. Снісар Н.Г., Бенг О.І., Яцун В.К. Комплексне використання промислових відходів у Вінницькій області. Одеса : Маяк, 1991. 88 с.
2. Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 року : Розпорядження Кабміну України від 08.11.2017 № 820-р.
3. Регіональний план управління відходами Вінницької області на період до 2030 року. Швейцарсько-український проект DESRO. Вінниця, 2020. 556 с.

ПРОБЛЕМИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

УДК 331.41

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.7-34.37>

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА УКРАЇНИ В КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Кратко О.В.¹, Мунтян Л.Я.², Демчук Л.І.³

¹Кременецька обласна гуманітарно-педагогічна академія імені Тараса Шевченка
пров. Лицейний, 1, 47003, м. Кременець, Тернопільська обл.

²Чорноморський національний університет імені Петра Могили
вул. 68 Десантників, 54000, м. Миколаїв

³Державний університет «Житомирська політехніка»
вул. Чуднівська, 103, 10005, м. Житомир

kratkoolya@gmail.com, lili.muntyan@gmail.com, lyudvig1980@i.ua

Наукова стаття являє собою оригінальне дослідження поточного стану та перспектив зміцнення екологічної безпеки України в контексті стимулювання соціально-економічного розвитку держави.

Оскільки в умовах сьогодення екологічна безпека є ознакою цивілізованої держави, визначає ступінь захищеності окремої людини, а також суспільства загалом, то її забезпечення на сучасному етапі розвитку залишається пріоритетним завданням у структурі державної політики щодо вдосконалення управління природоохоронною сферою.

У статті розглядається поняття, а також ознаки екологічної безпеки держави як ключового елементу мультикомпонентної системи загальнонаціональної безпеки України; визначається роль екологічної безпеки в структурі взаємозв'язків різних видів безпек.

Дослідження проблематики здійснювалося завдяки застосуванню методів порівняння, абстракції, аналізу й узагальнення.

Здійснено обґрунтування загроз, ризиків і викликів, що несуть у собі сучасні антропогенні трансформації довкілля. Визначено, що рівень екологічної безпеки держави формується в тісному взаємозв'язку з техногенними та іншими екологічними загрозами, які виникають унаслідок негативного впливу з боку загостреної політичної та соціально-економічної ситуації в Україні. Подолання наявних загроз більшою мірою залежить від стану законодавства, яке формує нормативно-правові основи забезпечення екологічної безпеки держави, загальнодержавної стратегії реалізації екологічної політики України на майбутні періоди, а також здатності держави знайти соціально-економічні, політичні та правові механізми вирішення новостворених для країни екологічних проблем.

На основі теоретико-методологічного аналізу узагальнено ключові принципи та дієві методи зміцнення рівня екологічної безпеки держави, визначено перспективи вдосконалення державної системи контролю й управління охороною навколишнього природного середовища в контексті стимулювання сталого розвитку України. *Ключові слова:* екологічна безпека, навколишнє природне середовище, національна безпека України, державне управління природоохоронною діяльністю, державна екологічна політика України, трансформація довкілля, Стратегія сталого розвитку України.

Environmental safety of ukraine in the context of sustainable development. Kratko O., Muntian L., Demchuk L.I.

The article is devoted to the analysis of the current state and the prospects of regulating environmental safety in Ukraine in the context of an integrated strategy to promote economic and social development.

In today's conditions, when there are rapid changes worldwide, enhancing the role of the ecological safety is an indicator of civilized nation; ecological safety determines the level of protection of the population. So, the ecological safety is the priority of state policy in the context of improvement environment at the current stage of humankind's development.

In this scientific paper, the concept and characteristics of ecological safety as an essential element of national security of Ukraine are briefly introduced; role and place of environmental security in the system of relationships of different types of security are considered.

Comparison, methods of abstraction, analysis and generalization are the research methods which were used in the article.

Challenges, threats and risks, which contain the anthropogenic transformation of the environment, are analyzed in this scientific paper. The level of ecological safety has close liaison with technological or other environmental issues occurring in countries because of political, social and economic difficulties. With respect to threat minimizers, first of all, improvement of the legislative framework, including the enhancement of the legislative and institutional framework, as well as strategies for the further protection and promotion of ecological safety are needed. Secondly, there are a need for a social, economic, political and legal instruments and mechanisms for compliance, supported by a legal framework, with which to face the most diverse global environmental challenges.

Based on the a theoretical and methodological analysis contained in the article, the main principles, efficient methods and operating instruments of environmental safety regulation are generalized. Prospects for improving the state environmental management and monitoring system in the context of an integrated strategy to promote sustainable development are identified. *Key words:* ecological safety, the environment, national security of Ukraine, state environmental management, state ecological policy of Ukraine, the transformation of the environment, Strategy of sustainable development of Ukraine.

Постановка проблеми. На етапі активної глобалізації та динамічного розвитку соціально-економічних процесів екологічна безпека держави стає пріоритетом у структурі мультикомпонентної системи управління загальнонаціональною безпекою країни. Цілі сталого розвитку України [1] можна узагальнити в таку стратегічну мету – забезпечення високого рівня та якості життя громадян; її досягнення неможливе без урахування особливостей поточного стану соціально-економічного розвитку держави, а також пріоритетів збереження рівня загальнонаціональної безпеки України. Охорона навколишнього середовища є базовим вектором удосконаленої концепції припинення деградації природних екосистем. У свою чергу, саме раціональна екологічна політика сприяє формуванню сприятливих умов для діяльності нинішнього та майбутніх поколінь, що безпосередньо впливає на загальний рівень якості життя громадян та інтелектуальний рівень людського потенціалу зокрема.

Актуальність дослідження. На сучасному етапі впровадження змін в організацію соціально-економічних процесів обґрунтування ролі та ефективності управління екологічною безпекою України є актуальним завданням, оскільки розробка новітніх інструментів і механізмів впливу на стан довкілля є необхідною саме в умовах здійснення трансформацій. Відповідно, дослідження окресленої проблематики є важливим етапом на шляху збалансування інтересів сучасного людства з процесами забезпечення належного стану навколишнього природного середовища.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням стану екологічної безпеки України, а також заходам щодо оптимізації державного управління природоохоронною діяльністю в контексті стимулювання сталого розвитку присвячено праці багатьох науковців. Зокрема, теоретико-методологічні аспекти екологічної безпеки України досліджували такі вчені, як І. Варламова [2], Є. Хлобистов, Л. Жарова [3] та інші. Праці окремих дослідників містять обґрунтування важливості забезпечення екологічної безпеки не лише на загальнодержавному рівні, а й на рівні регіонів України. Зокрема, М. Андрієнко й В. Шако [4] проаналізували позитивний європейський досвід щодо реалізації державної екологічної політики в контексті стимулювання регіонального розвитку, узагальнили основні принципи й чинні інструменти регулювання екологічної безпеки країн ЄС і, як результат, запропонували адаптовані до вітчизняних реалій механізми впливу на стан довкілля. Такі вчені, як О. Лазор, Л. Якушенко, Н. Селиванова, Д. Зеркалов, О. Бондарь, П. Фесянов [5], О. Шаповалова, М. Хвесик, В. Кравців, В. Поляков, М. Кірова [6] та інші, дослідили аспекти реалізації державної екологічної політики на регіональному рівні в різних країнах ЄС і світу.

Труднощі реалізації екологічної політики в умовах загостреної політичної ситуації досліджено І. Личенко [7]. Дослідник здійснив аналіз організацій-

но-правових засад вирішення проблем екологічної безпеки тимчасово окупованих територій Донецької та Луганської областей, а також визначив концептуальні основи комплексної програми подолання негативних наслідків бойових дій у контексті стимулювання соціально-економічного розвитку територій.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Праці наведених дослідників усебічно характеризують поточні проблеми стану екологічної безпеки України, проте науковці повною мірою не визначили пріоритетні напрями та перспективи трансформації підходів державного управління природоохоронною діяльністю в умовах реалізації публічними органами влади Основних засад (стратегії) державної екологічної політики України на період до 2030 року.

Відповідно, прийняття Україною оновлених положень державної екологічної політики створило нагальну потребу в розробці ефективних інструментів управління екологічною безпекою держави. Крім того, важливість трансформації чинних механізмів впливу на стан довкілля визначено новітньою світоглядною парадигмою – моделлю досягнення балансу між трьома складниками сталого розвитку: економічним, соціальним та екологічним. Окреслені аспекти підтверджують **новизну** дослідження.

Методологічне або загальнонаукове значення. Метою написання наукової статті є аналіз стану, забезпеченості й перспектив зміцнення екологічної безпеки України в контексті стимулювання соціально-економічного розвитку держави. Для досягнення поставленої мети в процесі дослідження сформовано й вирішено важливі наукові та практичні завдання, а саме:

- охарактеризувати сутність поняття екологічної безпеки України шляхом детермінування ключових ознак категорії;
- проаналізувати екологічну безпеку України в контексті реалізації Стратегії сталого розвитку;
- визначити ключові загрози й перешкоди на шляху зміцнення екологічної безпеки держави;
- окреслити перспективи зміцнення екологічної безпеки держави в умовах сталого розвитку України.

Виклад основного матеріалу. В умовах стрімкого індустріального розвитку фундаментальною цінністю залишається безпека, захист якої забезпечується дотриманням права громадян на безпечне навколишнє природне середовище, а також якість цього середовища. Статтею 50 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» екологічну безпеку держави визначено як «такий стан навколишнього природного середовища, при якому забезпечується попередження погіршення екологічної обстановки та виникнення небезпеки для здоров'я людей» [8]. З позиції системності екологічну безпеку держави варто розглядати як «здатність системи «довкілля – соціум – економіка»

зберігати рівновагу і збалансованість на основі динамічного відновлення й самовдосконалення, протистояти зовнішнім і внутрішнім загрозам і викликам і забезпечувати прийнятні рівні ризику життєдіяльності населення і стійкості соціально-економічного розвитку, а також відтворення природного і соціально-економічного потенціалу» [9]. Екологічна безпека розуміється з декількох позицій:

– по-перше, як якісна характеристика системи, при якій відсутня загроза нанесення збитку природному середовищу і здоров'ю населення, нормальному розвитку соціально-економічних процесів;

– по-друге, як прийнятний соціально-економічний рівень захищеності життєво важливих інтересів особистості, суспільства, держави, світової спільноти від загроз і негативних змін (деградації) навколишнього середовища антропогенного і стихійного характеру [9].

Проте прагнення трансформувати довілля залишається невід'ємною рисою сучасного суспільства, що не завжди взаємоузгоджено з положеннями екологічної політики держави, а також стратегією і тактикою її розвитку. Стратегія сталого розвитку України до 2030 року (далі – Стратегія) [9] ґрунтується на векторах, визначених у Стратегії сталого розвитку «Україна – 2020», серед яких базовими визначено такі (рис. 1):

Отже, екологічна безпека України в контексті сталого розвитку розглядається як симбіоз державної політики, стратегічних цілей і безперервної діяльності людства. Проте, аналізуючи досліджувану категорію з позиції системності, варто зауважити, що її елементи мають певну підпорядкованість, а системоутворювальним фактором цієї дефініції в будь-якому випадку залишається людина: вона може виступати як джерело екологічних ризиків, реалізатор публіч-

ного управління в частині формування та втілення положень екологічної політики держави або ж може бути жертвою ускладненої екологічної ситуації.

Вектор безпеки в умовах погіршення стану навколишнього природного середовища набуває пріоритетності. Першопричинами таких тенденцій є бажання органів державної, регіональної й місцевої публічної влади мінімізувати негативний вплив з боку актуальних екологічних проблем, до яких належать такі [11]:

1) багаторічна практика підпорядкування екологічних пріоритетів економічній доцільності;

2) фізичне й моральне зношення основних фондів у більшості галузей національної економіки України;

3) зниження ефективності реалізації екологічної політики через дисбаланс дій центральних і місцевих органів влади й органів місцевого самоврядування;

4) нераціональність системи державного моніторингу й управління природоохоронною діяльністю, відсутність результативного контролю за дотриманням природоохоронного законодавства, а також незабезпечення невідворотності відповідальності за його порушення;

5) домінування ресурсо- й енергоємних галузей у структурі вітчизняної економіки із здебільшого негативним впливом на довкілля;

6) низький рівень сприйняття громадянами та державними управліннями пріоритетів збереження довкілля та переваг сталого соціально-економічного розвитку, недосконалість системи екологічної освіти й просвіти в суспільстві;

7) недостатнє фінансування з державного та місцевих бюджетів природоохоронних заходів (зокрема фінансування таких заходів за залишковим принципом).

| | |
|---|---|
| ВЕКТОРИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ УКРАЇНИ | <p>1. <i>Вектор розвитку</i> – забезпечення сталого розвитку країни шляхом проведення структурних реформ, а саме: забезпечення економічного зростання екологічно невиснажливим способом, створення сприятливих умов для ведення господарської діяльності.</p> <p>2. <i>Вектор безпеки</i> – забезпечення загальнонаціональної безпеки держави, бізнесу та громадян, захищеності інвестицій і приватної власності, забезпечення миру й захисту кордонів, неупередженого правосуддя, очищення влади на всіх рівнях і введення в дію результативних механізмів протидії корупції. Екологічна безпека України як складник загальнонаціональної має на меті збереження стану довкілля, а також забезпечення доступу до якісної питної води й санітарії; безпечних, якісних харчових продуктів, а також промислових товарів.</p> <p>3. <i>Вектор відповідальності</i> – забезпечення гарантій кожному громадянину мати доступ до високоякісної освіти, системи охорони здоров'я та інших послуг у державному та приватному секторах.</p> <p>4. <i>Вектор гордості</i> – збереження взаємної поваги й толерантності в суспільстві, а також гордості за власну державу.</p> |
|---|---|

Рис. 1. Вектори сталого розвитку України в контексті стратегічного бачення
Джерело: складено автором за даними [10]

Подолання перерахованих проблем можливе за умови застосування сучасних інструментів реалізації екологічної політики, упровадження інноваційних підходів організації виробничо-господарських процесів, оновлення техніко-технологічних фондів тощо. Комплексна реалізація тактичних завдань

сприяє трансформації довкілля, що, у свою чергу, стимулює виникнення нових екологічних категорій, серед яких характерною є екологізація економічних систем, природокористування та суспільного розвитку загалом [12]. Екологізація є еколого-соціально-економічним поняттям, одним зі стратегічно

Таблиця 1

Тактика зміцнення екологічної безпеки України в контексті реалізації Стратегії сталого розвитку

| СФЕРА ОХОПЛЕННЯ | МЕТА | ІНДИКАТОР | ПОКАЗНИКИ |
|--|---|---|--|
| Відновлювані джерела енергії | Збільшити частку енергії, вироблену з відновлюваних джерел, у загальному кінцевому споживанні енергії | Частка енергії, виробленої з відновлюваних джерел, у загальному кінцевому споживанні енергії, % | 2015 р. – 6,7 2020 р. – 11,0 2025 р. – 14,2 2030 р. – 17,1 |
| Енергоефективність | Забезпечити зниження енергоемності ВВП | Енергоемність ВВП (витрати первинної енергії на одиницю ВВП), кг нафтового еквіваленту на 1 дол. США ВВП | 2015 р. – 0,28 2020 р. – 0,27 2025 р. – 0,23 2030 р. – 0,20 |
| Ефективність використання ресурсів | Забезпечити зниження ресурсоемності ВВП | Ресурсоемність ВВП (частка вартості природних ресурсів в одиниці ВВП), % | 2015 р. – 100 2020 р. – 90,0 2025 р. – 80,0 2030 р. – 60,0 |
| Якість поверхневих вод | Підвищити якість природних вод за допомогою зменшення скидів забруднюючих речовин і матеріалів, скорочення обсягів неочищених стічних вод | Скиди неочищених стічних вод у водні об'єкти (від загального обсягу водовідведення), % | 2015 р. – 15,7 2020 р. – 13,0 2025 р. – 10,0 2030 р. – 5,0 |
| Зміна клімату | Обмежити викиди парникових газів у всіх секторах економічної діяльності | Частка викидів парникових газів порівняно з 1990 р., % | 2014 р. – 37,8 2030 р. – 60,0 |
| Захист морських і прибережних екосистем | Забезпечити стале використання й захист морських і прибережних екосистем | Питома вага площі територій та об'єктів природно-заповідного фонду приморських областей у загальній території приморських областей, % | 2015 р. – 6,1 2020 р. – 7,0 2025 р. – 8,0 2030 р. – 10,0 |
| Збереження, наземних і внутрішніх прісноводних екосистем | Забезпечити збереження, відновлення та стале використання наземних і внутрішніх прісноводних екосистем і їх послуг | Питома вага площі територій та об'єктів природно-заповідного фонду в загальній території країни, % | 2015 р. – 6,6 2020 р. – 10,4 2025 р. – 12,5 2030 р. – 15,0 |
| Збереження лісів | Зупинити збезлісення, відновити деградовані ліси та значно розширити масштаби лісонасадження й лісовідновлення | Лісистість території країни, % | 2015 р. – 15,9 2020 р. – 16,5 2025 р. – 18,0 2030 р. – 20,0 |
| Відходи | Зменшити обсяг відходів | Обсяг утворених відходів усіх видів економічної діяльності на одиницю ВВП, кг/1000 дол. | 2015 р. – 1004,0; 2020 р. – 950,0; 2025 р. – 880,0; 2030 р. – 800,0 |
| | | Частка перероблених та утилізованих відходів у загальному обсягу утворених відходів, % | 2015 р. – 30,0 2020 р. – 40,0 2025 р. – 50,0 2030 р. – 70,0 |
| | | Питома вага перероблених відходів, накопичених у місцях видалення, у загальному обсязі накопичених відходів, % | 2015 р. – 0,0 (накопичені відходи – 12 505 915,8 тис т) 2020 р. – 5,0 2025 р. – 15,0 2030 р. – 25,0 |

Джерело: складено автором за даними [10]

важливих орієнтирів на шляху створення екологічної економіки. Її потрібно досліджувати як дієвий інструмент еволюційного перетворення «червоної економіки» в «зелену економіку», який займатиме важливе місце не лише в ході реалізації Стратегії, а й після подолання глобальних екологічних загроз.

У контексті глобальної екологізації формуються цільові орієнтири, які визначені вітчизняними органами влади в Стратегії [10], а також Цілях сталого розвитку України, затверджених Указом Президента України від 30.09.2019 № 722/2019 [1]. На шляху зміцнення екологічної безпеки визначено, що пріоритетом для України є:

1) збереження та раціональне використання океанів, морів і морських ресурсів в інтересах сталого розвитку;

2) забезпечення доступу до недорогих, надійних, стійких і сучасних джерел енергії;

3) забезпечення переходу до раціональних моделей споживання й виробництва;

4) ужиття невідкладних заходів щодо боротьби зі зміною клімату та її наслідками;

5) забезпечення відкритості, безпеки, життєстійкості й екологічної стійкості міст, об'єднаних територіальних громад та інших населених пунктів;

6) захист і відновлення екосистем суші та сприяння їх раціональному використанню, раціональне лісокористування, боротьба з опустелюванням, припинення й повернення назад (розвертання) процесу деградації земель і зупинка процесу втрати біорізноманіття;

7) забезпечення доступності та сталого управління водними ресурсами та санітарією [1].

Щодо тактики й перспектив досягнення визначених Стратегією орієнтирів, то вона має такий вигляд (таблиця 1):

Отже, на шляху досягнення визначених Стратегією орієнтирів важливо враховувати поточний стан екологічної безпеки України, а також наявний потенціал, раціональне використання якого забезпечить стабільний розвиток держави. Важливими оптимізаційними заходами та перспективними напрямками роботи в контексті зміцнення екологічної безпеки можуть бути такі:

1) модернізація комунальної інфраструктури;

2) створення умов для підтримки екологічної рівноваги на території України;

3) застосування дієвих заходів щодо охорони навколишнього природного середовища, зокрема

шляхом упровадження новітніх систем поводження з відходами і скорочення промислових викидів;

4) трансформація порядку використання природних ресурсів: реалізація заходів щодо захисту лісів і водойм, розвитку заповідних фондів, запобігання виникненню негативних наслідків надзвичайних ситуацій природного й техногенного характеру та завчасне усунування їх або мінімізація руйнівного на навколишнє середовище впливу [13];

5) екологізація економічних систем, природо-користування й суспільного розвитку в превентивному напрямі (шляхом обмеження використання ресурсів, добровільного обмеження попиту і пропозиції та ощадливого використання ресурсного потенціалу), в інформаційно-аналітичному напрямі (шляхом моніторингу й аудиту стану довкілля, аналізу та дослідження основних загроз, поширення механізмів сертифікації та ліцензування діяльності), а також у ліквідаційно-відновлюваному напрямі (шляхом утилізації та переробки відходів, ліквідації наслідків екологічних катастроф, а також поступового відновлення довкілля) [14].

Головні висновки. Отже, у ході аналізу поточного стану й перспектив зміцнення екологічної безпеки України визначено, що необхідність трансформації інструментів і механізмів державного управління в досліджуваній галузі зумовлена низкою чинників, серед яких, на наш погляд, найбільш руйнівний вплив мають такі, як домінування ресурсо- та енергоємних галузей у структурі вітчизняної економіки, низька ефективність актуальних підходів реалізації екологічної політики як структурного елементу загальнонаціональної безпеки, а також пріоритетність комерційних інтересів над природоохоронними.

Перспективи використання результатів дослідження. Стратегія сталого розвитку являє собою цілісну систему стратегічних та операційних цілей переходу до інтегрованого соціально-економічного й екологічного розвитку країни. Вона ґрунтується на новітній світоглядній парадигмі, що є політичною та практичною моделлю сприяння всебічному розвитку держави; Стратегія враховує потреби нинішнього покоління без шкоди для можливостей майбутніх поколінь задовольняти свої власні потреби. Тому подальші дослідження мають особливе значення в контексті адаптації традиційних механізмів управління екологічною безпекою до вимог сучасної Стратегії сталого розвитку.

Література

1. 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/card/722/2019> (дата звернення: 12.02.2021).
2. Варламова І.С. Теоретичні підходи до визначення поняття «екологічна безпека». *Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія «Економічні науки»*. 2017. № 23 (2). С. 161–164.
3. Хлобистов Є.В., Жарова Л.В. Екологічна безпека просторового розвитку продуктивних сил України. *Механізм регулювання економіки*. 2010. № 3. Т. 2. С. 182–188.
4. Андрієнко М.В., Шако В.С. Аналіз і адаптація кращих європейських практик щодо реалізації державної екологічної політики на регіональному рівні. *Інвестиції: практика та досвід*. 2017. № 19. С. 51–58.

5. Фесянов П.О. Державне регулювання екологічної безпеки на рівні регіону: досвід європейських країн. URL: <http://academy.gov.ua/ej/ej13/txts/Fesyapov.pdf> (дата звернення: 12.02.2021).
6. Кірова М.О. Досвід зарубіжних країн щодо інституціонального забезпечення екологічної безпеки: пропозиції для України. *Збалансоване природокористування*. 2018. № 1. С. 158–165.
7. Личенко І.О. Проблеми екологічної безпеки тимчасово окупованих територій Донецької та Луганської областей та організаційно-правові засади їхнього вирішення. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія «Юридичні науки»*. 2016. № 845. С. 279–284.
8. Про охорону навколишнього природного середовища : Закон України від 25.06.1991 № 1264-XII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/card/1264-12/conv> (дата звернення: 12.02.2021).
9. Екологічна і природно-техногенна безпека України в регіональному вимірі : монографія / за ред. М.А. Хвесика. Київ : ДУ «Інститут економіки природокористування та сталого розвитку НАН України», 2014. 340 с.
10. Стратегія сталого розвитку України до 2030 року (проект). United Nations Development Programme, 2017. 112 с. URL: https://www.undp.org/content/dam/ukraine/docs/SDGreports/UNDP_Strategy_v06-optimized.pdf (дата звернення: 12.02.2021).
11. Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року : Закон України від 28.02.2019 № 2697-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/card/2697-19> (дата звернення: 12.02.2021).
12. Екологізація сучасного суспільного життя в контексті подолання екологічних загроз і зміцнення екологічної безпеки / І.М. Синякевич, А.А. Головка, В.Р. Ковалишин, А.М. Польовський. *Наукові праці Лівівської академії наук України*. 2015. Вип. 13. С. 180–186.
13. Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 14 вересня 2020 року «Про Стратегію національної безпеки України» : Указ Президента України від 14.09.2020 № 392/2020. URL: <https://www.president.gov.ua/documents/3922020-35037> (дата звернення: 12.02.2021).
14. Гобела В.В. Екологізація в системі економічної безпеки держави : автореф. дис. ... канд. екон. наук : 21.04.01. Львів, 2020. 23 с.

ФОРМУВАННЯ ВІДПОВІДАЛЬНОГО СТАВЛЕННЯ ДО ПРИРОДИ УЧНІВ 5–9 КЛАСІВ

Демчук Л.І.

Державний університет «Житомирська політехніка»
вул. Чуднівська, 103, 10005, м. Житомир
lyudvig1980@i.ua

Автор аналізує розвиток відповідального ставлення до природи у психолого-педагогічній літературі для учнів 5–9 класів, наголошуючи, що формування екологічної відповідальності передбачає перебудову поглядів людини, коли норми довкілля стають одночасно нормами поведінки у природі. Виявилось, що формування відповідального ставлення до природи у школі – одне з головних завдань, і для досягнення цього необхідно, щоб природа набула життєво-особистісного значення для молоді та стала її цінністю. Підтверджено актуальність формування відповідального ставлення до природи. Розкриваються теоретичні основи формування відносин із природою. Обґрунтовано принципи, що відображають специфіку формування відповідальності: інтеграцію системних, міждисциплінарних, екологічних знань. Проаналізовано семантичну структуру відповідального ставлення до природи в учнів 5–9 класів: мотиваційний, інформаційний і практичний компоненти потреби (мотиваційний компонент потреби поєднує цінності, що лежать в основі формування мотивів природовідповідальності; інформаційний компонент включає знання екологічної компетентності та способів відповідальності). Визначено перспективи подальших досліджень, які включають методологічні та семантичні характеристики формування відповідального ставлення до природи в учнів 5–9 класів. Автор робить висновок, що успішна освіта про природу буде здійснюватися за умов систематичної діагностики рівня сформованості, використання новітніх технологій у природоохоронній діяльності. *Ключові слова:* відповідальність, розвиток, компоненти відповідальності, природа, ставлення, цінність, елемент.

Formation of a responsible attitude to nature of students of 5–9 grades. Demchuk L.

The author analyzes the development of a responsible attitude to nature in the psychological and pedagogical literature for students in grades 5–9, emphasizing that the formation of environmental responsibility involves the restructuring of human views, when environmental norms become norms of behavior in nature. It turned out that the formation of a responsible attitude to nature in school is one of the main tasks and to achieve this it is necessary that nature acquires vital and personal significance for young people and becomes its value. The relevance of forming a responsible attitude to the period is confirmed; theoretical bases of formation of relations with the nature are opened. The principles that reflect the specifics of the formation of responsibility are substantiated: integration of systemic, interdisciplinary, ecological knowledge; aspects at the level of national-regional problems are taken into account; unity of man and coexistence with nature; The semantic structure of responsible attitude to nature in students of 5–9 grades is analyzed; motivational, informational and practical components of the need (namely: the motivational component of the need combines the values underlying the formation of environmental motives; the information component includes knowledge of environmental competence and ways of responsibility; prospects for further research include methodological and semantic characteristics. The author concludes that successful education about nature will be carried out in the conditions of systematic diagnostics of the level of formation, use of the newest technologies in nature protection activity. *Key words:* Responsibility, development, components of responsibility, nature, attitude, value, element.

Постановка проблеми. Людина – невід’ємна частина природи, тому її діяльність повністю залежить від навколишнього середовища. Взаємини людини та природи – запорука життя і здоров’я людської цивілізації. XXI століття характеризується сильним порушенням балансу природного середовища через господарювання хижацького характеру, неконтрольовану науково-технічну діяльність, що забруднює навколишнє середовище, порушення природних ресурсів, відсутність контролю з боку відповідних державних органів за дотриманням екологічних стандартів.

Актуальність дослідження. Захист навколишнього середовища від забруднення і руйнування, збереження генетичного різноманіття біосфери,

здоров’я людей і забезпечення їх продуктами харчування – це глобальні проблеми, які необхідно вирішувати негайно. Концепція безперервної екологічної освіти в Україні свідчить про те, що настав час виховувати молоде покоління не у згубній традиції брати від природи якомога більше, а в іншому, притаманному українському народові, гармонійному співіснуванні із природою, раціональному використанні та відтворенні своїх природних ресурсів, готовності постійно охороняти природні цінності. Для вирішення цих проблем сучасна школа повинна виховувати в учнів відповідальне ставлення до природи, засноване на усвідомленні єдності людини та природи і розвитку екологічно безпечної поведінки.

Зараз екологічна освіта розглядається як зв'язок між соціальними та духовними цінностями людської та природної єдності. Це почуття органічне у гармонійно розвиненого індивіда, і його відсутність є головною причиною «хижацького» ставлення до природи.

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю розробляти та впроваджувати інноваційні технології для своєчасного та змістовного розвитку відповідального ставлення учнів до природи. Для високоосвіченої екологічно відповідальної людини існують такі суперечності:

– між необхідністю вироблення ефективного підходу до індивідуального середовища та рівнем готовності вчителя до впровадження цього процесу;

– між соціальним значенням розвитку відповідального ставлення учнів до природи з метою гармонізації системи «людина – природа» та недостатньою науковою, теоретичною та методологічною розробкою цього питання;

– між традиційною організацією навчальної діяльності учнів і можливістю вибору оптимальної форми та методу їхньої діяльності в позакласній роботі.

Комплекс питань, пов'язаних з екологічною освітою, був предметом роздумів вітчизняних і зарубіжних вчених.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Він полягає у розробці та впровадженні моделі формування відповідального підходу до природи, розробці та тестуванні факультативного предмету «Гуманітарні та природничі науки», який містить теми та навчальні матеріали для практичних робіт, екскурсій, навчальних заходів. Нові знання про структуру та специфіку формування відповідального підходу до природи можуть бути використані викладачами ЗВО у процесі викладання предмета «Теорія та методика виховання» в системі післядипломної педагогічної та позашкільної освіти.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В останні роки філософська, психологічна та навчальна література посилила свою увагу на проблемах, пов'язаних із формуванням зростаючої особистості, відповідального ставлення до природи. Ця філософсько-культурна, соціальна й, особливо, педагогічна проблема має відношення до історичного шляху розвитку людини.

Філософське розуміння єдності людини та природи подано у наукових працях В. Вернадського, О. Галєєва, О. Дорошко, М. Кисельова, В. Крисаченка, М. Мойсєєва, Ф. Нестеренко, Г. Платонова, І. Сафонова, І. Фролова та ін.

Значна роль у вирішенні проблеми відводиться дослідженням Й. Коменського, М. Монтессорі, Ж. Руссо, Дж. Песталоцці, А. Дістерверга, О. Герда, К. Ушинського, Г. Сковороди, Г. Ващенко, С. Русової, А. Макаренка, В. Сухомлинського, М. Стельмаховича, котрі приділяли особливу увагу

формуванню відповідального ставлення учнів до природи, суспільства, найближчого оточення.

Психолого-педагогічні основи знань, умінь і навичок взаємодії у системі «природа – людина – суспільство» заклали праці І. Бєха, Л. Виготського, О. Грошовенка, С. Деряба, О. Кононки, О. Леонтєєва, О. Плахотник, С. Рубінштейн, В. Тернопільська, В. Ясвін та ін. Теоретичні та методологічні засади екологічної освіти вивчалися у працях Н. Бібіка, Н. Коваль, Г. Пустовіти, Н. Пустовіт, О. Савченко, Г. Тараненко, Г. Філіпчук.

У контексті нашого дослідження важливі погляди на взаємодію учнів різних вікових груп із природою таких вчених, як: В. Анучин, Л. Архангельський, М. Вероглін, А. Захлебний, І. Зверєва, О. Плахотник, З. Плохий, А. Степанюк, І. Суравєгіна, В. Червонецький. Особливу увагу в аналізі дослідницької проблематики приділяють науковим роботам, які зосереджуються на практичних аспектах екологічного виховання в контексті шкільних і позашкільних навчальних процесів (Л. Биковська, А. Волкова, В. Вербицький, С. Ковальов, С. Лебідь, Г. Пустовіт, А. Сиротенко, І. Сяська та ін.).

На рівні психолого-педагогічного аналізу проблеми відповідальності працювали К. Абульханова-Славська, І. Бєх, М. Боришевський, Л. Виготський, Г. Костюк, М. Левківський, А. Маслоу, К. Муздибаєв, Дж. Піаже, К. Роджерс, А. Ротгер, Л. Колберг, О. Плахотник, М. Савчин, В. Тернопільська, К. Хелком та ін., досліджуючи сутність і структуру поняття «відповідальність».

Ми наголошуємо на тому, що питання екологічної освіти завжди були важливими, але сьогодні спостерігається тенденція до їх поглиблення та глобалізації, тому вони потребують компетентного вирішення. Виклики сучасного світу, такі як глобалізація, технологізація, урбанізація, інформатизація, міграція та демографічні процеси ускладнюють його, тому необхідно шукати інноваційні підходи та сучасні технології.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Теоретично, з метою підтримки й експериментальної перевірки моделі відповідального ставлення до природи для школярів віком від 5 до 9 років проаналізувати підходи до визначення поняття «відповідальне ставлення до природи» у філософії, психології, педагогіці; суть проблеми формування відповідального ставлення учнів до природи на різних етапах навчання та розвитку зарубіжної науки.

Наукова новизна дослідження полягає в тому, що:

– *вперше* на основі філософської експертизи, психології, наукової освіти, наукової літератури, приклад природи підзвітності в характері учнів 5–9 класів, що охоплюють потребу в емоціях (ставлення, досвід, екологічно відповідальне ставлення до природи, відповідальність за її ресурси), інформаційні (знання природної підзвітності, екологічних та

індивідуальних можливостей, екологічні показники компоненти; розробка стандартів та образів природи підзвітності у молоді;

– уточнено суть поняття «відповідальне ставлення до природи в 5–9 класах» як свідомий процес формування стійкої системи орієнтації, умінь і цінностей екологічної природи, специфічних здібностей до роботи в навколишньому середовищі, готовності зробити екологічно чистими рішення і виконувати їх;

– з'ясовано положення щодо необхідності вдосконалення практичної діяльності учнів 5–9 класів у природному середовищі.

Методологічне або загальнонаукове значення.

Це пояснюється тим, що процесом формування відповідального ставлення до природи є теорія пізнання, а саме: природа наукового знання та його можливості, форми та методи пізнання людиною навколишньої дійсності, істина стану знання (процес, що відображає об'єктивна реальність у свідомості людини).

Виклад основного матеріалу. Проблема екологічного виховання дітей і молоді була і залишається актуальною для науковців – представників різних галузей знань. Його спостереження присвячені роботі філософів, психологів, екологів, лікарів, гігієністів, соціологів, вчителів. Інтерес до екологічних проблем зростає, наявні роботи відображають різні аспекти цього питання. Загальні положення екологічного виховання та виховання, формування екологічної культури особистості вивчав Г. Беленька, І. Борисов, А. Волков, О. Захлебний, І. Зверєв, В. Крисаченко, О. Лабенко, С. Лебід, Н. Лисенко, Г. Пустовит, І. Суравегіна, В. Скребець, Л. Тарасов, М. Хілько, С. Шмалей, А. Ясінська та ін. [6].

До складників процесу екологічного виховання школярів належать формування та розвиток екологічної свідомості, екологічного світогляду, екологічної поведінки, відповідального ставлення, а також аспекти еколого-аксіологічних, організаційних характеристик процесу екологічного виховання у вищій школі.

Незважаючи на свою важливість, категорія «відповідального ставлення до природи» залишається недостатньо вивченою і має дедалі складніший шлях теоретичного осмислення та поглиблення її значення. Філософи, психологи, вчителі звертаються до різних аспектів цієї проблеми. Вчені інтерпретують поняття «відносини» як сукупність теоретичних ідей, що лежать в основі особистості й утворюють цілісну систему суб'єктивно-оцінних установок, свідомо селективних до дійсності (І. Бех, Л. Божович, С. Дерябо, А. Мясіщев, Г. Пустовит, С. Рубінштейн, І. Суравегіна, В. Червонецький, В. Ясвін).

Психологічна структура ставлення складається з когнітивних та емоційних утворень особистості, що виникають у процесі формування емоцій суб'єкта.

Огляд «відповідальності» проводиться у працях В. Агєєва, І. Беха, А.Макаренка, К. Муздибаєва, М. Левківського, В. Оржеховської, Ж. Піаже, М.Савчина, М. Сметанського, В. Тернопільська, Ф. Хайдеггер та ін. На думку цих вчених, відповідальна поведінка людини базується на конкретних потребах у конкретних ситуаціях і є послідовним зразком поведінки в людській діяльності [4].

Індивідуальні підходи особливо важливі у вирішенні проблеми формування відповідального ставлення до природи в контексті досліджень. Отже, передумови гуманістичного підходу до природи, заснованого на гармонійному існуванні людини, розглядали А. Захлебний, І. Зверєва, М. Куалов, В. Крисаченко, Л. Салієва, А. Сидельковський, І. Суравегіна, В. Червонецький [4].

Взаємовідносини людини з природою, на думку вчених, складаються з трьох аспектів: як предметів і предметів праці, природного середовища, що стосується її власного організму, як екологічної діяльності, пов'язаної з вивченням та охороною навколишнього середовища. Виявлено, що ставлення до природи матеріалізується в активних формах вираження особистості, в яких формується відповідальність за свої вчинки. Відповідальне ставлення до природи трактується також як невід'ємна частина погляду людини на світ і соціальна свідомість, що спонукає людину до екологічно безпечної діяльності у природі.

Проведений науковий аналіз дослідження дає підставу визначити поняття «відповідальне ставлення до природи» як цілеспрямований процес формування в учнів стійкої системи ціннісних орієнтацій екологічної природи, специфічних навичок і умінь до екологічної роботи, готовності до екологічних рішень.

Виявлено, що особливості формування відповідального ставлення підлітків до природи багато в чому визначаються їхнім життєвим досвідом, рівнем розвитку самосвідомості та специфікою вікових змін на основі стійкої системи ціннісних орієнтацій. Підлітковий вік – це період переходу від залежного дитинства до відповідального та незалежного дорослого життя, пов'язаний зі значними змінами у структурі особистості.

Семантична структура відповідального підходу до природи учнів 5–9 класів у сільській місцевості представлена мотиваційною, інформаційною та практичною складовими частинами потреби. Компонент мотивації попиту інтегрує індивідуальні цінності, установки, переконання та є основою для формування мотивів відповідального ставлення учнів до природи. Сюди входять формування моральних почуттів, наявність учнівських цінностей у природі, позитивне мотиваційне ставлення до взаємодії з природою, розвинена емпатія. Інформаційна складова частина включає знання способів відповідального ставлення до природи, екологічну компетентність

особистості й обізнаність учнів про доцільність їх відкриття. Цей компонент також представлений у розумінні студентом взаємозв'язку між елементами в системі «природа – людина» та їхньою здатністю відображати екологічно. Практична складова частина проявляється в екологічній діяльності учнів, здатності допомагати природним об'єктам, здатності до збереження й охорони природного середовища, сприянні екологічній роботі серед однолітків.

Характер ідей, які природно відповідають за тих, хто навчається, з 5 по 9 клас має чітку структуру, основними елементами якої є:

1. *Цільовий елемент* (включає цілі та завдання). Мета полягає у формуванні в учнів відповідального ставлення до природи та визначає низку завдань:

а) засвоєння учнями знань про шляхи відповідального підходу до природи, механізми її прояву, розвиток навичок і вмінь відповідальної поведінки у природному середовищі;

б) цілеспрямовану організацію позакласної виховної роботи, яка забезпечує учням відповідальне ставлення до природи, практичну готовність до природоохоронної діяльності;

в) розробку відповідних моделей відносин у системі «природа – людина» з метою забезпечення сприятливих умов, що оптимізують формування відповідального ставлення до природи учнів 5–9 класів.

2. *Семантичний елемент* моделі формування відповідального ставлення учнів до природи представлений: потребо-мотиваційним, інформаційним і практичним компонентами. Всі компоненти виконують відповідно мотиваційну, інформаційну, активну функції.

3. *Технологічний елемент* формування відповідального ставлення до природи відображає динаміку взаємодії між суб'єктами навчального процесу та подається у формах, методах, засобах, принципах, умовах виховання.

Виховання учнів із відповідальним ставленням до природи базується на принципах природи, дотриманні актуальних екологічних проблем, вікових особливостей учнів на всіх етапах навчання, глобальних і місцевих зв'язках, передбачуваності. Елементами технологічної складової частини є наявність таких педагогічних умов, як: розвиток відповідального ставлення учнів до природи як до їхньої особистої цінності; застосування новітніх технологій у навчальній діяльності; організація екологічної діяльності учнів; систематична діагностика; наукове та методичне забезпечення навчального процесу.

Видом діяльності, що сприяв розвитку природної поведінки підлітків щодо природи, є факультативний курс «Гуманітарні та природничі науки». Унікальною особливістю цього виду робіт є те, що він охоплював аспекти природоохоронної діяльності та потреби учнів у охороні навколишнього середовища. Мета курсу – ознайомити учнів з основами відповідальності за природу; пізнати природ-

ний світ, його ресурси, прищепити любов до всього живого і виробити знання, що працюють у безпеці навколишнього середовища.

Серед активних форм виховної роботи, які сприяли формуванню відповідального підходу до природи й усвідомлення необхідності її визнання у повсякденному житті, можна виділити тренінги «Я – об'єкт природи», «Сучасні екологічні проблеми та шляхи їх вирішення», «Бережіть себе та своє здоров'я» Тренінги активізували потреби підлітків в емоційно позитивному сприйнятті природних об'єктів, розвинули в них розуміння цілісності природного світу та допомогли їм подолати прагматичний підхід до об'єктів.

Ще одним видом позакласних заходів, що виховують молодь у ключі відповідального ставлення до природи, є «Екологічна стежка». Поїздки на «Екологічній стежці» склалися із трьох етапів: підготовчого (картографування маршруту; обладнання маршруту – відповідної реєстрації на зупинках, гаслах, викликах, навчання гіда; підготовки змісту маршруту); церемонії, вказівок щодо поведінки на стежці, завдань для учнів, розподілу обов'язків), діяльності на стежці.

Станції маршруту включали розповіді, бесіди про природу, практичну діяльність студентів. Так, на позиції «Очисних споруд» підлітки ознайомилися з технологією очищення води; «Лугова мураха» – їм розповіли про життя мурах, способи їх захисту; «Алея рідкісних дерев» – здійснили екскурсію сторінками «Червоної книги Житомира»; на позиції «Жертви радіації» обговорювалися негативні наслідки аварії на ЧАЕС для природи; «Пташині гнізда» – знайомилися з основними видами птахів та особливостями їхнього гніздування тощо. Практична робота дітей на «екологічній стежці» включає: пошук природних об'єктів і територій, які потребують охорони; підготовку та розміщення штучних гнізд; огляд, ремонт, виготовлення та встановлення кормів для птахів; збір дерев грабу та рідкісних трав і посадка насіння; посадка та догляд за молодими деревами; прибирання, облагородження, зміцнення скель тощо. Щоб розвинути навички відповідального ставлення до природи, ми попросили студентів організувати для учнів 5–9 класів участь в експедиціях «Джерела водопостачання», «Чарівна флора та фауна» [6, с. 18–23].

Головні висновки. Дослідження не повністю вирішує проблему. Виховання відповідального ставлення до природи в учнів у взаємозв'язку між аудиторними та позакласними заходами, порівняльний аналіз виховання відповідального ставлення до природи у міських і сільських учнів залишаються актуальними.

Перспективними дослідженнями вважаємо впровадження нових технологій шкільної освіти для школярів; порівняння екологічної освіти між містом і сільською місцевістю; валеологічне виховання раннього віку та виховання підлітків; програми екологічної освіти для учнів із раннього віку.

Література

1. Алфімов Д.В. Організація виховного простору формування лідерських якостей школярів. *Духовність особистості: методологія, теорія і практика* : матеріали міжнар. наук.-практ. конф., Луганськ : СНУ, 2013. Вип. 4 (57). С. 13–21.
2. Барліт О.О. Аксиологічні засади ставлення школярів до природи у вітчизняній педагогічній теорії та практиці (кінець ХІХ – початок ХХ століття) : автореф. дис. ... канд. пед. наук : 13.00.01. Кіровоград, 2009. 20 с.
3. Groshovenko O.P. Психолого-педагогічні основи виховання у молодших школярів дбайливого ставлення до природи : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.07. Київ, 2007. 249 с.
4. Демчук Л.І. Екологічне виховання школярів-підлітків засобами народної педагогіки : методичні рекомендації. Житомир : Вид-во ЖДПУ, 2005. 80 с.
5. Демчук Л.І. Формування у школярів-підлітків відповідального ставлення до природи. *Вісник Житомирського педагогічного університету. Педагогічні науки*. 2005. № 25. С. 191–194.
6. Малинівська Л.І. Відповідальне ставлення до природи: витоки і шляхи формування : метод. рекомендації. Житомир : Вид-во «Науковий світ», 2011. 115 с.
7. Хафизова Л.М. Як знайомити дітей із правилами поведінки в природі. *Початкова школа*. 1988. № 8. С. 40–46.
8. Школа екологічного вчинку : навчальний посібник. Кіровоград : Імекс-ЛТД, 2014. 116 с.
9. Яришева Н.Ф. Методика ознайомлення дітей з природою : навчальний посібник. Київ, 1993. 255 с.
10. Developing Environmental Education In Finland. *UNESCO-UNEP International Congress On Environmental Education And Training (Moscow, USSR, 17–21 August, 1987)*. Helsinki : Ministry Of Education, 1987. P. 4–10.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Андрійчук Тамара В'ячеславівна (Житомир) – кандидат біологічних наук, старший викладач кафедри екології та географії, Житомирський державний університет імені Івана Франка.

Артеменко Ігор Олександрович (Київ) – студент, Інститут екологічної безпеки та управління.

Балабак Алла Василівна (Умань) – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри екології та безпеки життєдіяльності, Уманський національний університет садівництва.

Балабак Олександр Анатолійович (Умань) – доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу генетики, селекції та репродуктивної біології рослин, Національний дендрологічний парк «Софіївка» НАНУ.

Барсукова Олена Анатоліївна (Одеса) – кандидат географічних наук, доцент кафедри агрометеорології та агроєкології, Одеський державний екологічний університет.

Баштовенко Оксана Анатоліївна (Ізмаїл) – кандидат біологічних наук, доцент кафедри фізичної культури, біології та основ здоров'я, Ізмаїльський державний гуманітарний університет.

Безпальченко Віолетта Михайлівна (Херсон) – кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри хімії, екології та безпеки життєдіяльності, Херсонський національний технічний університет.

Бистрянцева Анастасія Миколаївна (Херсон) – кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри алгебри, геометрії та математичного аналізу, Херсонський державний університет.

Білик Тетяна Іванівна (Київ) – кандидат біологічних наук, доцент кафедри екології, Національний авіаційний університет.

Білоус Ліна Василівна (Івано-Франківськ) – кандидат політичних наук, доцент, доцент кафедри суспільних наук, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу.

Блінова Наталія Костянтинівна (Сєверодонецьк) – кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри хімічної інженерії та екології, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля.

Боброва Марія Сергіївна (Кропивницький) – кандидат біологічних наук, старший викладач кафедри біології та методики її викладання, Центральноукраїнський державний педагогічний університет імені Володимира Винниченка.

Божко Людмила Юхимівна (Одеса) – кандидат географічних наук, доцент кафедри агрометеорології та агроєкології, Одеський державний екологічний університет.

Бойко Катерина Євгенівна (Київ) – старший викладач кафедри екологічної безпеки, Інститут екологічної безпеки та управління.

Бондар Олександр Іванович (Київ) – доктор біологічних наук, професор, член-кореспондент НААНУ, заслужений діяч науки і техніки України, ректор, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління.

Бриндзя Ірина Володимирівна (Дрогобич) – кандидат біологічних наук, завідувач кафедри екології та географії, Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка.

Бургаз Олексій Анатолійович (Одеса) – кандидат географічних наук, доцент, доцент кафедри Екологічного права і контролю, Одеський державний екологічний університет.

Валерко Руслана Анатоліївна (Житомир) – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри загальної екології, Поліський національний університет.

Василенко Ольга Володимирівна (Умань) – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри екології та безпеки життєдіяльності, Уманський національний університет садівництва.

Васютинська Катерина Анатоліївна (Одеса) – кандидат хімічних наук, доцент, кафедра прикладної екології та гідрогазодинаміки, Державний університет «Одеська політехніка».

Веренікін Олексій Михайлович (Київ) – здобувач, Національний університет біоресурсів і природокористування України.

Висоцька Тетяна Іванівна (Київ) – кандидат хімічних наук, доцент кафедри екології та безпеки життєдіяльності, Державний університет інфраструктури та технологій Міністерства освіти і науки України.

Вінічук Михайло Маркович (Житомир) – доктор біологічних наук, професор кафедри екології, Державний університет «Житомирська політехніка».

Владимирова Олена Геннадіївна (Одеса) – кандидат географічних наук, доцент, в.о. завідувача кафедри Екологічного права і контролю, Одеський державний екологічний університет.

Власенко Руслана Петрівна (Житомир) – кандидат біологічних наук, доцент кафедри екології та географії, Житомирський державний університет імені Івана Франка.

Вовк Анатолій Миколайович (Ізмаїл) – кандидат біологічних наук, доцент кафедри фізичної культури, біології та основ здоров'я, Ізмаїльський державний гуманітарний університет.

Вольвач Оксана Василівна (Одеса) – кандидат географічних наук, доцент кафедри агрометеорології та агроєкології, Одеський державний екологічний університет.

Ворона Сергій Олександрович (Кропивницький) – завідувач сектору біологічних досліджень та обліку, Кіровоградський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр Міністерства внутрішніх справ України.

Гарбар Діана Анатоліївна (Житомир) – кандидат біологічних наук, доцент кафедри зоології, біологічного моніторингу та охорони природи, Житомирський державний університет імені Івана Франка.

Гарбар Олександр Васильович (Житомир) – доктор біологічних наук, професор кафедри екології та географії, Житомирський державний університет імені Івана Франка.

Генсицький Максим Вікторович (Мелітополь) – аспірант кафедри екології, загальної біології та раціонального природокористування, Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького.

Герасимчук Людмила Олександрівна (Житомир) – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри загальної екології, Поліський національний університет.

Гетьман Володимир Іванович (Київ) – кандидат географічних наук, доцент кафедри заповідної справи та рекреаційної діяльності, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління.

Гойванович Наталія Костянтинівна (Дрогобич) – кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри біології та хімії, Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка.

Головатюк Людмила Михайлівна (Кременець) – кандидат біологічних наук, старший викладач кафедри біології, екології та методик їх навчання, Кременецька обласна гуманітарно-педагогічна академія імені Тараса Шевченка.

Голодаєва Олена Анатоліївна (Кропивницький) – доцент кафедри загальної та біологічної хімії № 2, Донецький національний медичний університет.

Горобей Марина Сергіївна (Київ) – молодший науковий співробітник, Центр науково-екологічної інформації Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління.

Григор'єва Людмила Іванівна (Миколаїв) – доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри екології, Чорноморський національний університет імені Петра Могили.

Д'яченко Наталя Олександрівна (Київ) – кандидат геологічних наук, старший науковий співробітник Національної академії наук України, доцент кафедри екологічного моніторингу, геоінформаційних та аерокосмічних технологій, Інститут екологічної безпеки та управління.

Давидова Ірина Володимирівна (Житомир) – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри екології, Державний університет «Житомирська політехніка».

Демчук Людмила Іванівна (Житомир) – кандидат педагогічних наук, доцент кафедри екології, Державний університет «Житомирська політехніка».

Демчук Наталія Станіславівна (Житомир) – кандидат біологічних наук, старший викладач кафедри екології та географії, Житомирський державний університет імені Івана Франка.

Денисенко Інна Юріївна (Київ) – кандидат технічних наук, доцент кафедри зеленої економіки, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління.

Дойко Наталія Михайлівна (Біла Церква) – кандидат біологічних наук, заступник директора з наукової роботи, старший науковий співробітник, Державний дендрологічний парк «Олександрія» Національної академії наук України.

Дорошенко Юлія Валентинівна (Біла Церква) – провідний інженер, Державний дендрологічний парк «Олександрія» Національної академії наук України.

Драган Ніна Вікторівна (Біла Церква) – кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, Державний дендрологічний парк «Олександрія» Національної академії наук України.

Єрмаков Віктор Миколайович (Київ) – доктор технічних наук, доцент кафедри економічного моніторингу, геоінформаційних та аерокосмічних технологій, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління.

Єрмаков Віктор Миколайович (Київ) – доктор технічних наук, заступник директора, Навчально-науковий інститут екологічної безпеки та управління Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління, доцент кафедри екологічної безпеки, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління.

Закорчевна Наталія Борисівна (Київ) – кандидат економічних наук, завідувач кафедри водних екосистем та біоресурсів, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління.

Зосима Вадим Григорович (Київ) – студент, Інститут екологічної безпеки та управління.

Івасівка Анжеліка Степанівна (Дрогобич) – кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри біології та хімії, Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка.

Іващенко Тарас Григорович (Київ) – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, завідувач кафедри екологічного аудиту та експертизи, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління.

Калашнікова Людмила В'ячеславівна (Ціла Церква) – кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, Державний дендрологічний парк «Олександрія» Національної академії наук України.

Клименко Олексій Олексійович (Київ) – магістр II курсу, Навчально-науковий інститут екологічної безпеки та управління Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління.

Климчик Ольга Миколаївна (Житомир) – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри екологічної безпеки та економіки природокористування, Поліський національний університет.

Климишин Олександр Семенович (Дрогобич) – доктор біологічних наук, старший науковий співробітник, професор кафедри екології та географії, Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка;

Коваленко Юлія Олександрівна (Київ) – доктор філософії, пров. інженер, Інститут гідробіології Національної академії наук України.

Корбут Марія Броніславівна (Житомир) – кандидат технічних наук, доцент кафедри екології, Державний університет «Житомирська політехніка».

Костюк Віталій Степанович (Житомир) – кандидат біологічних наук, старший викладач кафедри екології та географії, Житомирський державний університет імені Івана Франка.

Кравець Наталія Михайлівна (Вінниця) – аспірант, Інститут екологічної безпеки та моніторингу довкілля Вінницького національного технічного університету

Красовський Володимир Васильович (Хорол) – кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, директор, Хорольський ботанічний сад.

Кратко Ольга Вікторівна (Кременець) – кандидат історичних наук, старший викладач кафедри біології, екології та методик їх навчання, Кременецька обласна гуманітарно-педагогічна академія імені Тараса Шевченка.

Леонтєва Тетяна Олександрівна (Київ) – аспірантка, Інститут гідробіології Національної академії наук України.

Лисенко Геннадій Миколайович (Ніжин) – кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри біології, Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя.

Лубенська Наталя Олександрівна (Ессен, Німеччина) – консультант DMT GmbH & Co. KG.

Лукіша Віталій Васильович (Київ) – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, професор кафедри заповідної справи та рекреаційної діяльності, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління.

Луньова Оксана Володимирівна (Київ) – доктор технічних наук, доцент кафедри екологічної безпеки Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління.

Макарова Олена Валеріївна (Миколаїв) – старший викладач кафедри екології, Чорноморський національний університет імені Петра Могили.

Малєєв Володимир Олексійович (Херсон) – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри хімії, екології та безпеки життєдіяльності, Херсонський національний технічний університет.

Мандро Юрій Нестерович (Житомир) – інженер кафедри екології, Державний університет «Житомирська політехніка».

Мохонько Вікторія Іванівна (Сєвєродонецьк) – кандидат геологічних наук, доцент, доцент кафедри хімічної інженерії та екології, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля.

Мунтян Лілія Яківна (Миколаїв) – кандидат технічних наук, доцент кафедри гігієни, соціальної медицини, громадського здоров'я та медичної інформатики, Чорноморський національний університет імені Петра Могили.

Омельчук Марія Олександрівна (Житомир) – старший лаборант кафедри екології та географії, Житомирський державний університет імені Івана Франка.

Онищук Ірина Петрівна (Житомир) – кандидат біологічних наук, доцент кафедри екології та географії, Житомирський державний університет імені Івана Франка.

Орловський Андрій Вікторович (Київ) – студент, Інститут екологічної безпеки та управління.

Паламарчук Олександр Валерійович (Київ) – студент, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління.

Петрук Василь Григорович (Вінниця) – доктор технічних наук, професор кафедри екології та екологічної безпеки, Інститут екологічної безпеки та моніторингу довкілля Вінницького національного технічного університету.

Петрук Роман Васильович (Вінниця) – доктор технічних наук, доцент кафедри екології та екологічної безпеки, Інститут екологічної безпеки та моніторингу довкілля Вінницького національного технічного університету.

Пилипчук Олег Ярославович (Київ) – доктор біологічних наук, професор, зав. кафедри екології та безпеки життєдіяльності, Державний університет інфраструктури та технологій Міністерства освіти і науки України.

Пічкур Тетяна Валеріївна (Київ) – кандидат історичних наук, доцент кафедри екології та безпеки життєдіяльності, Державний університет інфраструктури та технологій Міністерства освіти і науки України.

Польовий Анатолій Миколайович (Одеса) – доктор географічних наук, професор, завідувач кафедри агрометеорології та агроєкології, Одеський державний екологічний університет.

Причепя Микола Володимирович (Київ) – кандидат біологічних наук, науковий співробітник, Інститут гідробіології Національної академії наук України.

Резніченко Вадим Анатолійович (Київ) – студент, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління.

Скарлат Віктор Петрович (Київ) – магістр, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління.

Соловійова Любов Маратівна (Київ) – кандидат історичних наук, доцент кафедри екології та безпеки життєдіяльності, Державний університет інфраструктури та технологій Міністерства освіти і науки України.

Сорочинська Олена Леонідівна (Київ) – кандидат історичних наук, доцент кафедри екології та безпеки життєдіяльності, Державний університет інфраструктури та технологій Міністерства освіти і науки України.

Стрелко Олег Григорович (Київ) – доктор історичних наук, професор, професор кафедри технологій транспорту та управління залізничним транспортом, Державний університет інфраструктури та технологій Міністерства освіти і науки України.

Суслова Олена Петрівна (Кривий Ріг) – кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник відділу інтродукції та акліматизації рослин, Криворізький ботанічний сад Національної академії наук України.

Тимощук Марина Олександрівна (Одеса) – старший викладач кафедри Екологічного права і контролю, Одеський державний екологічний університет.

Улицький Олег Андрійович (Київ) – доктор геологічних наук, доцент, лауреат Державної премії в галузі науки і техніки, Почесний розвідник надр України, директор, Навчально-науковий інститут екологічної безпеки та управління.

Хом'як Іван Владиславович (Житомир) – кандидат біологічних наук, доцент кафедри екології та географії, Житомирський державний університет імені Івана Франка.

Цветкова Анна Максимівна (Київ) – старший викладач кафедри водних екосистем та біоресурсів, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління.

Цибуля Марина Миколаївна (Ізяслав) – провідний науковий співробітник наукового відділу, Національний природний парк «Мале Полісся».

Шахман Ірина Олександрівна (Херсон) – кандидат географічних наук, доцент, доцент кафедри географії та екології, Херсонський державний університет.

Шевченко Роман Юрійович (Київ) – кандидат географічних наук, завідувач кафедри екологічного моніторингу, геоінформаційних та аерокосмічних технологій, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління.

Шиндер Олександр Іванович (Київ) – кандидат біологічних наук, науковий співробітник відділу природної флори, Національний ботанічний сад імені М.М. Гришка Національної академії наук України.

Шпаковська Лілія Валеріївна (Житомир) – лаборант кафедри екології та географії, Житомирський державний університет імені Івана Франка.

Шульга Олександр Олександрович (Ічня) – магістр з екології, заст. директора, Ічнянський національний природний парк.

Шусть Володимир Іванович (Київ) – асистент кафедри екологічного аудиту та експертизи, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління.

Наукове видання

ЕКОЛОГІЧНІ НАУКИ

НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ

7(34)

- **Екологія і виробництво**
- **Загальні проблеми екологічної безпеки**
- **Розвиток природно-заповідного фонду України**
- **Зміна клімату**
- **Екологія водних ресурсів**
- **Екологія та економіка природних ресурсів**
- **Збереження біорізноманіття**
- **Збереження біологічного та ландшафтного різноманіття**
- **Екологічний моніторинг**
- **Поводження з відходами**
- **Проблеми 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
e-mail: info@ecoj.dea.kiev.ua

Видавничий дім «Гельветика»

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6424 від 04.10.2018
Україна, 65101, м. Одеса, вул. Інглєзі, 6/1
Тел. +38 (048) 709 38 69, +38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08
E-mail: mailbox@helvetica.com.ua

Підписано до друку 02.04.2021. Формат 64x84/8.

Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman. Цифровий друк.
Ум. друк. арк. 27,20. Тираж 100. Замовлення № 0421/148.
Ціна договірна. Віддруковано з готового оригінал-макета